

Biologia



2

Podręcznik dla
branżowej szkoły I stopnia

ODPERON
Wydawnictwo z pasją

Biologia

Podręcznik dla
szkoły branżowej I stopnia

dla

absolwentów ośmioletniej szkoły podstawowej

2

Beata Jakubik
Renata Szymańska

 **OPERON**
Edukacja jest podróżą

2024

Projekt okładki: Paweł Kwacz
Redaktor prowadzący: Izabela Kulaszewicz
Redakcja językowa: Monika Turata
Redakcja graficzna i skład: Andrzej Puzyński, Roman Osiński
Fotoedycja: Marta Jasińska
Korekta techniczna: zespół

Zdjęcia: BE&W, Shutterstock, Wikipedia/ CC

OPERON Sp. z o.o. oświadcza, że z należytą starannością podjął wszelkie działania zmierzające do powiadomienia podmiotów majątkowych praw autorskich do utworów słownych i fotograficznych wykorzystanych w podręczniku o zamiarze ich publikacji celem uzyskania od twórców lub ich następców prawnych wymaganej zgody za przysługującym wynagrodzeniem w stosownej wysokości. Osoby, których prawa w sposób niezawiniony przez wydawnictwo zostały naruszone, prosimy o bezpośredni kontakt z wydawcą.

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia ogólnego do nauczania biologii w zakresie podstawowym na poziomie szkoły ponadpodstawowej, na podstawie opinii rzeczoznawców: dr. hab. Andrzeja Kaźmierczaka, dr Magdaleny Majewskiej, dr Gabrieli Olszowskiej.

Etap edukacyjny: III
Typ szkoły: szkoła ponadpodstawowa
Rok dopuszczenia: 2020
Numer dopuszczenia: 1072/2/2020

© Copyright by OPERON Sp. z o.o. & Beata Jakubik i Renata Szymańska

Gdynia 2020
Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie w całości lub we fragmentach bez zgody wydawcy zabronione.
N7235

Wydawca:
OPERON Sp. z o.o.
81-212 Gdynia, ul. Hutnicza 3
tel. centrali 58 679 00 00
e-mail: info@operon.pl
www.operon.pl

ISBN 978-83-66365-70-4

04/24/IV/US70

Zgodnie z decyzją MEN od września 2024 r. obowiązuje zmieniona, uszczuplona o ok. 20% podstawa programowa. W związku z tym w podręczniku znalazły się stosowne oznaczenia.



Takim symbolem oznaczono treści usunięte z podstawy programowej.



Takim symbolem oznaczono treści, które zostały zmienione. Nauczyciel przedstawi uczniowi zmiany i wyjaśni, czego powinien się nauczyć.

Spis treści

I. Podstawowe zasady budowy i funkcjonowania organizmu człowieka

1. Tkanka nabłonkowa.....8
2. Tkanka łączna 12
3. Tkanka mięśniowa 24
4. Tkanka nerwowa i gładka 27
5. Organizm człowieka jako funkcjonalna całość 31

II. Układ pokarmowy i odżywianie się

1. Składniki pokarmowe 38
2. Budowa i funkcje układu pokarmowego 48

III. Budowa i funkcje układu odpornościowego

1. Elementy budujące układ odpornościowy człowieka 66
2. Odporność nieswoista i swoista 68
3. Zaburzenia funkcjonowania układu odpornościowego i ich profilaktyka....73

IV. Wymiana gazowa i krążenie

1. Wymiana gazowa 80
2. Budowa układu krwionośnego 95

V. Osmoregulacja i wydalanie

1. Układ wydalniczy 116
2. Powstawanie i wydalanie moczu.....119

VI. Budowa i funkcje układu hormonalnego

1. Gruczoły dokrewne i wydzielanie przez nie hormony.....128
2. Antagonistyczne działanie hormonów 136

VII. Regulacja nerwowa

1. Przewodnictwo nerwowe 142
2. Narządy zmysłów.....160

VIII. Poruszanie się

1. Układ ruchu 174
2. Czynna część układu ruchu – układ mięśniowy.....183

IX. Układ powłok ciała – skóra

1. Budowa skóry 192
2. Funkcje skóry 196

X. Układ rozrodczy i jego funkcjonowanie

1. Układ rozrodczy męski 202
2. Budowa i funkcjonowanie żeńskiego układu rozrodczego 206
3. Rozwój człowieka 212
4. Choroby układu rozrodczego 220

Słowniczek trudnych pojęć 225

Indeks.....228

Wstęp

Jak jest zbudowany nasz podręcznik

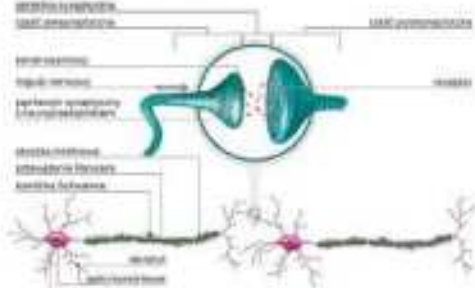
Podręcznik do biologii dla szkoły branżowej I stopnia został zaprojektowany z uwzględnieniem waszych potrzeb i stylu nauki. Pomoże wam szybko przyswoić niezbędne informacje, skutecznie powtórzyć wiadomości oraz przygotować się do różnych form sprawdzania wiedzy i umiejętności.

Zanim zaczniecie korzystać z podręcznika, zapoznajcie się z jego budową i przyjrzyjcie się wszystkim jego elementom. Zostały one skonstruowane tak, by ułatwić wam naukę i pomóc w błyskawicznym znalezieniu potrzebnych zagadnień.

4. Tkanka nerwowa i glejowa

Tkanka nerwowa to jest układ nerwowy, który odpowiada za regulację i koordynację pracy całego organizmu. W skład tkanki nerwowej wchodzi komórki nerwowe – neurony, które odbierają bodźce z środowiska zewnętrznego i wewnętrznego. Informacje są przetwarzane i wypływają w postaci impulsu nerwowego.

Typowy neuron jest zbudowany z ciała komórki oraz dwóch wypustek cytoplazmy: dendrytów i neurytu (aksonu) (rys. 14.1.1).



Rys. 14.1.1. Model budowy neuronu i wydzielanie przekaźników chemicznych. Strzałki wskazują na kierunek przepływu impulsu nerwowego.

Występowanie ciała komórki nerwowej (perikarionu) znajduje się w jądro komórkowe oraz wszystkie organelle komórkowe są ściśle związane z nim. Wokół ciała komórki znajduje się błona komórkowa, która jest nieprzepuszczalna dla substancji z otoczenia. Wokół ciała komórki znajduje się błona komórkowa, która jest nieprzepuszczalna dla substancji z otoczenia. Wokół ciała komórki znajduje się błona komórkowa, która jest nieprzepuszczalna dla substancji z otoczenia.

Epizemeta jest najczęstszym badaniem pracy płuc u ludzi, a ichnych podlega się wstępnie ocenić i przeanalizować, dlatego płuc (PDP) podlega badaniu nie tylko na poziomie i objętości, ale i objętości powietrza wdechowego w czasie pierwszej sekundy normalnego wydechu, to jest objętości powietrza wdechowego.



Rys. 14.1.2. Test powietrza wdechowego. Jest to test, który służy do oceny objętości powietrza wdechowego. Jest to test, który służy do oceny objętości powietrza wdechowego. Jest to test, który służy do oceny objętości powietrza wdechowego.

Doświadczenie biologiczne

Problem badawczy: Jaka jest różnica zawartości dwutlenku węgla w powietrzu wdechowym i wdechowym?

Hipoteza: W powietrzu wdechowym jest mniej dwutlenku węgla niż w powietrzu wdechowym.

Próba badawcza: Do szklanego naczynia wlewamy wodę wapenną. Wlewamy do niej kieliszek, który jest zamknięty w jej dmuchaniu. Obserwujemy zmniejszenie wody wapennej.

Próba kontrolna: Postępujemy podobnie jak w przypadku próby badawczej, ale do naczynia wprowadzamy powietrze z rurki doprowadzonej do naczynia na nogi. Obserwujemy zmniejszenie wody wapennej.

Wynik obserwacji: W próbie badawczej woda wapenna zmniejsza się. W próbie kontrolnej woda wapenna nie zmniejsza się.

Wniosek: W powietrzu wdechowym jest więcej dwutlenku węgla niż w powietrzu wdechowym.

Wydźwięki: W próbie badawczej nastąpiło zmniejszenie wody wapennej pod wpływem wdechu (zawiera CO₂), który wydzielił się z rurki doprowadzonej do naczynia na nogi.

W próbie kontrolnej powietrze doprowadzone rurką następuje wydzielenie wody wapennej, co nie powoduje zmniejszenia wody wapennej.

Podręcznik zawiera tylko niezbędne wiadomości ujęte w jasno i prosto sformułowanych tematach.

W tekście pojawiają się **wytłuszczenia**. Dzięki nim łatwiej odnajdziecie istotne zagadnienia, pojęcia i nazwy.

Przystępny język publikacji ułatwi wam zrozumienie treści i pozytywnie nastawi was do materiału.

Ikony na marginesach ułatwią wam odnalezienie definicji, najważniejszych treści do zapamiętania oraz eksperymentów.

Tabela 1.1.5. Ciężar ciała zwierząt w zależności od wieku i płci (wg danych z literatury).

Wiek	Płeć	Waga ciała (kg)	Waga ciała (g)	Waga ciała (mg)
1-3	♂	1,000	1,000-1,500	1,000-1,500
4-6	♂	1,200	1,200-1,800	1,200-1,800
7-12	♂	1,500	1,500-2,000	1,500-2,000
13-18	♂	1,800	1,800-2,500	1,800-2,500
19-24	♂	2,000	2,000-2,800	2,000-2,800
25-30	♂	2,200	2,200-3,000	2,200-3,000
31-36	♂	2,400	2,400-3,200	2,400-3,200
37-42	♂	2,600	2,600-3,400	2,600-3,400
43-48	♂	2,800	2,800-3,600	2,800-3,600
49-54	♂	3,000	3,000-3,800	3,000-3,800
55-60	♂	3,200	3,200-4,000	3,200-4,000
61-66	♂	3,400	3,400-4,200	3,400-4,200
67-72	♂	3,600	3,600-4,400	3,600-4,400
73-78	♂	3,800	3,800-4,600	3,800-4,600
79-84	♂	4,000	4,000-4,800	4,000-4,800
85-90	♂	4,200	4,200-5,000	4,200-5,000
91-96	♂	4,400	4,400-5,200	4,400-5,200
97-102	♂	4,600	4,600-5,400	4,600-5,400
103-108	♂	4,800	4,800-5,600	4,800-5,600
109-114	♂	5,000	5,000-5,800	5,000-5,800
115-120	♂	5,200	5,200-6,000	5,200-6,000
121-126	♂	5,400	5,400-6,200	5,400-6,200
127-132	♂	5,600	5,600-6,400	5,600-6,400
133-138	♂	5,800	5,800-6,600	5,800-6,600
139-144	♂	6,000	6,000-6,800	6,000-6,800
145-150	♂	6,200	6,200-7,000	6,200-7,000
151-156	♂	6,400	6,400-7,200	6,400-7,200
157-162	♂	6,600	6,600-7,400	6,600-7,400
163-168	♂	6,800	6,800-7,600	6,800-7,600
169-174	♂	7,000	7,000-7,800	7,000-7,800
175-180	♂	7,200	7,200-8,000	7,200-8,000
181-186	♂	7,400	7,400-8,200	7,400-8,200
187-192	♂	7,600	7,600-8,400	7,600-8,400
193-198	♂	7,800	7,800-8,600	7,800-8,600
199-204	♂	8,000	8,000-8,800	8,000-8,800
205-210	♂	8,200	8,200-9,000	8,200-9,000
211-216	♂	8,400	8,400-9,200	8,400-9,200
217-222	♂	8,600	8,600-9,400	8,600-9,400
223-228	♂	8,800	8,800-9,600	8,800-9,600
229-234	♂	9,000	9,000-9,800	9,000-9,800
235-240	♂	9,200	9,200-10,000	9,200-10,000
241-246	♂	9,400	9,400-10,200	9,400-10,200
247-252	♂	9,600	9,600-10,400	9,600-10,400
253-258	♂	9,800	9,800-10,600	9,800-10,600
259-264	♂	10,000	10,000-10,800	10,000-10,800
265-270	♂	10,200	10,200-11,000	10,200-11,000
271-276	♂	10,400	10,400-11,200	10,400-11,200
277-282	♂	10,600	10,600-11,400	10,600-11,400
283-288	♂	10,800	10,800-11,600	10,800-11,600
289-294	♂	11,000	11,000-11,800	11,000-11,800
295-300	♂	11,200	11,200-12,000	11,200-12,000
301-306	♂	11,400	11,400-12,200	11,400-12,200
307-312	♂	11,600	11,600-12,400	11,600-12,400
313-318	♂	11,800	11,800-12,600	11,800-12,600
319-324	♂	12,000	12,000-12,800	12,000-12,800
325-330	♂	12,200	12,200-13,000	12,200-13,000
331-336	♂	12,400	12,400-13,200	12,400-13,200
337-342	♂	12,600	12,600-13,400	12,600-13,400
343-348	♂	12,800	12,800-13,600	12,800-13,600
349-354	♂	13,000	13,000-13,800	13,000-13,800
355-360	♂	13,200	13,200-14,000	13,200-14,000
361-366	♂	13,400	13,400-14,200	13,400-14,200
367-372	♂	13,600	13,600-14,400	13,600-14,400
373-378	♂	13,800	13,800-14,600	13,800-14,600
379-384	♂	14,000	14,000-14,800	14,000-14,800
385-390	♂	14,200	14,200-15,000	14,200-15,000
391-396	♂	14,400	14,400-15,200	14,400-15,200
397-402	♂	14,600	14,600-15,400	14,600-15,400
403-408	♂	14,800	14,800-15,600	14,800-15,600
409-414	♂	15,000	15,000-15,800	15,000-15,800
415-420	♂	15,200	15,200-16,000	15,200-16,000
421-426	♂	15,400	15,400-16,200	15,400-16,200
427-432	♂	15,600	15,600-16,400	15,600-16,400
433-438	♂	15,800	15,800-16,600	15,800-16,600
439-444	♂	16,000	16,000-16,800	16,000-16,800
445-450	♂	16,200	16,200-17,000	16,200-17,000
451-456	♂	16,400	16,400-17,200	16,400-17,200
457-462	♂	16,600	16,600-17,400	16,600-17,400
463-468	♂	16,800	16,800-17,600	16,800-17,600
469-474	♂	17,000	17,000-17,800	17,000-17,800
475-480	♂	17,200	17,200-18,000	17,200-18,000
481-486	♂	17,400	17,400-18,200	17,400-18,200
487-492	♂	17,600	17,600-18,400	17,600-18,400
493-498	♂	17,800	17,800-18,600	17,800-18,600
499-504	♂	18,000	18,000-18,800	18,000-18,800
505-510	♂	18,200	18,200-19,000	18,200-19,000
511-516	♂	18,400	18,400-19,200	18,400-19,200
517-522	♂	18,600	18,600-19,400	18,600-19,400
523-528	♂	18,800	18,800-19,600	18,800-19,600
529-534	♂	19,000	19,000-19,800	19,000-19,800
535-540	♂	19,200	19,200-20,000	19,200-20,000
541-546	♂	19,400	19,400-20,200	19,400-20,200
547-552	♂	19,600	19,600-20,400	19,600-20,400
553-558	♂	19,800	19,800-20,600	19,800-20,600
559-564	♂	20,000	20,000-20,800	20,000-20,800
565-570	♂	20,200	20,200-21,000	20,200-21,000
571-576	♂	20,400	20,400-21,200	20,400-21,200
577-582	♂	20,600	20,600-21,400	20,600-21,400
583-588	♂	20,800	20,800-21,600	20,800-21,600
589-594	♂	21,000	21,000-21,800	21,000-21,800
595-600	♂	21,200	21,200-22,000	21,200-22,000
601-606	♂	21,400	21,400-22,200	21,400-22,200
607-612	♂	21,600	21,600-22,400	21,600-22,400
613-618	♂	21,800	21,800-22,600	21,800-22,600
619-624	♂	22,000	22,000-22,800	22,000-22,800
625-630	♂	22,200	22,200-23,000	22,200-23,000
631-636	♂	22,400	22,400-23,200	22,400-23,200
637-642	♂	22,600	22,600-23,400	22,600-23,400
643-648	♂	22,800	22,800-23,600	22,800-23,600
649-654	♂	23,000	23,000-23,800	23,000-23,800
655-660	♂	23,200	23,200-24,000	23,200-24,000
661-666	♂	23,400	23,400-24,200	23,400-24,200
667-672	♂	23,600	23,600-24,400	23,600-24,400
673-678	♂	23,800	23,800-24,600	23,800-24,600
679-684	♂	24,000	24,000-24,800	24,000-24,800
685-690	♂	24,200	24,200-25,000	24,200-25,000
691-696	♂	24,400	24,400-25,200	24,400-25,200
697-702	♂	24,600	24,600-25,400	24,600-25,400
703-708	♂	24,800	24,800-25,600	24,800-25,600
709-714	♂	25,000	25,000-25,800	25,000-25,800
715-720	♂	25,200	25,200-26,000	25,200-26,000
721-726	♂	25,400	25,400-26,200	25,400-26,200
727-732	♂	25,600	25,600-26,400	25,600-26,400
733-738	♂	25,800	25,800-26,600	25,800-26,600
739-744	♂	26,000	26,000-26,800	26,000-26,800
745-750	♂	26,200	26,200-27,000	26,200-27,000
751-756	♂	26,400	26,400-27,200	26,400-27,200
757-762	♂	26,600	26,600-27,400	26,600-27,400
763-768	♂	26,800	26,800-27,600	26,800-27,600
769-774	♂	27,000	27,000-27,800	27,000-27,800
775-780	♂	27,200	27,200-28,000	27,200-28,000
781-786	♂	27,400	27,400-28,200	27,400-28,200
787-792	♂	27,600	27,600-28,400	27,600-28,400
793-798	♂	27,800	27,800-28,600	27,800-28,600
799-804	♂	28,000	28,000-28,800	28,000-28,800
805-810	♂	28,200	28,200-29,000	28,200-29,000
811-816	♂	28,400	28,400-29,200	28,400-29,200
817-822	♂	28,600	28,600-29,400	28,600-29,400
823-828	♂	28,800	28,800-29,600	28,800-29,600
829-834	♂	29,000	29,000-29,800	29,000-29,800
835-840	♂	29,200	29,200-30,000	29,200-30,000
841-846	♂	29,400	29,400-30,200	29,400-30,200
847-852	♂	29,600	29,600-30,400	29,600-30,400
853-858	♂	29,800	29,800-30,600	29,800-30,600
859-864	♂	30,000	30,000-30,800	30,000-30,800
865-870	♂	30,200	30,200-31,000	30,200-31,000
871-876	♂	30,400	30,400-31,200	30,400-31,200
877-882	♂	30,600	30,600-31,400	30,600-31,400
883-888	♂	30,800	30,800-31,600	30,800-31,600
889-894	♂	31,000	31,000-31,800	31,000-31,800
895-900	♂	31,200	31,200-32,000	31,200-32,000
901-906	♂	31,400	31,400-32,200	31,400-32,200
907-912	♂	31,600	31,600-32,400	31,600-32,400
913-918	♂	31,800	31,800-32,600	31,800-32,600
919-924	♂	32,000	32,000-32,800	32,000-32,800
925-930	♂	32,200	32,200-33,000	32,200-33,000
931-936	♂	32,400	32,400-33,200	32,400-33,200
937-942	♂	32,600	32,600-33,400	32,600-33,400
943-948	♂	32,800	32,800-33,600	32,800-33,600
949-954	♂	33,000	33,000-33,800	33,000-33,800
955-960	♂	33,200	33,200-34,000	33,200-34,000
961-966	♂	33,400	33,400-34,200	33,400-34,200
967-972	♂	33,600	33,600-34,400	33,600-34,400
973-978	♂	33,800	33,800-34,600	33,800-34,600
979-984	♂	34,000	34,000-34,800	34,000-34,800
985-990	♂	34,200	34,200-35,000	34,200-35,000
991-996	♂	34,400	34,400-35,200	34,400-35,200
997-1002	♂	34,600	34,600-35,400	34,600-35,400
1003-1008	♂	34,800	34,800-35,600	34,800-35,600
1009-1014	♂	35,000	35,000-35,800	35,000-35,800
1015-1020	♂	35,200	35,200-36,000	35,200-36,000
1021-1026	♂	35,400	35,400-36,200	35,400-36,200
1027-1032	♂	35,600	35,600-36,400	35,600-36,400
1033-1038	♂			



I

**PODSTAWOWE ZASADY
BUDOWY I FUNKCJONOWANIA
ORGANIZMU CZŁOWIEKA**

Hierarchiczna budowa organizmu

Podstawową jednostką budującą organizm człowieka jest komórka. Komórki łączą się w zespoły o wspólnym pochodzeniu i podobnych funkcjach – tkanki. Tkanki tworzą narządy, czyli struktury wyspecjalizowane w pełnieniu określonych funkcji, np. serce, płuco, mózg, żołądek. Narządy są najczęściej zbudowane z różnych rodzajów tkanek. Przykładem jest serce, którego główną masę stanowi tkanka mięśniowa poprzecznie prążkowana, wewnątrz komór i przedsionków jest wyścielone nabłonkiem, a na zewnątrz – pokryte osierdziem zbudowanym z tkanki łącznej. Narządy, które pełnią podobne funkcje, np. trawienie pokarmu czy wymianę gazową, nazywamy układami narządów, np. układ pokarmowy, oddechowy, krwionośny. Ściśle współpracujące ze sobą układy narządów tworzą organizm, który przeprowadza wszystkie czynności życiowe.

1. Tkanka nabłonkowa

Tkanką nazywamy zespół komórek o podobnej budowie, funkcji i pochodzeniu. We wczesnych etapach rozwoju zarodkowego człowieka wykształcają się **listki zarodkowe**: ektoderma, endoderma i mezoderma, z których podczas procesu histogenezy (wytwarzania) formują się tkanki. Wyróżnia się cztery podstawowe typy tkanek: nabłonkową, łączną, mięśniową i nerwową (tab. I.1.1.).

Tab. I.1.1. Udział listków zarodkowych w wytwarzaniu poszczególnych tkanek.

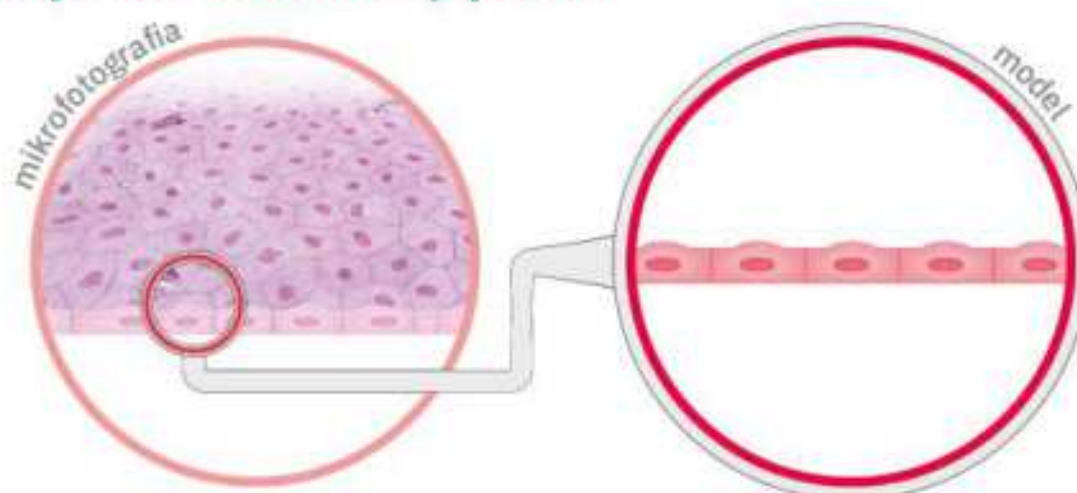
Typ tkanki	Listki zarodkowe		
	ektoderma	endoderma	mezoderma
nabłonkowa	X	X	X
łączna (w tym krew i limfa)			X
mięśniowa			X
nerwowa	X		

Tkanka nabłonkowa może się formować ze wszystkich listków zarodkowych. Komórki tkanki nabłonkowej ściśle do siebie przylegają i są osadzone na **blonie podstawnej** (substancji bezkomórkowej zbudowanej z włókien białkowych). Kryteria podziału nabłonków opierają się na kształcie komórek, liczbie ich warstw oraz funkcji, jaką spełniają (tab. I.1.2.).

Tab. I.1.2. Kryteria podziału tkanki nabłonkowej.

Kryterium podziału	Rodzaj nabłonka
Liczba warstw	jednowarstwowy wielowarstwowy
Kształt komórek	płaski sześcienny (kostkowy) cyldryczny (walcowaty) wielorzędowy
Funkcje	ochronny transportujący wydzielniczy czuciowy rozrodczy

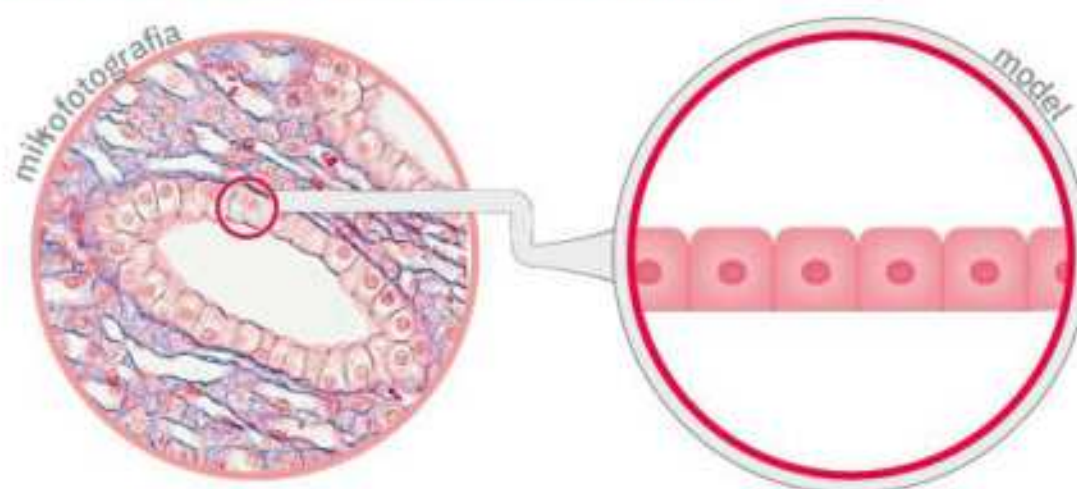
Nabłonek jednowarstwowy płaski



Ryc. I.1.1. Mikrofotografia i model nabłonka jednowarstwowego płaskiego.

Komórki tego nabłonka tworzą pojedynczą warstwę. Występują tam, gdzie duże znaczenie ma transport na drodze dyfuzji (ryc. I.1.1.). Nabłonek jednowarstwowy płaski znajduje się na powierzchni błon surowiczych (opłucnej, osierdza, otrzewnej), wyścięła jamy serca oraz śródbłonek naczyń krwionośnych i limfatycznych. Występuje w torebkach ciałek nerkowych oraz pęcherzykach płucnych.

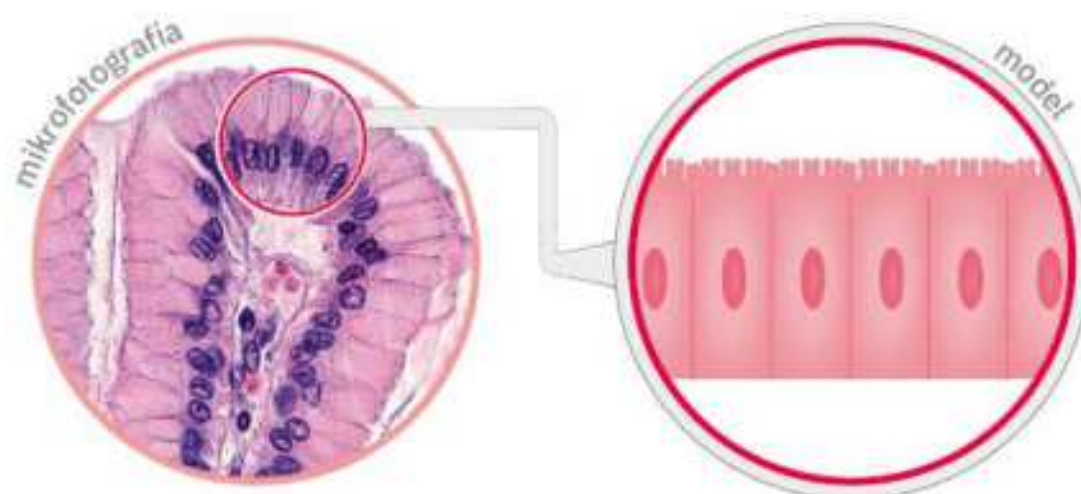
Nabłonek jednowarstwowy sześcienny



Ryc. I.1.2. Mikrofotografia i model nabłonka jednowarstwowego sześciennego.

Komórki tego nabłonka są zbudowane z komórek o kształcie sześciennym (ryc. I.1.2.). Nabłonek jednowarstwowy sześcienny występuje w przewodach wyprowadzających gruczołów wydzielania zewnętrznego, np. ślinianek, w ścianach kanalików nerkowych, na przedniej powierzchni soczewki oka, w uchu środkowym, na powierzchni jajnika i w oskrzelikach płucnych.

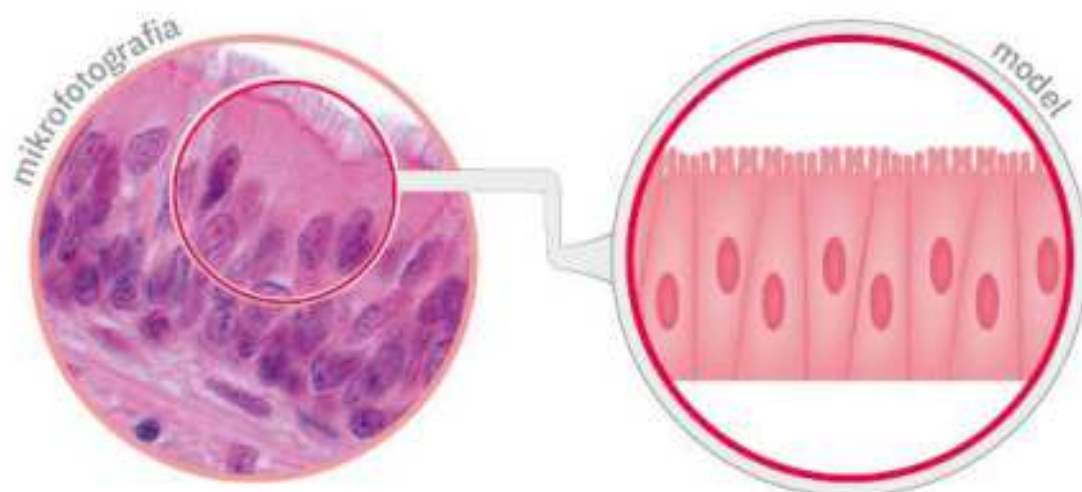
Nabłonek jednowarstwowy walcowaty



Ryc. I.1.3. Mikrofotografia i model nabłonka jednowarstwowego walcowatego.

Nabłonek jednowarstwowy walcowaty jest zbudowany z komórek o wydłużonym kształcie. Często jest zaopatrzony w rzęski (ryc. I.1.3.). Spełnia funkcje wydzielnicze (produkcja śluzu) oraz odpowiada za wchłanianie (nabłonek kosmków jelitowych). Wyściela przewód pokarmowy od żołądka do odbytnicy, pęcherzyk żółciowy i błonę śluzową macicy, a w jajowodzie odpowiada za przemieszczanie komórki jajowej (lub zygoty) w kierunku macicy.

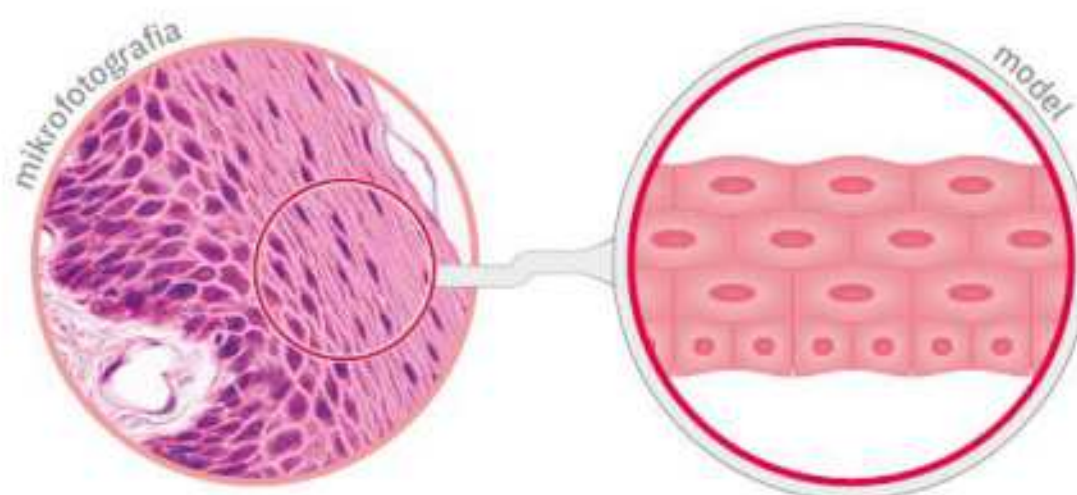
Nabłonek jednowarstwowy wielorzędowy



Ryc. I.1.4. Mikrofotografia i model nabłonka jednowarstwowego wielorzędowego.

Nabłonek jednowarstwowy wielorzędowy budują komórki o różnej wysokości i kształcie, co powoduje ułożenie jąder komórkowych na różnych wysokościach (ryc. I.1.4.). Ponieważ wszystkie komórki przylegają do błony podstawnej, przypomina to nabłonek wielowarstwowy. Wyścięła on pęcherz moczowy, drogi oddechowe – część oddechową i węchową jamy nosowej, górną część gardła, tchawicę i oskrzela, a dzięki obecności mikrokosmków uczestniczy w przesuwaniu śluzu w oskrzelach.

Nabłonek wielowarstwowy płaski



Ryc. I.1.5. Mikrofotografia i model nabłonka wielowarstwowego płaskiego.

Nabłonek wielowarstwowy płaski jest zbudowany z wielu warstw komórek (ryc. I.1.5.). Jego warstwa zewnętrzna ma kształt płaski. Ten rodzaj nabłonka występuje w jamie ustnej, w części środkowej i dolnej gardła, wyścięła również większą część przetyku i pochwę, tworzy przednią powierzchnię rogówki oka, a na powierzchni skóry właściwej ciała kręgowców – naskórek. Dolna część komórek naskórka, dzieląc się mitotycznie, uzupełnia ubytki komórek warstwy powierzchniowej, które stale się złuszcza.

Funkcje tkanek nabłonkowych

1. **Nabłonki pokrywająco-ochronne** chronią powierzchnię ciała przed niekorzystnym wpływem czynników środowiska, a narządy wewnętrzne przed urazami mechanicznymi, utratą płynów ciała czy szkodliwymi czynnikami chemicznymi.
2. **Nabłonki transportujące** umożliwiają transport substancji między warstwą zewnętrzną a wewnętrzną nabłonka, np. gazów oddechowych w narządach wymiany gazowej, jonów w kanalikach nerkowych czy produktów trawienia w jelicie cienkim.

3. **Nabłonki wydalinicze** służą do usuwania szkodliwych azotowych produktów przemiany materii w układzie wydaliniczym.
4. **Nabłonki wydzielnicze** (gruczołowe) uczestniczą w syntezie i wydzielaniu różnych związków chemicznych, np. enzymów, hormonów, śluzu. Komórki tego nabłonka budują gruczoły np. **wydzielania wewnętrznego** (dokrewne), które nie mają przewodów wyprowadzających, a ich wydzielina dostaje się bezpośrednio do krwi, przez którą jest rozprowadzana, oraz **gruczoły wydzielania zewnętrznego**, które wydzielinę wyprowadzają przewodami na powierzchnię ciała.
5. **Nabłonki lokomotoryczne** dzięki obecności rzęsek umożliwiają przesuwanie się gamet w jajowodach i nasieniowodach.
6. **Nabłonki zmysłowe** budują narządy zmysłów. Umożliwiają odbieranie bodźców ze środowiska zewnętrznego lub wewnętrznego, np. nabłonki kubków smakowych, siatkówki oka, komórki receptorowe ucha wewnętrznego.

PYTANIA I POLECENIA

1. Narysuj w zeszycie tabelę, w której porównasz tkanki nabłonkowe jednowarstwowe. Uwzględnij następujące cechy: rodzaj nabłonka, charakterystyczne cechy budowy komórek, pełnione funkcje.
2. Opracuj i narysuj w zeszycie graf przedstawiający podział tkanki nabłonkowej ze względu na budowę i pełnione funkcje.

2. Tkanka łączna

Tkanka łączna jest najbardziej zróżnicowaną spośród wszystkich tkanek budujących organizm człowieka (ryc. I.2.1.).



Ryc. I.2.1. Klasyfikacja tkanek łącznych.

Cechą charakterystyczną wszystkich tkanek łącznych jest duża zawartość **substancji międzykomórkowej**, w której są zawieszone **różne komórki**. W skład substancji międzykomórkowej wchodzi **istota podstawowa** (rodzaj żelu z dużą zawartością wody) oraz **białkowe elementy włókniste**, do których zaliczamy:

- **włókna kolagenowe** – zbudowane z nierozpuszczalnego białka kolagenu, nadające wytrzymałość i odporność na rozerwanie,
- **włókna sprężyste** – zbudowane z białka elastyny, nadające giętkość i sprężystość,
- **włókna retikulinowe** – zbudowane z białka retikuliny, które tworzy delikatne włókna zrębów narządów wewnętrznych, np. węzłów chłonnych.

Komórki tkanki łącznej są zróżnicowane ze względu na kształt i pełnioną funkcję.

Tkanka łączna właściwa

Wyróżnia się kilka rodzajów tkanki łącznej właściwej.

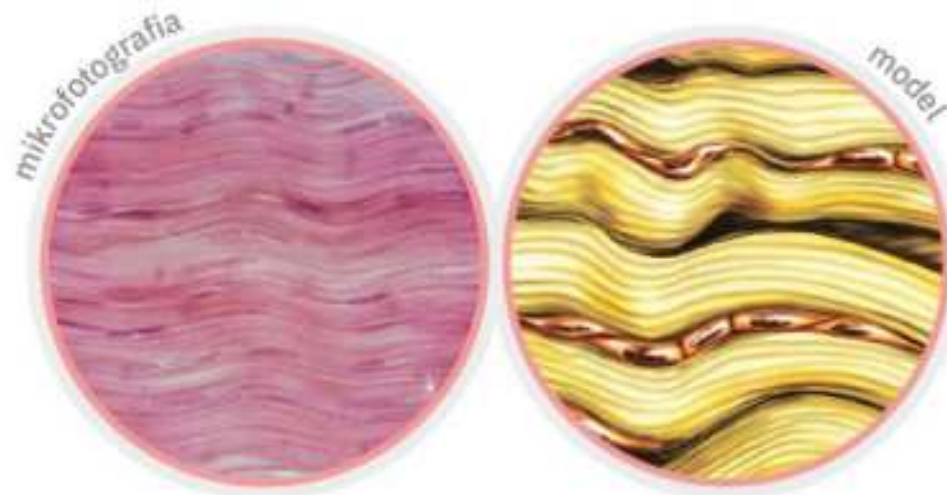
Tkanka właściwa wiotka (luźna)



Ryc. I.2.2. Mikrofotografia i model tkanki właściwej wiotkiej.

Tkanka właściwa wiotka jest jedną z najczęściej występujących tkanek właściwych (ryc. I.2.2.). Jej komórki, przyjmujące różne kształty, są zanurzone w dużej ilości substancji międzykomórkowej, w której są rozmieszczone niewielkie ilości nieuporządkowanych białkowych włókien retikulinowych. Dzięki takiej budowie tkanka ta stanowi rusztowanie dla innych tkanek narządów, utrzymując je we właściwym miejscu. Razem z podskórną tkanką tłuszczową tworzy przyczep skóry do mięśni.

Tkanka właściwa zbita

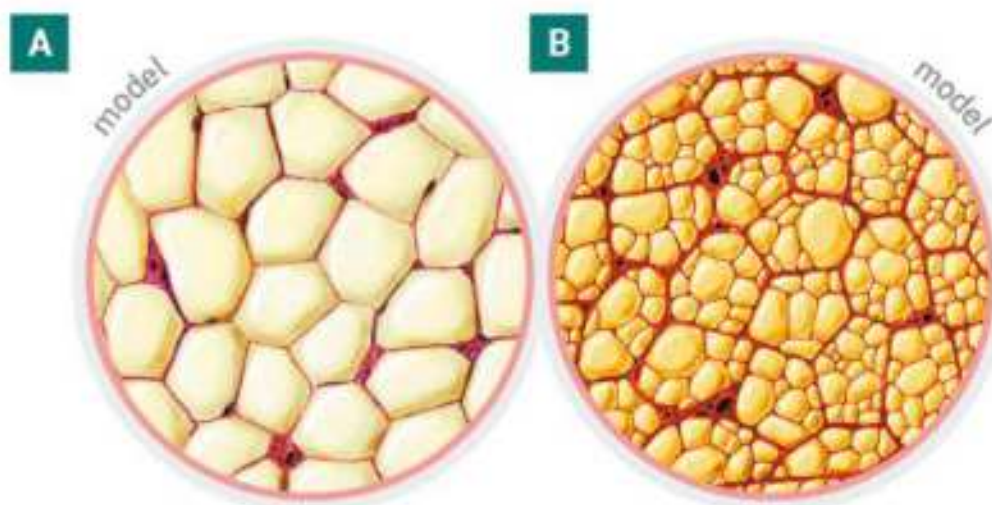


Ryc. I.2.3. Mikrofotografia i model tkanki właściwej zbitej.

W substancji międzykomórkowej tkanki właściwej zbitej znajdują się wszystkie trzy rodzaje włókien białkowych, wśród których dominują włókna kolagenowe (ryc. I.2.3.). Ich obecność nadaje tkance dużą wytrzymałość i małą elastyczność. W związku z tym tkanka właściwa zbita buduje skórę właściwą kręgowców (umożliwia silne odkształcanie), torebki stawowe, więzadła i ścięgna.

Tkanka tłuszczowa

Tkanka tłuszczowa stanowi rezerwę metaboliczną organizmu. Występuje w dwóch postaciach: żółtej i brunatnej. Komórki tkanki żółtej mają jedną dużą wakuolę, w której magazynowany jest tłuszcz (ryc. I.2.4.). Tkanka ta występuje przede wszystkim pod skórą i w torebkach tłuszczowych wokół narządów wewnętrznych, pełniąc funkcję termoizolacyjną i amortyzującą wstrząsy.



Ryc. I.2.4. Model tkanki (A). tłuszczowej żółtej (biała) i (B) brunatnej.

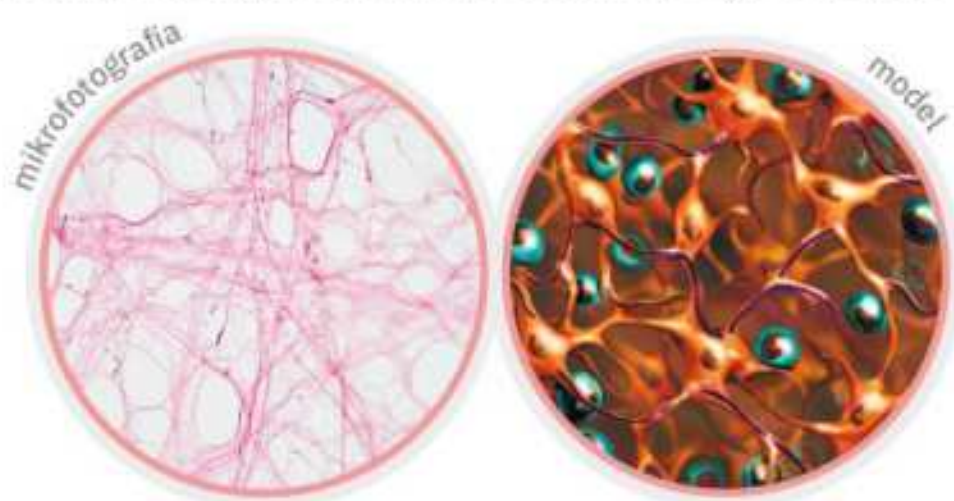
W komórkach tkanki brunatnej występują liczne wakuole tłuszczowe. U człowieka tkanka ta pojawia się w życiu płodowym i utrzymuje się w okresie niemowlęcym. Jej zadaniem jest gromadzenie ciepła. U zwierząt tkanka tłuszczowa brunatna spotykana jest u gatunków zapadających w sen zimowy, czyli hibernujących. Są to drobne gryzonie lub niewielkie ssaki, które szybko tracą ciepło z powodu dużej powierzchni ciała w stosunku do objętości (ryc. I.2.5.).



Ryc. I.2.5. Hibernująca orzesznica leszczynowa (*Muscardinus avellanarius*). Temperatura ciała tych niewielkich nadrzewnych gryzoni, które żyją w Polsce, spada w miarę ochładzania i potrafi osiągnąć niemal zero stopni. Zwierzę czerpie energię z zapasów tłuszczu zgromadzonego w tkance brunatnej. Orzesznice wybudzają się z hibernacji co dwa tygodnie.

Tkanka siateczkowata

Tkanka ta jest najbardziej unaczynionym typem tkanki łącznej. Komórki o kształcie gwiazdzistym tworzą przestrzenną sieć, która jest wypełniona substancją międzykomórkową bogatą we włókna retikulinowe (ryc. I.2.6.).

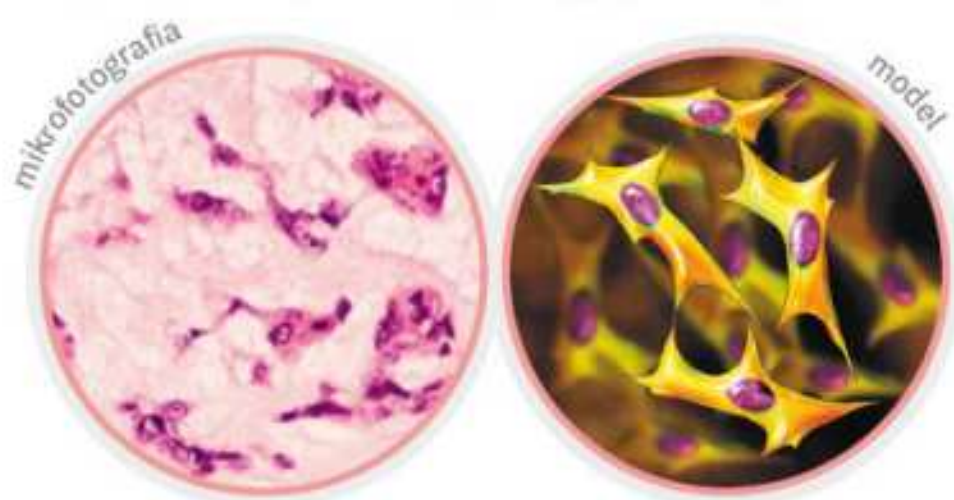


Ryc. I.2.6. Mikrofotografia i model tkanki siateczkowej.

Tkanka tworzy zrąb grasicy, szpiku kostnego i węzłów chłonnych. Występuje także w wątrobie, śledzionie, błonie śluzowej macicy oraz błonie śluzowej jelita cienkiego i grubego.

Tkanka zarodkowa

Tkanka zarodkowa występuje tylko w okresie zarodkowym człowieka. Komórki o kształcie gwiazdzistym mają charakter totipotencjalny, czyli mogą się przekształcać w każdy inny rodzaj tkanki łącznej (ryc. I.2.7.).



Ryc. I.2.7. Mikrofotografia i model tkanki łącznej zarodkowej.

Substancja międzykomórkowa tej tkanki jest pozbawiona włókien białkowych. Tkanka łączna zarodkowa buduje ciało zarodka oraz pępowinę. W krwi pępowinowej znajdują się komórki macierzyste, które – podobnie jak komórki szpiku kostnego – mogą być przeszczepiane w celu odbudowania układu krwionośnego i odpornościowego. Są one bardziej skuteczne od komórek macierzystych uzyskanych od dawców dorosłych.

Tkanki łączne oporowe

Tkanki łączne oporowe stanowią podporę ciała oraz ochronę przed urazami mechanicznymi. Ze względu na różnice w budowie i pełnionych funkcjach wyróżnia się tkankę chrzęstną (budującą chrząstkę) oraz kostną (budującą kość).

Tkanka chrzęstna nie jest unerwiona ani unaczyniona. Jej odżywianie odbywa się na drodze dyfuzji. Tkanka ta jest zbudowana z **komórek chrzęstnych (chondrocytów)** oraz **substancji międzykomórkowej (chondryny)**, w której zanurzone są włókna białkowe produkowane przez **komórki chrząstkotwórcze (chondroblasty)**. Komórki chrzęstne znajdują się pojedynczo lub po kilka w jamkach chrzęstnych i tworzą jednostkę funkcjonalną – **chondron**. W miejscach uszkodzenia mechanicznego chondrocyty przekształcają się w **komórki chrząstkogubne – chondroklasty**, które rozpuszczają chrząstkę i są odpowiedzialne za jej przebudowę. Wyróżnia się tkankę chrzęstną szklaną, sprężystą i włóknistą.

Tkanka chrzęstna szklista

Tkanka ta buduje szkielet w okresie zarodkowym i płodowym. W substancji międzykomórkowej występują cienkie włókna kolagenowe i liczne skupiska komórek chrzęstnych (ryc. I.2.8.). Dzięki takiej budowie tkanka jest odporna na ściekanie i stopniowo ulega kostnieniu (mineralizacji).

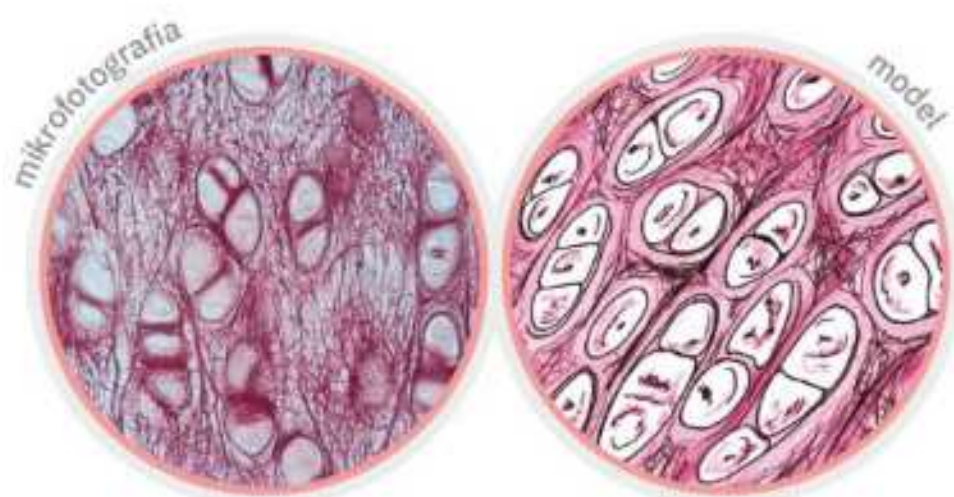


Ryc. I.2.8. Mikrofotografia i model tkanki chrzęstnej szklistej.

Chrzątka szklista w szkielecie dorosłego człowieka buduje powierzchnie stawowe, przymostkowe części żeber, części chrzęstne żeber, części chrzęstne nosa, nagłośni i oskrzeli.

Tkanka chrzęstna sprężysta

Tkanka chrzęstna sprężysta w substancji międzykomórkowej zawiera dużą ilość włókien elastycznych, sprężystych (ryc. I.2.9.).

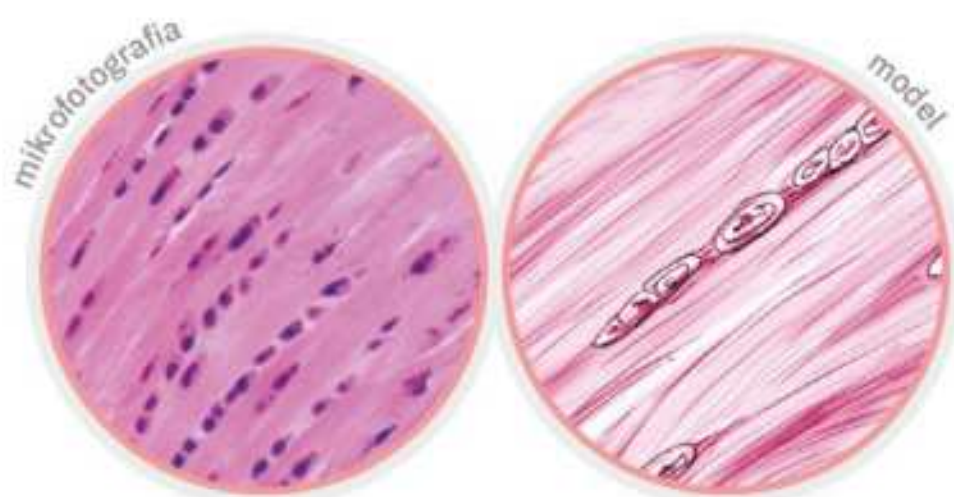


Ryc. I.2.9. Mikrofotografia i model tkanki chrzęstnej sprężystej.

Tkanka ta nie ulega mineralizacji. Buduje chrząstkę małżowiny usznej, zewnętrzny przewód słuchowy, trąbkę Eustachiusza (przewód w uchu środkowym prowadzący z jamy bębenkowej do nosowej części gardła) oraz chrząstki krtani i nagłośni.

Tkanka chrzęstna włóknista

Tkanka chrzęstna włóknista w substancji międzykomórkowej zawiera grube włókna kolagenowe z niewielką ilością włókien sprężystych, co czyni ją wytrzymałą na rozerwanie i zgniatanie. W związku z tym tkanka występuje w miejscach przyczepu mięśni do kości, buduje spojenie łonowe oraz krążki międzykręgowe w kręgosłupie (ryc. I.2.10.).



Ryc. I.2.10. Mikrofotografia i model tkanki chrzęstnej włóknistej.

Tkanka kostna

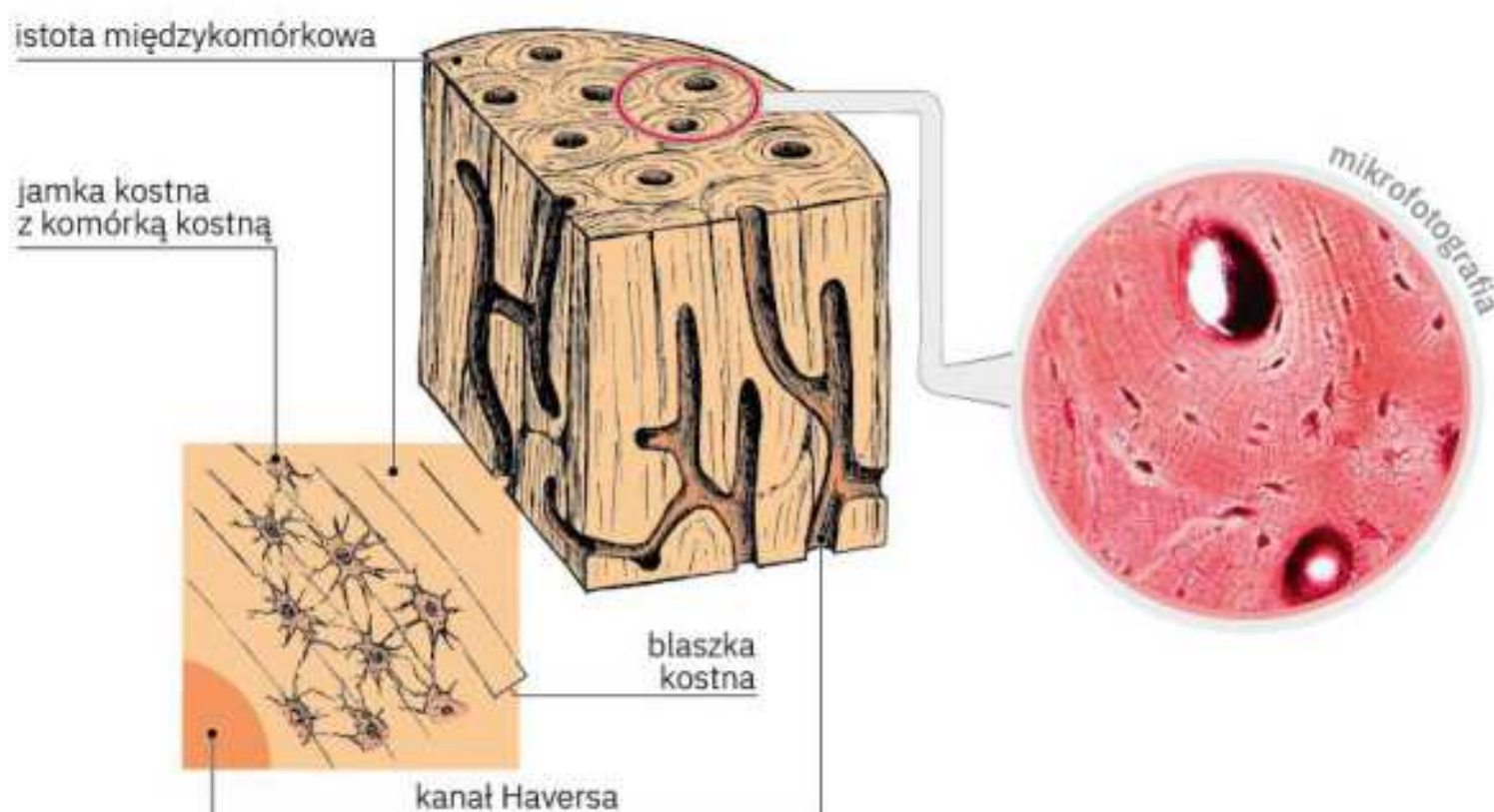
Tkanka kostna powstaje na drodze kostnienia tkanki chrzęstnej szklistej lub – w nieznacznym stopniu – tkanki łącznej właściwej. Proces kostnienia kończy

się około 21. roku życia u mężczyzn (u kobiet nieco wcześniej). Tkanka kostna tworząca szkielet jest twarda, stanowi usztywnienie i osłonę narządów wewnętrznych ciała człowieka. Jej właściwości wynikają z budowy. Kolagenowa substancja międzykomórkowa – **osseina** – jest przesycona **solami mineralnymi** (m.in. fosforanem wapnia, węglanem wapnia i fosforanem magnezu). Nadają one tkance twardość, a włókna kolagenowe – elastyczność. W substancji międzykomórkowej występują liczne **jamki kostne** połączone kanalikami kostnymi. W każdej jamce znajduje się **komórka kostna** – **osteocyt**, który kontaktuje się z innymi komórkami kostnymi za pomocą wypustek cytoplazmatycznych. Osteocyty tworzą struktury – **blaszki kostne**. W przeciwieństwie do tkanki chrzęstnej, tkanka kostna jest dobrze ukrwiona i unaczyniona. Poza osteocytami w tkance kostnej występują **komórki kościotwórcze** – **osteoblasty** oraz **kościogubne** – **osteoklasty**, które rozpuszczają martwą tkankę lub jej ubytki.

Ze względu na sposób ułożenia blaszek kostnych wyróżnia się dwa rodzaje tkanki kostnej: zbitą i gąbczastą.

Tkanka kostna zbita

W tej tkance blaszki kostne układają się koncentrycznie wokół **kanalu Haversa**, przez który przechodzą naczynia krwionośne, limfatyczne i nerwy (ryc. I.2.11.). Taki zespół blaszek stanowi podstawową jednostkę budulcową tkanki kostnej – **osteon**. Tkanka tworzy nasady kości długich i zewnętrzne warstwy kości płaskich, a w czaszce współtworzy kości osłaniające mózg.



Ryc. I.2.11. Model i mikrofotografia tkanki kostnej zbitej.

Tkanka kostna gąbczasta

Tkanka kostna gąbczasta w porównaniu z tkanką zbitą ma mniej zwartą budowę. Tworzą ją **beleczki kostne** utworzone z blaszek kostnych, które są ułożone w gęstą sieć przestrzenną, co przypomina strukturę gąbki (stąd określenie – gąbczasta) (ryc. I.2.12.).



Ryc. I.2.12. Mikrofotografia i model tkanki kostnej gąbczastej.

Wolne przestrzenie wypełnione są tkanką łączną siateczkową, która produkuje **czerny szpik kostny**. Taka ażurowa struktura amortyzuje wstrząsy i dlatego tkanka kostna gąbczasta buduje nasady kości długich oraz wewnątrz pozostałych kości (ryc. I.2.13.).



Ryc. I.2.13. Lokalizacja istoty zwartej i gąbczastej w kości długiej.

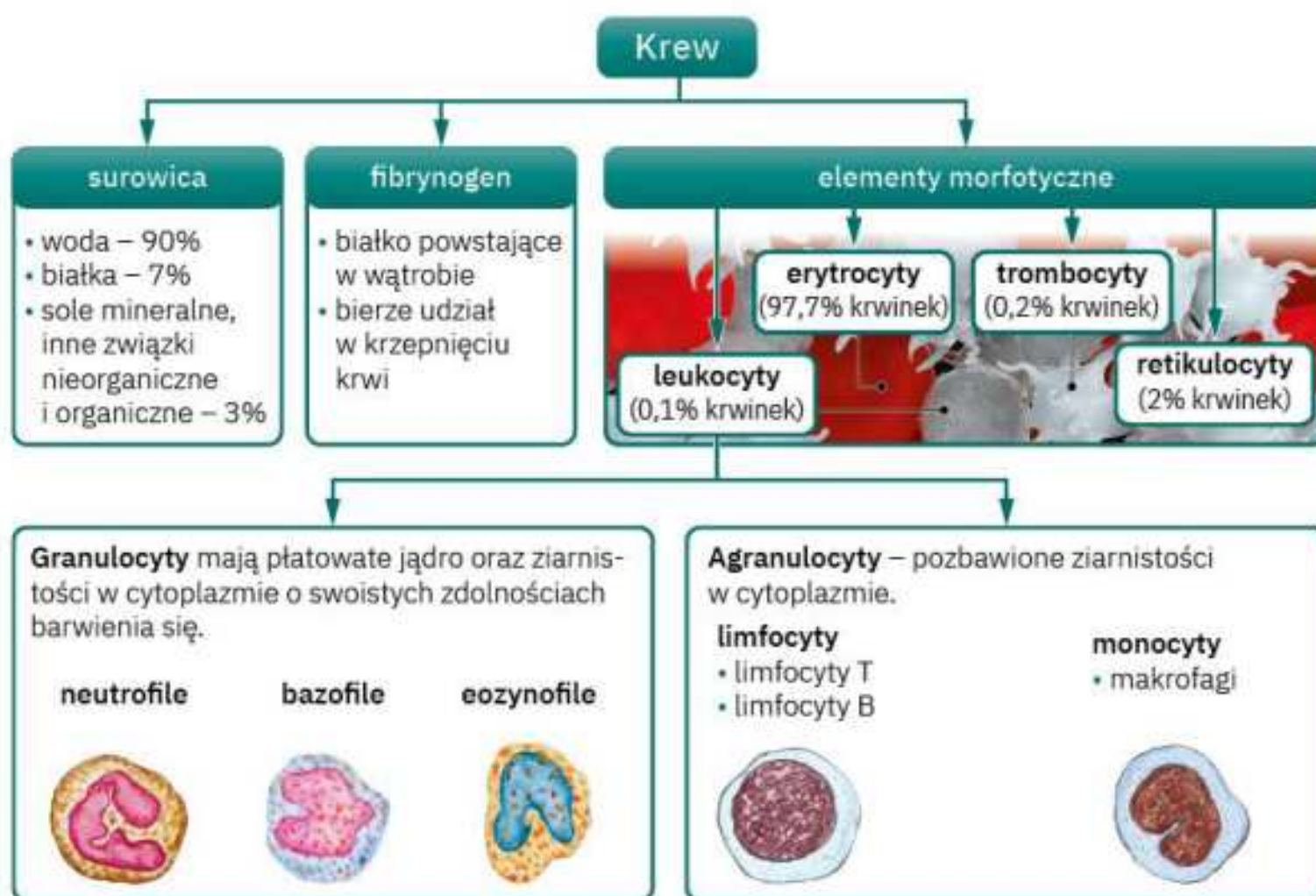
Tkanka łączna płynna – krew i limfa

Krew jest tkanką łączną wypełniającą naczynia krwionośne. Spełnia szereg istotnych funkcji w organizmie człowieka:

- transportową – transportuje tlenu z płuc do wszystkich komórek ciała,
- odżywczą – zaopatruje wszystkie komórki w substancje budulcowe i energetyczne,

- wydalniczą – transportuje zbędne produkty przemian azotowych i dwutlenku węgla,
- immunologiczną – uczestniczy w reakcjach odpornościowych,
- termoregulacyjną – rozprowadza ciepło po organizmie i pozwala na utrzymanie stałej temperatury ciała.

Funkcje krwi wynikają z jej budowy. Krew składa się z substancji międzykomórkowej – nieupostaciowanego **osocza** (około 55% objętości krwi) oraz elementów morfotycznych – **krwinek czerwonych, białych i płytek krwi** (około 45% objętości krwi) (ryc. I.2.14.). W skład osocza – lekko żółtej cieczy – wchodzi woda (około 90%), inne związki nieorganiczne (około 1%) oraz związki organiczne (około 9%). Związki nieorganiczne to głównie jony sodu, potasu, magnezu, wapnia i chloru oraz wodorowęglany. Odpowiadają one za utrzymanie równowagi osmotycznej i stałego pH krwi. Związki organiczne osocza to przede wszystkim białka: **albuminy** transportujące niektóre substancje, takie jak hormony, leki, barwniki żółciowe oraz buforujące krew (utrzymujące stałe pH); **immunoglobuliny** odpowiedzialne za reakcje odpornościowe organizmu oraz **fibrynogen** uczestniczący w krzepnięciu krwi. Oprócz białek w skład osocza wchodzi substancje odżywcze dostarczane do komórek: glukoza, aminokwasy, witaminy oraz zbędne produkty przemiany materii (m.in. mocznik, kwas moczowy) oraz hormony. Osocze pozbawione fibrynogenu nosi nazwę **surowicy krwi**.



Ryc. I.2.14. Składniki krwi.

Składniki morfotyczne krwi

Elementy morfotyczne krwi powstają w czerwonym szpiku kostnym, który znajduje się w jamach szpikowych kości długich i płaskich oraz w przestrzeniach między beleczkami kostnymi. Około 6.–7. roku życia szpik czerwony zostaje stopniowo zastąpiony przez szpik żółty, niespełniający funkcji krwiotwórczej. U dorosłego człowieka szpik czerwony jest zachowany tylko w tkance kostnej gąbczastej.

We krwi człowieka znajdują się komórki krwi noszące nazwę **elementów morfotycznych**. Są to erytrocyty (krwinki czerwone), leukocyty (krwinki białe) i trombocyty (płytki krwi).

Krwinki czerwone, czyli **erytrocyty**, mają kształt dwuwklęsłych krążków. Liczba erytrocytów we krwi dorosłego mężczyzny wynosi około 5,4 mln/mm³, kobiety – około 4,5 mln/mm³, a noworodka około 7 mln/mm³. Liczba erytrocytów jest cechą gatunkową i ulega zmianom w zależności od wielu czynników, np. wieku, płci, rodzaju spożywanych pokarmów czy wysokości, na której przebywamy. W górach powietrze staje się rzadsze i spada w nim zawartość tlenu. Dlatego wzrasta liczba erytrocytów, co oznacza, że więcej tlenu dotrze do każdej komórki ciała. Erytrocyty ssaków nie mają jądra komórkowego ani innych organelli komórkowych (ryc. I.2.15.). Czerwone krwinki tracą jądro komórkowe podczas swojego rozwoju ze względu na przystosowanie do pełnionych funkcji. Brak organelli komórkowych zmniejsza wyrażnie koszty ich metabolizmu i dzięki temu mogą transportować tlen i częściowo dwutlenek węgla.



Ryc. I.2.15. U ssaków dojrzałe erytrocyty są pozbawione jądra komórkowego. Wyjątek stanowią daniel, wielbłądy oraz lamy, u których krwinki czerwone mają jądro komórkowe.

W ich cytoplazmie znajduje się czerwony barwnik – **hemoglobina** (białko połączone z czerwonym barwnikiem zawierającym jony żelaza) odpowiedzialna za czerwone zabarwienie i transport gazów oddechowych. Erytrocyty ze względu na brak jądra komórkowego nie dzielą się i żyją stosunkowo krótko – około 120 dni. Powstają w czerwonym szpiku kostnym niektórych kości (kręgi, łopatki, mostek, żebra, kości czaszki), a ich rozpad następuje w śledzionie i wątrobie.

Krwinki białe, czyli **leukocyty**, są najbardziej zróżnicowaną pod względem budowy grupą składników morfotycznych krwi. Ich liczba wynosi 5–10 tys./mm³ i często ulega zmianie, np. po wysiłku fizycznym, podczas choroby zakaźnej

czy nowotworowej. Leukocyty są bezbarwne (widoczne w mikroskopie po odpowiednim barwieniu) mają kształt kulisty lub owalny, a niektóre z nich tworzą wypustki, za których pomocą mogą ruchem pełzakowatym przedostawać się ze światła naczyń krwionośnych do tkanek. Są większe od erytrocytów i mają jądro komórkowe oraz organelle wewnątrzkomórkowe. Leukocyty powstają głównie w czerwonym szpiku kostnym, lecz także w układzie limfatycznym (grasica, śledziona, grudki chłonne), a są niszczone w śledzionie. Czas ich życia wynosi od kilku dni do kilku lat (w przypadku komórek pamięci immunologicznej).

Wyróżniamy następujące rodzaje leukocytów: granulocyty i agranulocyty (ryc. I.2.14.).

Granulocyty mają ziarnistości w cytoplazmie o specyficznych zdolnościach do barwienia oraz duże płatkowate jądro. Ze względu na te cechy dzielimy je na granulocyty obojętnochłonne (neutrofile), kwasochłonne (eozynofile) oraz zasadochłonne (bazofile).

Największy udział w ogólnej liczbie leukocytów mają **neutrofile** – stanowią 60–70%. Mają kształt kulisty, a ich jądro jest podzielone na 2–7 segmentów. W ziarnistościach cytoplazmy znajdują się enzymy niszczące patogeny. Neutrofile mają zdolność opuszczania światła naczyń krwionośnych. Są odpowiedzialne za wykrywanie i unieszkodliwianie bakterii na drodze fagocytozy.

Eozynofile stanowią od 2% do 4% ogólnej liczby leukocytów. Ziarnistości cytoplazmy barwią się na kolor czerwony (pod wpływem eozyny o odczynie kwaśnym). Eozynofile mają zdolność do ruchu pełzakowatego i na drodze fagocytozy niszczą obce białka. Wzrost liczby tych leukocytów towarzyszy reakcjom alergicznym i zakażeniom pasożytami jelitowymi.

Bazofile stanowią zaledwie 0,5% ogólnej liczby krwinek białych. Ziarnistości ich cytoplazmy barwią się na kolor fioletowy. Bazofile są zdolne do fagocytozy, ale nie mają zdolności do ruchu. Wzrost ich liczby następuje w reakcjach alergicznych. Bazofile wytwarzają **histaminę** (substancję chemiczną związaną z reakcją zapalną) oraz **heparynę** (substancję hamującą krzepnięcie krwi).

Agranulocyty nie mają ziarnistości w cytoplazmie. Ich duże, wypełniające prawie całą cytoplazmę jądro komórkowe jest kształtu kulistego lub nerkowatego. Agranulocyty dzielimy na limfocyty i monocyty. **Limfocyty** stanowią od 25% do 35% ogólnej liczby leukocytów. Zaliczamy do nich **limfocyty T** (grasicozależne) dojrzewające w grasicy i odpowiedzialne za przebieg odpowiedzi immunologicznej organizmu, żyjące do kilku lat, oraz **limfocyty B** (szpikozależne), które powstają i dojrzewają w szpiku kostnym. Limfocyty B są przede wszystkim odpowiedzialne za wytwarzanie przeciwciał, żyją dość krótko – do 10 dni (z wyjątkiem komórek pamięci immunologicznej).

Monocyty (makrofagi) są największymi komórkami krwi. Stanowią od 4% do 6% ogólnej liczby leukocytów. Mają duże jądra o nerkowatym kształcie. Odznaczają się zdolnością do ruchu pęzawkowatego i wychodzenia poza światło naczyń krwionośnych. Monocyty produkują **interferon** – białko hamujące namnażanie się wirusów. Żyją dość krótko – od 3 do 5 dni. Pochłaniają bakterie, wirusy, grzyby i martwe komórki.

Trombocyty (płytki krwi) są najmniejszymi elementami morfotycznymi krwi. Powstają jako oderwane, bezbarwne, różnokształtne fragmenty dużych komórek szpiku kostnego. Podobnie jak erytrocyty, nie mają jądra komórkowego. Ich liczba wynosi 200–400 tys./mm³. Żyją dość krótko (8–10 dni) i jeśli nie zostają wykorzystane, są usuwane w wątrobie i śledzionie. Trombocyty uczestniczą w procesie krzepnięcia krwi i utrzymują ciągłość naczyń krwionośnych.

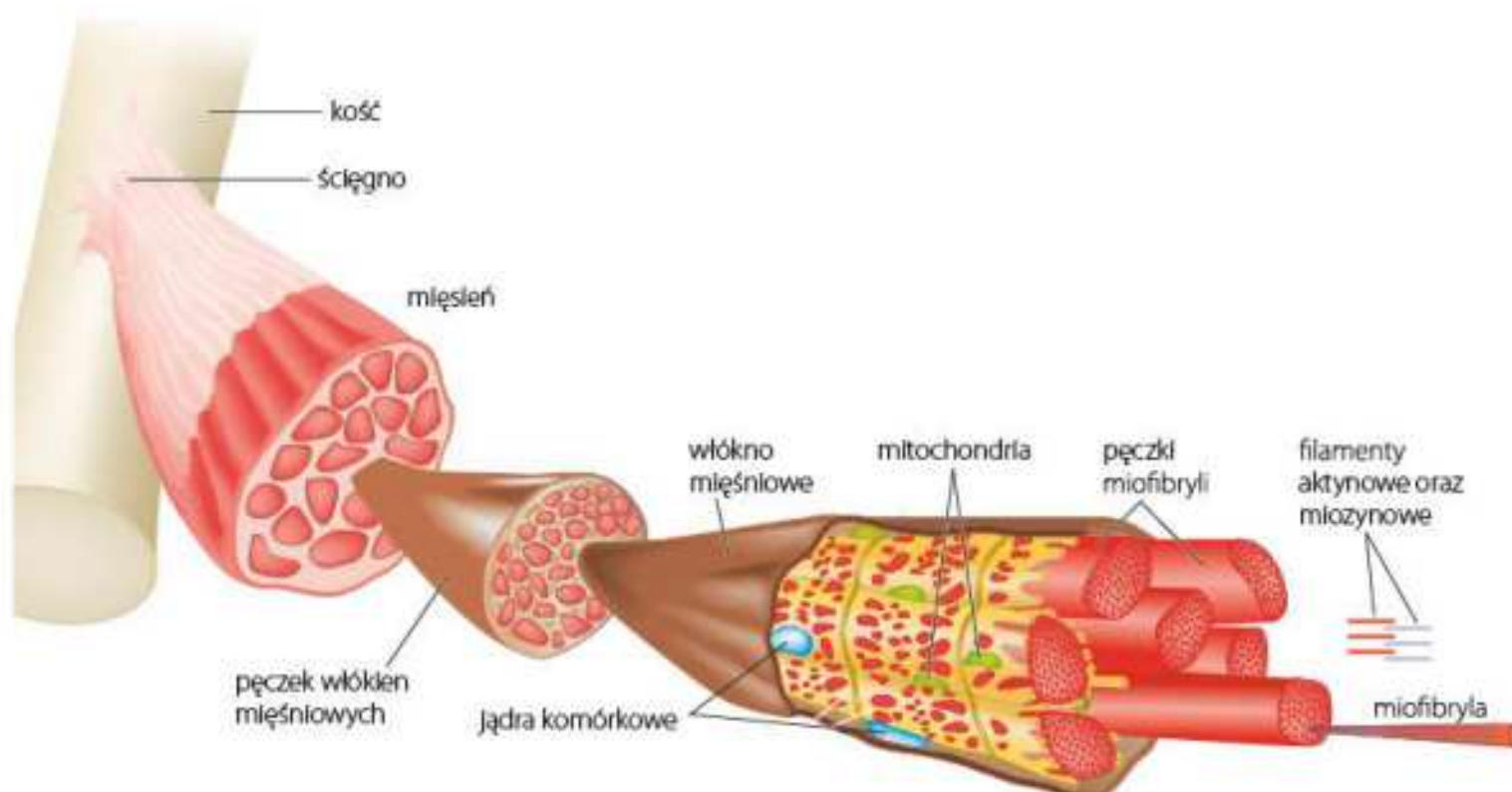
Limfa (chłonka) powstaje jako przesącz składników krwi przez naczynia krwionośne do przestrzeni międzykomórkowych innych tkanek. Skład limfy jest bardzo zbliżony do osocza krwi, zawiera jednak mniej substancji wielkocząsteczkowych, takich jak białka, oraz jest pozbawiony erytrocytów i trombocytów. W limfie znajduje się duża ilość limfocytów (z narządów limfatycznych) oraz tłuszczów pokarmowych, które nadają jej żółtawe zabarwienie. Naczynia, przez które przepływa limfa, nazywamy naczyniami limfatycznymi. Limfa pełni funkcje transportowe oraz bierze udział w reakcjach odpornościowych organizmu.

PYTANIA I POLECENIA

1. Porównaj znaczenie tkanki łącznej tłuszczowej w życiu człowieka i zwierząt.
2. Przedstaw znaczenie tkanki łącznej zarodkowej w leczeniu chorób.
3. Porównaj funkcje tkanki kostnej zwartej i gąbczastej.
4. Narysuj w zeszycie graf, który obrazuje regenerację ubytków w tkance kostnej, wykorzystując następujące pojęcia: *osteocyt*, *osteoblast*, *osteoklast*.
5. Do tkanek chrzęstnych zaliczamy chrząstkę szklistą, sprężystą i włóknistą. Podaj, która z tych tkanek nie ulega mineralizacji. Uzasadnij swoją odpowiedź.
6. Podaj cechy krwi, na podstawie których zaliczamy ją do tkanek łącznych.
7. Na podstawie dostępnych źródeł przedstaw parametry krwi, które stosuje się w badaniach diagnostycznych. Podaj ich prawidłowe wartości (normy). Uwzględnij: objętość krwi, gęstość względną, odczyn, hematokryt, średnicę erytrocytu, zawartość hemoglobiny, liczbę erytrocytów, liczbę trombocytów, liczbę neutrofili, liczbę bazofili, liczbę eozynofili, liczbę limfocytów i liczbę monocytów.

3. Tkanka mięśniowa

Podstawową cechą tkanki mięśniowej jest jej zdolność do aktywnego kurczenia się, co umożliwia wykonywanie ruchów. Wynika to z jej budowy. Tworzą ją komórki mięśniowe, które ze względu na wydłużony kształt noszą nazwę włókna mięśniowego. W cytoplazmie włókna oprócz typowych organelli komórkowych znajdują się kurczliwe białka tworzące filamente: cienkie, zbudowane z białka **aktyny** oraz grube, które tworzy białko **miozyna** (ryc. I.3.1.).



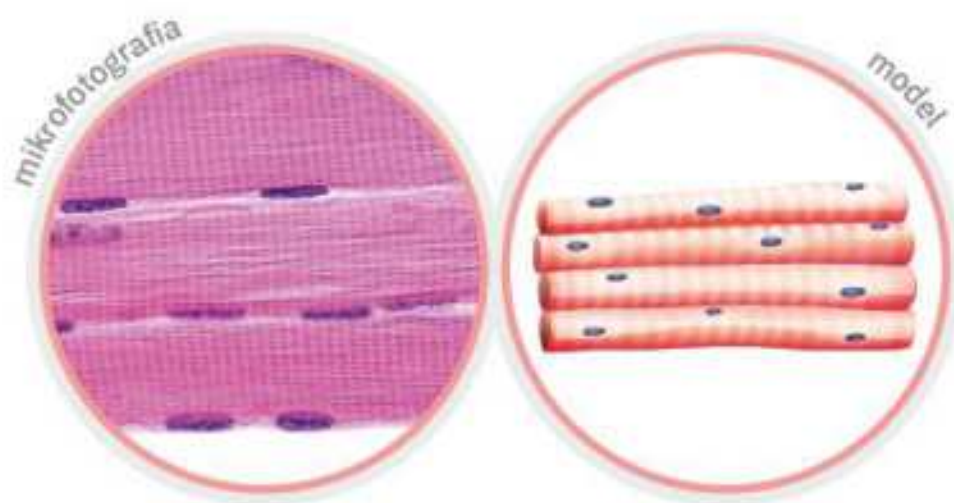
Ryc. I.3.1. Schemat organizacji włókna mięśnia poprzecznie prążkowanego.

Filamenty miozynowe i aktynowe tworzą większe jednostki – **miofibryle** (włókienka kurczliwe), które zebrane w pęczki budują włókna mięśniowe. **Włókno mięśniowe** może zawierać do kilkunastu pęczków miofibryli. Włókna mięśniowe również łączą się w pęczki i tworzą **mięsień**.

W zależności od budowy i sposobu funkcjonowania włókien mięśniowych wyróżnia się tkankę mięśniową poprzecznie prążkowaną szkieletową, tkankę poprzecznie prążkowaną serca i tkankę mięśniową gładką.

Tkanka mięśniowa poprzecznie prążkowana szkieletowa

Włókna mięśniowe tej tkanki mają cylindryczny kształt i osiągają długość nawet do kilkudziesięciu centymetrów. Mają wiele jąder komórkowych, które są rozmieszczone peryferycznie na obrzeżach (ryc. I.3.2.). Włókna mięśniowe powstają w wyniku podziału komórek mięśniowych, którym nie towarzyszy podział cytoplazmy.

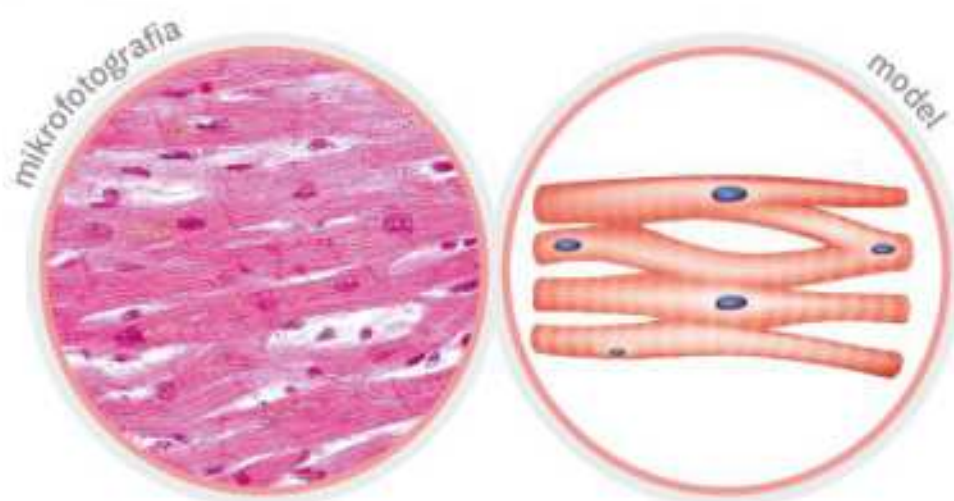


Ryc. I.3.2. Mikrofotografia i model włókien mięśniowych poprzecznie prążkowanych.

W miofibrylach tych mięśni układ filamentów cienkich i grubych jest bardzo regularny, na jednym poziomie, co pod mikroskopem daje obraz charakterystycznego poprzecznego prążkowania włókna mięśniowego. W mięśniach tych następuje zmiana energii chemicznej na pracę mechaniczną, co wymaga zużycia dużej ilości energii, stąd wysoka liczba mitochondriów. Ze względu na wykonywaną pracę mięśnie te charakteryzuje duże zapotrzebowanie na tlen i w związku z tym są dobrze ukrwione i unaczynione. Praca mięśni poprzecznie prążkowanych szkieletowych zależy od woli człowieka. Bardzo szybko się kurczą i szybko zużywają energię zamagazynowaną w mięśniu podczas pracy (skurczu). Włókna mięśniowe poprzecznie prążkowane budują mięśnie układu ruchu, mięśnie mimiczne twarzy, mięsień okrężny ust, mięśnie języka, podniebienne, gardła i krtani oraz przeponę.

Tkanka mięśniowa poprzecznie prążkowana serca

Tkanka mięśniowa poprzecznie prążkowana serca jest zbudowana z widlasto rozgałęziających się komórek, wykazujących poprzeczne prążkowanie. Komórki łączą się ze sobą za pomocą wstawek, tworząc przestrzenną sieć. Pozwala to na zmniejszanie się objętości jam serca podczas skurczu i jego pracę we wszystkich trzech wymiarach. W komórkach znajduje się centralnie jedno lub dwa jądra komórkowe oraz duża liczba mitochondriów dostarczających energii koniecznej do skurczu (ryc. I.3.3.).

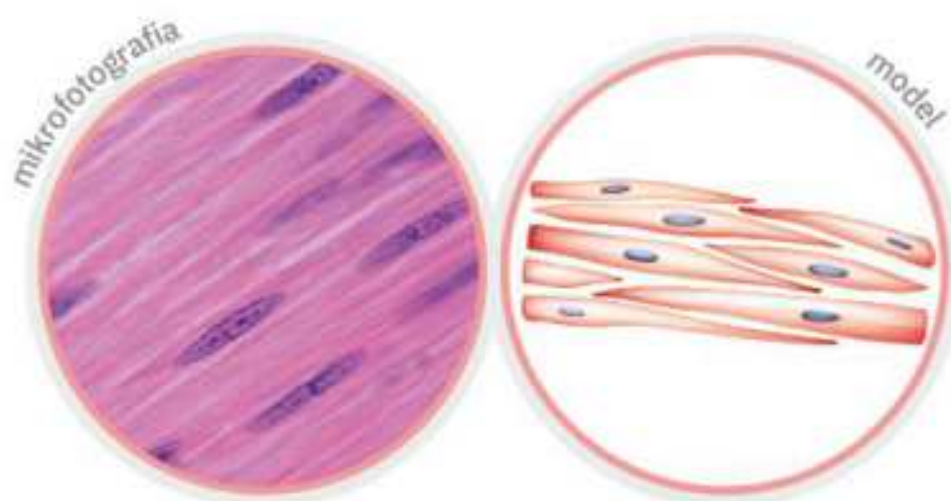


Ryc. I.3.3. Mikrofotografia i model mięśnia poprzecznie prążkowanego serca.

Tkanka poprzecznie prążkowana serca jest dobrze ukrwiona i unerwiona, a jej praca nie zależy od woli człowieka. Jest też odporna na zmęczenie.

Tkanka mięśniowa gładka

Tkanka mięśniowa gładka jest zbudowana z wrzecionowatych, jednojądrzastych komórek (tzw. **miocytów**). Jądro jest położone centralnie, a cytoplazmę wypełniają liczne miofibryle. Liczba filamentów i miofibryli jest znacznie mniejsza niż w pozostałych tkankach mięśniowych, a ich nieregularne ułożenie nie daje efektu poprzecznego prążkowania (ryc. I.3.4.).



Ryc. I.3.4. Mikrografia i model tkanki mięśniowej gładkiej.

Mięśnie gładkie są słabo unaczynione. Ich skurcze są długotrwałe, a zmęczenie następuje powoli. Praca mięśni gładkich jest niezależna od naszej woli. Budują one ściany przewodu pokarmowego, układu krwionośnego, układu moczowo-płciowego, przewodów dużych gruczołów oraz dróg oddechowych.

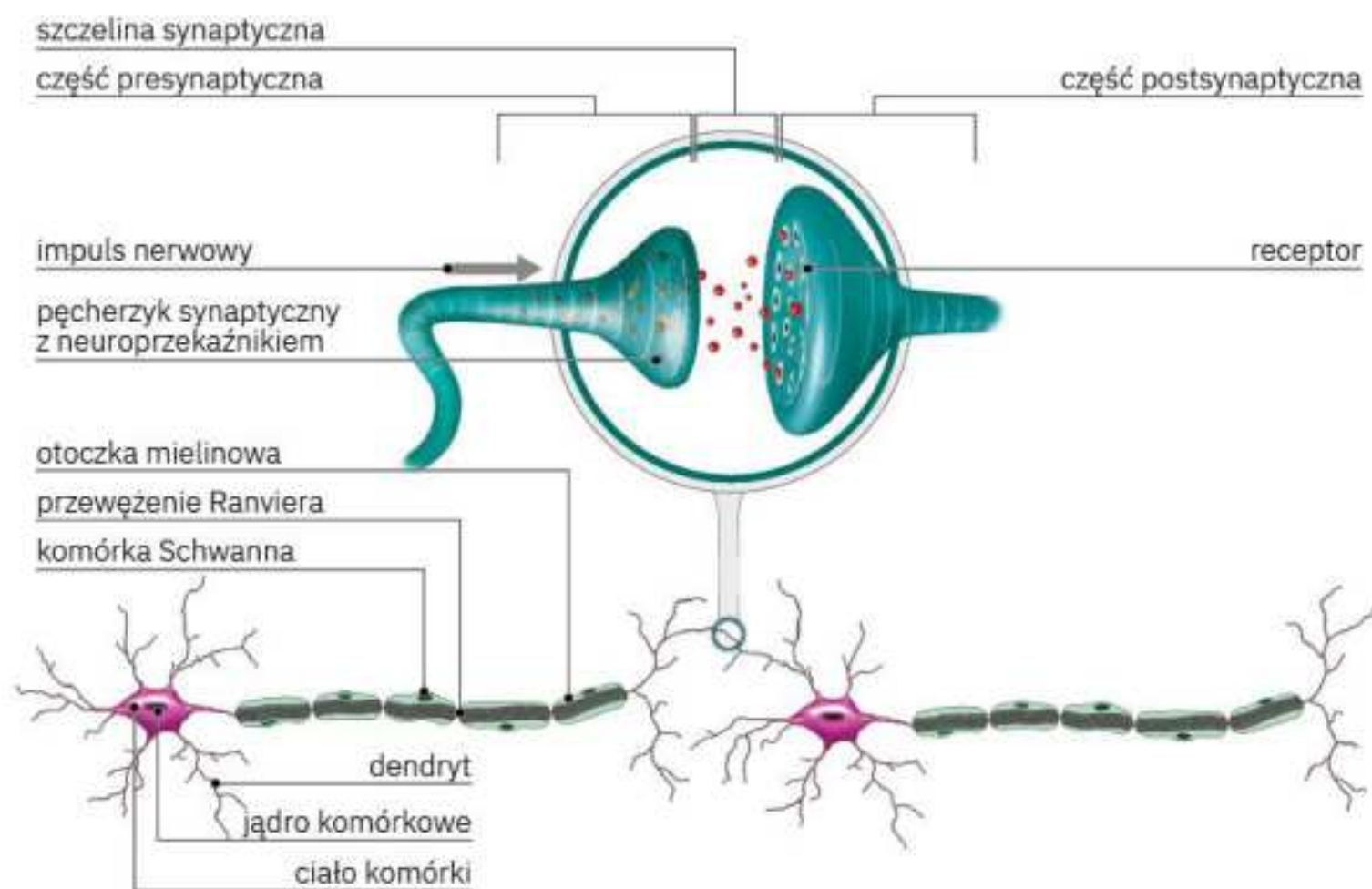
PYTANIA I POLECENIA

1. Narysuj w zeszycie tabelę, w której porównasz budowę i funkcje tkanek mięśniowych.
2. Uporządkuj podane struktury mięśnia szkieletowego od najniższego stopnia organizacji do najwyższego. Odpowiedź zapisz w zeszycie.
 - mięsień
 - filamenty aktynowe i miozynowe
 - włókna mięśniowe
 - miofibryla
 - pęczek włókien mięśniowych
 - pęczek miofibryli

4. Tkanka nerwowa i glejowa

Tkanka nerwowa buduje układ nerwowy, który odpowiada za regulację i koordynację pracy całego organizmu. W skład tkanki nerwowej wchodzi komórki nerwowe – neurony, które odbierają bodźce ze środowiska zewnętrznego i wewnętrznego. Informacje są przetwarzane i wysyłane w postaci impulsu nerwowego.

Typowy **neuron** jest zbudowany z **ciała komórki** oraz dwóch rodzajów wypustek cytoplazmatycznych – **dendrytów** i **neurytu** (aksonu) (ryc. I.4.1.).



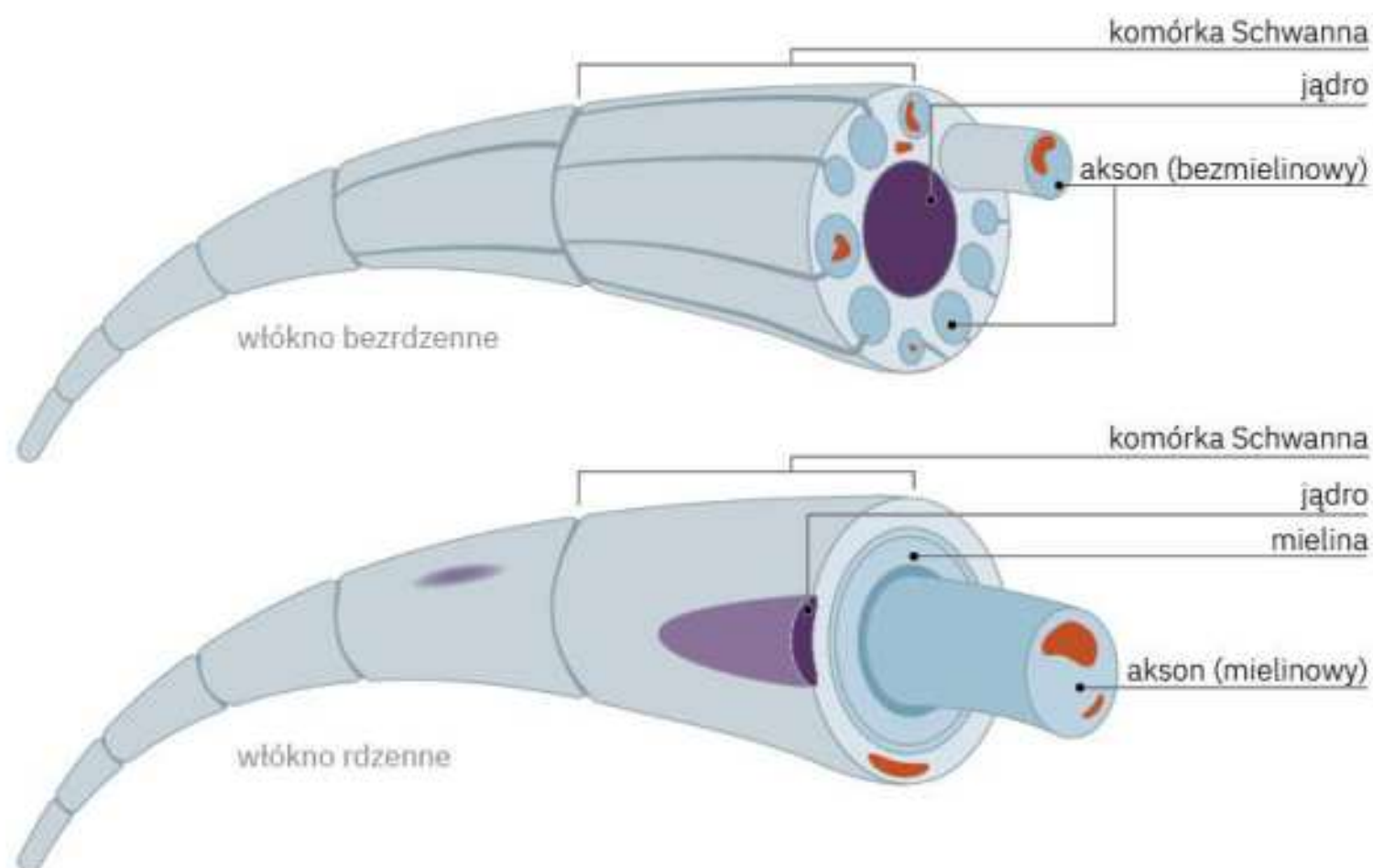
Ryc. I.4.1. Model budowy neuronu i mechanizm przekazywania impulsu nerwowego. Strzałka wskazuje kierunek przewodzenia impulsu nerwowego.

W cytoplazmie ciała komórki nerwowej (**perikarionie**) znajduje się jądro komórkowe oraz wszystkie organelle komórkowe ze szczególnie dobrze rozwiniętą siateczką śródplazmatyczną, aparatem Golgiego oraz mitochondriami. Wynika to z funkcji pełnionej przez neuron. Z ciała komórki nerwowej wyrastają liczne dendryty. **Dendryty** są krótkimi, rozgałęziającymi się wypustkami odbierającymi i przekazującymi impuls nerwowy do ciała komórki. Drugim rodzajem wypustek cytoplazmatycznych jest neuryt. **Neuryt** to pojedyncza długa wypustka nerwowa, która przekazuje impuls nerwowy od ciała komórki nerwowej do innego neuronu, włókna mięśniowego lub gruczołu. Wypustki cytoplazmatyczne tworzą połączenia między neuronami oraz między neuronami a innymi

komórkami organizmu. Neurony przewodzą impulsy nerwowe tylko w jednym kierunku – od dendrytu, przez ciało komórki nerwowej, aż do zakończenia neurytu. Miejsce połączenia między neuronami lub neuronami a innymi komórkami organizmu nazywamy **synapsą** (ryc. I.4.1.). Synapsa pozwala na przekazywanie impulsu nerwowego. Gdy impuls nerwowy dotrze do zakończenia neurytu (**błony presynaptycznej**), następuje uwalnianie z pęcherzyka synaptycznego **neuroprekaźnika** – substancji chemicznej (np. acetylocholiny czy noradrenaliny). Substancja ta dyfunduje przez szczelinę synaptyczną do receptora w **błonie postsynaptycznej**. Połączenie z receptorem skutkuje powstaniem impulsu nerwowego w kolejnej komórce nerwowej. Jeśli przekazywanie impulsu nerwowego następuje między dwoma neuronami, to taki rodzaj synapsy nazywamy **synapsą nerwowo-nerwową**. Jeśli aksony przekazują impulsy do komórek mięśniowych, wówczas występuje **synapsa nerwowo-mięśniowa**, a w przypadku komórek gruczołowych – **synapsa nerwowo-gruczołowa**.

Długie wypustki nerwowe, których zakończenia znajdują się w znacznej odległości od ciała komórki nerwowej, tworzą **włókna nerwowe**.

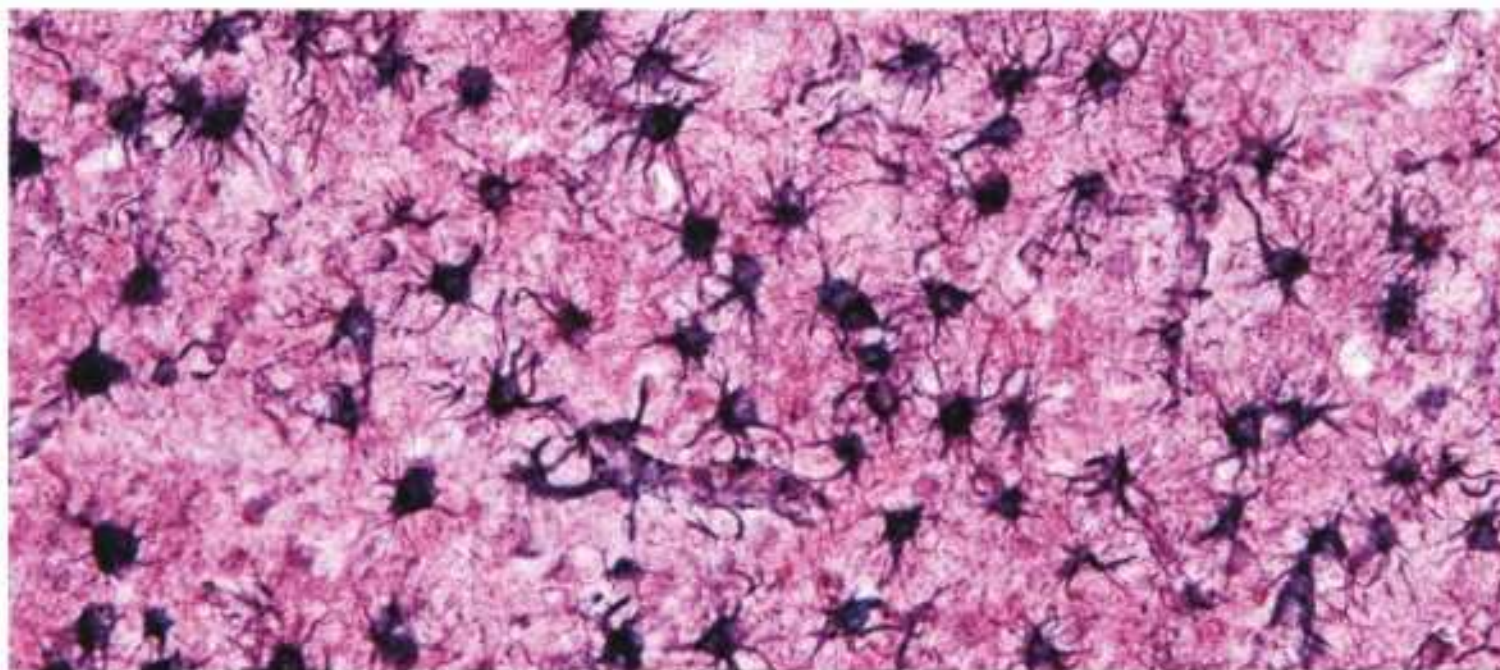
Neuryty są niejednokrotnie bardzo długie i mogą osiągać nawet do kilkudziesięciu centymetrów długości. Z tego powodu muszą być odpowiednio chronione i izolowane przez osłonki nerwowe, które dzielimy na osłonki mielinowe (rdzenne) i komórkowe (dawniej Schwanna) (ryc. I.4.2.).



Ryc. I.4.2. Różnice między włóknami bezrdzennymi i rdzennymi.

Jeśli akson jest otoczony wyłącznie przez osłonkę komórkową bez obecności mieliny, to włókno, w którym on występuje, określamy bezmielinowym (bezdziennym). Jeśli natomiast akson jest otoczony przez osłonkę mielinową, utworzoną przez owijające się wokół niego komórki zwane **lemocytami** (dawniej komórkami Schwanna), to na jego powierzchni zewnętrznej powstaje osłonka dodatkowa. Takie włókno nazywamy **mielinowym** (rdziennym). Osłonka mielinowa jest bogata w substancje tłuszczowe i cholesterol. Przerwy między lemocytami wytwarzającymi osłonkę mielinową nazywamy **przewężeniami Ranviera** (ryc. I.4.1.). Dzięki nim zwiększa się szybkość przewodzenia impulsów nerwowych, które między kolejnymi odcinkami osłonki przemieszczają się skokowo i mogą osiągnąć prędkość nawet do 120 m/s. Ponadto obecność dwóch osłonek, z których wewnętrzna działa jak dobry izolator elektryczny, umożliwia przemieszczanie się impulsów na duże odległości. We włóknach bezdziennych, bez właściwości izolacyjnych, szybkość przewodzenia impulsów jest znacznie mniejsza (około 4 m/s).

Możliwości regeneracji tkanki nerwowej są bardzo niewielkie. Komórki nerwowe nie mają zdolności do podziałów – z wyjątkiem odtworzenia utraconych fragmentów neurytu. Dlatego tkance nerwowej towarzyszy **tkanka glejowa**, która dostarcza jej substancji odżywczych, odgranicza od innych tkanek i narządów oraz wypełnia miejsca po uszkodzeniach (ryc. I.4.3.). W związku z tym należy szczególnie dbać o tkankę nerwową, której uszkodzenie, np. przez przerwanie ciągłości rdzenia kręgowego przez często nieprzemyślane działania, takie jak np. skoki z dużej wysokości do wody, może spowodować nieodwracalne urazy.



Ryc. I.4.3. Mikrofotografia tkanki glejowej. Liczba komórek glejowych jest dziesięciokrotnie większa niż neuronów w układzie nerwowym człowieka.

OBSERWACJA

Obserwacja mikroskopowa preparatów trwałych tkanek zwierzęcych



Ryc. I.4.4. Tkanki zwierzęce.

Przygotuj dostępne w pracowni biologicznej trwałe preparaty następujących tkanek: nabłonkowej, łącznej, mięśniowej i nerwowej. Narysuj w zeszycie oglądane preparaty mikroskopowe. Wskaż cechy charakterystyczne budowy poszczególnych tkanek.

PYTANIA I POLECENIA

1. Na podstawie dostępnych źródeł przedstaw różnice między synapsą chemiczną i elektryczną.
2. Podaj rodzaje synaps, które opisują poniższe testy.
 - a. Przewodzi impulsy między neuronem a gruczołem.
 - b. Przewodzi impulsy między aksonem jednego neuronu a dendrytem drugiego neuronu.
 - c. Przewodzi impulsy nerwowe między neuronem a mięśniem.

5. Organizm człowieka jako funkcjonalna całość

W organizmie człowieka wyróżniamy następujące układy narządów: pokarmowy, odpornościowy, krwionośny, oddechowy, wydalniczy, dokrewny, nerwowy, ruchu (szkieletowy, mięśniowy), powłokowy i rozrodczy.

Układ pokarmowy (patrz dział II) tworzą przewód pokarmowy i gruczoły trawienne. Jest on odpowiedzialny za pobieranie pokarmów i ich trawienie za pomocą enzymów trawiennych oraz wchłanianie drobnych cząstek pokarmowych i usuwanie niestrawionych resztek.



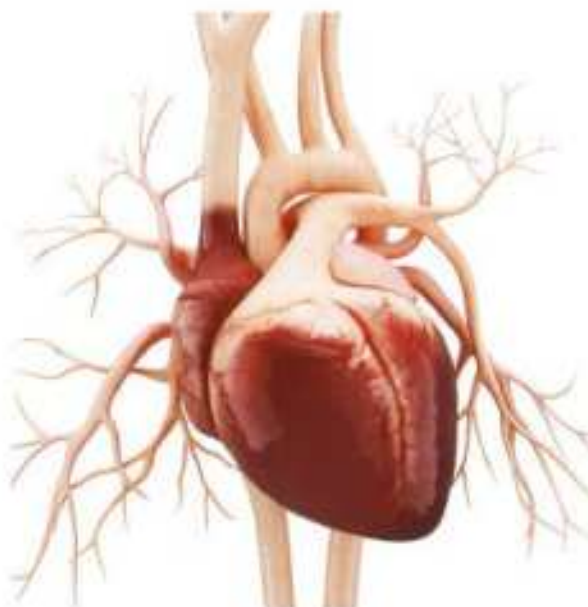
Ryc. 1.5.1. Układ pokarmowy.

Układ odpornościowy (patrz dział III) tworzą naczynia limfatyczne, grudki i węzły chłonne. Chroni on organizm przed zakażeniami drobnoustrojami chorobotwórczymi.

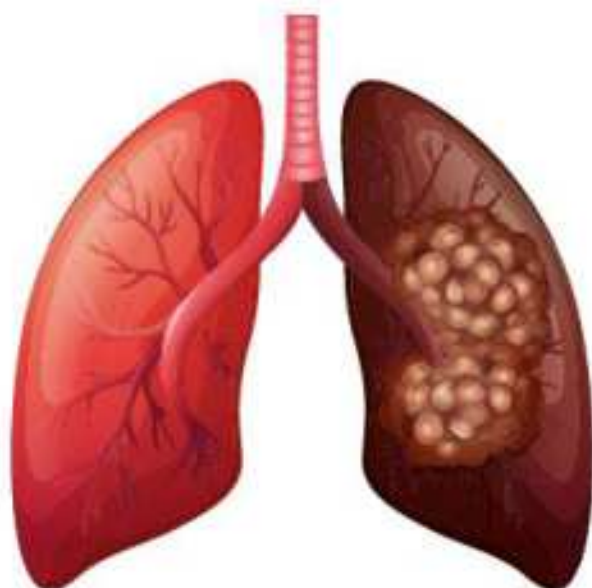


Ryc. 1.5.2. Układ odpornościowy.

Układ krwionośny (patrz dział IV) jest zbudowany z serca i naczyń krwionośnych. Odpowiada za transport do i z komórek substancji i gazów oddechowych oraz utrzymanie stałego pH płynów ustrojowych. Uczestniczy w termoregulacji.



Ryc. 1.5.3. Serce.



Ryc. I.5.4. Układ oddechowy.

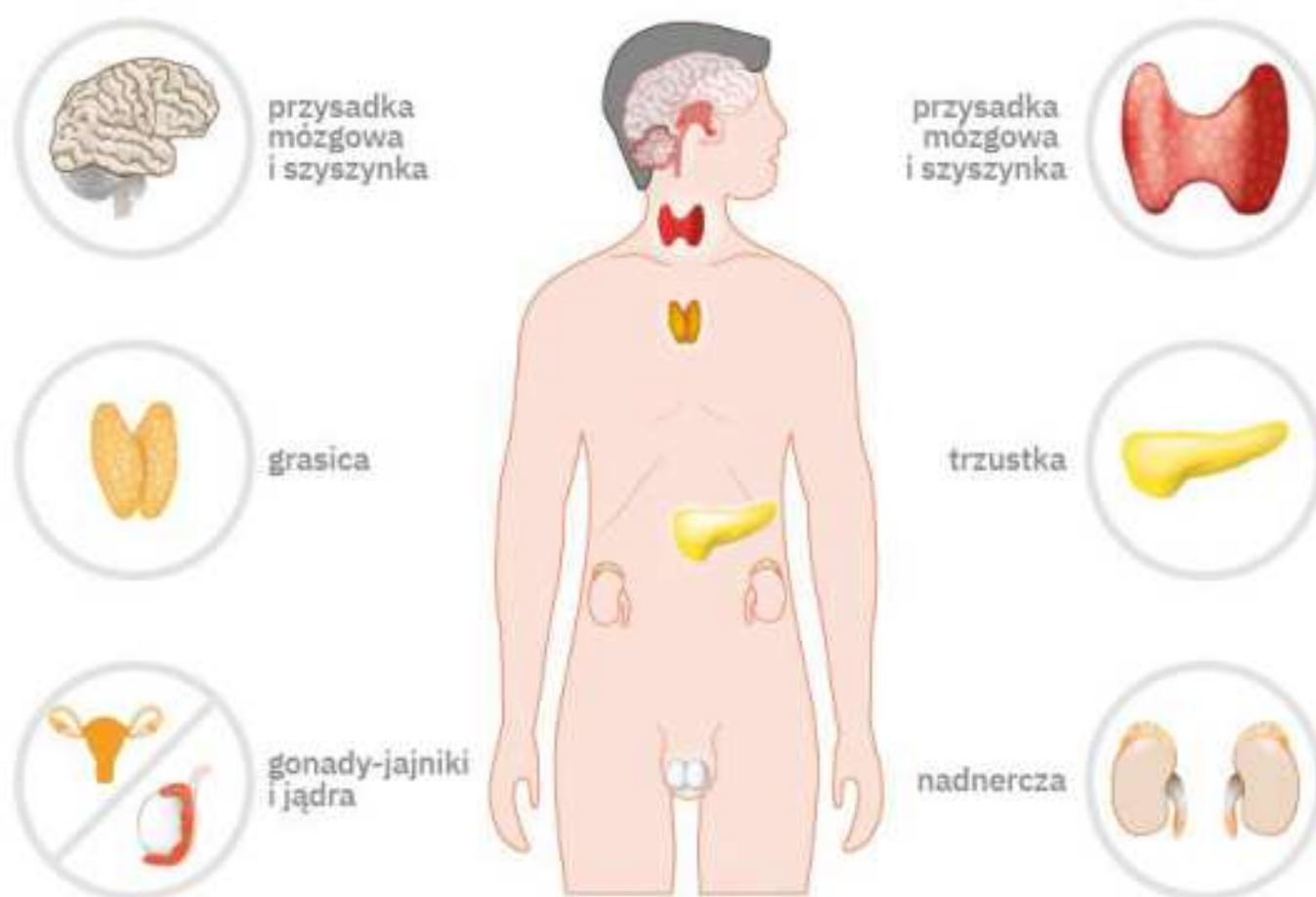
Układ oddechowy (patrz dział IV) składa się z dróg oddechowych i płuc. Uczestniczy w wymianie gazowej – dostarcza do krwi tlen, a usuwa dwutlenek węgla. Układ oddechowy odpowiada także za regulację pH organizmu.



Układ wydalniczy (patrz dział V) tworzą nerki i drogi moczowe. Służy do usuwania zbędnych oraz szkodliwych produktów przemiany materii z krwi oraz odpowiada za utrzymanie równowagi wodno-mineralnej w organizmie.

Ryc. I.5.5. Układ wydalniczy.

Układ dokrewny (wewnątrzwydzielniczy, patrz dział VI) tworzą bezprzewodowe gruczoły wydzielające hormony bezpośrednio do krwi. Funkcją tego układu jest kontrola procesów metabolicznych, a wspólnie z układem nerwowym – wszystkich czynności życiowych organizmu.



Ryc. I.5.6. Układ dokrewny.

Układ nerwowy (patrz dział VII) jest zbudowany z mózgu, rdzenia kręgowego, narządów zmysłów i nerwów. Odbiera bodźce ze środowiska zewnętrznego i wewnętrznego, przekształca je w impulsy nerwowe i uczestniczy w dalszym ich przekazywaniu. Układ nerwowy jest odpowiedzialny za koordynację pracy całego organizmu.



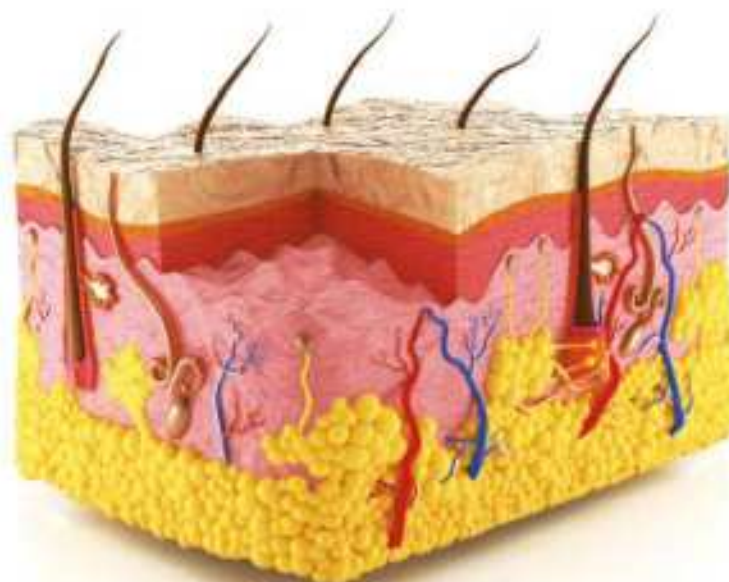
Ryc. I.5.7. Układ nerwowy.

Układ ruchu składa się z **układu szkieletowego** i **mięśniowego** (patrz dział VIII). Układ szkieletowy tworzą kości szkieletu czaszki i kręgosłupa, kończyn górnych i dolnych oraz ich obręczy, a także chrząstki i więzadła. Stanowi on osłonę i podporę dla narządów wewnętrznych, jest miejscem przyczepu mięśni oraz magazynem jonów wapnia i pełni funkcję krwiotwórczą. Układ mięśniowy tworzą mięśnie szkieletowe. Oba te układy umożliwiają ruch zarówno całego ciała, jak i jego poszczególnych części, a także utrzymanie prawidłowej postawy. Uczestniczą też w przekształcaniu energii chemicznej w mechaniczną i produkcji ciepła.



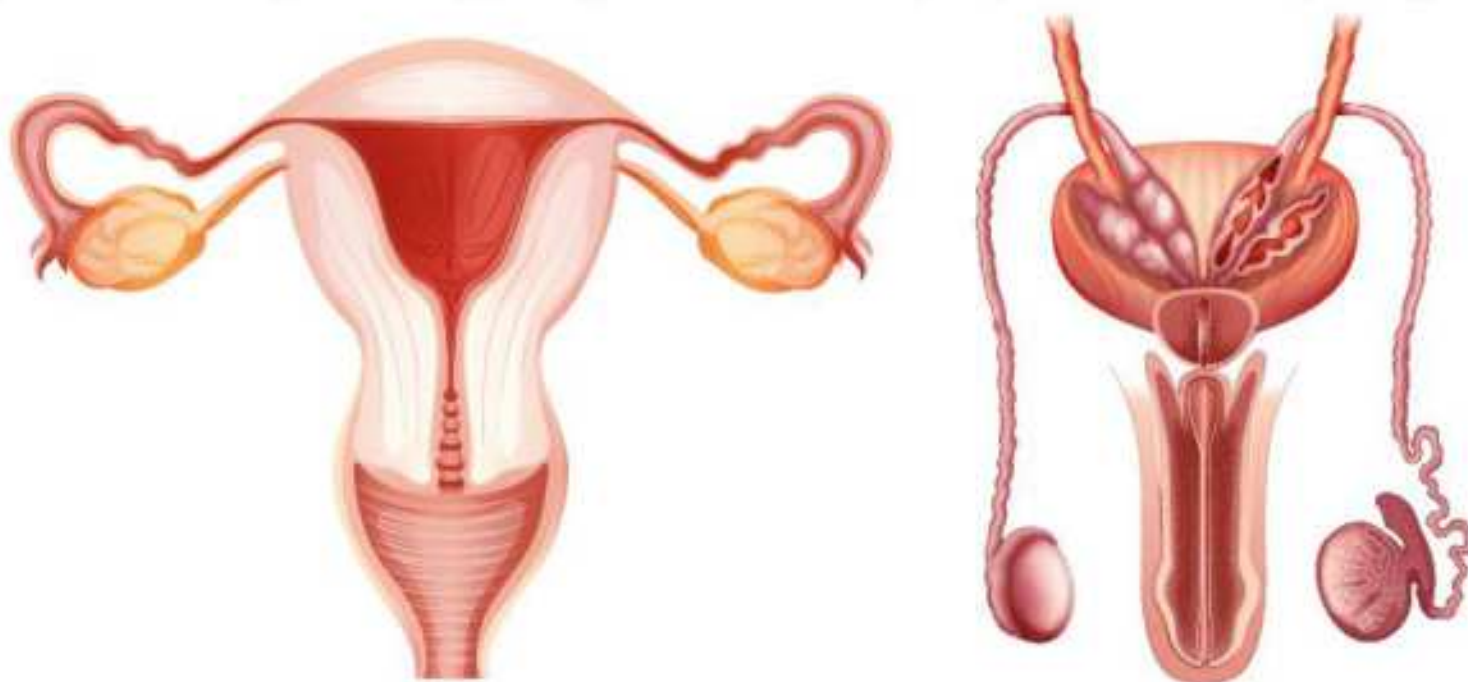
Ryc. I.5.8. Układ ruchu.

Układ powłokowy (patrz dział IX) tworzą skóra i jej wytwory (włosy, paznokcie, gruczoły). Chroni on organizm przed urazami zewnętrznymi, stanowi barierę przed czynnikami chorobotwórczymi oraz bierze udział w termoregulacji, usuwaniu zbędnych produktów przemiany materii i odbieraniu bodźców ze środowiska.



Ryc. I.5.9. Skóra.

Układ rozrodczy (patrz dział X) jest zbudowany z gruczołów płciowych (jąder i jajników) oraz związanych z nimi struktur. Odbywa się w nim produkcja komórek rozrodczych, które w procesie zaplemnienia i zapłodnienia tworzą nowy organizm. Odpowiada za utrzymanie ciągłości gatunku i warunkuje wytworzenie cech płciowych.



Ryc. I.5.10. Układ rozrodczy.

Mechanizm homeostazy

Współpraca wszystkich układów narządów pozwala na utrzymanie w miarę stabilnych warunków wewnętrznych ludzkiego organizmu w stosunku do warunków zewnętrznych, czyli **homeostazę**. Dlatego w organizmie człowieka poszczególne układy narządów są przystosowane do pełnienia określonych funkcji. Na przykład skóra oddziela człowieka od środowiska zewnętrznego, układ oddechowy dostarcza tlenu do organizmu a układ pokarmowy substancji odżywczych. Układ krwionośny transportuje tlen, substancje pokarmowe, a także wydzielane przez układ hormonalny hormony, które z kolei regulują we współpracy z układem nerwowym pracę pozostałych układów. Za utrzymanie równowagi wewnętrznej organizmu odpowiedzialnych jest wiele czynników, m.in. temperatura ciała, ciśnienie krwi i jej skład chemiczny (ryc. I.5.11.).



Ryc. I.5.11. Przykłady czynników niezbędnych do utrzymania homeostazy organizmu.

Kontrola tych parametrów odbywa się za pomocą układów nerwowego i hormonalnego. Ich działanie opiera się na **sprężeniu zwrotnym**, które zapewnia, że wszystkie parametry są na właściwym poziomie. Wyróżnia się dwa rodzaje sprzężenia zwrotnego – ujemne i dodatnie. **Sprężenie zwrotne ujemne** polega na hamowaniu efektów działania bodźca wyzwalającego, a **dodatnie** – na stymulacji efektów działania bodźca wyzwalającego.

Homeostaza jest niezbędnym warunkiem zdrowia (prawidłowego funkcjonowania) organizmu. Wszelkie choroby mają swoje podłoże w zaburzeniach mechanizmu homeostazy.

PYTANIA I POLECENIA

1. Opisz wzajemne powiązania funkcjonalne tkanek budujących organizm człowieka.
2. Mechanizmy homeostatyczne przeciwdziałają m.in. negatywnym wpływom czynników zewnętrznych na organizm człowieka. Na podstawie dostępnych źródeł określ przybliżone wartości minimalne, maksymalne i optymalne następujących parametrów: temperatura otoczenia (°C), wartość energetyczna pokarmu (kcal/dobę) oraz natężenie dźwięku (decybele) tolerowane przez organizm człowieka. Wymień skutki przekroczenia wartości skrajnych przedstawionych parametrów.

Podsumowanie działu

- w powstaniu tkanek biorą udział trzy listki zarodkowe: ektoderma, endoderma i mezoderma
- w organizmie człowieka występują cztery podstawowe tkanki: nabłonkowa, łączna, mięśniowa i nerwowa
- tkanka nabłonkowa pełni funkcje: ochronną, transportującą, wydzielniczą, czuciową i rozrodczą
- ze względu na kształt i rozmieszczenie wyróżnia się nabłonek jednowarstwowy (płaski, sześcienny, walcowaty, wielorzędowy) oraz wielowarstwowy (płaski)
- najbardziej zróżnicowaną pod względem budowy i funkcji jest tkanka łączna. Wyróżnia się tkankę łączną właściwą (wiotką, zbitą, siateczkową, tłuszczową, zarodkową), tkankę oporową (chrzęstną – szklistą, sprężystą, włóknistą – i kostną – zbitą i gąbczastą), płynną (krew i limfa)
- podstawowymi funkcjami tkanki łącznej są: funkcja podporowa, transportowa i obronna organizmu
- tkanka mięśniowa dzieli się na mięśniową poprzecznie prążkowaną szkieletową, poprzecznie prążkowaną serca i gładką
- włókna mięśniowe (komórki mięśniowe) są zbudowane z kurczliwych białkowych miofibrili, które zapewniają tkance zdolność do skurczu
- tkankę nerwową budują zdolne do przekazywania impulsu nerwowego komórki nerwowe – neurony – oraz komórki glejowe, pełniące funkcje ochronne i odżywcze
- przekazywanie impulsów nerwowych zachodzi dzięki połączeniom – synapsom (nerwowo-nerwowym, nerwowo-mięśniowym, nerwowo-gruczołowym)
- prawidłowe funkcjonowanie organizmu jest możliwe dzięki równowadze wewnętrznej – homeostazie



II

UKŁAD POKARMOWY
I ODŻYWIANIE SIĘ

O wartości odżywczej spożywanego przez nas pożywienia decyduje zawartość niezbędnych dla organizmu **składników odżywczych** – ich wzajemne proporcje oraz biodostępność. Składniki odżywcze są konieczne do odżywiania organizmu człowieka, ponieważ nie jest on w stanie sam ich wytworzyć ani niczym zastąpić. Każdy ze składników odżywczych pełni inną funkcję. Zapotrzebowanie na nie jest różnicowane i uzależnione jest m.in. od wieku, płci, stanu fizjologicznego (np. ciąża, choroba), charakteru wykonywanej pracy i stopnia aktywności fizycznej. Dlatego dla każdego składnika opracowano **normy żywieniowe**, które określają jego ilość konieczną dla zaspokojenia potrzeb żywieniowych u ludzi zdrowych. Spożywanie składników zgodnie z normami ma zapobiegać chorobom związanym zarówno z ich niedoborem, jak i nadmiarem. Do najważniejszych organicznych składników odżywczych zaliczamy: białka, węglowodany, tłuszcze oraz witaminy. Niezbędne, nieorganiczne składniki odżywcze to sole mineralne oraz woda.

1. Składniki pokarmowe

Białka

Białka są podstawowymi strukturalnymi i funkcjonalnymi składnikami każdej komórki organizmu człowieka. Białko zawarte w pokarmie dostarcza **aminokwasów egzogennych**, czyli takich, których organizm sam nie potrafi syntetyzować. Białka stanowią również źródło azotu niezbędnego do syntezy pozostałych aminokwasów, a także innych ważnych związków. Odpowiednia ilość i jakość białek jest konieczna do prawidłowego wzrostu i rozwoju człowieka, w tym do budowy nowych tkanek u dzieci oraz regeneracji tkanek u dorosłych. Ponieważ ilość białek potrzebna do wzrostu znacznie przewyższa ilość wymaganą do odnowy tkanek, dlatego dzieci powinny spożywać ich więcej niż osoby dorosłe, dla



Ryc. II.1.1. Źródłem białek pełnowartościowych są produkty pochodzenia zwierzęcego, mleko, jaja.

których zalecane spożycie wynosi 0,9 g na 1 kg masy ciała na dobę. Oprócz całkowitej ilości białka nie mniejsze znaczenie ma ich jakość (białka pełnowartościowe i niepełnowartościowe). Dobrymi źródłami białek pełnowartościowych są pokarmy pochodzenia zwierzęcego, tj. jaja, mleko i jego przetwory oraz mięso. Białka niepełnowartościowe to w większości białka pochodzenia roślinnego.

Niedobory białka w diecie mogą prowadzić do pogorszenia lub utraty zdrowia. W krajach rozwiniętych niedobory występują dość rzadko, za to często obserwuje się zmniejszoną zawartość białek w organizmie, co może być spowodowane m.in. stresem, infekcją, biegunką, krwotokiem czy stanem chorobowym. Na niedobory białka narażeni są także wegetarianie i weganie, w których diecie dominują pokarmy roślinne, będące źródłem białek niepełnowartościowych. Niedobory białka u dorosłych prowadzą m.in. do osłabienia, niedokrwistości, powstawania obrzęków i utrudnionego gojenia się ran. U dzieci niewystarczająca ilość białka może prowadzić do zahamowania rozwoju i zaburzeń umysłowych. Skrajną postacią niedoboru białka są ciężkie choroby: *kwashiorkor* i *marasmus* (ryc. II.1.2.), występujące zwykle u dzieci zamieszkujących niektóre rejony Afryki, Ameryki Środkowej i Południowej oraz Azji.

Generalnie przyjmuje się, że nadmierne spożywanie białek może sprzyjać rozwojowi osteoporozy (wskutek zaburzeń gospodarki wapniowej) i kwasicy oraz powstawaniu kamieni nerkowych.



Ryc. II.1.2. *Marasmus* to skrajny rodzaj niedożywienia będący efektem zbyt małej podaży białka.

Tłuszcze pokarmowe

Pojęcie *tłuszcze pokarmowe* obejmuje wszystkie spożywane lipidy pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Ważnym źródłem tłuszczu oprócz olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych są mleko, przetwory mleczne, mięso, ryby, jaja, orzechy i nasiona. Tłuszcze to zróżnicowana grupa związków, w skład której wchodzi zarówno tłuszcze proste (triacylloglicerole), jak i złożone (m.in. fosfolipidy). Tłuszcze pokarmowe są przede wszystkim źródłem energii niezbędnej do funkcjonowania organizmu, w tym prawidłowej pracy mózgu, a ponadto **niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych** (NNKT) (ryc. II.1.3.) oraz składników do budowy komórek. Są także nośnikami i ułatwiają wchłanianie witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (A, D, E i K).



Ryc. II.1.3. Źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych (w tym NNKT) są tłuszcze roślinne.

Nienasycone kwasy tłuszczowe stanowią ważny element strukturalny lipidów budujących błony komórkowe, w tym błony neuronów mózgu i fotoreceptorów siatkówki oka. Wśród nienasyconych kwasów tłuszczowych wyróżnia się grupę wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (posiadają więcej niż jedno podwójne wiązanie), których organizm nie potrafi syntetyzować. Substratami do ich syntezy są **kwasy linolenowy i alfa-linolenowy**, które są dostarczane wraz z pokarmami i z tego względu nazywa się je **niezbędnymi nienasyconymi kwasami tłuszczowymi**. Kwasy te biorą udział w przemianach cholesterolu, a kwas linolenowy (18:2) obniża jego frakcję LDL, której wysoki poziom stanowi ryzyko rozwoju miażdżycy. Niedobór NNKT może prowadzić do zmian skórnych, zahamowania wzrostu czy zaburzeń w funkcjonowaniu narządów i tkanek. Szczególnie istotne znaczenie ma odpowiednie dostarczanie kwasów omega-3 w okresie prenatalnym i niemowlęcym. Niedobór tłuszczu zwiększa ryzyko niedoboru witamin rozpuszczalnych w tłuszczach.

Węglowodany pokarmowe

Źródłem węglowodanów w diecie są produkty zbożowe, owoce, warzywa, nasiona strączkowe, mleko i jego przetwory oraz cukier i miód. Węglowodany dostępne w pokarmach można podzielić na przyswajalne (dostępne) i nieprzyswajalne dla organizmu człowieka. Węglowodany przyswajalne są trawione i wchłaniane w organizmie. Wśród tych związków znajdują się wszystkie grupy węglowodanów, do których zaliczamy:

- monosacharydy: glukoza, fruktoza, galaktoza,
- disacharydy: sacharoza, maltoza, laktoza,
- polisacharydy: skrobia, glikogen.

Węglowodany pełnią kluczowe funkcje w organizmie człowieka. Stanowią podstawowe źródło energii dla większości komórek organizmu (przede wszystkim dla tkanek, które nie mogą korzystać z innego źródła energii, tzn. tkanki nerwowej i erytrocytów). Z tego względu węglowodany muszą być codziennie w odpowiednich ilościach dostarczane wraz z pokarmami. Węglowodany pełnią też funkcję zapasową – glukoza magazynowana jest w postaci glikogenu w wątrobie i w mięśniach. Są składnikami innych struktur komórkowych, np. ryboza i deoksyryboza, wchodząc w skład kwasów nukleinowych (RNA i DNA).

Do węglowodanów nieprzyswajalnych zaliczamy te związki, które nie są trawione i wchłaniane w jelicie cienkim, takie jak celuloza, inulina czy pektyny. Związki te są składnikami **błonnika pokarmowego**, który nadaje treści pokarmowej odpowiednią konsystencję, ułatwia jej przesuwanie się i trawienie. Błonnik reguluje pe-

rystaltykę jelit, wpływając także na bardziej sprawne rozkładanie trójglicerydów, obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego i frakcji LDL, usuwanie toksyn i metali ciężkich. Błonnik reguluje mechanizmy związane z odczuwaniem głodu i sytości. Część składników błonnika pokarmowego ulega fermentacji prowadzonej przez mikroorganizmy zamieszkujące jelito grube. Produkty tego procesu (m.in. kwas masłowy) są wchłaniane i wykorzystywane w komórkach organizmu. Źródło błonnika pokarmowego stanowią m.in. warzywa, owoce i produkty zbożowe (tabela II.1.1). Według Światowej Organizacji Zdrowia codzienne spożycie błonnika powinno wynosić 25 g.

Tab. II.1.1. Zawartość błonnika pokarmowego w wybranych produktach i potrawach.

Produkt	Błonnik pokarmowy	Produkt	Błonnik pokarmowy
otręby pszenne	42,0	kasza gryczana sucha	5,9
migdały	12,9	marchew	3,6
morele suszone	10,3	makaron	2,6
śliwki suszone	9,4	ryż biały	2,4
chleb żytni pełnoziarnisty	9,1	burak	2,2
orzechy laskowe	8,9	jabłko	2,0
ryż brązowy	8,7	bagietka	2,0
płatki owsiane	6,9	truskawki	1,8
płatki kukurydziane	6,6	winogrona	1,5
rodzynki suszone	6,5	herbatniki	1,3
chleb mieszany słonecznikowy	6,4	sok wielowarzywny	1,2
słonecznik, nasiona	6,0	sok pomarańczowy, klarowny	0,1

Długotrwały niedobór węglowodanów, jak również ich nadmiar, jest dla organizmu bardzo niekorzystny. Przy niedoborze dochodzi do hipoglikemii, niedoborów witamin (np. z grupy B oraz A, C i E), mikroelementów (cynku, miedzi, seleniu), zaparć, kwasy ketonowej, a w skrajnych przypadkach nawet do śmierci. Z kolei nadmierne spożycie cukrów sprzyja rozwojowi nadwagi i otyłości, próchnicy zębów, cukrzycy i nowotworów. Obecnie bardzo dużym problemem we wszystkich grupach wiekowych jest nadmierna podaż cukrów prostych oraz sacharozy pochodzących ze słodczy, napojów słodzonych oraz żywności wysoko przetworzonej. W połączeniu z niską aktywnością fizyczną zwiększa to ryzyko rozwoju wielu chorób, m.in. sercowo-naczyniowych.

Rola witamin w diecie

Witaminy to związki o zróżnicowanej budowie chemicznej oraz funkcji w organizmie. Są niezbędne do właściwego wzrostu i rozwoju człowieka. Ludzki organizm nie potrafi syntetyzować witamin i musi dostarczać je z pożywieniem (wyjątek stanowi m.in. witamina D, która powstaje w skórze pod wpływem słońca). Mimo że człowiek potrzebuje znikomych ilości witamin, ich długotrwały niedobór (tzw. awitaminoza) prowadzi do zaburzeń w funkcjonowaniu organizmu (tab. II.1.2.). Również zbyt duże spożycie witamin może prowadzić do zaburzeń, które nazywamy **hiperwitaminozą**. Najbardziej podstawowy podział witamin obejmuje **witaminy rozpuszczalne w tłuszczach** (A, D, E i K) oraz witaminy **rozpuszczalne w wodzie** (witaminy z grupy B oraz witamina C). W tabelach II.1.2. i II.1.3. przedstawiono najważniejsze informacje dotyczące witamin z obu grup.

Tab. II.1.2. Charakterystyka witamin rozpuszczalnych w tłuszczach.

Witamina i dobowe zapotrzebowanie	Rola w organizmie	Źródło	Skutki niedoboru i nadmiaru
A (retinol) 2 mg	Niezbędna w procesie widzenia; warunkuje prawidłowy wzrost i rozwój kości oraz prawidłowy stan skóry.	Tran, wątroba, masło, mleko, owoce i warzywa.	Niedobór: sucha skóra, rogowaciejący naskórek, kurza ślepotą, zahamowanie wzrostu, infekcje. Nadmiar: przebarwienia skóry, wypadanie włosów, powiększenie wątroby.
D (kalcyferol) 0,02 mg	Warunkuje wchłanianie wapnia i fosforu z jelit, wzbogaca zęby i kości w sole wapnia.	Tran, wątroba, masło, mleko, jaja, drożdże. Powstaje w skórze pod wpływem promieniowania UV.	Niedobór: wypadanie zębów, osłabienie mięśni, rozmiękczenie kości, krzywica u dzieci. Nadmiar: nadmierne odkładanie wapnia w ścianach naczyń krwionośnych, depresja.
E (tokoferol) 20 mg	Chroni przed chorobami sercowo-naczyniowymi, nowotworami, schorzeniami neurodegeneracyjnymi; <u>antyoksydant</u> , który chroni lipidy błonowe i inne witaminy przed utlenieniem.	Oleje roślinne, orzechy, nasiona, kielki pszenicy, warzywa i owoce.	Niedobór: plamy starcze i zły stan skóry. Nadmiar: brak.
K (filochinon) 1 mg	Bierze udział w procesie krzepnięcia krwi oraz w przemianach kostnych.	Ciemnozielone warzywa, wątroba. Syntetyzowana przez bakterie jelitowe.	Niedobór: zaburzenia pracy jelit, zaburzenia krzepnięcia krwi, utrudnione gojenie się ran. Nadmiar: niedokrwistość i podwyższony poziom bilirubiny we krwi.

Tab. II.1.3. Charakterystyka witamin rozpuszczalnych w wodzie.

Witamina i dobowe zapotrzebowanie	Rola w organizmie	Źródło	Skutki niedoboru
B₁ (tiamina) 1,5 mg	Warunkuje prawidłową pracę układu nerwowego i pokarmowego; wpływa na metabolizm cukrów; bierze udział w utlenianiu komórkowym (jako składnik enzymów).	Pełne ziarna, drożdże, wątroba, pełnoziarniste pieczywo.	Niedobór: pobudliwość nerwowa, choroba beri-beri (drżenie i osłabienie mięśni, niewydolność układu krążenia), brak apetytu, apatia.
B₂ (ryboflawina) 1,7 mg	Składnik enzymów, bierze udział w metabolizmie węglowodanów i tłuszczów; niezbędna do wzrostu organizmu i produkcji krwinek czerwonych.	Mleko, przetwory mleczne, mięso, ryby, wątroba, pełne ziarna, warzywa.	Pęknięcia kącików ust, zaczerwienienie oczu, wrażliwość na światło, brak koncentracji.
B₆ (pirydoksyna) 2 mg	Uczestniczy w przemianie aminokwasów; stymuluje zaopatrzenie komórek nerwowych w glukozę; warunkuje prawidłową syntezę przeciwciał i erytrocytów.	Drożdże, wątroba, warzywa, owoce, rośliny strączkowe.	Zmęczenie, stany depresyjne i lękowe, matowa skóra, rozdrażnienie.
Kwas foliowy 0,3–0,4 mg	Niezbędny w syntezie kwasów nukleinowych, warunkuje prawidłowy rozwój układu nerwowego u płodu; stymuluje pracę układu odpornościowego.	Warzywa liściaste, wątroba, drożdże; syntetyzowany w jelitach przez bakterie.	Anemia, wady wrodzone płodu (wady cewy nerwowej) i poronienia.
B₁₂ (kobalamina) 5 mg	Uczestniczy w przemianach białek, tłuszczów, cukrów; bierze udział w syntezie białych i czerwonych krwinek.	Wątroba, żółtko jaja, kielki, ryby; syntetyzowana przez bakterie jelitowe.	Anemia złośliwa, zaburzenia na tle nerwowym.
PP (niacyna) 20 mg	Obniża poziom cholesterolu; rozszerza naczynia krwionośne, składnik enzymów.	Mięso, wątroba, ryby, warzywa liściaste, ziemniaki.	Pelagra (zmiany zapalne skórny, zmęczenie, osłabienie mięśni).
C (kwas askorbiny) 75–100 mg	Stymuluje układ odpornościowy, niezbędna do syntezy kolagenu, wzmacnia wchłanianie żelaza, wzmacnia zęby i dziąsła.	Świeże i kiszone owoce i warzywa (m.in. dzika róża, papryka, kiwi, cytrusy).	Krwawienie z dziąseł, kruchość naczyń krwionośnych, obniżenie odporności, <u>szkorbut</u> .

Związki mineralne oraz woda

Woda i sole mineralne są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Woda ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne umożliwia aktywność życiową komórek. Jej źródłem dla człowieka są napoje oraz pokarmy. W zasadzie wszystkie produkty spożywcze zawierają wodę, ale jej największą ilość zawierają warzywa i owoce. Osobom dorosłym zaleca się przyjmowanie minimum 1,5 l wody dziennie (bez uwzględniania tej zawartej w pokarmach). Należy pamiętać, że woda jest wydalana z moczem, kałem, wydychanym powietrzem oraz przez skórę. Tracona woda musi być uzupełniana. W czasie upałów, wzmożonego wysiłku fizycznego i choroby ilość traconej wody wzrasta, dlatego należy pamiętać o jej regularnym piciu.

Składniki mineralne stanowią ok. 4–5% masy ciała człowieka (większość jest wbudowana w składniki strukturalne komórki) i są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Dzieli się je na **makroelementy** (m.in. węgiel, wodór, tlen, azot, siarka, fosfor, wapń, magnez, potas, sód) oraz **mikroelementy** (m.in. żelazo, cynk, jod). Trzy makroelementy: węgiel, wodór i tlen, stanowią tzw. **pierwiastki biogenne**, które są podstawowymi składnikami wszystkich związków budujących organizm. Pozostałe składniki mineralne regulują szereg kluczowych czynności fizjologicznych, dlatego muszą być dostarczane wraz z pokarmami w odpowiedniej ilości i formie. W tabeli II.1.4. przedstawiono funkcje najważniejszych makro- i mikroelementów.

Tab. II.1.4. Charakterystyka wybranych makroelementów i mikroelementów.

Pierwiastek	Rola w organizmie	Źródło	Skutki niedoboru
MAKROELEMENTY			
Azot	Składnik aminokwasów, białek, kwasów nukleinowych, witamin, fosfolipidów.	Pokarmy pochodzenia roślinnego i zwierzęcego.	Zahamowanie wzrostu i rozwoju.
Wapń	Składnik zębów, kości, płynów ustrojowych; bierze udział w skurczu mięśni i procesach krzepnięcia krwi.	Mleko i przetwory mleczne, warzywa, jaja.	Łamliwość kości, krzywica, wypadanie zębów, zaburzenia krzepnięcia krwi, zaburzenia pracy układów nerwowego i mięśniowego.
Magnez	Bierze udział w procesach utleniania biologicznego i trawienia tłuszczów; składnik enzymów; ułatwia przyswajanie witaminy C i wapnia.	Orzechy, kakao, rośliny strączkowe, warzywa i owoce (m.in. banany).	Rozdrażnienie, przykurcz mięśni, zaburzenia pracy serca, migreny.

Pierwiastek	Rola w organizmie	Źródło	Skutki niedoboru
Potas	Bierze udział w przewodzeniu nerwowym i skurczu mięśni; wpływa na ciśnienie osmotyczne płynów ustrojowych.	Brokuły, rośliny strączkowe, kakao, pomidory, ziemniaki, szpinak.	Zwolnienie reakcji na bodźce, suchość skóry, przykurcze mięśni.
Sód	Bierze udział w przewodnictwie nerwowym, reguluje ciśnienie płynów pozakomórkowych i gospodarkę wodną.	Sól kuchenna, owoce morza, ryby.	Zaburzenia w przewodnictwie nerwowym, wzrost ciśnienia krwi.
Fosfor	Składnik zębów i kości; buduje kwasy nukleinowe, ATP*.	Mleko, przetwory mleczne, ziarna zbóż, ryby.	Zaburzenia wielu procesów metabolicznych.
MIKROELEMENTY			
Żelazo	Składnik hemoglobiny, mioglobiny, enzymów.	Wątroba, żółtka jaj, ciemne pieczywo, rośliny strączkowe, orzechy, warzywa.	Anemia, zaburzenia wchłaniania witamin z grupy B, arytmia serca.
Cynk	Stymuluje pracę układu odpornościowego; jest niezbędny przy podziale komórek; stymuluje gojenie się ran; bierze udział w metabolizmie tłuszczów.	Wątroba, owoce morza, ziarna zbóż, orzechy, warzywa i owoce.	Łamliwość włosów i paznokci, utrudnione gojenie się ran.
Jod	Składnik hormonów tarczycy; warunkuje prawidłową przemianę materii.	Sól jodowana, ryby morskie.	Powiększenie tarczycy i zaburzenia jej funkcjonowania; upośledzenie umysłowe.

* ATP – adenozynotrifosforan, związek organiczny będący przenośnikiem energii

Zasady zdrowego żywienia

Właściwe żywienie jest podstawą prawidłowego rozwoju i utrzymania dobrego zdrowia człowieka, zwłaszcza w przypadku dzieci i młodzieży. W okresie wzrostu i rozwoju organizmu odpowiednia podaż składników odżywczych warunkuje dobre zdrowie i samopoczucie, wpływa na funkcje poznawcze, a także zapobiega wielu schorzeniom na późniejszych etapach życia. W tym okresie należy kształtować prawidłowe nawyki żywieniowe, które wraz z aktywnością fizyczną leżą u podstaw prawidłowego rozwoju organizmu.

Prawidłowe żywienie polega na dostarczeniu w ciągu doby niezbędnych związków – białek, tłuszczów, węglowodanów, witamin, soli mineralnych oraz wody – we właściwych proporcjach. Dieta skomponowana w ten sposób nosi nazwę zrów-

noważonej. Ideę zrównoważonego żywienia przedstawia piramida zdrowego żywienia (ryc. II.1.4.), która w graficzny sposób pokazuje proporcje niezbędnych w codziennej diecie grup produktów spożywczych. Im wyżej na piramidzie znajduje się dany produkt, tym częstość i ilość jego spożywania winny być mniejsze.

Najważniejsze zasady **zrównoważonego żywienia** związane z piramidą zdrowego żywienia to:

- spożywaj posiłki regularnie (5 posiłków co 3–4 godziny);
- twoja dieta powinna zawierać dużo warzyw i owoców oraz produkty zbożowe, pełnoziarniste, gdyż są one źródłem witamin, mikroelementów oraz błonnika pokarmowego, a przez to zmniejszają ryzyko wystąpienia wielu chorób, w tym otyłości czy nowotworów;
- w twojej diecie powinno się znaleźć mleko i jego przetwory, gdyż są one źródłem wapnia, białka oraz witamin;
- jedz ryby, nasiona roślin strączkowych, jajka i chude mięso, ponieważ zawierają one pełnowartościowe białko, witaminy oraz niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe;
- ogranicz spożycie produktów przetworzonych i tłuszczów zwierzęcych, bo zawierają one znaczne ilości nasyconych kwasów tłuszczowych w formie *trans*;
- unikaj spożycia cukru, słodczy, słodkich napojów, soli i słonych przekąsek oraz jedzenia typu *fast food*, gdyż wpływają one niekorzystnie na organizm, a ich spożycie zwiększa ryzyko rozwoju chorób sercowo-naczyniowych;
- pij dużo wody;
- bądź aktywny fizycznie (codziennie ok. 60 min).



Ryc. II.1.4. Piramida zdrowego żywienia opracowana w 2016 r. zaleca spożywanie produktów w odpowiednich ilościach i proporcjach. Dieta musi być uzupełniona o aktywność fizyczną.

Oprócz prawidłowo skomponowanej diety należy uwzględniać zapotrzebowanie organizmu na energię, którą niosą ze sobą składniki pożywienia. Energia ta uwalnia się w czasie utleniania tych składników. Najwięcej energii dostarczają tłuszcze (1 g dostarcza 37,7 kJ, czyli 9 kcal), podczas gdy węglowodany i białka ponad połowę mniej (1 g tych związków dostarcza 4 kcal). Zapotrzebowanie na energię zależy do wieku, płci, stanu fizjologicznego oraz aktywności fizycznej. Zapotrzebowanie energetyczne dla różnych grup ludności przedstawia tabela (tab. II.1.5.).

Tab. II.1.5. Zapotrzebowanie energetyczne (kcal/doba) osób w różnym wieku i o różnej aktywności fizycznej.

Płeć	Wiek (lata)	siedzący tryb	umiarkowanie aktywny tryb	aktywny tryb
Dziecko	2–3	1,000	1,000–1,400	1,000–1,400
Kobieta	4–8	1,200	1,400–1,600	1,400–1,800
	9–13	1,600	1,600–2,000	1,800–2,200
	14–18	1,800	2,000	2,400
	19–30	2,000	2,000–2,200	2,400
	31–50	1,800	2,000	2,200
	51+	1,600	1,800	2,000–2,200
Mężczyzna	4–8	1,400	1,400–1,600	1,600–2,000
	9–13	1,800	1,800–2,200	2,000–2,600
	14–18	2,200	2,400–2,800	2,800–3,200
	19–30	2,400	2,600–2,800	3,000
	31–50	2,200	2,400–2,600	2,800–3,000
	51+	2,000	2,200–2,400	2,400–2,800

Eksperyment biologiczny

Warunki trawienia skrobi

Wprowadzenie: Trawienie skrobi rozpoczyna się w jamie ustnej. Zawarta w ślinie amylaza rozkłada ją do maltozy. Stopień rozłożenia skrobi można śledzić za pomocą reakcji z płynem Lugola (roztworem jodu w jodku potasu).

Problem badawczy: Czy enzymy zawarte w ślinie powodują rozkład skrobi?

Hipoteza badawcza: Enzymy zawarte w ślinie powodują rozkład skrobi na cukry proste.

Instrukcja przeprowadzenia doświadczenia: Zaplanuj i przeprowadź doświadczenie mające na celu wykazanie aktywności amylazy zawartej w ślinie. Do dyspozycji masz: kleik skrobiowy (łyżka mąki ziemniaczanej rozpuszczona w szklance wody i zagotowana), ślinę, płyn Lugola, wodę z kranu, dwie szklanki. W doświadczeniu uwzględniaj próbę kontrolną i próbę badaną.

Opracowanie wyników: Opisz wyniki doświadczenia i sporządź notatkę w zeszycie.

Wnioski: Sformułuj wnioski z doświadczenia.

Poszukaj, dowiedz się i wyjaśnij: W dostępnych źródłach wyszukaj informacje na temat optymalnych parametrów dla aktywności amylazy (pH, temperatura, kofaktory).

PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień rodzaje organicznych składników odżywczych.
2. Wyjaśnij rolę białek oraz węglowodanów pokarmowych w diecie człowieka.
3. Wytłumacz, co to jest błonnik pokarmowy oraz podaj trzy jego funkcje.
4. Spośród wymienionych poniżej witamin wskaż te rozpuszczalne w tłuszczach i omów ich fizjologiczną rolę.

kwask askorbinowy, kobalamina, tokoferol, ryboflawina, retinol, biotyna, kwas foliowy

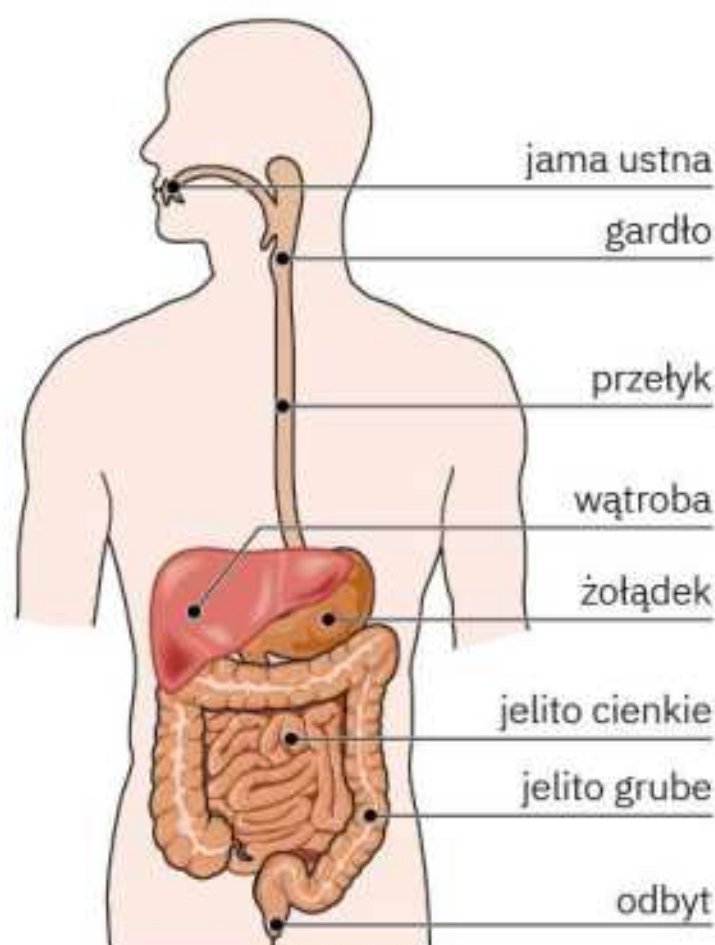
5. Podaj po jednym przykładzie makroelementu i mikroelementu oraz podaj ich pokarmowe źródła.

2. Budowa i funkcje układu pokarmowego

Układ pokarmowy stanowią przewód pokarmowy i towarzyszące mu narządy pomocnicze oraz procesy rozdrabniania, trawienia i wchłaniania odbywające się na poszczególnych jego poziomach. Dzięki takiemu dopasowaniu strukturalno-

-funkcjonalnemu produkty, które dostarczamy wraz z dietą, mogą być enzymatycznie rozłożone do związków nadających się do wchłonięcia. Są one w dalszej kolejności substratami do budowy nowych komórek i makrocząsteczek oraz do uzyskiwania energii.

Przewód pokarmowy swoim wyglądem przypomina długą rurę, dzięki której możliwe jest pobieranie i przechodzenie pokarmu. W jego skład wchodzi: jama ustna, gardło, przełyk, żołądek, jelito cienkie, jelito grube i odbył. Narządami dodatkowymi są: ślinianki, trzustka oraz wątroba i drogi żółciowe (ryc. II.2.1.).

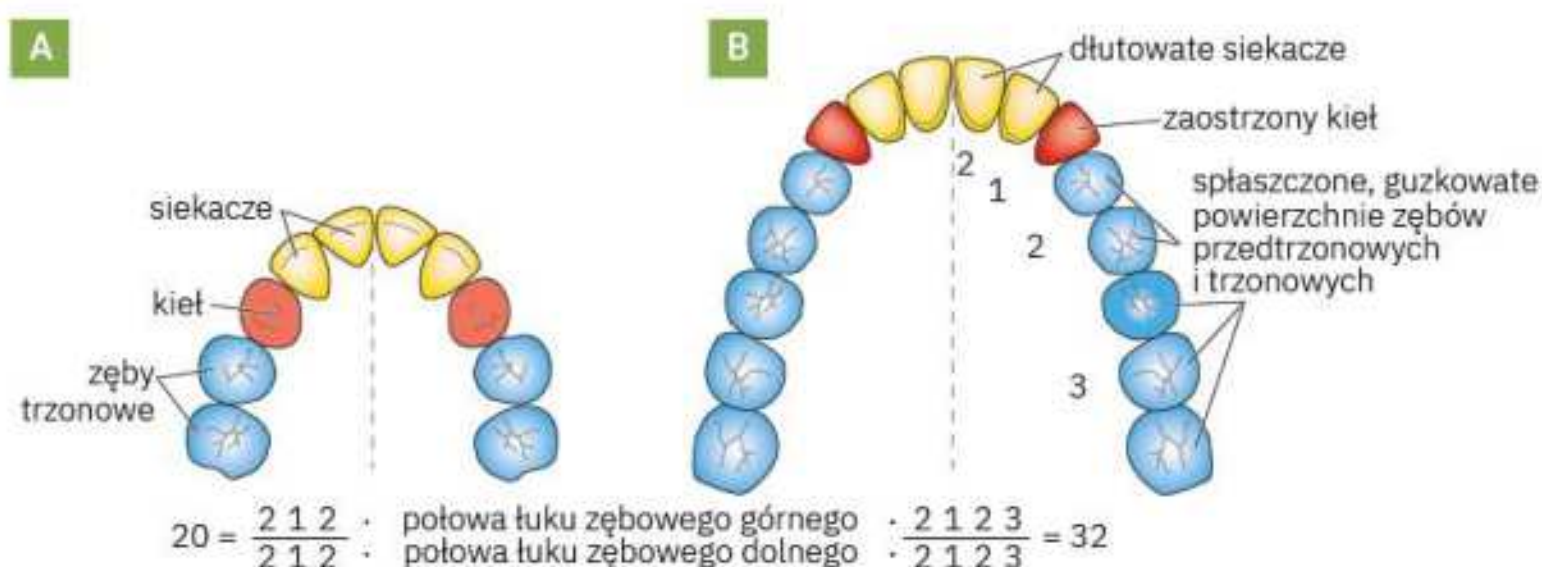


Ryc. II.2.1. Budowa przewodu pokarmowego człowieka.

Budowa i funkcje odcinków przewodu pokarmowego

Jama ustna

Przewód pokarmowy rozpoczyna się w jamie ustnej (ryc. II.2.1.), gdzie w szczęcie i żuchwie na zębodołach osadzone są zęby. Człowiek ma dwa komplety zębów – zęby mleczne (tymczasowe) oraz trwałe (stałe) (ryc. II.2.2.). Zęby tymczasowe pojawiają się około 6. miesiąca życia, a cały komplet dwudziestu zębów mlecznych – około 24. miesiąca życia. Zostają one zastąpione przez zęby stałe, które zaczynają pojawiać się około 6. roku życia. Uzębienie stałe liczy 32 zęby (pełną postać uzyskuje ok. 21. roku życia).



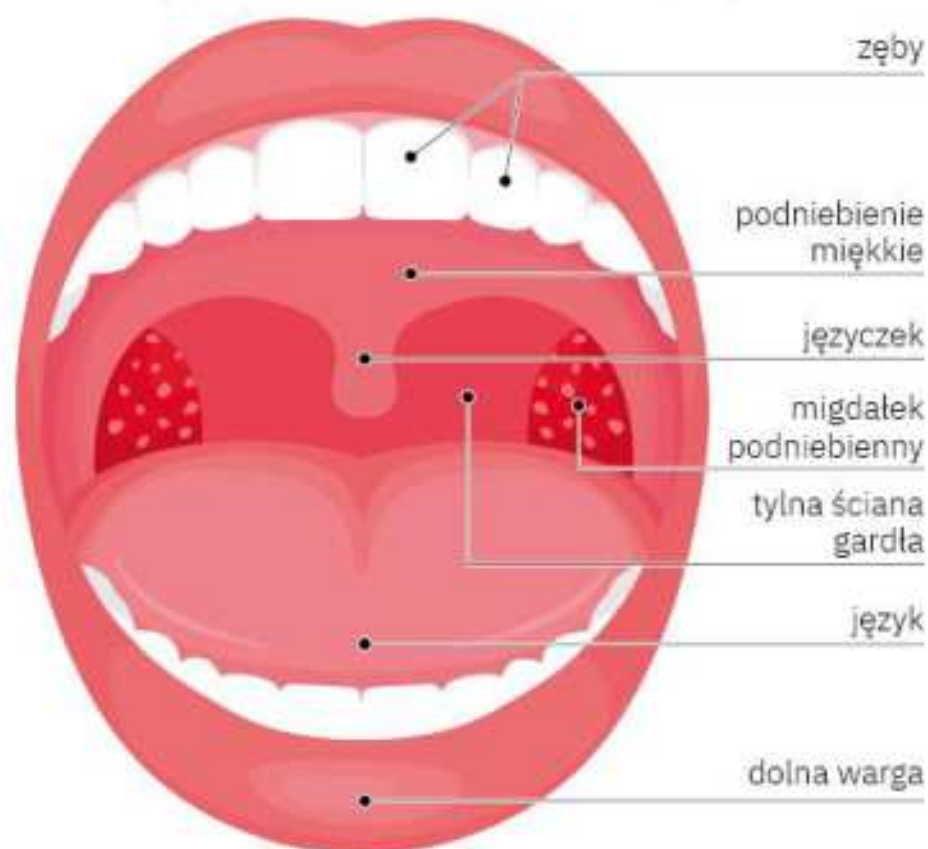
Ryc. II.2.2. (A) zęby mleczne, (B) zęby stałe.

Zęby dorosłego człowieka różnią się rozmiarami i kształtem (ryc. II.2.2.), co stanowi przystosowanie do pełnionych przez nie funkcji, czyli rozdrabniania (siekacze i kły) oraz rozcierania i żucia pokarmu (przedtrzonowe i trzonowe). Ząb jest zbudowany z korony, która wystaje ponad dziąsło, szyjki oraz korzenia. W środku zęba znajduje się komora, w której zawarte są naczynia krwionośne i nerwy. Niewłaściwa higiena jamy ustnej i zębów może prowadzić do **próchnicy**, która jest efektem działania bakterii (ryc. II.2.3.). Co więcej, bakterie znajdujące się w chorych zębach mogą wraz z krwią przedostawać się do innych narządów, powodując ich choroby.



Ryc. II.2.3. Próchnica zębów to efekt działania bakterii.

Na dnie jamy ustnej znajduje się **język**, czyli fałd mięśniowy pokryty błoną śluzową. Na górnej powierzchni języka występują liczne brodawki, w których znajdują się **kubki smakowe** – czyli receptory, za których pomocą odczuwamy smak. Język bierze udział w żuciu i połykaniu oraz w mówieniu.



Ryc. II.2.4. Jama ustna i jej struktury.

Do jamy ustnej uchodzą także przewody dużych gruczołów ślinowych, zwanych **śliniankami**. Wyróżniamy trzy pary ślinianek: przyuszne, podżuchwowe oraz podjęzykowe. Ich wydzielina jest ślina, czyli roztwór wodny o pH w zakresie 5,8–7,4, który zawiera m.in. sole mineralne, enzymy (m.in. amylazę ślinową), śluz, lizozym oraz przeciwciała. W ciągu doby powstaje około 1,5 l śliny. Do jej głównych funkcji należą:

- trawienie – dzięki zawartemu w ślinie enzymowi – amylazie – rozkładane są polisacharydy (np. skrobia rozkładana jest do dwucukru – maltozy);
- nadawanie poślizgu kęsom pokarmu;
- oczyszczanie jamy ustnej w okresach między posiłkami;
- ochrona przed drobnoustrojami (m.in. dzięki zawartym w ślinie przeciwciałom).

Gardło i przełyk

Gardło jest wspólną częścią układu pokarmowego i oddechowego. Ma długość około 12 cm. Istnieją w nim też mechanizmy chroniące przed przedostawaniem się pokarmu do tchawicy. Pokarm przez gardło przechodzi do przełyku, który osiąga długość do 25 cm, a skurcze jego mięśni umożliwiają transport pokarmu do żołądka.

Żołądek

Żołądek to rozszerzona część przewodu pokarmowego, którego pojemność u zdrowej osoby dorosłej wynosi ok. 1,5 l (ryc. II.2.1.). W budowie żołądka wyróżniamy dno (od strony przełyku), trzon oraz odźwiernik (graniczący z dwunastnicą). Pokarm w żołądku jest gromadzony warstwami i może przebywać w nim od 2 do 8 godzin (w zależności od tego, jakiego jest rodzaju). W tym czasie podle-

ga licznym modyfikacjom chemicznym i fizycznym. Wyścielająca żołądek błona śluzowa zawiera gruczoły wydzielające do jego wnętrza **sok żołądkowy** (ok. 2 l na dobę). W skład soku żołądkowego wchodzi: woda, sole mineralne, śluz oraz kwas solny (w stężeniu 0,2–0,5%), a także enzymy trawienne. Maksymalne wydzielanie soku żołądkowego zachodzi około godziny po posiłku. Sok żołądkowy pełni wiele kluczowych funkcji:

- zawarta w nim woda upłynnia pokarm, a śluz nadaje mu poślizg umożliwiający mieszanie i przemieszczanie się;
- kwas solny zakwasza pokarm, przez co hamuje działanie amylazy ślinowej oraz zabija drobnoustroje połknięte wraz z jedzeniem;
- kwaśny odczyn soku aktywuje enzymy trawiące białka (pepsyny);
- sok żołądkowy zawiera białko, które jest konieczne do wchłaniania witaminy B₁₂ w dalszych odcinkach przewodu pokarmowego;
- kwaśne środowisko żołądka jest niezbędnym czynnikiem warunkującym wchłanianie żelaza na dalszych odcinkach.

Jelito cienkie

Jelito cienkie stanowi przedłużenie żołądka. Ma około 5 m długości i przechodzi w jelito grube. W jelicie cienkim zachodzą ostatnie etapy **trawienia** enzymatycznego pokarmów oraz rozpoczyna się **wchłanianie** większości składników odżywczych.

Jelito cienkie zbudowane jest z trzech części: dwunastnicy, jelita czczego (części środkowej) oraz jelita krętego, które łączy się z jelitem grubym. **Dwunastnica** ma około 25 cm długości. Uchodzą do niej wydzieliny pęcherza żółciowego oraz trzustki. Wydajne wchłanianie substancji odżywczych w jelicie cienkim jest możliwe dzięki budowie jego błony śluzowej. Jest ona pokryta specjalnymi palcowatymi wypustkami zwanymi **kosmkami**,



Ryc. II.2.5. Błona śluzowa jelita cienkiego pokryta jest mikrokosmkami zwiększającymi jej powierzchnię wchłaniania.

na których powierzchni występują dodatkowe drobnutkie **mikrokosmki** (ryc. II.2.5.). Taka budowa zwiększa powierzchnię jelita ponad 600-krotnie. Między kosmkami zlokalizowane są gruczoły jelitowe, które wydzielają sok jelitowy złożony z wody, śluzu i soli mineralnych (pH ok. 8,0).

Najważniejszymi funkcjami jelita cienkiego są:

- przesuwanie treści pokarmowej w kierunku końca jelita, będące efektem ruchów perystaltycznych;
- wydzielanie soku jelitowego;
- zakończenie enzymatycznego trawienia węglowodanów, białek i tłuszczów;
- wchłanianie składników odżywczych;
- wydzielanie hormonów.

Jelito grube i odbytnica

Jelito grube ma około 1,5 m długości i jest ułożone łukiem wokół pętli jelita cienkiego (ryc. II.2.1.). Jelito grube dzielimy na kątnicę (tu odchodzi wyrostek robaczkowy), okrężnicę i esicę, która jest zakończona odbytnicą. Najważniejszymi funkcjami jelita grubego i odbytnicy są:

- wchłanianie wody, soli mineralnych, witamin i niektórych leków;
- formowanie i oddawanie kału;



- środowisko życia mikroorganizmów jelitowych, czyli tzw. **mikrobiomu**. W jelicie grubym stwierdzono ponad 800 gatunków bakterii i archeonów, a ich całkowita masa może wynosić nawet 2 kg. Wśród mikrobiomu dominują bakterie *Escherichia coli* (pałeczka okrężnicy; czytaj: eszerichia koli), *Enterobacter aerogenes* (czytaj: enterobakter erogenes), *Streptococcus faecalis* (czytaj: streptokokus fekalis) i *Clostridium perfringens* (czytaj: klostridium perfingens). Bakterie jelitowe są niezbędne do prawidłowego trawienia i wchłaniania oraz ochrony immunologicznej. Ponadto syntetyzują witaminę K oraz witaminy z grupy B. W czasie przeprowadzanej przez bakterie jelitowe **fermentacji błonnika** pokarmowego wydzielają się substancje (np. kwas masłowy), które odżywiają komórki nabłonka jelita grubego oraz chronią przed rozwojem bakterii chorobotwórczych w tym odcinku przewodu pokarmowego. Bakterie mikrobiomu są komensalami, co oznacza, że nie czynią one gospodarzowi żadnej szkody. Inaczej jest, gdy dostaną się do innych miejsc organizmu, np. *E. coli* po przedostaniu się do pęcherza moczowego może powodować jego stany zapalne.

Dodatkowe narządy układu pokarmowego

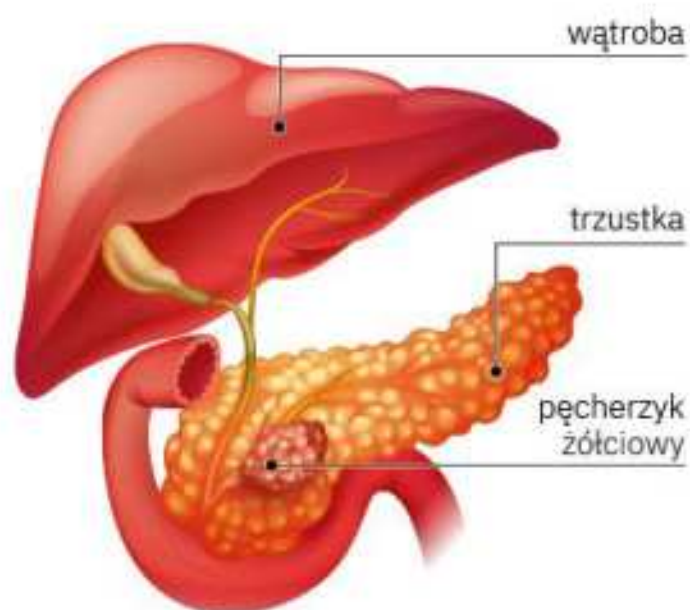
Trzustka

Trzustka to niewielki gruczoł (ok. 60 g i 12–15 cm długości) ułożony poprzecznie za żołądkiem (ryc. II.2.6.). W jej budowie wyróżniamy szerszą część zwaną głową, trzon oraz węższy ogon. Trzustka pełni dwojaką funkcję: jest źródłem soku trzustko-

wego, który przewodem trzustkowym trafia do dwunastnicy, oraz wytwarza i wydziela hormony (insulinę i glukagon), które uczestniczą w regulacji stężenia glukozy we krwi.

Wątroba

Wątroba to największy gruczoł w organizmie. Jej waga może dochodzić nawet do 2 kg. Jest zlokalizowana w górnej części jamy brzusznej. Tworzą ją cztery **płaty** utworzone ze **zrazików**, które budują komórki zwane **hepatocytami**. Komórki wątrobowe wydzielają **żółć**, która zbiera się



Ryc. II.2.6. Położenie trzustki względem wątroby.

w kanalikach żółciowych i jest wyprowadzana do dwunastnicy przez przewód żółciowy. W odstępach między trawieniem żółć gromadzi się w **pęcherzyku żółciowym**, który ma postać gruszkowatej torebki „przyczepionej” do tylnej powierzchni wątroby (ryc. II.2.6.). W pęcherzyku żółciowym żółć jest zagęszczana (nawet 15-krotnie), a następnie uwalniania. W ciągu doby wątroba wytwarza około 1 l żółci. Żółć składa się z wody, soli mineralnych, śluzu, barwników żółciowych (bilirubina), soli żółciowych i cholesterolu. Zadaniem żółci jest **emulgacja tłuszczów**, czyli ich odpowiednie rozdrobnienie, co ułatwia ich kontakt z lipazami – enzymami trawiącymi tłuszcze.

Wątroba jest narządem wielofunkcyjnym. Do jej najważniejszych aktywności należą:

- wydzielanie żółci i emulgacja tłuszczów, czyli przekształcenie tłuszczu ułatwiające jego enzymatyczny rozkład;
- utrzymanie właściwego stężenia glukozy we krwi – nadwyżka glukozy jest przekształcana w glikogen, a przy jej niedoborze glikogen jest rozkładany do glukozy;
- synteza mocznika;
- rozkładanie erytrocytów;
- odtruwanie organizmu poprzez unieszkodliwianie niebezpiecznych substancji (alkohol, leki, toksyny);
- wytwarzanie ciepła;
- magazynowanie substancji (glikogenu, witamin A, D, E, K, B₁₂, żelaza, miedzi).

Procesy zachodzące w układzie pokarmowym

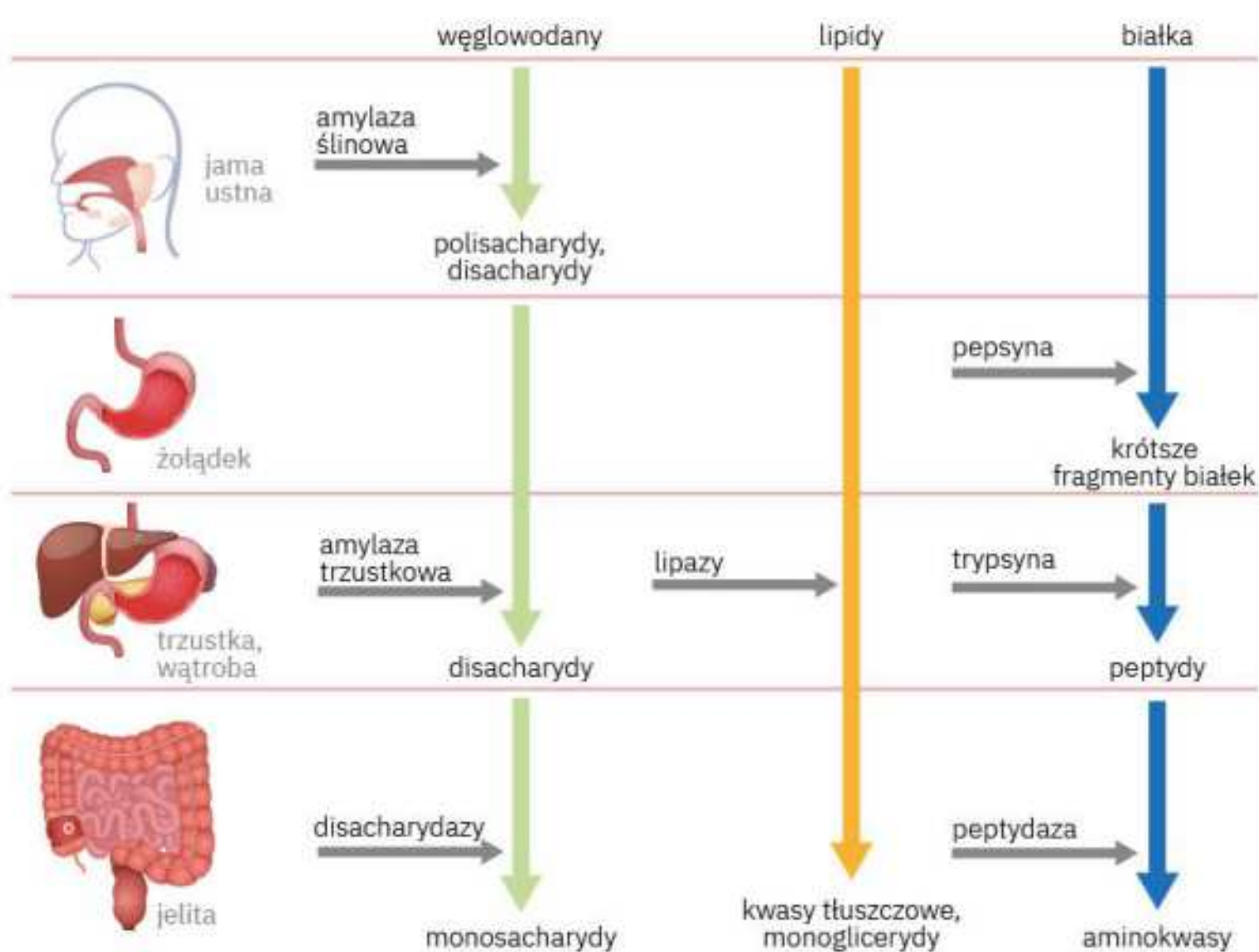
Trawienie

Uptynniona treść pokarmowa po dostaniu się do jelita cienkiego miesza się z sokiem trzustkowym, żółcią oraz sokiem jelitowym. W jelicie cienkim kończy się trawienie wszystkich substancji odżywczych:

- węglowodany zostają rozłożone do cukrów prostych (monosacharydów);
- białka zostają rozłożone do aminokwasów;
- tłuszcze zostają rozłożone do glicerolu i kwasów tłuszczowych.

Sok trzustkowy jest mieszaniną wieloenzymatyczną. Zawiera amylazy (enzymy trawiące węglowodany), lipazy (enzymy trawiące tłuszcze), wyjściowe formy proteaz (trypsyny i chymotrypsyny), które trawią białka, a także enzymy rozkładające kwasy nukleinowe.

Żółć wspomaga trawienie tłuszczów. Większość enzymów trawiennych znajduje się w komórkach kosmków jelita cienkiego. W wyniku bezpośredniego kontaktu makrocząsteczek z mikrokosmkami zachodzi trawienie białek, lipidów i tłuszczu (ryc. II.2.7).



Ryc. II.2.7. Trawienie węglowodanów, lipidów i białek w układzie pokarmowym.

Wchłanianie

Strawiony pokarm ma postać białego, zawiesistego płynu, w którego skład wchodzi łatwo przyswajalne substancje. Są one wchłaniane do krwi i do limfy (tab. II.2.1.). Wchłanianie substancji odżywczych z jelita cienkiego za pośrednictwem komórek budujących mikrokosmki odbywa się na drodze dyfuzji, osmozy, wspomaganej dyfuzji i czynnego transportu. Udział innych odcinków przewodu pokarmowego w procesach wchłaniania jest niewielki – np. w jamie ustnej wchłaniane są substancje łatwo penetrujące przez błony (np. nikotyna), w żołądku – np. alkohol, a w jelicie grubym przede wszystkim woda.

Tab. II.2.1. Miejsca trawienia i wchłaniania substancji odżywczych.

Grupa związków	Jama ustna	Żołądek	Jelito cienkie		Jelito grube
	Trawienie	Trawienie	Trawienie	Wchłanianie	Wchłanianie
Węglowodany	Amylaza ślinowa rozkłada skrobię do dwucukrów.	–	Trawienie skrobi do dwucukrów (amylaza trzustkowa) i dwucukrów do cukrów prostych.	Wchłanianie do naczyń krwionośnych w kosmkach.	–
Białka	–	Aktywacja pepsyny i trawienie białek do krótszych fragmentów.	Polipeptydy trawione do di- i tripeptydów (chymotrypsyna i trypsyna), a te następnie do aminokwasów (peptydazy).	Wchłanianie do naczyń krwionośnych w kosmkach.	–
Tłuszcze	–	–	Emulgacja (żółć), tłuszcze rozkładane do glicerolu i kwasów tłuszczowych (lipazy).	Wchłanianie do naczyń chłonnych w kosmkach.	–
Woda	–	–	–	Większość wchłaniana.	Niewielka ilość.
Witaminy	–	–	–	Wchłanianie witamin rozpuszczalnych w wodzie i w tłuszczach.	Synteza i wchłanianie witaminy K.

Najczęstsze choroby i zaburzenia funkcjonowania układu pokarmowego



Ryc. II.2.8. Choroba wrzodowa dwunastnicy.

Choroby związane z układem pokarmowym mają różne podłoże (m.in. bakteryjne, wirusowe, genetyczne). W tab. II.2.2. przedstawiono najczęstsze schorzenia kolejnych odcinków układu pokarmowego. Osobnym problemem są choroby związane z nieprawidłową dietą (otyłość) oraz z zaburzeniami odżywiania i mające podłoże psychiczne (anoreksja, bulimia).

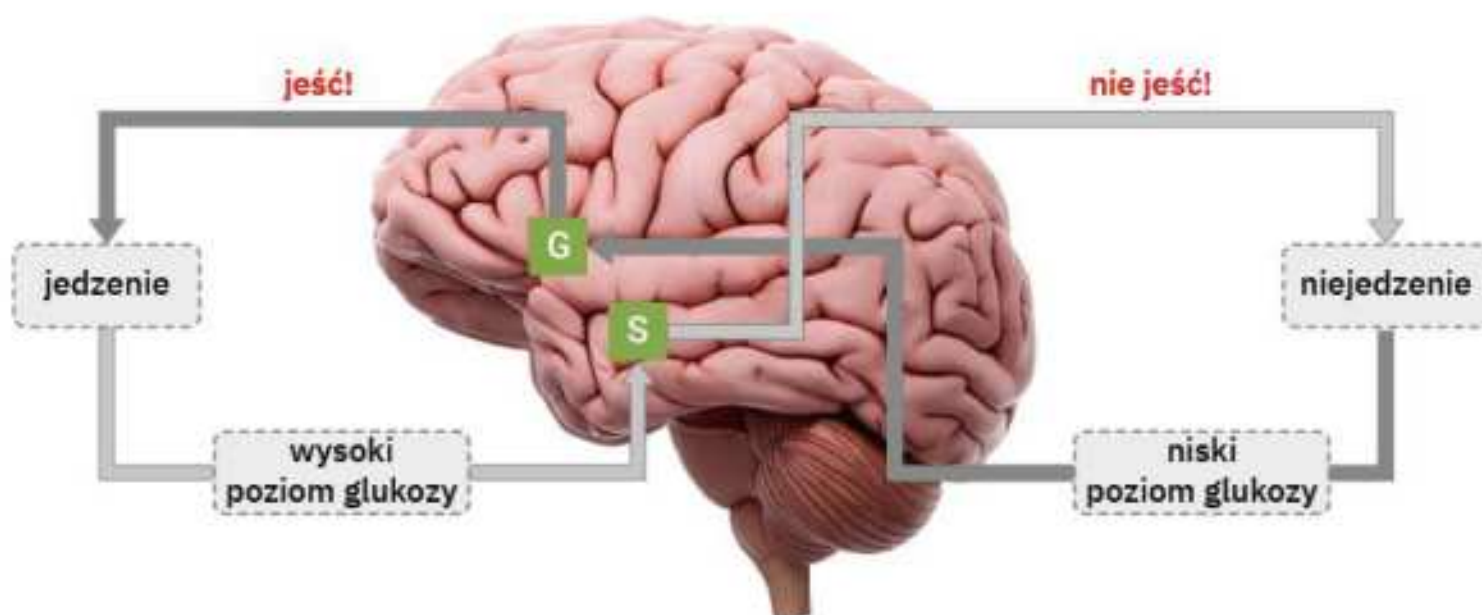
Tab. II.2.2. Najczęstsze choroby układu pokarmowego.

Odcinek układu pokarmowego	Choroba	Przyczyna
Jama ustna	Pleśniawki jamy ustnej	Zakażenie grzybicze nabłonka jamy ustnej; pojawiają się przy osłabionej odporności, niedożywieniu i antybiotykoterapii.
	Opryszczka	Wywołuje ją wirus opryszczki <i>Herpes simplex</i> ; leczenie objawowe.
	Próchnica zębów	Powodowana przez bakterie; objawia się zniszczeniem struktury zęba; nieleczona może prowadzić do poważnych powikłań.
Gardło	Zapalenie migdałków	Powodowane przez bakterie; choroba przenosi się drogą kropelkową.
Żołądek	Choroba wrzodowa	Uszkodzenie błony śluzowej żołądka i dwunastnicy wywołane najczęściej zakażeniem bakterią <i>Helicobacter pylori</i> (ryc. II.2.8.)
	Rak żołądka	Nowotwór złośliwy wywodzący się z nabłonka błony śluzowej żołądka; najczęściej występujący nowotwór złośliwy u ludzi.
Jelita	Zapalenie wyrostka robaczkowego	Zapalenie wywołane najczęściej zatrzymaniem się treści pokarmowej w żołądku, co powoduje jego niedrożność.
	Zatrucia bakteryjne (salmonelloza, listerioza, zatrucia jadem kiełbasianym)	Zatrucia bakteryjne powodujące ostre objawy żołądkowo-jelitowe (biegunka, wymioty, nudności, gorączka) spowodowane spożyciem nieświeżych produktów (nieumyte owoce, lody) zawierających toksyny bakteryjne.
	Choroba Leśniowskiego-Crohna	Przewlekły proces zapalny ściany przewodu pokarmowego; najczęściej zlokalizowany w końcowej części jelita cienkiego i początkowej jelita grubego; brak skutecznej metody leczenia.
	Celiakia	Nadwrażliwość układu pokarmowego na <u>gluten</u> (białka zbożowe) zawarty w pokarmach; leczenie polega na stosowaniu diety bezglutenowej.

Odcinek układu pokarmowego	Choroba	Przyczyna
Trzustka	Zapalenie trzustki	Przewlekła choroba trzustki prowadząca do zaburzenia jej funkcji; powikłaniem może być cukrzyca.
	Rak trzustki	Nowotwór złośliwy pochodzenia nabłonkowego; ryzyko zachorowania wzrasta u palaczy, osób otyłych i chorych na cukrzycę typu II.
Wątroba	Ostre zapalenie wątroby – wirusowe zapalenie wątroby	Choroba wywołana zakażeniem wirusowym (WZW); prowadzi do uszkodzenia wątroby. Wyróżniamy WZW typu A (zakażenie następuje drogą pokarmową), WZW typu B oraz WZW typu C (zakażenie następuje przez kontakt z zakażoną krwią).
	Marskość wątroby	Postępująca degeneracja miększu wątroby spowodowana działaniem <u>toksyn</u> (np. alkoholu), infekcjami wirusowymi lub w wyniku chorób autoimmunizacyjnych.
	Kamica żółciowa	Gromadzenie złogów w przewodach żółciowych prowadzące do ich zatkania; wywołuje żółtaczkę mechaniczną i może prowadzić do ostrego zapalenia trzustki.

Otyłość

W organizmie zdrowego człowieka zapotrzebowanie energetyczne, które jest niezbędne do utrzymania podstawowej przemiany materii, wytwarzania ciepła, wykonywania pracy oraz metabolizmu pokarmów (trawienie, wchłanianie, wydalanie, magazynowanie), podlega regulacji przez ośrodkowy układ nerwowy. Regulacja ta stanowi wynik wzajemnego oddziaływania dwóch ośrodków: **ośrodku sytości** i **ośrodku głodu** (łaknienia), które są zlokalizowane w mózgu, w strukturze zwanej podwzgórzem. Aktywacja jednego z nich hamuje aktywność drugiego (ryc. II.2.9.). Na ich funkcjonowanie mają wpływ związki obecne we krwi, np. glukoza, ale również takie czynniki, jak wygląd, zapach i smak pokarmu.

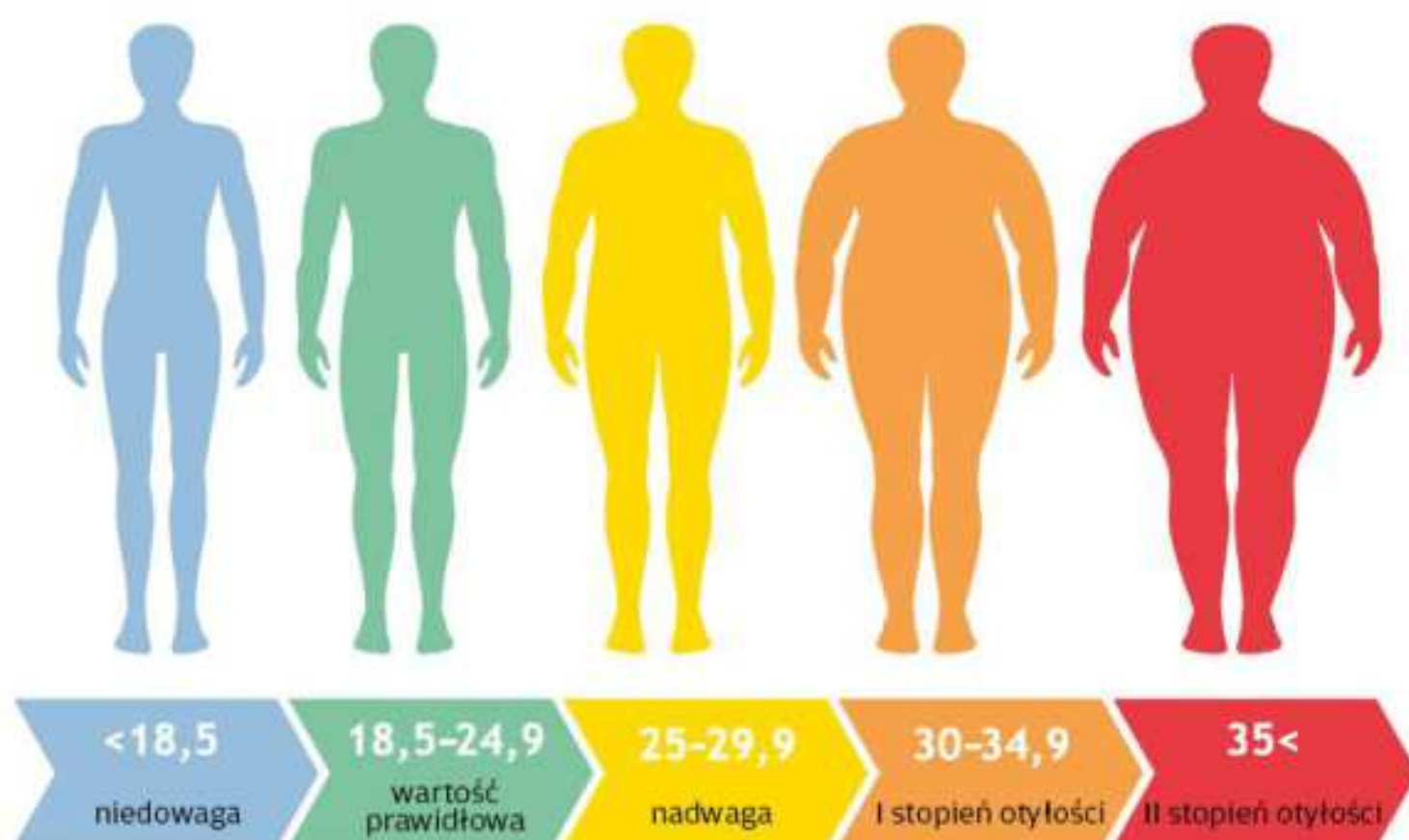


Ryc. II.2.9. Ośrodki głodu (G) i sytości (S) w mózgu działają przeciwnie.

Otyłość to zwiększenie masy ciała w wyniku nadmiernego nagromadzenia tkanki tłuszczowej. O otyłości mówimy, jeżeli ilość tkanki tłuszczowej u mężczyzn przekroczy 25%, a u kobiet 30% masy ciała (na masę ciała składa się masa mięśni, kości, wody oraz tkanki tłuszczowej). Do zgrubnego wyznaczania prawidłowej masy ciała i oceny stopnia otyłości służy wskaźnik BMI (z ang. *body mass index*). Precyzyjne określenie zawartości tłuszczu w organizmie opiera się na specjalistycznych badaniach, np. tomografii komputerowej czy magnetycznym rezonansie jądrowym.

$$\text{BMI} = \text{masa ciała [kg]} / \text{wzrost}^2 [\text{m}]$$

Na przykład ktoś, kto waży 70 kg i mierzy 1,75 m, będzie miał BMI równe 23,3, ponieważ $70/1,75^2 = 23,3$.



Ryc. II.2.10. Zakresy wartości BMI.

Otyłość może mieć podłoże endogenne (wewnętrzne) lub egzogenne (zewnętrzne). Czynniki endogennymi są uszkodzenia ośrodków podwzgórza, uwarunkowania genetyczne, ale także zaburzenia hormonalne. Czynniki egzogenne wiążą się z niewłaściwą dietą, brakiem aktywności fizycznej, a także z uwarunkowaniami społecznymi i kulturowymi (cena produktu, reklama, tradycja, religia). Przyrost masy ciała występuje wówczas, gdy przez dłuższy czas ilość energii pozyskiwanej jest większa od ilości energii wydatkowanej, tzn. że bilans energetyczny jest dodatni:

$$\text{Energia pozyskana} = \text{energia wydatkowana} \pm \text{zmiana w zasobie energii}$$

Dodatkowo, na dodatni bilans energetyczny wpływa brak aktywności fizycznej oraz wzrost spożycia produktów wysokokalorycznych. Otyłość zwiększa ryzyko wielu przewlekłych, zagrażających życiu chorób, takich jak cukrzyca typu II, schorzenia sercowo-naczyniowe (np. udar mózgu, choroba wieńcowa, nadciśnienie tętnicze, podwyższony poziom cholesterolu w surowicy), a także niektórych nowotworów. Pośrednio wpływa także na zwyrodnienia kręgosłupa, zaburzenia oddychania, choroby skóry, niepłodność u kobiet i mężczyzn oraz powikłania ciążowe.



Ryc. II.2.11. Podłożem otyłości jest niewłaściwa dieta i brak aktywności fizycznej (A). Otyłość ma też podłoże kulturowe, np. w Mauretanii przymusowo tuczy się młode kobiety (B).

Jak walczyć z otyłością?

- spożywaj pokarmy ubogoenergetyczne;
- zjadaj małe, regularne posiłki;
- ogranicz lub wyeliminuj spożywanie słodczy i słodkich napojów;
- bądź aktywny fizycznie, co znacznie zwiększy wydatkowanie energii (spacery, basen, jazda na rowerze);
- nigdy nie stosuj samodzielnie radykalnych diet ani głodówek – decyzja o zastosowaniu każdej diety powinna być konsultowana ze specjalistą (lekarzem lub dietetykiem).

Zaburzenia odżywiania

Zaburzenia odżywiania to złożony problem zdrowotny. Ich podłożem najczęściej jest czynnik psychiczny. Na rozwój tych chorób mają wpływ zarówno czynniki biologiczne (w tym genetyczne), jak i społeczno-kulturowe (relacje rodzinne, kanony piękna prezentowane w mediach). Zaburzenia odżywiania częściej dotyczą kobiet niż mężczyzn. Wśród dodatkowych przyczyn wymienia się młody wiek. Do najczęstszych zaburzeń odżywiania należą anoreksja oraz bulimia.

Anoreksja (jadłowstręt psychiczny) polega na braku łaknienia połączonym z obsesyjnym lękiem przed otyłością. Choroba ta występuje 10 razy częściej u kobiet niż u mężczyzn i dotyczy zwłaszcza osób młodych – zwykle między 11. a 30. rokiem życia. Skutkiem anoreksji, oprócz widocznej utraty masy ciała, jest skrajne



Ryc. II.2.12. Anoreksja prowadzi do wychudzenia, wyniszczenia organizmu (zaburzeń wielonarządowych).

niedożywienie, które prowadzi do zmian hormonalnych, metabolicznych i zaburzeń fizjologicznych (np. zahamowanie miesiączkowania, występowanie biegunek i zaparć, zmniejszenie odporności, zaburzenia krążenia). Choroba jest bardzo trudna do rozpoznania, a w jej przebiegu niezwykle ważne jest jej wczesne wykrycie i podjęcie leczenia, gdyż może ona doprowadzić do śmierci. Pierwszymi symptomami anoreksji są: restrykcyjna dieta, zwiększony wysiłek fizyczny, stosowanie środków przeczyszczających oraz zmniejszających apetyt oraz postrzeganie własnej sylwetki jako otyłej.

Bulimia (wilczy głód, żarłoczność psychiczna) charakteryzuje się powtarzającymi się, niekontrolowanymi atakami wzmożonego apetytu i przejadaniem się w krótkim czasie. Zaraz po ataku chory stosuje różne zabiegi, które mają przeciwdziałać skutkom przejedzenia: prowokowanie wymiotów, stosowanie środków przeczyszczających czy lewatyw. Bulimia dotyka najczęściej kobiet. Chorzy zazwyczaj mają prawidłową masę ciała. Przyczyny bulimii są bardzo złożone, choć często jako główny podaje się czynnik biologiczny. Zaburzenia odżywiania są chorobami wymagającymi kompleksowego, specjalistycznego leczenia, także psychoterapeutycznego.

Profilaktyka i leczenie układu pokarmowego

Choroby przewodu pokarmowego to duża grupa schorzeń o różnym podłożu i przebiegu. Wystąpieniu wielu z nich jesteśmy w stanie zapobiec, stosując się do odpowiednich działań profilaktycznych. Podstawowymi, wspólnymi zasadami w profilaktyce chorób układu pokarmowego są:

- częste i dokładne mycie rąk (ma to duże znaczenie w zapobieganiu zakażeniom bakteryjnym i wirusowym, np. wirusowe zapalenie wątroby);
- spożywanie regularnych, pełnowartościowych posiłków;

- stosowanie urozmaiconej diety z ograniczonym spożyciem tłuszczów, bogatej w błonnik, dużą ilość warzyw, owoców i produktów pełnoziarnistych oraz uzupełnianie odpowiednią ilością wody;
- ograniczenie picia kawy i alkoholu (nadmiar alkoholu w życiu codziennym przyczynia się do zachorowania na raka wątroby, trzustki, przełyku, jamy ustnej);
- zaprzestanie palenia papierosów (zwiększa zachorowalność na raka płuc, ale też raka jamy ustnej, gardła, przełyku i trzustki);
- utrzymywanie optymalnej masy ciała;
- unikanie diety bogatej w sól – produkty wysoko przetworzone zwiększają ryzyko raka żołądka;
- zwiększenie aktywności fizycznej – ogranicza to m.in. zapadalność na raka jelita grubego (następuje bardziej efektywne przemieszczanie się mas kałowych, zmniejsza się prawdopodobieństwo wystąpienia zaparcí);
- wykonywanie profilaktycznych badań diagnostycznych.

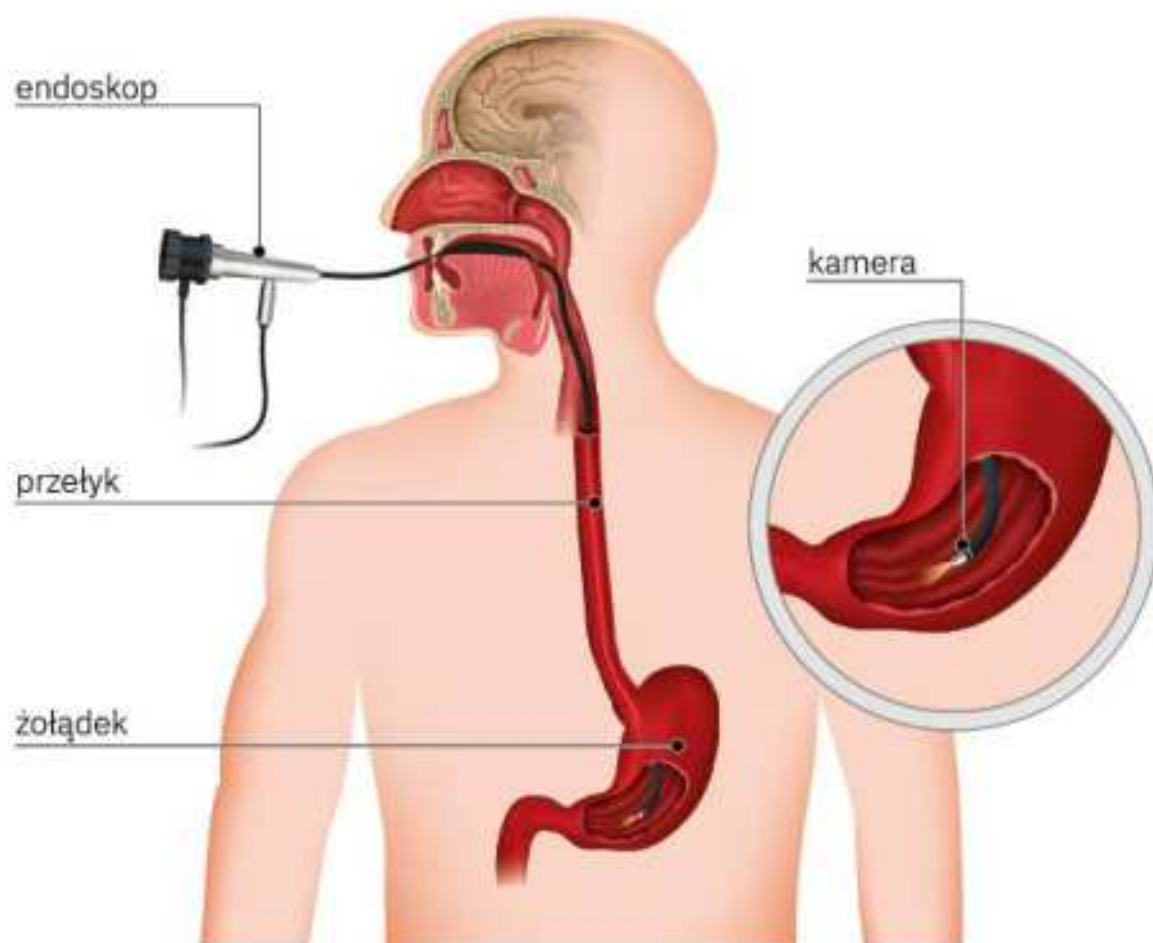
Badania diagnostyczne odgrywają kluczową rolę w profilaktyce, ponieważ pozwalają ocenić stan funkcjonowania układu pokarmowego, a przede wszystkim pomagają wykryć zmiany na wczesnym etapie i wdrożyć właściwe leczenie. Powinny być wykonywane regularnie, zwłaszcza u osób, w których rodzinie występowały schorzenia tego układu. Badania te wykonuje się także w trakcie leczenia w celu monitorowania jego postępu. W przypadku układu pokarmowego najważniejszymi badaniami profilaktycznymi są:

- morfologia krwi (pozwała wykryć anemię, która może być m.in. skutkiem upośledzonego wchłaniania w przewodzie pokarmowym);
- oznaczenie aktywności we krwi enzymów komórek wątroby – ALT i AST (wzrost może świadczyć o uszkodzeniu wątroby);
- oznaczenie we krwi stężenia enzymów trzustkowych: amylazy trzustkowej i lipazy (wzrost może świadczyć o uszkodzeniu trzustki lub guzie nowotworowym);
- ogólne badanie moczu (ogólny stan narządów układu pokarmowego, m.in. wątroby i trzustki);
- badanie kału (m.in. na obecność krwi utajonej w kierunku raka jelita grubego czy w zakażeniach bakteryjnych, np. *Helicobacter pylori* w chorobie wrzodowej).

Oprócz badań laboratoryjnych, stan narządów układu pokarmowego można śledzić za pomocą **technik obrazowych**, m.in. ultrasonografii, gastrokopii, kolonoskopii czy tomografii komputerowej.

W **ultrasonografii (USG)** do badania i obrazowania narządów stosuje się fale ultradźwiękowe, które są pochłaniane lub odbijane, dając w efekcie obraz narządów wewnętrznych. Badanie to umożliwia ocenę stanu wątroby, pęcherzyka żółciowego czy trzustki. Niestety, nie pozwala dość dobrze zobaczyć żołądka, dwunastnicy ani dalszych części jelit. Badanie to jest nieinwazyjne – wykonuje się je przez powłoki jamy brzusznej. USG pozwala na wykrycie bardzo małych zmian we wczesnym stadium ich rozwoju.

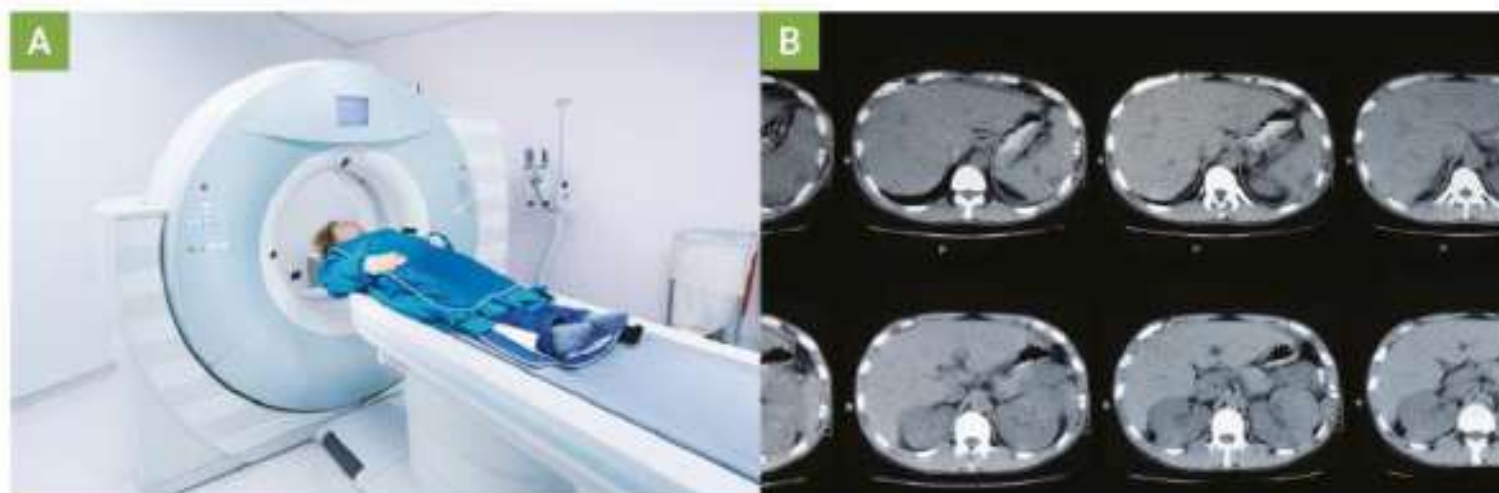
Gastroskopia oraz **kolonoskopia** to tzw. metody endoskopowe, za pomocą których możemy badać wnętrze ciała. Metody te polegają na wprowadzeniu do wnętrza przewodu pokarmowego giętkiej sondy zaopatrzonej w kamerę oraz źródło światła (ryc. II.2.13). Gastroskopia to badanie górnego odcinka przewodu pokarmowego (od przełyku do dwunastnicy), w którym endoskop wprowadzany jest przez jamę ustną i gardło do przełyku. Celem wykonywania gastroskopii jest nie tylko diagnostyka, lecz także leczenie (pobieranie materiału do badań, usuwanie polipów i ciał obcych czy tamowanie krwawień). Dzięki temu badaniu można rozpoznać następujące schorzenia: żylaki przełyku, chorobę wrzodową, zapalenie błony śluzowej żołądka, a przede wszystkim rak żołądka. Profilaktyczne wykonywanie gastroskopii jest szansą na wykrycie raka żołądka we wczesnym stadium i podjęcie odpowiedniego leczenia.



Ryc. II.2.13. Gastroskopia to metoda diagnostyczna żołądka, która polega na wprowadzeniu endoskopu przez usta.

Kolonoskopia jest badaniem dolnego odcinka przewodu pokarmowego, która umożliwia określenie stanu jelita grubego. Badanie opiera się na tej samej zasadzie, co gastroscopia, z tą różnicą, że endoskop wprowadzany jest przez odbyt. Kolonoskopia jest nieodzowna w profilaktyce raka jelita grubego, choroby Leśniowskiego-Crohna czy schorzeń związanych z zaburzeniami wchłaniania.

Coraz częściej stosowanymi technikami obrazowania narządów i tkanek przewodu pokarmowego są **tomografia komputerowa (TK)** (ryc. II.2.14.) oraz metoda **rezonansu magnetycznego**. Tomografia komputerowa bazuje na zewnętrznym źródle promieniowania rentgenowskiego i pozwala na uzyskanie bardzo dokładnego obrazu przekroju badanego narządu. Jest niezastąpionym narzędziem diagnostycznym w przypadku nowotworów wątroby czy trzustki. Obrazowanie za pomocą rezonansu magnetycznego jest szczególnie przydatne do wykrywania zmian chorobowych w tkankach zasłoniętych kośćmi. Badanie to stosuje się najczęściej w przypadku nowotworów jelit i żołądka.



Ryc. II.2.14. Tomografia komputerowa pozwala na zobrazowanie przekroju ciała (A). Uwidacznia zmiany w obrębie układu pokarmowego, np. choroby wątroby (B).

PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień odcinki przewodu pokarmowego i wskaż te z nich, w których odbywa się trawienie węglowodanów.
2. Wyjaśnij udział wątroby i trzustki w trawieniu składników pokarmowych.
3. Podaj, co to jest mikrobiom jelitowy, i określ jego fizjologiczną rolę.
4. Oblicz współczynnik BMI osoby o masie 65 kg i wzroście 158 cm. O czym świadczy wartość uzyskanego BMI?
5. Wyjaśnij, na czym polegają badania diagnostyczne układu pokarmowego. Omów dokładnie jedną z diagnostycznych metod obrazowych.

Podsumowanie działu

- układ pokarmowy stanowią przewód pokarmowy i towarzyszące mu narządy pomocnicze oraz procesy rozdrabniania, trawienia i wchłaniania
- w jamie ustnej osadzone są zęby, na jej dnie mieści się język i uchodzą do niej przewody ślinianek
- w żołądku wydzielany jest sok żołądkowy i rozpoczyna się trawienie białek
- w jelicie cienkim zachodzi trawienie białek, tłuszczów i węglowodanów oraz wchłanianie strawionych produktów
- w jelicie grubym odbywają się wchłanianie wody oraz synteza niektórych witamin przez bakterie jelitowe
- trzustka wydziela sok trzustkowy zawierający enzymy trawienne, który trafia do dwunastnicy
- wątroba wydziela żółć, która emulguje tłuszcze; wątroba bierze udział w regulacji poziomu glukozy we krwi i odtruwanie organizmu
- trawienie składników rozpoczyna się w jamie ustnej (węglowodany), przebiega w żołądku (białka) i kończy się w jelicie cienkim (węglowodany, białka, lipidy, kwasy nukleinowe)
- wchłanianie strawionych składników przebiega w jelicie cienkim; w jelicie grubym wchłaniana jest woda
- choroby układu pokarmowego mają podłoże bakteryjne (salmonelloza, choroba wrzodowa), wirusowe (wirusowe zapalenie wątroby), genetyczne (choroba Leśniowskiego-Crohna) niektóre nowotwory
- otyłość to zwiększenie masy ciała przez nadmierne gromadzenie się tkanki tłuszczowej; ma podłoże endogenne lub egzogenne (nieprawidłowa dieta, brak aktywności fizycznej)
- w zaburzeniach odżywiania (anoreksja, bulimia) dużą rolę odgrywa czynnik psychiczny

- do badań diagnostycznych układu pokarmowego zaliczamy: morfologię krwi, ultrasonografię, gastroscopię i kolonoskopię

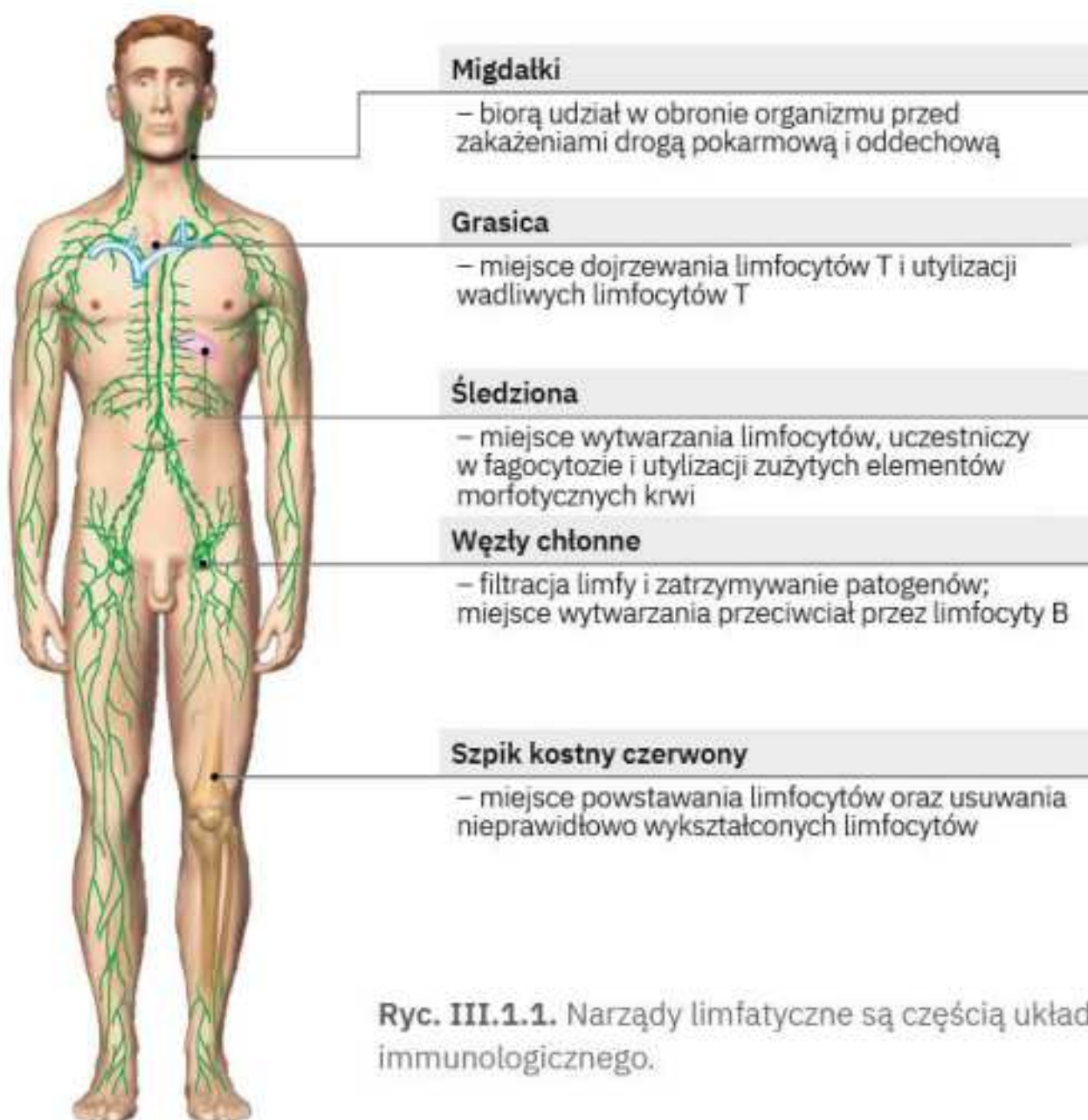


BUDOWA I FUNKCJE UKŁADU ODPORNÓŚCIOWEGO

W ciągu swojego życia stale jesteśmy narażeni na kontakt z licznymi **drobno-ustrojami**. W tej grupie są bakterie, wirusy, grzyby i pasożyty. Drobnoustroje te są potencjalnie chorobotwórcze, a jednak chorujemy stosunkowo rzadko (niekiedy tylko raz w życiu, np. na świnkę czy ospę). Wszystko, co pobudza system odpornościowy do odpowiedzi, nosi nazwę **antygeny**. Antygenami są najczęściej cząsteczki białek lub polisacharydów występujących na powierzchni drobnoustrojów, które przedostały się do wnętrza organizmu. Antygeny to także toksyny bakteryjne, wirusowe oraz grzybowe. Nauka zajmująca się badaniem mechanizmów odpornościowych to **immunologia**.

1. Elementy budujące układ odpornościowy człowieka

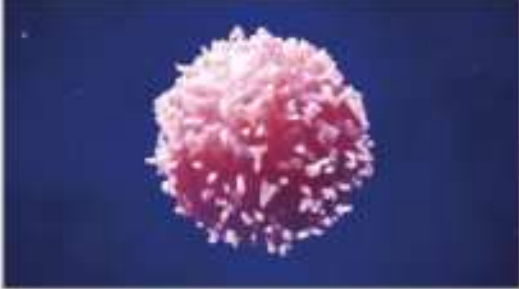
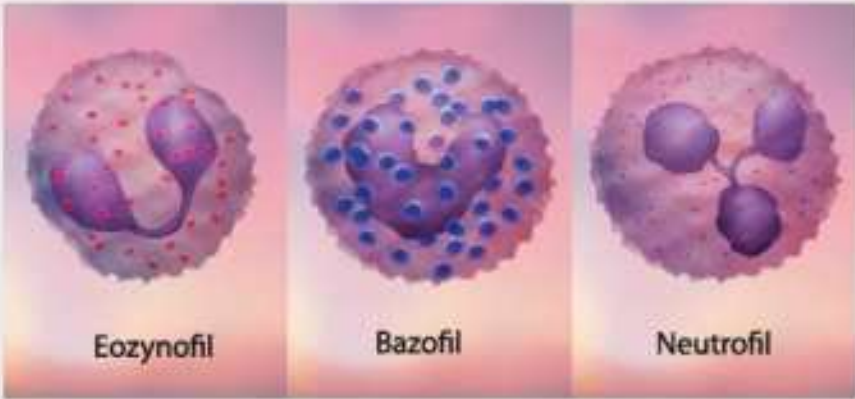
W skład układu odpornościowego wchodzi **narządy limfatyczne** (grasica, śledziona, szpik kostny czerwony, migdałki, węzły chłonne) (ryc. III.1.1.), **komórki odpornościowe** (limfocyty, makrofagi, granulocyty i komórki dendrytyczne) (tab. III.1.1.) oraz białka odpornościowe, czyli **przeciwciała**. Charakterystyczną cechą układu odpornościowego jest rozproszenie, co wprost wynika z jego funkcji – obrony przed patogenami w każdym miejscu organizmu.



Ryc. III.1.1. Narządy limfatyczne są częścią układu immunologicznego.

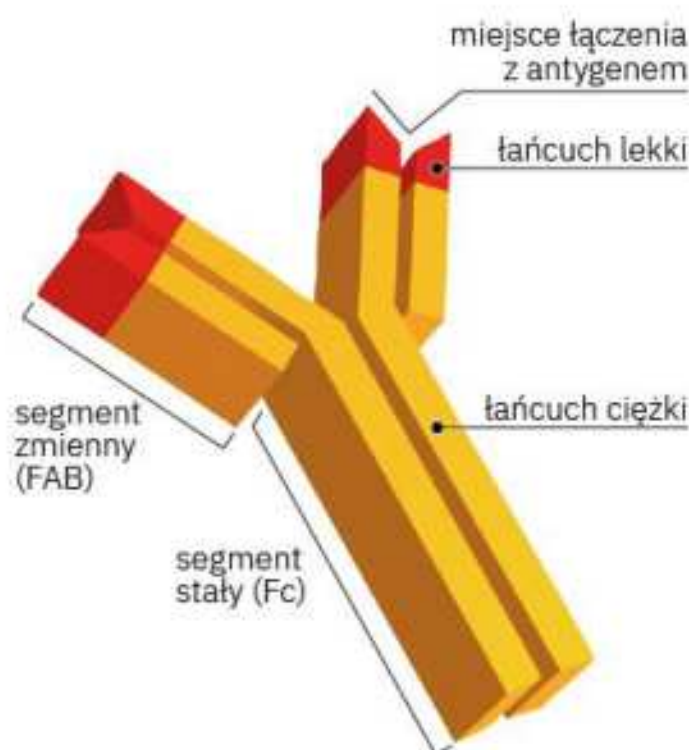
Do najważniejszych komórek odpornościowych organizmu należą limfocyty T, limfocyty B, makrofagi, granulocyty oraz komórki dendrytyczne. Ich charakterystykę zawarto w tabeli III.1.1.

Tab. III.1.1. Najważniejsze komórki odpornościowe.

Rodzaj komórek	Funkcja	Rysunek
Limfocyty B	Wytwarzają przeciwciała i „znakują” je do zniszczenia.	
Limfocyty T	Rozpoznają antygeny i niszczą patogeny w miejscu infekcji; regulują (wzmacniają lub osłabiają) odpowiedzi obronne organizmu; niszczą komórki nowotworowe.	
Makrofagi	Komórki fagocytyzujące, które wędrują w kierunku miejsca infekcji, wchłaniają i trawią drobnoustroje lub ich fragmenty.	
Granulocyty	Biorą udział w fagocytozie i odczynie zapalnym organizmu (<i>patrz niżej</i>). Do granulocytów zaliczamy: bazofile (granulocyty zasadochłonne), eozynofile (granulocyty kwasochłonne) oraz neutrofile (granulocyty obojętnochłonne).	 Eozynofil Bazofil Neutrofil
Komórki dendrytyczne	Komórki z charakterystycznymi wypustkami. Pobudzają limfocyty poprzez prezentację antygeny.	

Przeciwciała

Jedną z kluczowych funkcji układu odpornościowego pełnią **przeciwciała**, czyli **immunoglobuliny (Ig)** (ryc. III.1.2.). Są one produkowane przez limfocyty B i odgrywają zasadniczą rolę w obronie organizmu przed bakteriami, wirusami i pasożytami zewnątrzkomórkowymi. Wiążą antygeny i aktywują procesy, które prowadzą do zniszczenia patogenu. Przeciwciała są białkami, które kształtem przypominają literę Y, a swoją budową umożliwiają swoiste wiązanie antygeny.



Ryc. III.1.2. Budowa przeciwciała.

Przeciwciała podzielono na pięć klas: IgG, IgA, IgM, IgD oraz IgE ze względu na budowę oraz reakcje, w których uczestniczą. Większość ludzkich przeciwciał (ok. 75%) należy do klasy **IgG**. Z kolei jako pierwsze w reakcji odpornościowej organizmu wytwarzane są przeciwciała klasy IgM.

PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień narządy limfatyczne człowieka.
2. Wymień dwa przykłady komórek odpornościowych zdolnych do fagocytozy.

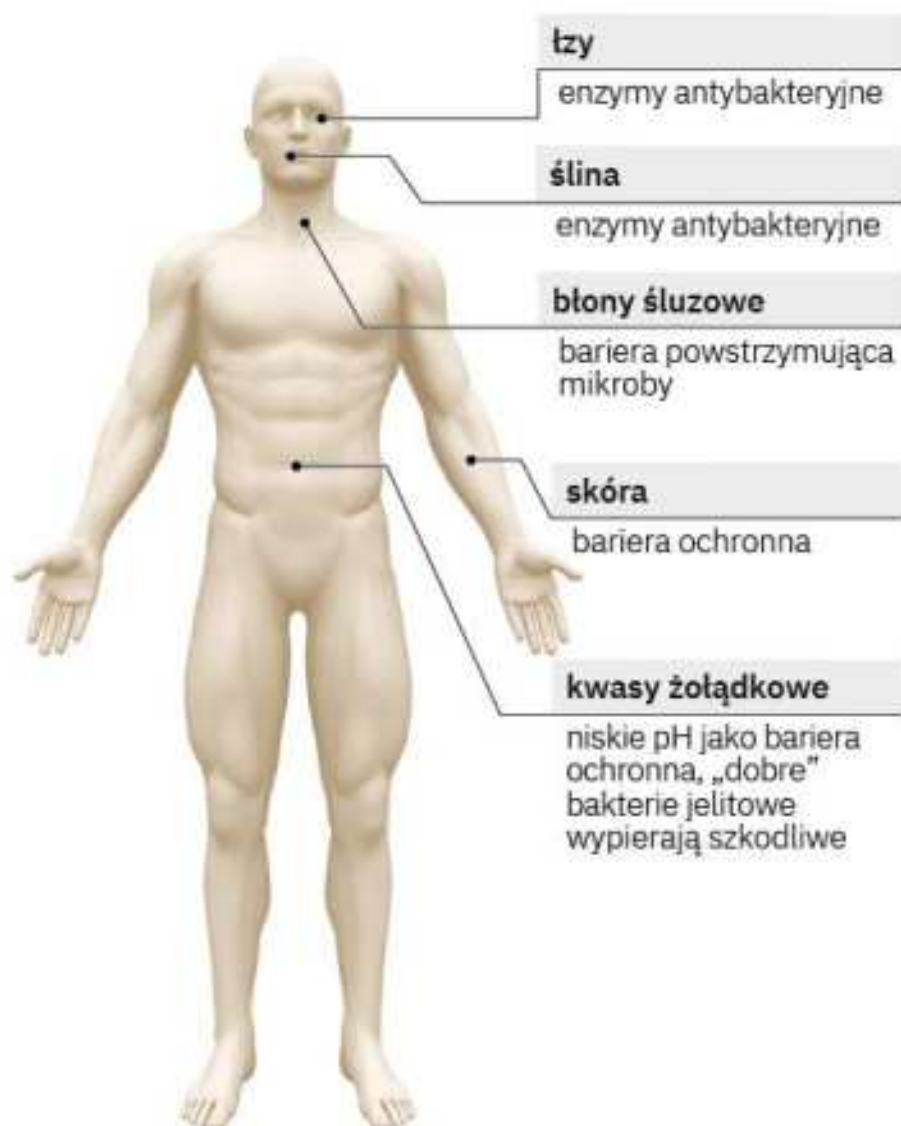
2. Odporność nieswoista i swoista

Na **odповідź immunologiczną** organizmu składają się procesy rozpoznawania obcych cząsteczek oraz reakcje służące ich eliminacji. Organizm wykształcił wiele sposobów ochrony przed antygenami. Do podstawowych typów odpowiedzi immunologicznej należą mechanizmy: **odporności nieswoistej i swoistej**.

Nieswoiste mechanizmy obronne

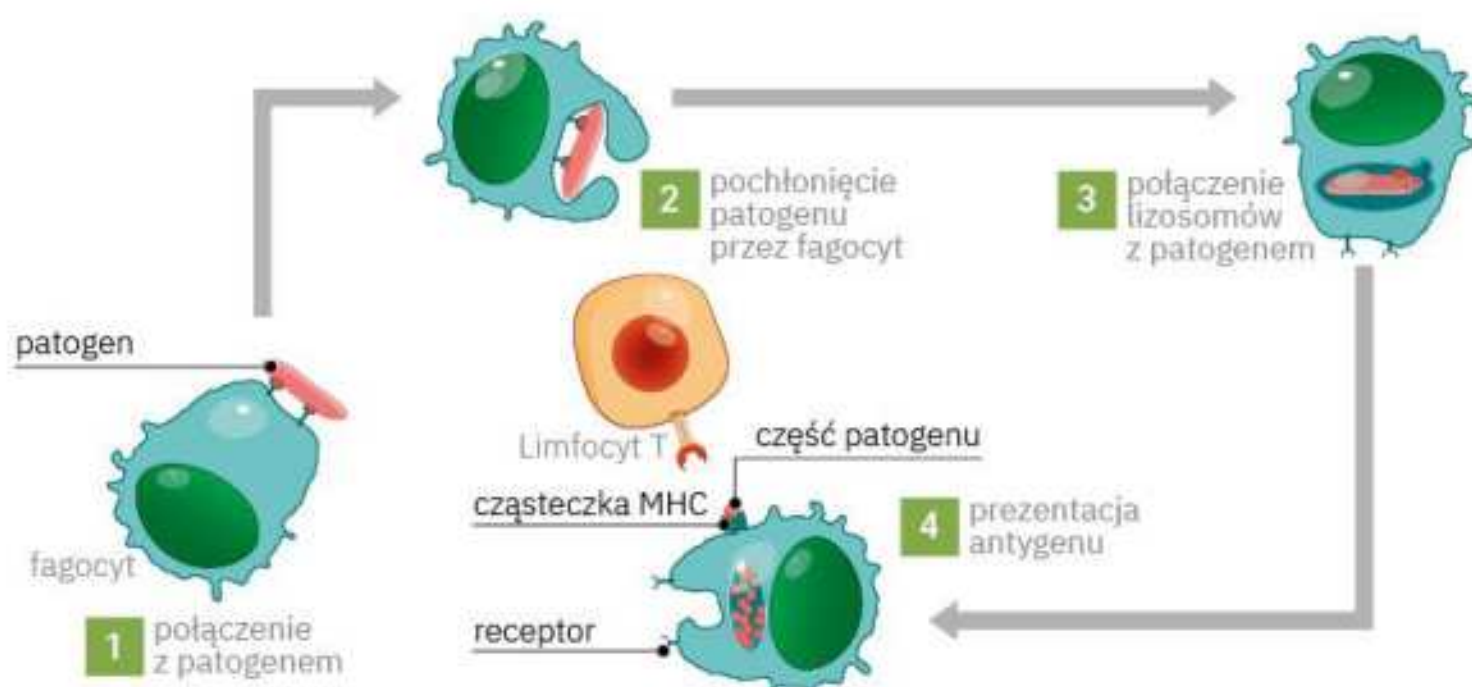
Nieswoiste mechanizmy, które określamy mianem wrodzonych, są skierowane przeciwko wielu rodzajom drobnoustrojów i cząsteczek obcych (nie są wybiórcze) (ryc. III.2.1.). Stanowią pierwszą linię obrony organizmu. Ich głównym zadaniem jest zapobieganie wnikaniu oraz rozprzestrzenianiu się drobnoustrojów i obcych cząsteczek w ustroju. Oto główne mechanizmy nieswoiste.

Skóra i błony śluzowe wyścielające narządy wewnętrzne układów (np. pokarmowego, oddechowego). Zdrowa, nieuszkodzona skóra ochronia powierzchnie mające kontakt ze środowiskiem zewnętrznym. Dodatkowo, wydzielane przez gruczoły skórne łój i pot zawierają substancje bakteriobójcze oraz przeciwgrzybicze. Śluz wydzielany przez błony śluzowe dzięki lepkiej konsystencji unieruchamia drobnoustroje i obce cząsteczki.



Fagocytoza to inaczej zjadanie drobnoustrojów lub ich składników przez wyspecjalizowane w tym celu komórki (np. makrofagi, granulocyty), które przemieszczają się w kierunku miejsca zakażenia i pochłaniają drobnoustroje lub obce cząsteczki (ryc. III.2.2.). Makrofagi po strawieniu antygeny działają jak **komórki prezentujące antygen**, tzn. „pokazują” innym komórkom odpornościowym (limfocytom T) antygen w celu wywołania przeciwko niemu reakcji odpornościowej. Jest to ważny element łączący mechanizmy nieswoiste ze swoistymi.

Ryc. III.2.1. Nieswoiste mechanizmy obrony.



Ryc. III.2.2. Fagocytoza polega na pochłanianiu i trawieniu bakterii i innych drobnoustrojów.

Naturalne substancje bakteriobójcze – zaliczamy do nich: kwas solny w żołądku (zabija połyknięte drobnoustroje), lizozym (białko o właściwościach antybakteryjnych obecne m.in. we łzach i ślinie), białka układu dopełniacza (grupa ok. 20 białek występujących we krwi i w tkankach, których zadaniem jest niszczenie bakterii oraz aktywacja fagocytozy).

Odczyn zapalny to fizjologiczna reakcja na uszkodzenie tkanek, która objawia się zaczerwienieniem, obrzękiem czy bólem. Odczyn zapalny prowadzi do izolowania, usuwania zniszczonej tkanki oraz czynnika, który doprowadził do jej uszkodzenia (np. bakterii czy wirusów).

Mechanizmy fizjologiczne to m.in. kaszel, kichanie, łzawienie, wymioty, biegunka. W ich trakcie organizm pozbywa się toksyn i drobnoustrojów.

Swoiste mechanizmy obronne

Mechanizmy odporności swoistej, które nazywamy nabytymi, skierowane są przeciwko określonemu rodzajowi patogenów i cząsteczek obcych (działają wybiórczo). Odporność ta kształtuje się w trakcie całego życia człowieka. W odporności swoistej biorą udział:

- **limfocyty B** oraz wytwarzane przez nie przeciwciała;
- **limfocyty T** są niezbędne, gdy patogen wniknie do wnętrza komórki i nie jest już „dostępny” dla przeciwciał. Limfocyty T atakują i niszczą patogeny, zapobiegając w ten sposób dalszemu namnażaniu się wirusów, niektórych pasożytów i bakterii (limfocyty T cytotoksyczne). Inną funkcją limfocytów (limfocyty T pomocnicze) jest wydzielanie związków aktywujących inne komórki odpornościowe, m.in. makrofagi, limfocyty T cytotoksyczne, leukocyty i eozynofile.

Szczególną cechą odporności swoistej jest tzw. **pamięć immunologiczna**, czyli



Ryc. III.2.3. Szczepionki zawierają żywe lub martwe drobnoustroje lub ich toksyny. Na przykład szczepionka przeciw grypie zawiera cząstki wirusa grypy lub jego białka powierzchniowe.

zdolność do „zapamiętywania” patogenów lub cząsteczek i wzmocniona odpowiedź immunologiczna przy ponownym kontakcie z nimi. Ma to szczególne znaczenie w przypadku **szczepień ochronnych**. Szczepionka zawiera antygeny (żywe lub martwe drobnoustroje lub ich toksyny), które po wprowadzeniu do organizmu prowadzą do rozwoju skierowanych przeciwko nim przeciwciał i innych komórek (ryc. III.2.3.). Po-

nowe zetknięcie z tym patogenem uruchamia już obecne mechanizmy i choroba się nie rozwija.

Odporność swoista czynna i bierna

Odporność swoistą można nabyć w sposób **czynny** lub **bierny**, przy czym obydwie mogą mieć charakter **sztuczny** lub **naturalny** (tab. III.2.1.). Odporność, którą uzyskujemy po przebytej chorobie lub szczepieniu, nazywamy **odpornością czynną**, dlatego że została ona wytworzona samodzielnie przez organizm. **Odporność bierna** polega na wprowadzaniu do organizmu gotowych przeciwciał, skierowanych przeciwko konkretnemu antygenowi. Na tej zasadzie nabywa odporność noworodek – uzyskuje przeciwciała matczyne poprzez łożysko w czasie życia płodowego, a po urodzeniu wraz z mlekiem (w czasie karmienia piersią). W zasadnych przypadkach (np. po ukąszeniu węża) podaje się surowicę odpornościową (płynna frakcja krwi zawierająca dużą ilość przeciwciał), która szybko unieszkodliwia antygeny.

Tab. III.2.1. Odporność organizmu.

	Naturalna	Sztuczna
Bierna	 Przeciwciała matki przekazywane dziecku przez łożysko lub mleko.	 Surowice odpornościowe (np. przeciw-tężcowa, przeciwjadowa) pochodzenia ludzkiego lub zwierzęcego.
Czynna	 Odporność zyskana po przebytych chorobach i zakażeniach.	 Szczepienia ochronne.

Odróżnianie komórek własnych od obcych

W jaki sposób układ odpornościowy odróżnia własne komórki od obcych? Komórki własne mają tzw. **autoantygeny**, czyli antygeny własne organizmu, które są swojego rodzaju znacznikami służącymi do ich identyfikacji („biochemiczny odcisk palca”). Zestaw autoantygenów całego organizmu nazywamy **głównym układem zgodności tkankowej** (MHC lub HLA). Układ odpornościowy porównuje antygeny zgodności tkankowej i na tej podstawie rozpoznaje komórki obce, przeciwko którym kieruje reakcję odpornościową. Każda osoba (z wyjątkiem bliźniąt jednojajowych) ma unikatowy zestaw antygenów zgodności tkankowej. Im bliższe pokrewieństwo, tym bardziej podobne są te antygeny. Wysoka zgodność tkankowa jest jednym z podstawowych warunków **transplantacji** narządów. Biorca i dawca przeszczepu są dobierani pod kątem jak największego podobieństwa antygenów układu MHC. Im większa zgodność tkankowa, tym mniejsze ryzyko odrzucenia przeszczepu.

PYTANIA I POLECENIA

1. Wyjaśnij rolę przeciwciał w odpowiedzi immunologicznej.
2. Podaj pięć przykładów nieswoistych mechanizmów odpornościowych.
3. Przeczytaj poniższy tekst.

W ostatnim czasie coraz większym zainteresowaniem cieszą się podjednostkowe szczepionki nowej generacji. Zawierają one wysoce oczyszczone immunogenne antygeny stanowiące fragmenty drobnoustrojów. Zastosowanie tego typu antygenów wyklucza przede wszystkim ryzyko rozwoju zakażenia drobnoustrojem „szczepionkowym”, a skład preparatu jest dobrze zbadany i zdefiniowany (...). Szczepionki podjednostkowe najczęściej są oparte na białkach, peptydach lub polisacharydach zawierających immunogenne części antygeny. Antygeny są izolowane z hodowli konkretnego szczepu drobnoustroju lub powstają na drodze rekombinacji z hodowli drobnoustrojów niepatogennych.

- a) Na podstawie tekstu wyjaśnij, czym różnią się szczepionki nowej generacji od szczepionek tradycyjnych.
- b) Jaki rodzaj odporności nabywamy w trakcie szczepień? Wskaż właściwe określenia.

naturalną, bierną, sztuczną, czynną

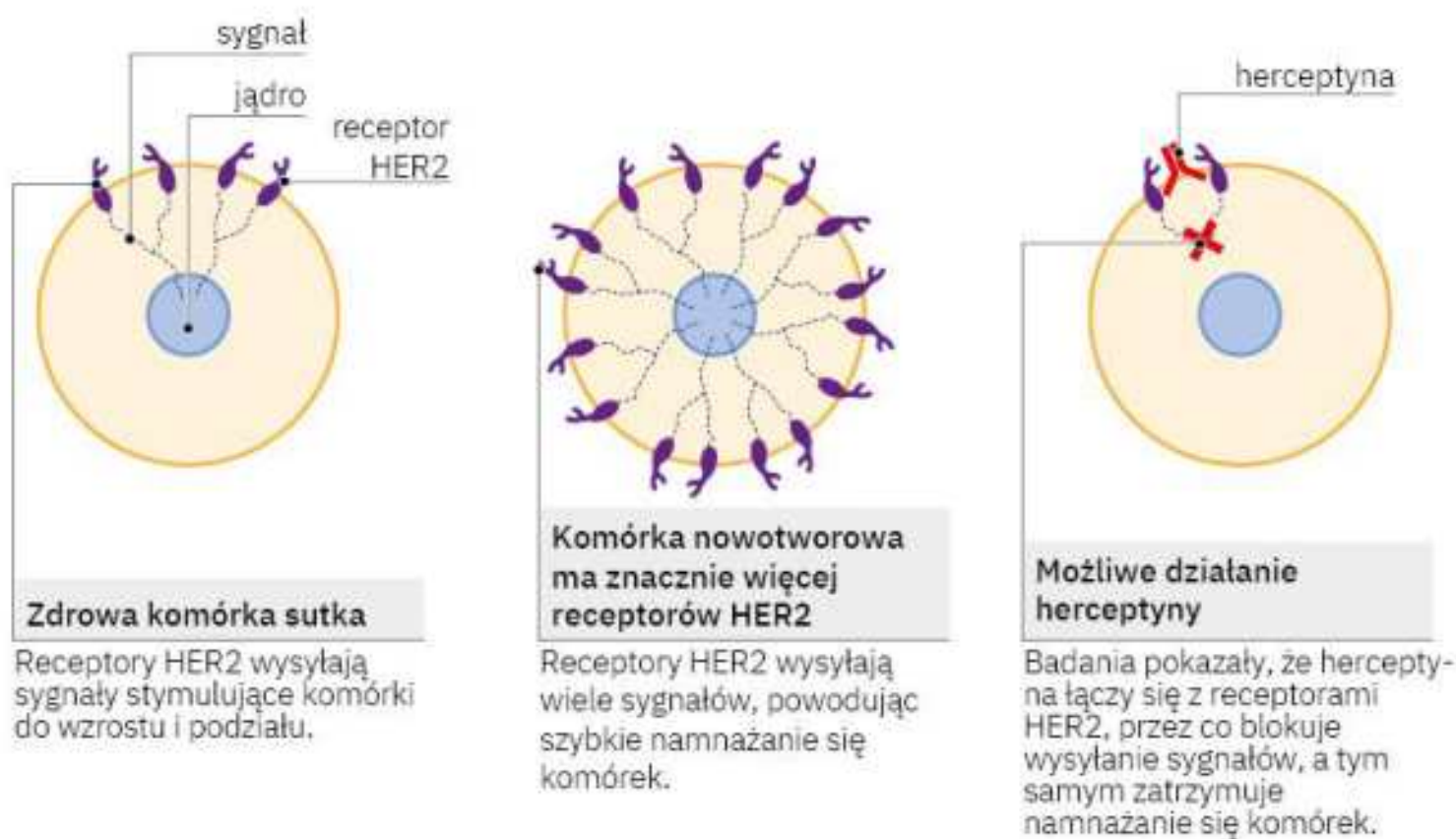
4. Wyjaśnij, jakie jest znaczenie głównego układu zgodności tkankowej.

3. Zaburzenia funkcjonowania układu odpornościowego i ich profilaktyka

Sprawne funkcjonowanie układu odpornościowego jest podstawą dobrego zdrowia człowieka. Zarówno zbyt silna, jak i zbyt słaba reakcja odpornościowa prowadzi do zaburzeń w funkcjonowaniu organizmu i rozwoju chorób.

Choroby nowotworowe

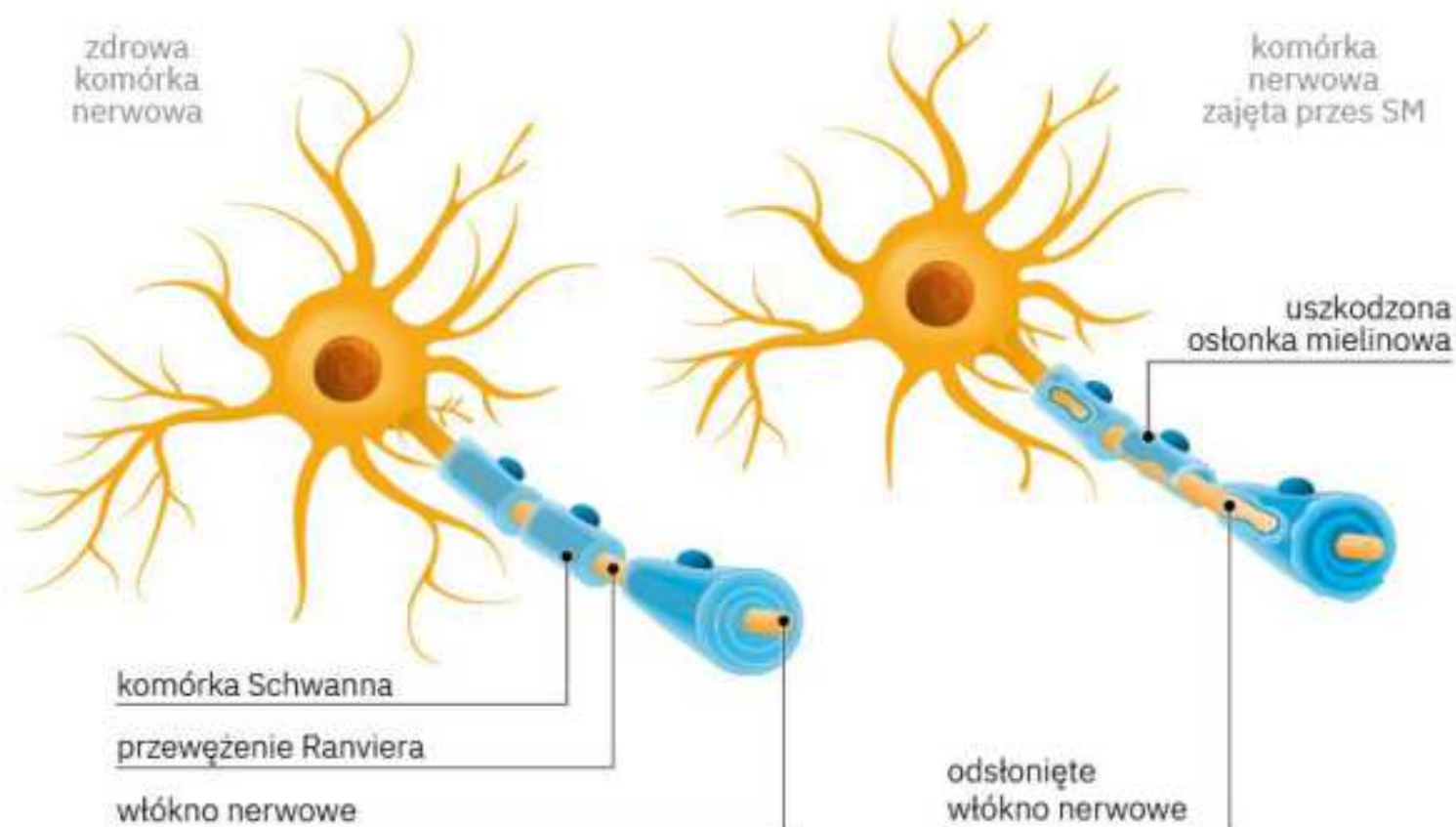
Choroby nowotworowe to jedna z głównych przyczyn zgonów na całym świecie. Komórki nowotworowe powstają z normalnych komórek w wyniku ich mutacji. Układ odpornościowy w wielu przypadkach rozpoznaje antygeny komórek nowotworowych i może je skutecznie zniszczyć, zapobiegając tym samym rozwojowi choroby. Niestety, komórek wielu rodzajów nowotworów układ odpornościowy nie rozpoznaje i wtedy mnożą się one w sposób niekontrolowany. Dodatkowym problemem są **terapię przeciwnowotworowe**, np. w czasie chemioterapii zniszczeniu ulegają nie tylko komórki nowotworowe, lecz także te zdrowe. Trwają prace nad stworzeniem nowych metod leczenia, które pozwalałyby na swoiste niszczenie komórek nowotworowych. Przykładem takiego leku jest Herceptyna®, która jest przeciwciałem blokującym rozwój komórek jednego z rodzajów raka piersi (ryc. III.3.1.). Duże nadzieje na rozwój nowych metod leczenia dają inżynieria genetyczna oraz terapia genowa.



Ryc. III.3.1. Herceptyna to przeciwciało – lek wykorzystywany w leczeniu jednego z rodzajów raka sutka.

Choroby autoimmunizacyjne

W normalnych warunkach układ odpornościowy zapewnia obronę przeciwko obcym antygenom. Zdarzają się jednak sytuacje, w których reakcja odpornościowa zostaje skierowana przeciwko własnym komórkom (układ odpornościowy atakuje komórki swojego organizmu), co określamy mianem **autoagresji**. Autoagresja prowadzi poważnych chorób wielu układów, m.in.: reumatoidalnego zapalenia stawów (przeciwciała zaburzają strukturę błony maziowej stawów i powodują ich przewlekłe zapalenie), choroby Hashimoto (przeciwciała niszczą tarczycę i zaburzają jej funkcje), niedokrwistości hemolitycznej (przeciwciała prowadzą do rozkładu krwinek czerwonych) czy stwardnienia rozsianego (przeciwciała niszczą osłonki mielinowe komórek nerwowych mózgu i rdzenia kręgowego) (ryc. III.3.2.).

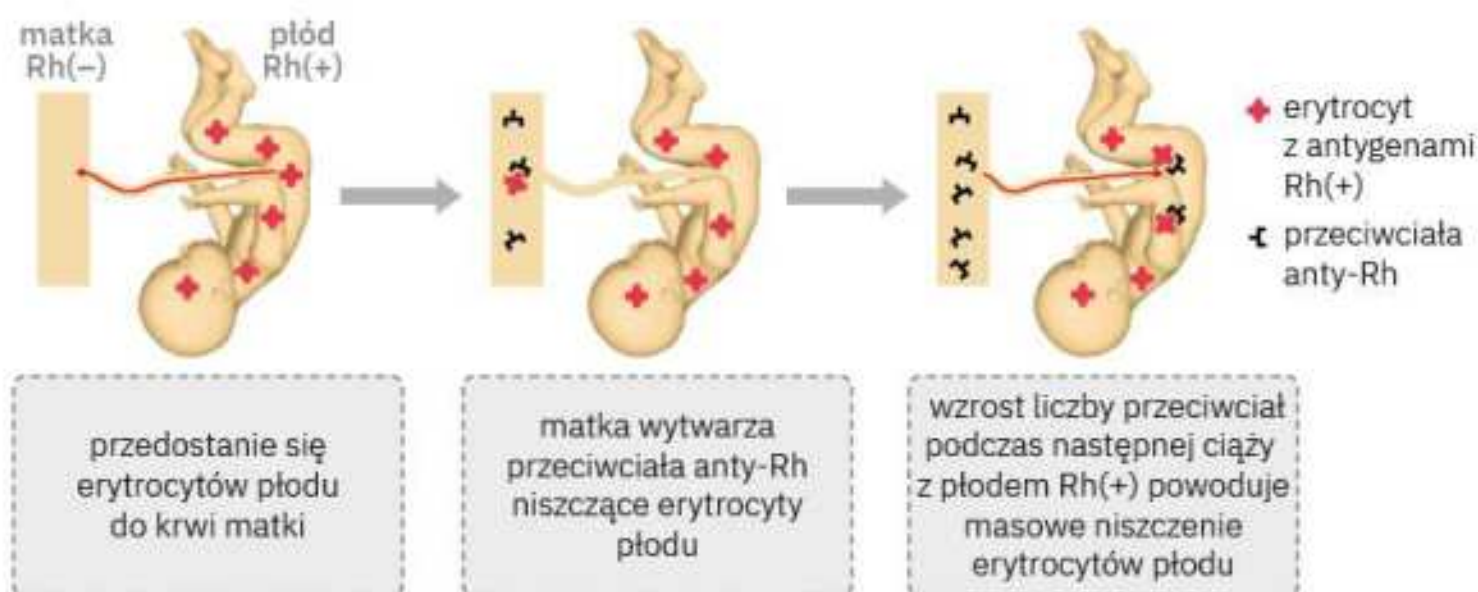


Ryc. III.3.2. W stwardnieniu rozsianym (SM) dochodzi do uszkodzenia tkanki nerwowej, co jest spowodowane przez autoagresję.

Niezgodność czynnika Rh – konflikt serologiczny

Oprócz grup krwi układu AB0 występuje także **układ Rh**, na który składa się ponad 40 antygenów (tzw. czynników Rh). Najważniejszym antygenem tego układu jest **peptyd D** (antygen D). Większość ludzi (ok. 85%) na powierzchni swoich krwinek czerwonych ma antygen D i te osoby nazywamy **Rh-dodatnimi**. U pozostałych osób brakuje antygeny D, tzn. są **Rh-ujemni**. Znajomość grupy krwi w zakresie układu Rh jest bardzo istotna, zwłaszcza u osób planujących potomstwo, gdyż kontakt krwi osób o różnym Rh może doprowadzić do **konflik-**

tu serologicznego (ryc. III.3.3.) Taka sytuacja zachodzi wówczas, gdy kobieta jest Rh-ujemna, a dziecko Rh-dodatnie. O ile w czasie ciąży wymiana substancji odżywczych i tlenu zachodzi przez łożysko, to istnieje ryzyko zmieszania się krwi matki i dziecka w czasie porodu. Zetknięcie krwi matki z krwią płodu aktywuje układ odpornościowy matki i produkcję przeciwciał anty-D. W kolejnej ciąży te przeciwciała przechodzą przez łożysko i dostają się do krwi płodu. Po połączeniu z antygenem D prowadzą do rozpadu erytrocytów płodu (hemolizy). Spadek liczby erytrocytów prowadzi do niedotlenienia, a produkty rozkładu erytrocytów niszczą narządy wewnątrz. W skrajnych przypadkach może rozwinąć się **choroba hemolityczna** noworodków, która stanowi zagrożenie dla życia. Konfliktowi Rh można zapobiec poprzez podawanie kobietom po porodzie przeciwciał anty-D, które szybko niszczą krwinki płodu w jej krwi, zapobiegając tym samym uszkodzeniu płodu w kolejnej ciąży.



Ryc. III.3.3. Istota konfliktu serologicznego.

Alergia (nadwrażliwość)

Alergia to silna odpowiedź układu odpornościowego na antygen (tzw. **alergen**), który u zdrowych osób jest na ogół nieszkodliwy. Najczęstszymi alergenami są: kurz domowy, sierść zwierząt czy pyłki traw. Przy pierwszym kontakcie z alergenem osoba zostaje na niego uczulona, a dopiero powtórny kontakt wywołuje silną, zaostrzoną reakcję układu odpornościowego. Reakcja ta może mieć różny charakter, uzależniony od miejsca jej wystąpienia. Jeśli dotyczy górnych dróg oddechowych, to zwykle towarzyszy jej astma alergiczna, wyciek z nosa (katar sienny), pokrzywka, łzawienie. Reakcja alergiczna w obrębie układu pokarmowego związana jest z występowaniem biegunek czy wymiotów. W skrajnych przypadkach, po przedostaniu się alergenu do krwi, może dojść do **wstrząsu anafilaktycznego**, czyli ogólnoustrojowej reakcji organizmu zagrażającej życiu. Takie objawy mogą wywołać niektóre leki (np. penicylina), a także jad owadów

czy pewne składniki pożywienia. Obecnie właściciele sklepów, restauracji czy stołówek mają obowiązek informowania o składnikach alergizujących w pokarmach. Reguluje to prawo unijne i krajowe.



Ryc. III.3.4. Najczęstsze alergeny i objawy reakcji na nie.

Niedobór odporności

Niedobory odporności przejawiają się skłonnością do nawracających, częstych zakażeń wywołanych przez drobnoustroje niechorobotwórcze dla ludzi (tzw. **zakażenia oportunistyczne**). Niedobory odporności mogą mieć charakter **pierwotny** (zwykle o podłożu genetycznym i występujący u niemowląt, np. ciężki złożony niedobór odporności SCID) lub **wtórny** (nabyty w czasie życia, będący m.in. wynikiem ostrego zakażenia, usunięcia śledziony czy niewydolności nerek). Przykładem wtórnego niedoboru odporności jest **zespół nabytego niedoboru odporności**, czyli **AIDS**.

AIDS jest wywoływany przez **ludzkiego wirusa niedoboru odporności HIV** (ryc. III.3.5.). Wirus HIV niszczy mechanizmy odpornościowe, głównie limfocyty T. To powoduje spadek odporności, czego konsekwencją jest rozwój zakażeń oportunistycznych i nowotworów.



Ryc. III.3.5. HIV – ludzki wirus niedoboru odporności wywołuje AIDS.

Zakażenie wirusem HIV szerzy się:

- przez kontakty seksualne;
- przez kontakt z zakażoną krwią (m.in. przez zakażone igły strzykawkę);
- od zakażonej matki na jej dziecko (w czasie ciąży, porodu i karmienia piersią).

Charakterystyczną cechą zakażenia wirusem HIV jest długi okres utajenia (uśpienia). W związku z tym objawy AIDS mogą wystąpić nawet po kilku latach od zakażenia. W celu wykrycia potencjalnego zakażenia przeprowadza się testy diagnostyczne z krwi. Warto zaznaczyć, że nie u wszystkich osób zakażonych wirusem HIV dochodzi do rozwoju AIDS, aczkolwiek osoby te mogą być nosicielami i roznosić zakażenie na innych.

Gdy dojdzie do wystąpienia AIDS, głównymi powikłaniami są przewlekłe zakażenia i nowotwory (do częstych należy chłoniak oraz mięsak Kaposiego). Dodatkowo mogą wystąpić: zapalenie płuc, biegunki, spadek masy ciała, zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych i zaburzenia neurologiczne. Obecnie nie ma skutecznych metod leczenia AIDS. Dostępne leki są w stanie złagodzić objawy i wydłużyć życie. Dlatego tak istotna jest profilaktyka: unikanie ryzykownych zachowań seksualnych, wykonywanie badań na obecność HIV (u siebie i partnera) oraz unikanie kontaktu z zakażoną krwią.

Udział układu odpornościowego w transplantacji

Transplantacja tkanek i narządów to metoda leczenia, a często także jedyny sposób ratowania życia. Przeszczepia się narządy (np. serce, nerkę), ich fragmenty (np. skórę) czy szpik kostny (w przypadku białaczek). Głównym problemem przy przeszczepie jest możliwość jego odrzucenia, ponieważ układ odpornościowy rozpoznaje komórki dawcy jako obce i kieruje przeciwko nim reakcje odpornościowe. Ryzyko odrzucenia przeszczepu spada, kiedy dawcą jest osoba spokrewniona. Kiedy przeszczepiany narząd pochodzi od osoby niespo-

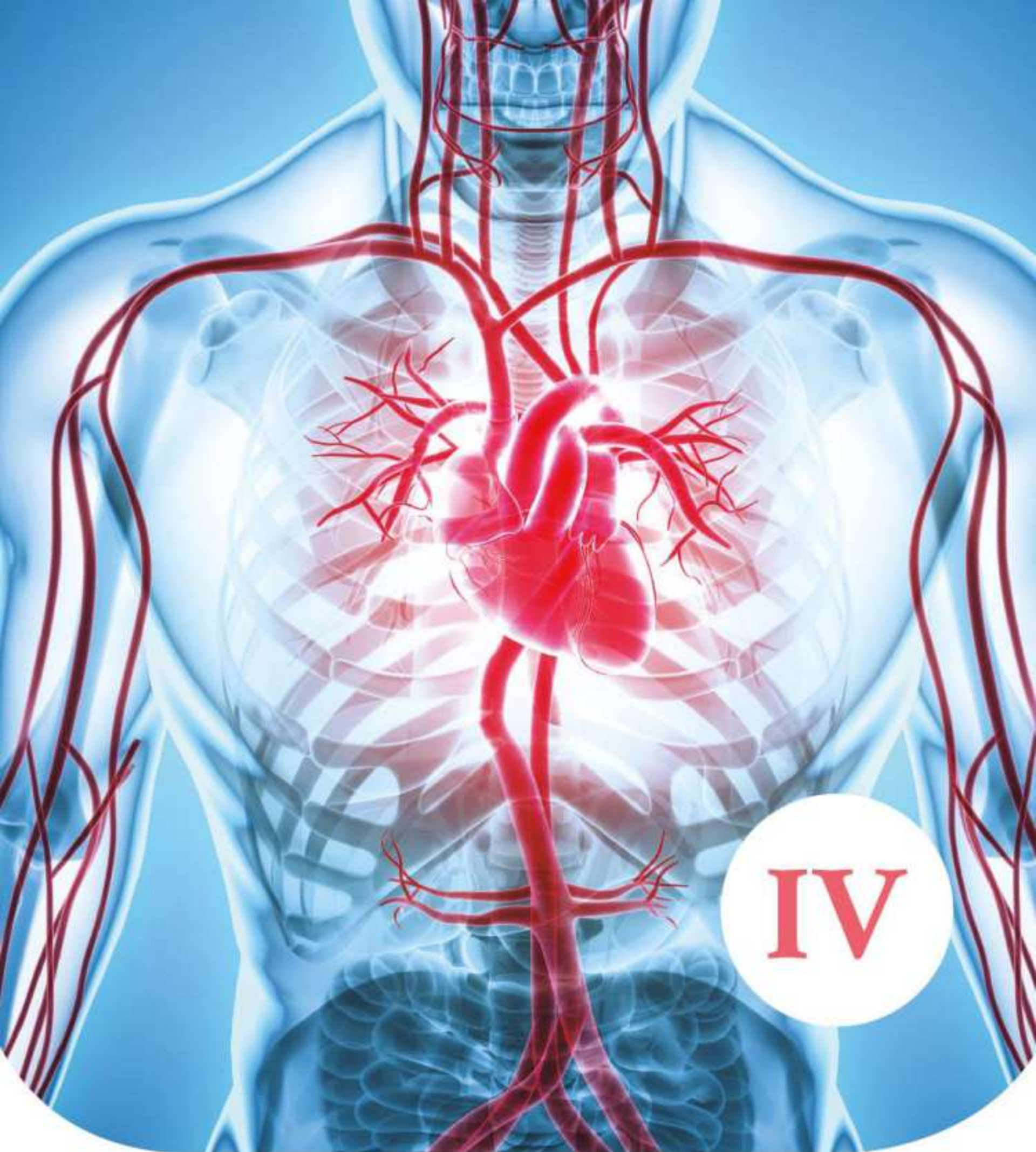
krewnionej, w celu zmniejszenia ryzyka związanego z odrzuceniem przeszczepu stosuje się zabiegi **immunosupresji**. Celem tych działań jest zniszczenie limfocytów, osłabienie reakcji odpornościowych i w efekcie przyjęcie przeszczepu. Immunosupresji można dokonać farmakologicznie (leki immunosupresyjne) lub poprzez promieniowanie rentgenowskie. Należy zwrócić uwagę, że osoba po zabiegach immunosupresyjnych jest bezbronna wobec patogenów i podatna na szereg infekcji (np. zapalenie płuc). Z tego względu osoby po przeszczepach muszą przebywać w sterylnych, izolowanych warunkach, aby ograniczyć ryzyko zakażenia.

PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień dwa przykłady chorób autoimmunizacyjnych i wyjaśnij, w jaki sposób powstają te choroby.
2. Omów istotę konfliktu serologicznego.
3. Omów drogi zakażenia wirusem HIV.
4. Wyjaśnij pojęcia: *alergia*, *immunosupresja*, *wstrząs anafilaktyczny*.

Podsumowanie działu

- choroby nowotworowe w wielu przypadkach mają związek z niewłaściwym funkcjonowaniem układu immunologicznego
- w leczeniu niektórych rodzajów nowotworów stosuje się przeciwciała (np. w raku sutka)
- choroby autoimmunizacyjne powstają w wyniku skierowania reakcji odpornościowej przeciwko własnym komórkom
- do konfliktu serologicznego dochodzi w wyniku kontaktu krwi matki Rh-ujemnej i krwi dziecka Rh-dodatniego
- alergia to silna odpowiedź na antygen (alergen), np. kurz, pyłek roślin, który dla zdrowego człowieka jest nieszkodliwy
- niedobory odporności mogą mieć podłoże pierwotne (genetyczne) lub wtórne (nabyte), np. AIDS
- immunosupresja, czyli osłabienie reakcji odpornościowych, jest stosowana u pacjentów po przeszczepie w celu zmniejszenia ryzyka jego odrzucenia



IV

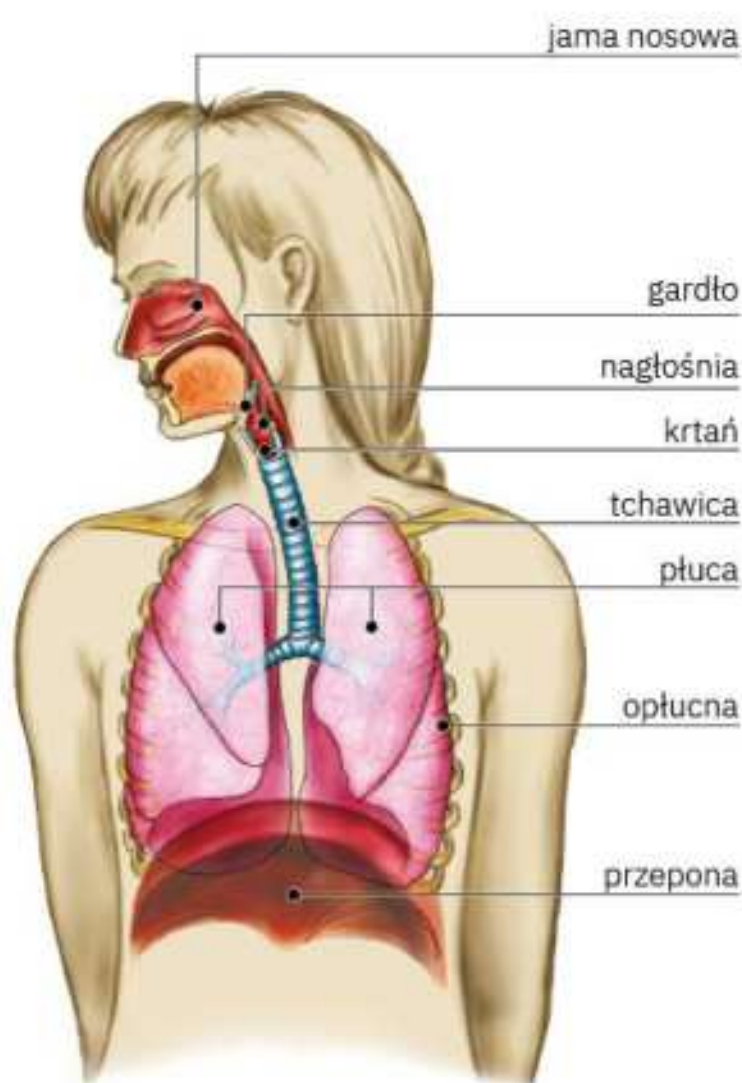
WYMIANA GAZOWA
I KRAŻENIE

1. Wymiana gazowa

Układ oddechowy jest odpowiedzialny za wymianę gazową między organizmem a środowiskiem. **Wymiana gazowa** polega na dostarczaniu do komórek tlenu i usuwaniu dwutlenku węgla. Zachodzi na drodze dyfuzji prostej. Proces ten przebiega w układzie oddechowym z udziałem układu krwionośnego i w nieznacznym stopniu skóry. Z wymianą gazową ściśle związane jest **oddychanie komórkowe**, czyli ciąg reakcji chemicznych przebiegających w komórce, podczas których następuje utlenianie związków organicznych.

Budowa układu oddechowego

Na układ oddechowy składają się **górne drogi oddechowe** (jama nosowa z zatokami, gardło), **dolne drogi oddechowe** (krtień, tchawica, oskrzela) oraz **płuca** (właściwy narząd oddechowy) (ryc. IV.1.1.).



Ryc. IV.1.1. Model budowy układu oddechowego człowieka.

Powietrze z gardła dostaje się do krtani, czyli dziewięciu ruchomych względem siebie chrząstek połączonych mięśniami i więzadłami (ryc. IV.1.2.).

Drogi oddechowe stanowią system przewodów, których zadaniem jest doprowadzanie do płuc powietrza wdychanego i wyprowadzanie powietrza wydychanego. Są one wyścielone nabłonkiem z mikrokosmkami, z licznymi komórkami wydzielającymi śluz. Pozwala to na zatrzymywanie, zlepianie i usuwanie kurzu, zanieczyszczeń i czynników chorobotwórczych z wdychanego powietrza, zanim dostanie się ono do płuc.

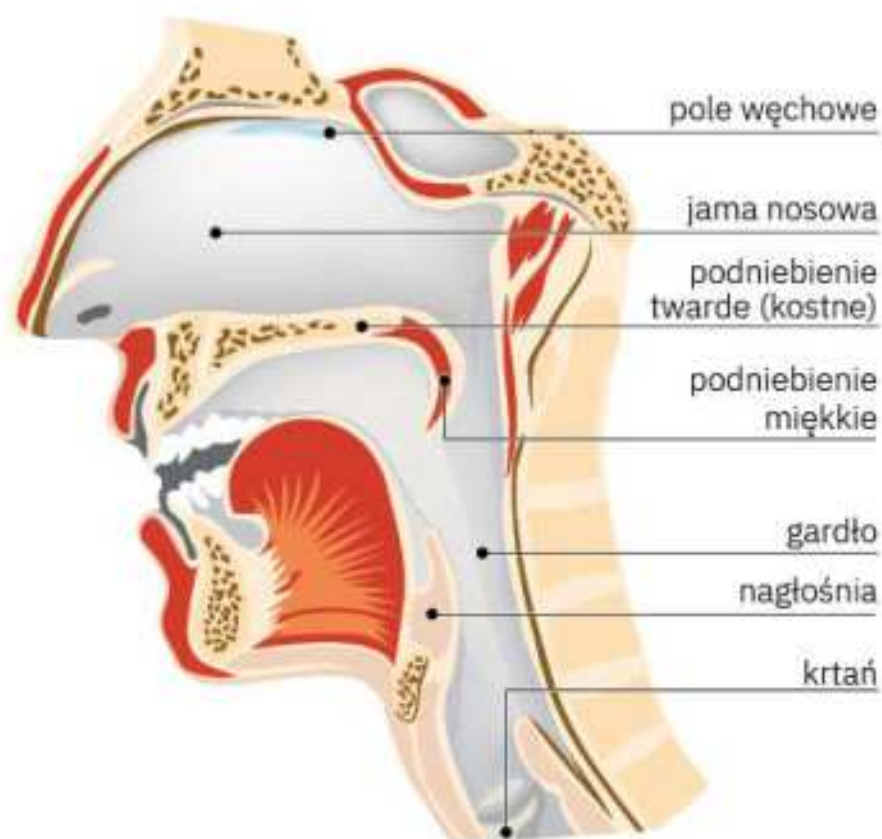
Powietrze wdychane przez nozdrza jest ocieplone i nawilżone. Po oczyszczeniu z pyłów za pomocą drobnych włosków pokrywających wewnętrzną powierzchnię nozdrzy powietrze dostaje się do gardła, w którym miesza się z powietrzem dostarczonym do organizmu przez usta. W gardle krzyżują się drogi po-



Ryc. IV.1.2. Wyniosłość jednej z chrząstek, tzw. chrząstki tarczowatej, nazywana jest jabłkiem Adama (trzeciorzędowa cecha płciowa odróżniająca płć męską od żeńskiej).

Brzegi więzadeł położone w świetle krtani tworzą **fałdy głosowe** (nazywane **strunami głosowymi**), których drgania pod wpływem przechodzącego przez nie powietrza umożliwiają wydawanie dźwięków. Ich rodzaj i wysokość zależy od napięcia i długości strun głosowych. Mężczyźni mają dłuższe fałdy głosowe, co powoduje wydawanie głosu niższego od głosu kobiet i dzieci. **Nagłośnia** jest ruchomą chrząstką krtani, która podczas połykania pokarmu zamyka wejście do tchawicy i zapobiega dostaniu się cząsteczek pokarmowych do układu oddechowego (ryc. IV.1.3.).

Z krtani powietrze dociera do tchawicy, kanału zbudowanego z chrząstek, biegnącego w przedniej części przetyku aż do klatki piersiowej. Tam tchawica rozgałęzia się na dwa oskrzela główne, wzmocnione pierścieniami chrzęstnymi.

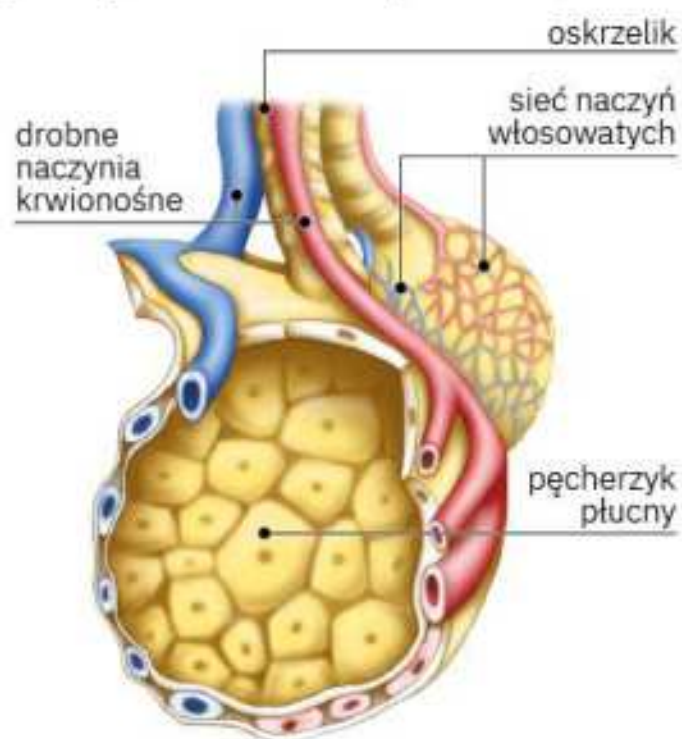


Ryc. IV.1.3. Model początkowych dróg oddechowych.

Czynna powierzchnia wymiany gazowej – płuca

Oskrzela główne wchodzi do płuc, które ochrania klatka piersiowa. Płuca i wewnętrzna powierzchnia klatki piersiowej są pokryte cienką błoną – opłucną, zbudowaną z dwóch blaszek. Przestrzeń między nimi nosi nazwę jamy opłucnowej. Jest ona wypełniona płynem surowiczym zmniejszającym tarcie między powierzchnią płuc a ścianami klatki piersiowej podczas wykonywania ruchów oddechowych.

Człowiek ma dwa płuca o budowie płatowej. Płuco prawe składa się z trzech płatów, a lewe – z dwóch. Do każdego płata płuc dochodzą rozgałęzienia oskrzeli głównych – oskrzela płatowe, które dzielą się na drobne oskrzeliki zakończone



Ryc. IV.1.4. Budowa pęcherzyków płucnych.

pęcherzykami płucnymi. Są one oplecione gęstą siecią włosowatych naczyń krwionośnych, przez którą zachodzi wymiana gazowa między pęcherzykami płucnymi a krwią. Liczba pęcherzyków płucnych wynosi od 300 do 500 milionów, co daje łączną powierzchnię około 100 m² (ryc. IV.1.4.).

Na wewnętrznej powierzchni pęcherzyków znajduje się tzw. surfaktant (mieszanina fosfolipidów, wielocukrów i białek), który zmniejsza napięcie powierzchniowe pęcherzyków, zapobiegając ich zapadaniu się.

Wentylacja płuc

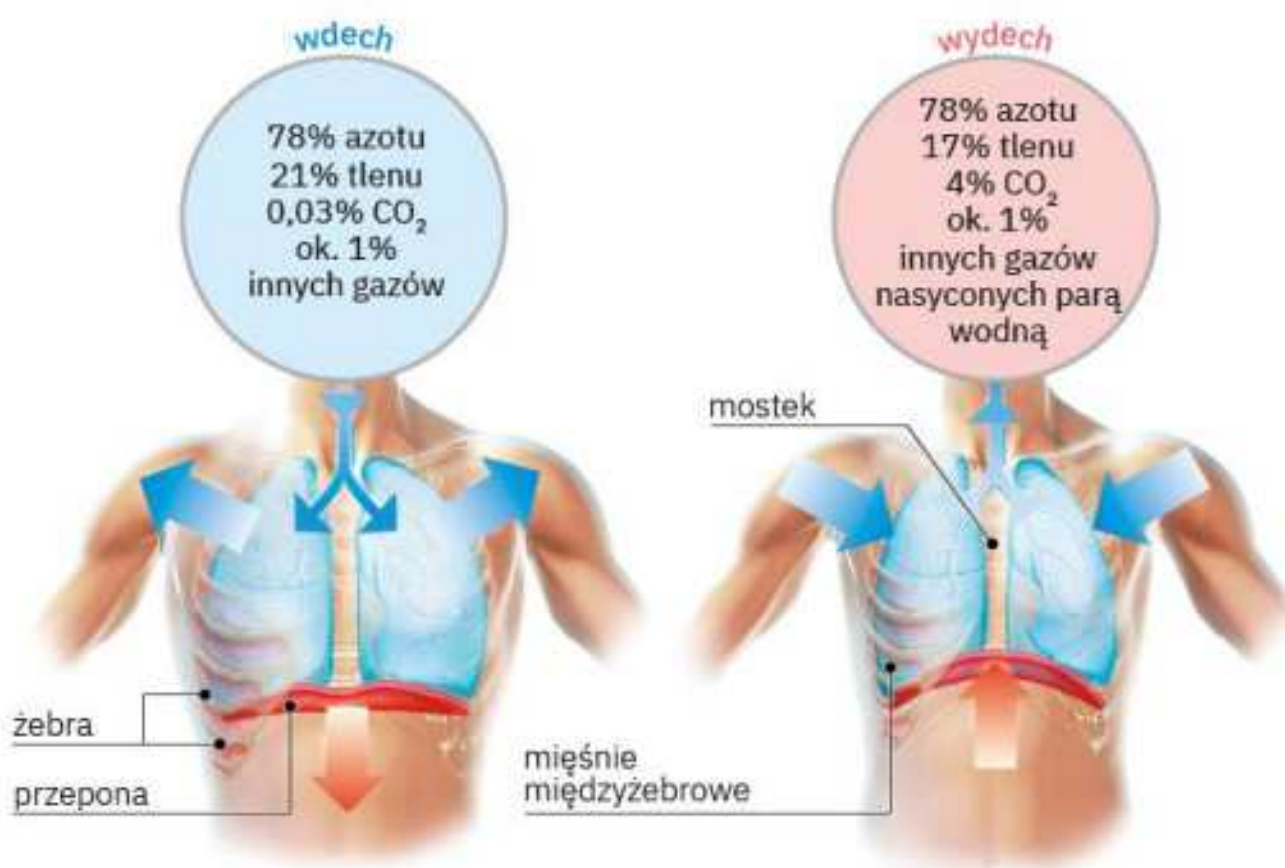
Nieprzerwanie zachodzące oddychanie komórkowe wymaga dopływu z zewnątrz tlenu i usuwania stale powstającego dwutlenku węgla. Jest to możliwe dzięki następującym naprzemiennym wdechom i wydechom. Zachodzą one dzięki pracy mięśni międzyżebrowych i przepony.

Wdech – akt czynny

Wdech jest aktem czynnym, ponieważ wymaga wykorzystania energii podczas pracy mięśni. Następuje skurcz mięśni międzyżebrowych, co powoduje rozciągnięcie i uniesienie klatki piersiowej, a kurcząca się przepona się obniża (ryc. IV.1.5.). W efekcie ciśnienie powietrza w jamie opłucnej i pęcherzykach płucnych zmniejsza się poniżej ciśnienia atmosferycznego. Różnica ciśnień powoduje napływ powietrza do płuc.

Wydech – akt bierny

Podczas spokojnego wydechu mięśnie międzyżebrowe oraz przepona się rozkurczają, co powoduje przywrócenie spoczynkowego rozmiaru klatki piersiowej i zmniejszenie jej objętości (ryc. IV.1.5.). Ciśnienie w jamie opłucnej i pęcherzykach płucnych wzrasta powyżej ciśnienia atmosferycznego. Ta różnica ciśnień powoduje usuwanie powietrza z płuc. Jest to bierna faza wentylacji płuc. Podczas pogłębionego wydechu jego siłę mogą wzmocnić mięśnie brzucha i grzbietu (podczas kaszlu, kichania, ziewania).

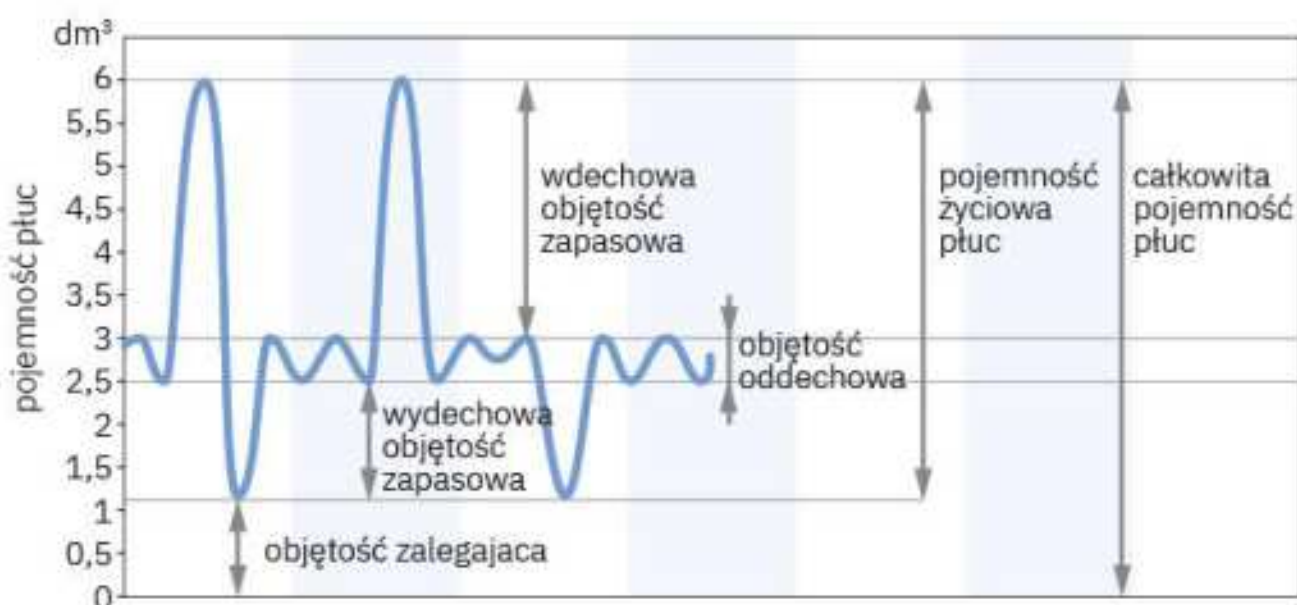


Ryc. IV.1.5. Schemat mechanizmu wdechu i wydechu.

Podczas oddychania mogą przeważać ruchy żeber (oddychanie piersiowe charakterystyczne dla kobiet) lub ruchy przepony (oddychanie brzuszne właściwe dla mężczyzn i osób z chorobami płuc).

Rodzaje pojemności płuc

Całkowita pojemność płuc dorosłego człowieka wynosi od 4 do 6 litrów (dm³) (jest większa u mężczyzn niż u kobiet). Ilość powietrza, którą wymieniamy podczas normalnego wdechu i wydechu, nazywamy **objętością oddechową** (około 0,5 dm³) (ryc. IV.1.6.).



Ryc. IV.1.6. Rodzaje pojemności płuc i objętości zawartego w nich powietrza.

Dodatkowe powietrze, które dostaje się do płuc podczas pogłębionego wdechu, to **zapasowa objętość wdechowa** (około $2,5 \text{ dm}^3$). Podczas pogłębionego wydechu można dodatkowo usunąć około $1,2 \text{ dm}^3$ (**zapasowa objętość wydechowa**). Powietrze, które zostaje wymienione w płucach między maksymalnym wdechem a wydechem, stanowi **pojemność życiową płuc** (około $4,5 \text{ dm}^3$). Około $1,2 \text{ dm}^3$ powietrza pozostaje stale w płucach, tworząc **objętość zalegającą**, której nie można usunąć nawet podczas maksymalnego wydechu. Sumując pojemność życiową płuc i objętość zalegającą, otrzymujemy **całkowitą pojemność płuc**.

Tempo wentylacji płuc wyznaczamy, mnożąc liczbę oddechów wykonanych na minutę (średnio 16 oddechów) przez objętość oddechową ($16 \times 0,5 \text{ dm}^3 = 8 \text{ dm}^3$). Podczas intensywnego wysiłku fizycznego tempo wentylacji wzrasta do wartości maksymalnej.

Za regulację wentylacji płuc jest odpowiedzialny **ośrodek oddechowy** położony w rdzeniu przedłużonym. Ośrodek jest regulowany przede wszystkim przez wzrost stężenia dwutlenku węgla we krwi.

Higiena i choroby układu oddechowego

Na pracę układu oddechowego mają wpływ czynniki zewnętrzne: zanieczyszczenia pyłowe i chemiczne.

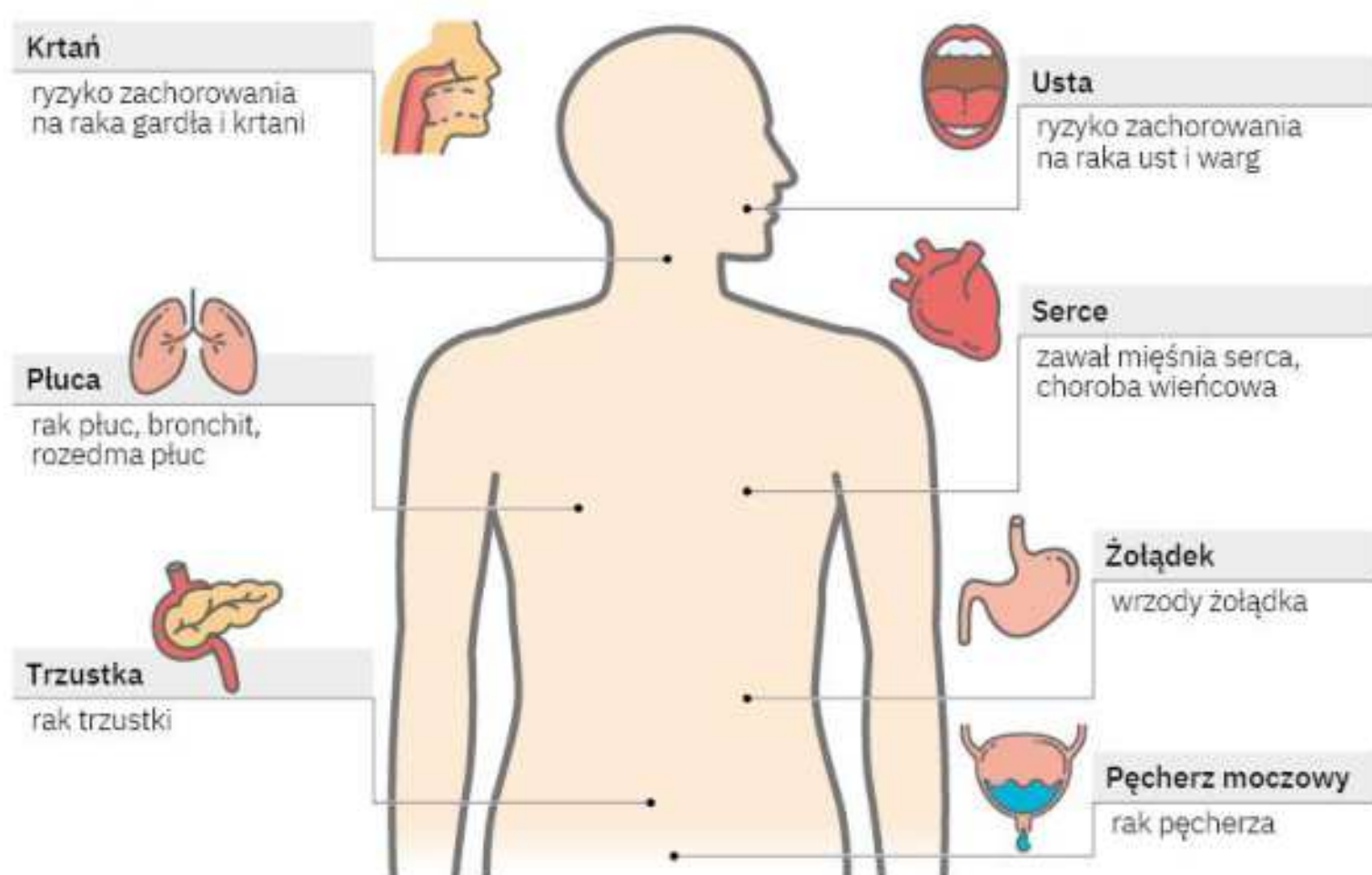
Zanieczyszczenia pyłowe powstają podczas procesów produkcyjnych. Mogą być także pochodzenia organicznego (**pyłki roślin** czy **pyłki z sierści zwierząt**). **Zanieczyszczenia gazowe** są efektem spalania paliw kopalnianych. Podczas spalania węgla kamiennego i brunatnego, gazu ziemnego czy ropy naftowej powstają trujące związki – **tlenki azotu, siarki i węgla**. Źródłem tlenków azotu są zakłady produkujące nawozy azotowe, a także powszechnie ich stosowanie w rolnictwie. Związki te są niebezpieczne dla człowieka i powodują uszkodzenie płuc, zmniejszają zdolność krwi do przenoszenia tlenu i często są przyczyną chorób nowotworowych płuc. Drugim bardzo niebezpiecznym związkiem jest dwutlenek siarki. W powietrzu utlenia się do SO_3 , który łącząc się z wodą, tworzy **kwasy siarkowe**, będący główną przyczyną kwaśnych deszczy. Mieszanka dwutlenku siarki, tlenku azotu i benzopirenu w kontakcie z drobinami pyłów tworzy **smog fotochemiczny – mgłę zawierającą zanieczyszczenia**. Okresem sprzyjającym powstaniu smogu jest bezwietrzna, słoneczna i mroźna zima. Podczas dnia powietrze nagrzewa się, natomiast wieczorem unosi, a jego miejsce zajmuje zimne powietrze utrzymujące zanieczyszczenia blisko ziemi. Szczególnie narażeni są ludzie mieszkający w pobliżu elektrowni czy indywidualnych gospodarstw opalanych złą jakością węglem, drewnem i śmieciami (głównie w postaci tworzyw sztucznych) a także mieszkańcy miast o dużym ruchu ulicznym. Smog powoduje podrażnienia oczu i skóry, kaszel, bóle w klatce piersiowej i bóle

głowy, duszności, astmę, bronchit oraz zaostrzenie przewlekłego zapalenia oskrzeli. Zwiększa również ryzyko zapadalności na nowotwory płuc. Jest groźny zwłaszcza dla osób starszych i dzieci. U kobiet w ciąży narażonych na smog stwierdzono zmniejszoną masę urodzeniową noworodków. Bardzo niebezpieczne jest zatrucie **tlenkiem węgla** (czadem) – bezwonny i bezbarwny gazem, którego zdolność do łączenia się z hemoglobina jest około **200 razy** większa w porównaniu z tlenem. Czad powstaje w procesie spalania węgla i innych paliw w niewystarczającej ilości tlenu, podczas pożarów, a także w domowych urządzeniach grzewczych.

Istotne jest utrzymanie wentylacji pomieszczeń w celu zachowania odpowiedniego stężenia tlenu, co pozwala na właściwe oddychanie. Obniżenie stężenia tlenu do **około 90 mmHg** powoduje u człowieka niedotlenienie, które objawia się przerywanym oddechem, ospałością i osłabieniem. Jeśli brak tlenu się pogłębia, może to doprowadzić do uduszenia.

Niebezpieczny dla układu oddechowego jest także **azbest** – włóknisty minerał, do niedawna stosowany w budownictwie. Wdychane drobiny azbestu gromadzą się w płucach i są przyczyną pylicy azbestowej, nowotworów krtani i płuc. W przypadku osób pracujących w kopalniach antracytu, bitumitu, węgla kamiennego i brunatnego występuje duże ryzyko pylicy węglowej (choroba zawodowa).

Bardzo niebezpieczne dla zdrowia jest palenie papierosów. W **dymie tytoniowym** znajduje się około 400 związków chemicznych, z których większość jest toksyczna. Kilkadziesiąt z nich ma działanie rakotwórcze, a kilkanaście to pierwiastki metali ciężkich (m.in. ołów, kobalt, nikiel, kadm, rtęć; ryc. IV.1.7.). Niko-



Ryc. IV.1.7. Skutki palenia papierosów.

tyna obecna w dymie papierosowym działa na organizm uzależniająco (bardziej niż kokaina). Papierosy zaopatrzone w filtry ograniczają zawartość substancji toksycznych dla palacza, ale zwiększają ich stężenie w najbliższym otoczeniu, co jest przyczyną tzw. biernego palenia. Krajowy Rejestr Nowotworów ostrzega, że biernie palenie to wdychanie dymu tytoniowego, w którym jest „trzy razy więcej tlenku węgla, ponad 10 razy więcej nitrozamin, 15 razy więcej benzenu i nawet do 70 razy więcej amoniaku niż podczas aktywnego palenia papierosów”.

Dym nikotynowy działa niszcząco na nabłonek wyściełający drogi oddechowe. Komórki nabłonka w reakcji obronnej produkują dużą ilość śluzu i ograniczają ruch rzęsek. Śluz staje się pożywką dla bakterii, co powoduje infekcje i stany zapalne dróg oddechowych. Z tych powodów od pewnego czasu pojawiła się alternatywna wersja papierosów – e-papierosy. Ostatnie badania naukowców ze Stanów Zjednoczonych wskazują na niebezpieczny wpływ takiego sposobu palenia na osoby nieuzależnione od tradycyjnych produktów tytoniowych, szczególnie dzieci i młodzieży. Należy pamiętać, że każdy wyrób tytoniowy jest równie groźny, niezależnie od tego, czy pali się papierosy, cygara, fajkę, czy żuje tytoń.

W powietrzu znajdują się zanieczyszczenia mikrobiologiczne, takie jak **wirusy i bakterie** oraz **zarodniki grzybów**. Dostają się drogą kropelkową do układu oddechowego i wywołują wiele schorzeń. Wirusy powodują **nieżyty nosa i krtani**. Ich objawy to najczęściej ogólne osłabienie organizmu i ból głowy. Często prowadzą też do przeziębienia, czyli zapalenia górnych dróg oddechowych (kaszel, katar, ból głowy i gardła, podwyższona temperatura ciała).

Chorobą wywoływaną przez wirusy jest **grypa**. Jej objawy są bardzo podobne do przeziębienia – wysoka gorączka, ból gardła, katar, dreszcze oraz bóle mięśni i stawów – ale grypa szybciej się rozwija (w ciągu 2–3 dni). Prowadzi do bardzo silnego osłabienia organizmu, a niewyleczona jest przyczyną wielu powikłań, takich jak zapalenie zatok, zapalenie płuc, zapalenie mięśnia sercowego czy opon mózgowo-rdzeniowych. Grypa bardzo osłabia organizm. W przypadku zachorowania należy stosować się do zaleceń lekarza i przyjmować środki przeciwwgorączkowe. W przypadku powikłań wskazane jest leczenie antybiotykami. Skuteczną profilaktykę stanowi stosowanie corocznych szczepień ochronnych, ponieważ wirus często ulega mutacjom. Szczepienia nie dają pełnej gwarancji zabezpieczenia przed chorobą, ale w przypadku jej pojawienia się przebieg jest bardzo łagodny.

Chorobą przenoszoną drogą kropelkową i wywoływaną przez bakterie, wirusy, a także grzyby jest **zapalenie płuc**, czyli pęcherzyków płucnych. W pęcherzykach tworzy się płyn, co powoduje zmniejszenie powierzchni oddechowej płuc, przyspieszenie oddechu i duszności. Leczenie polega na stosowaniu kuracji antybiotykowej, a u dzieci i osób starszych często wymaga hospitalizacji.

Jedną z groźnych chorób układu oddechowego jest **gruźlica**. Wywołują ją bakterie zwane prątkami gruźlicy. Chorobą można się zarazić drogą kropelkową przez kontakt z osobą chorą lub drogą pokarmową przez wypicie mleka zarażonej krowy lub zjedzenie zarażonego mięsa. Czynnikiem zwiększającym podatność na gruźlicę są złe warunki mieszkaniowe i niewłaściwe odżywianie się oraz przebyte choroby (cukrzyca, pylica płuc, choroby nowotworowe, AIDS). Gruźlica objawia się suchym kaszlem, gorączką, brakiem apetytu, zmęczeniem i chudnięciem. Towarzyszący gruźlicy kaszel może uszkodzić pęcherzyki płucne, co ułatwia wnikanie bakterii wywołujących chorobę do różnych narządów wewnętrznych, takich jak nerki i kości. Skutecznym sposobem zapobiegania rozwojowi choroby są szczepienia ochronne, które podaje się po urodzeniu. W zwalczaniu gruźlicy istotne jest badanie weterynaryjne zwierząt w celu wyeliminowania zakażeń odzwierzęcych.

Do powstania **astmy** mogą doprowadzić alergie i zanieczyszczenia powietrza. Na skutek tych czynników oskrzela są skurczone, co znacznie utrudnia oddychanie. Astmie towarzyszą ataki duszności oraz silny kaszel, świszczący oddech i uczucie ściskania w klatce piersiowej. Leczenie polega między innymi na podawaniu leków rozszerzających oskrzela (ryc. IV.1.8.).



Ryc. IV.1.8. U osoby chorej światło oskrzeli jest bardziej zwężone w porównaniu z osobą zdrową (A). Leki podawane drogą wziewną dostają się bezpośrednio do dróg oddechowych, nie obciążając całego organizmu (B).

Rak płuc jest jednym z najczęściej występujących nowotworów na świecie. Oprócz mutacji genetycznych około 90% wszystkich zachorowań na ten nowotwór jest spowodowane długotrwałym paleniem tytoniu. Ryzyko wystąpienia choroby wzrasta z liczbą wypalonych papierosów. Rak płuc rozwija się nie tylko u osób palących, ale też coraz częściej się pojawia u osób niepalących (około 15% wszystkich zachorowań). We wczesnym etapie choroby nowotwór nie daje żadnych objawów. Później pojawia się kaszel, chrypka, duszność, ból w klatce piersiowej i krwioplucie. Leczenie polega na usunięciu zmienionych nowotworowo tkanek oraz stosowaniu chemioterapii (podawaniu związków chemicznych niszczących komórki nowotworowe) i radioterapii (naświetlaniu promieniowa-

niem jonizującym o dużej energii). Coraz częściej przeprowadza się leczenie za pomocą immunoterapii (stosowanie preparatów przeciwciał monoklonalnych). Palenie papierosów może powodować również nowotwory jamy ustnej, gardła i krtani.

W profilaktyce chorób układu oddechowego bardzo duże znaczenie mają badania profilaktyczne: rentgen klatki piersiowej (RTG), spirometria i bronchoskopia.

Rentgen klatki piersiowej polega na krótkotrwałym napromieniowaniu promieniami rentgenowskimi. Jest to badanie nieinwazyjne pozwalające na uzyskanie obrazu dróg oddechowych, płuc, a także fragmentów kręgosłupa, serca oraz kości klatki piersiowej. Wykonuje się je w przypadku stwierdzonych duszności, nie-



Ryc. IV.1.9. Badanie RTG najczęściej wykonuje się profilaktycznie co 2 lata, a u nałogowych palaczy i osób pracujących w szkodliwych warunkach powinno się je powtarzać co roku.



Ryc. IV.1.10. Bronchoskopia pozwala na pobranie wycinków tkanki do badania histopatologicznego, bakteriologicznego i cytologicznego. Jest badaniem inwazyjnym, ale dokładna analiza histopatologiczna pozwala na wykrycie zmian nowotworowych układu oddechowego.

pokojącego, utrzymującego się dość długo kaszlu, bólu w okolicach klatki piersiowej, krwawieniach z przełyku czy podczas kaszlu. Prześwietlenie klatki piersiowej ułatwia diagnostykę chorób układu oddechowego i krążenia, a także pozwala kontrolować skuteczność stosowanego leczenia (ryc. IV.1.9.). Na podstawie tego badania nie można jednak wykryć zmian nowotworowych o niewielkich rozmiarach ani zatorów naczyń płucnych. Wówczas stosuje dokładniejszą diagnostykę, np. tomografię komputerową klatki piersiowej.

Uzupełnieniem prześwietlenia klatki piersiowej jest **bronchoskopia**. Jest to bezpośrednie badanie krtani, tchawicy i oskrzeli, wykonywane w celu zdiagnozowania przyczyn długotrwałego kaszlu czy krwioplucia przy użyciu bronchoskopu – wziernika zakończonego źródłem światła, które ułatwia oglądanie narządów. Podczas tego badania można usunąć wydzielinę, krew, obce ciała lub bezpośrednio wprowadzić leki (ryc. IV.1.10.).

Spirometria jest najczęstszym badaniem pracy płuc u osób, u których podejrzewa się astmę oskrzelową i przewlekłą obturacyjną chorobę płuc (POCHP). Podczas badania mierzy się pojemność i objętość płuc oraz objętość powietrza wydychawaną w czasie pierwszej sekundy natężonego wydechu. U osób cierpiących na te choroby płuca są znacznie zmniejszone (ryc. IV.1.11.). Jest to badanie diagnostyczne i podobnie jak prześwietlenie płuc nie pozwala jednoznacznie wskazać na chorobę nowotworową.



Ryc. IV.1.11. Ilość powietrza wydobywającego się z układu oddechowego oraz czas, w jakim pacjent potrafi taką objętość wypuścić, mierzymy za pomocą spirometru – aparatu z ustnikiem. Na podstawie wykresu krzywej przepływu i objętości powietrza lekarz ocenia pojemność płuc i przepływ powietrza przez układ oddechowy.

Eksperyment biologiczny

Problem badawczy: Jaka jest różnica zawartości dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym i wydychanym?

Hipoteza: We wdychanym powietrzu jest mniej dwutlenku węgla niż w powietrzu wydychanym.

Próba badawcza: Do szklanego naczynia wlewamy wodę wapienną. Wkładamy do niej końcówkę szklanej rurki i zaczynamy w nią dmuchać. Obserwujemy zmętnienie wody wapiennej.

Próba kontrolna: Postępujemy podobnie jak w przypadku próby badawczej, ale do naczynia wprowadzamy pompkę do pompowania powietrza i naciskamy na nią. Nie obserwujemy zmętnienia wody wapiennej.

Wynik obserwacji: W próbie badawczej woda wapienna zmętniała. W próbie kontrolnej woda wapienna nie mętnieje.

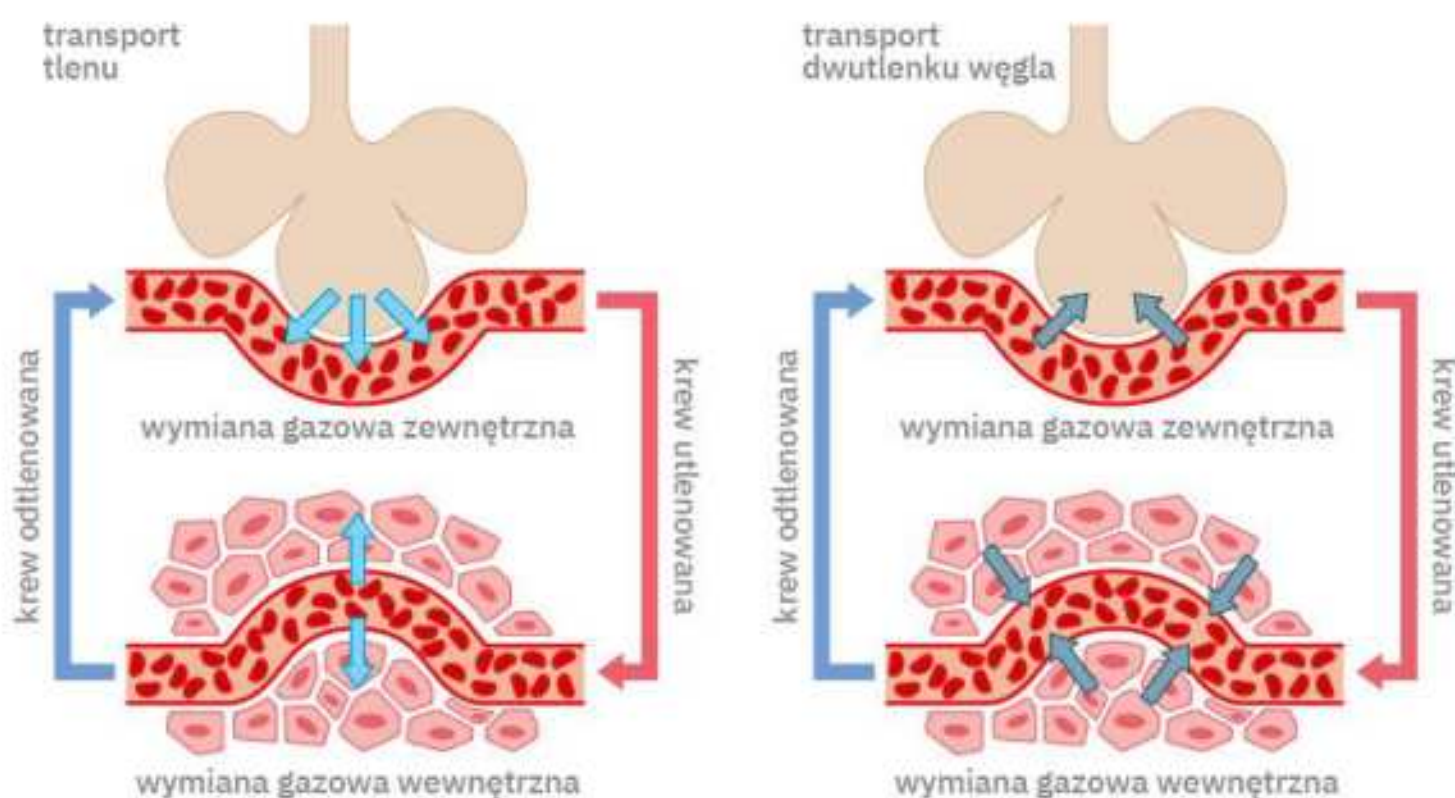
Wniosek: W powietrzu wydychanym jest więcej dwutlenku węgla niż w powietrzu wdychanym.

Wyjaśnienie: W próbie badawczej nastąpiło zmętnienie wody wapiennej pod wpływem wydychanego z płuc CO_2 (wytworzył się trudno rozpuszczalny węglan wapnia CaCO_3).

W próbie kontrolnej poprzez zastosowanie pompki następuje wypompowywanie powietrza „wchłoniętego”, czyli czystego powietrza z małą zawartością CO_2 , co nie powoduje zmętnienia wody wapiennej.

Transport gazów oddechowych

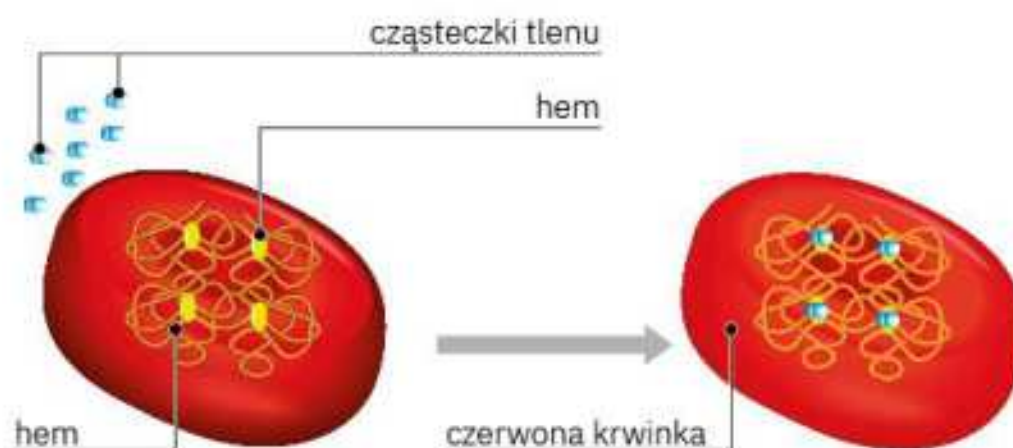
Skład jakościowy powietrza wdychanego i wydychanego jest taki sam. Różnice są tylko ilościowe. W powietrzu wydychanym jest większa zawartość dwutlenku węgla i pary wodnej niż w powietrzu wdychanym. Wymiana gazowa jest wynikiem różnicy ciśnień cząstkowych (parcjalnych) gazów oddechowych i zachodzi ze środowiska o wyższym ciśnieniu do środowiska o niższym ciśnieniu. **Wymiana gazowa zewnętrzna** zachodzi między pęcherzykami płucnymi a krwią (ryc. IV.1.12.). Tlen z powietrza wypełniającego pęcherzyki płucne dyfunduje do krwi płynącej w naczyniach włosowatych oplatających pęcherzyki płucne, a dwutlenek węgla – w przeciwnym kierunku.



Ryc. IV.1.12. Schemat wymiany gazowej wewnętrznej i zewnętrznej.

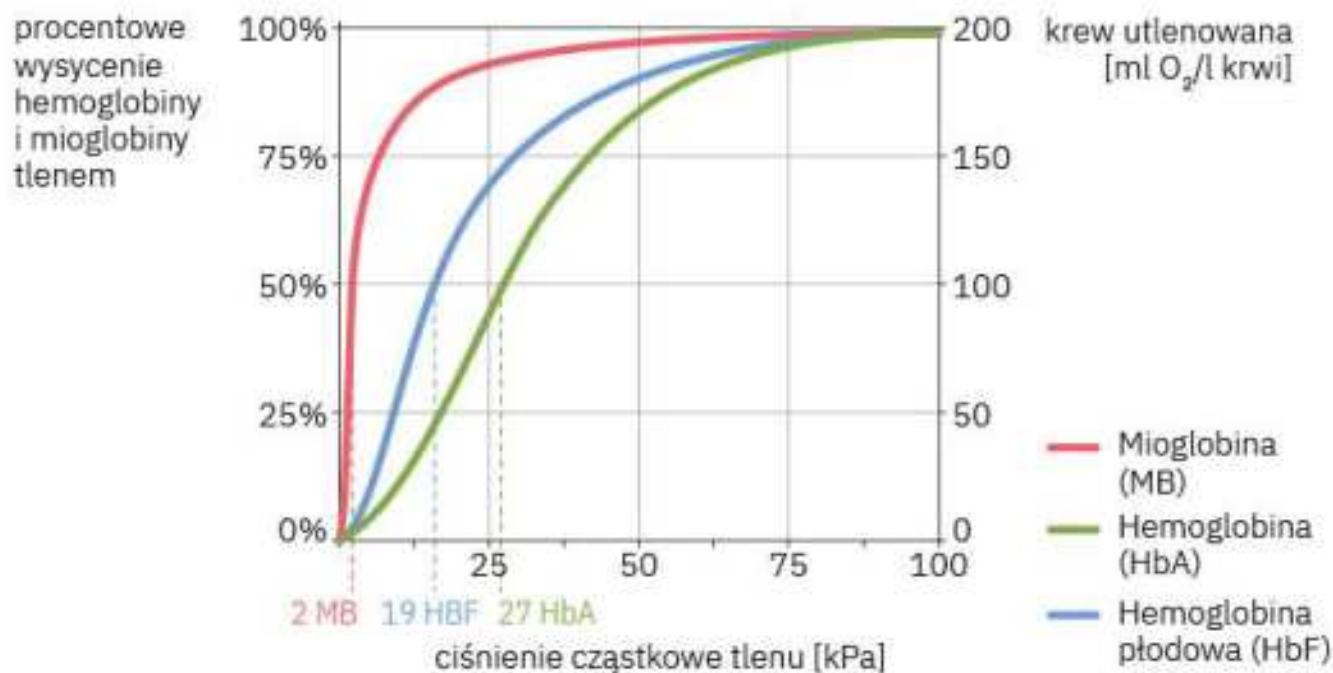
Wymiana gazowa wewnętrzna przebiega między komórkami a krwią. Krew z płuc dociera do każdej komórki ciała, gdzie oddaje tlen niezbędny do oddychania komórkowego, a pobiera powstający podczas tego procesu dwutlenek węgla.

W transporcie gazów oddechowych uczestniczą erytrocyty i osocze krwi. W erytrocytach znajduje się czerwony barwnik – **hemoglobina** – który nietrwale łączy się z tlenem w procesie zwanym **utlenowaniem** (dla odróżnienia od trwałego utleniania ze zmianą wartościowości żelaza zawartego w centrum aktywnym hemoglobiny) (ryc. IV.1.13.).



Ryc. IV.1.13. Hemoglobina (Hb) jest zbudowana z dwóch par białkowych podjednostek. Każda z nich zawiera niebiałkową grupę w postaci hemu, a w centrum znajduje się łączący je atom żelaza. Cząsteczka hemoglobiny może przyłączyć od 1 do 4 cząsteczek tlenu.

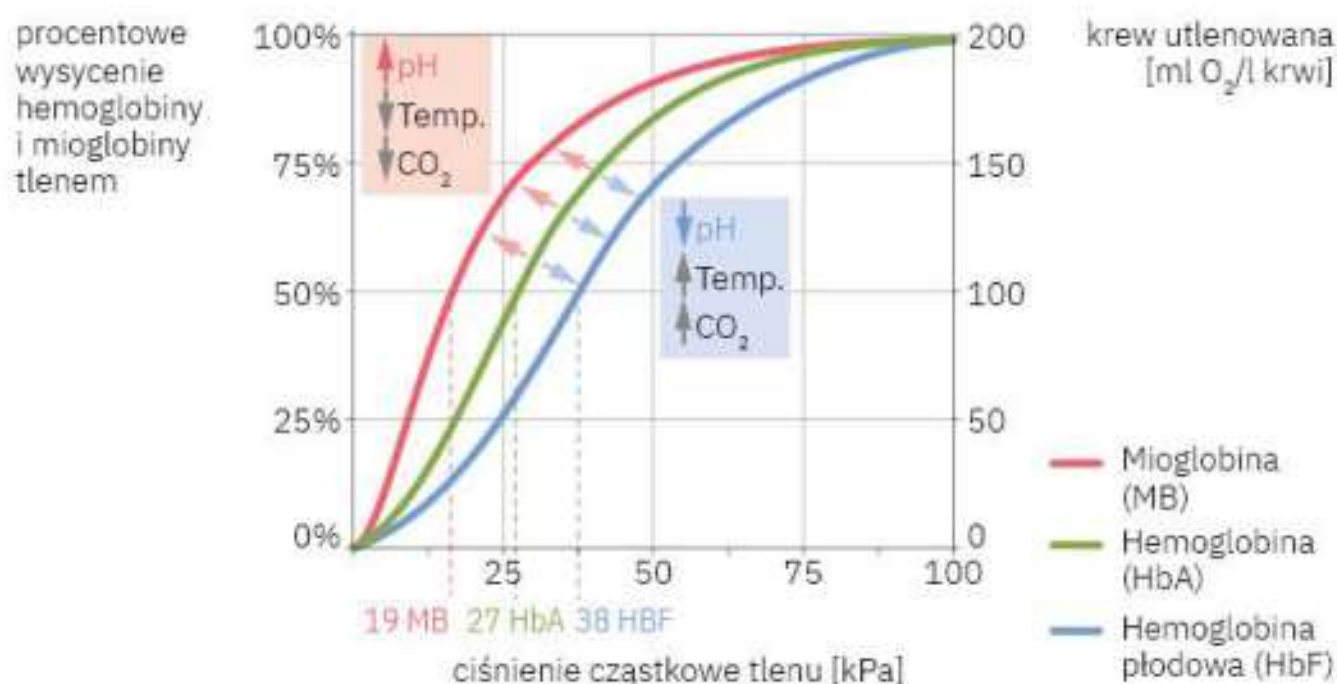
Połączenie hemoglobiny z tlenem nazywamy **oksyhemoglobina** (HbO_2). Oksyhemoglobina wiąże 97% tlenu. Krew z tlenem (tętnicza) ma zabarwienie jasnoczerwone. W komórkach mięśni występuje **mioglobina**, która wiąże się odwracalnie z tlenem i stanowi jego zapas przy intensywnej pracy mięśni. Wówczas mięśnie pobierają tlen z mioglobiny, a gdy ten zapas się wyczerpie, pojawia się tzw. deficyt tlenowy. Ilość wiązanej przez hemoglobinę tlenu zależy od ciśnienia cząstkowego (parcjalego) tlenu (ryc. IV.1.14.). Im jest większe ciśnienie parcjale tlenu, tym większe jest jego wiązanie przez hemoglobinę.



Ryc. IV.1.14. Porównanie wiązania tlenu przez różne rodzaje hemoglobiny. Podczas wzrostu ciśnienia cząstkowego tlenu więcej tlenu wiąże się z hemoglobiną. Hemoglobina występująca u płodu ma duże powinowactwo do tlenu i przenosi tlen w większej ilości niż hemoglobina matki. Największe powinowactwo do tlenu ma mioglobina.

Ponieważ ciśnienie cząstkowe tlenu w tkankach jest małe, dlatego hemoglobina uwalnia tlen. Natomiast w pęcherzykach płucnych jest odwrotnie – ciśnienie cząstkowe tlenu jest duże i hemoglobina wiąże się z tlenem.

Zjawisko odwracalnego wiązania hemoglobiny z tlenem zależy od pH, temperatury i stężenia dwutlenku węgla (ryc. IV.1.15.).



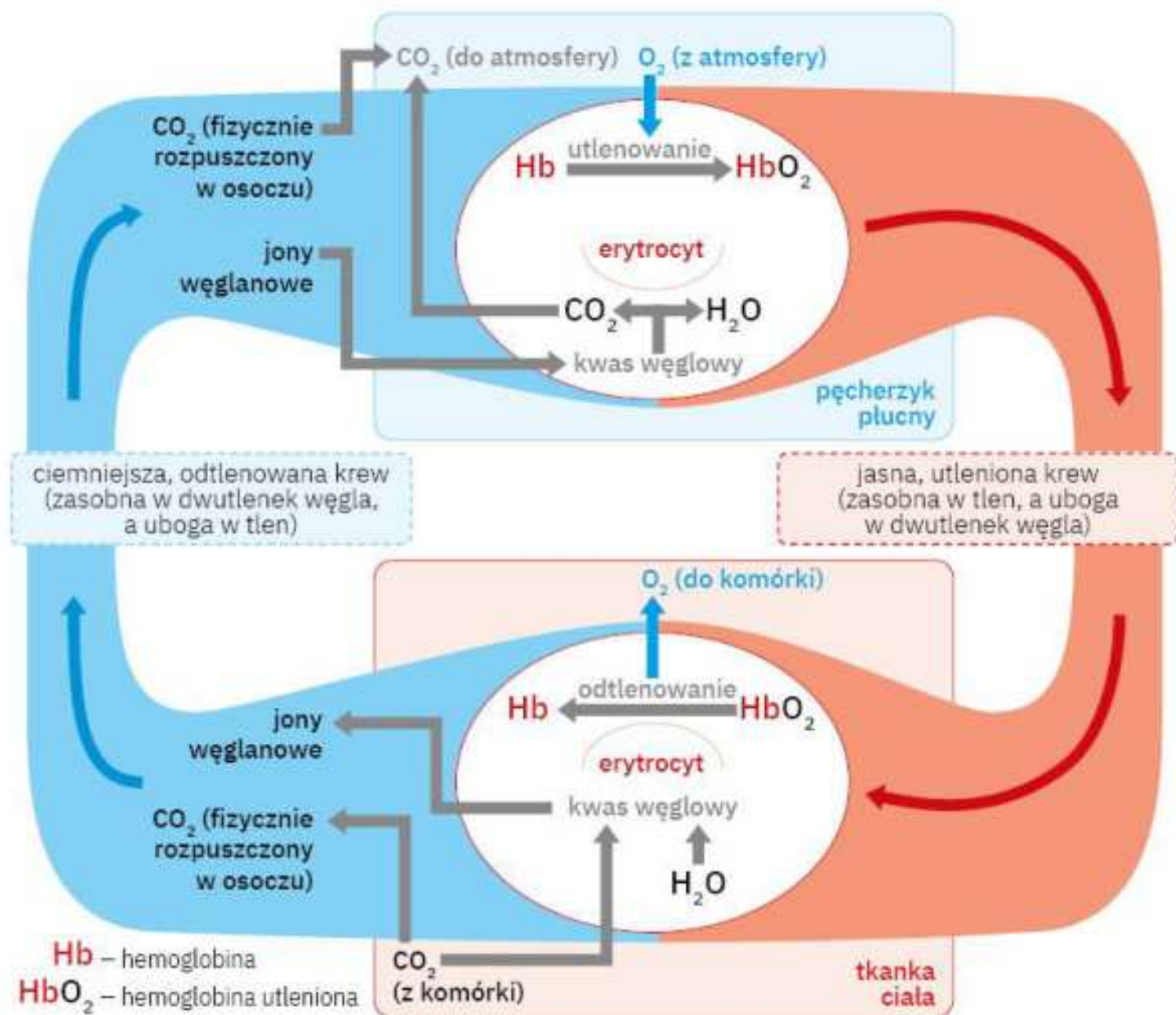
Ryc. IV.1.15. Porównanie tempa uwalniania tlenu z hemoglobiny w zależności od pH, temperatury i stężenia dwutlenku węgla. Dwutlenek węgla łączy się w osoczu krwi z wodą, tworząc kwas węglowy, który powoduje zakwaszenie krwi (spadek pH). W takim środowisku hemoglobina łatwiej oddaje tlen. Prawa strona wykresu przedstawia czynniki sprzyjające wiązaniu tlenu, a lewa – czynniki sprzyjające oddawaniu tlenu przez hemoglobinę (↑ – wzrost, ↓ – spadek).

Duże ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla w tkankach powoduje jego przenikanie do krwi – osocza i erytrocytów. Dwutlenek węgla jest transportowany w różnych postaciach:

- około 70% w postaci **jonów wodorowęglanowych**, które są efektem dysocjacji kwasu węglowego; kwas węglowy powstaje po wnikięciu do erytrocytu dwutlenku węgla i połączeniu z wodą, powstałe aniony wodorowęglanowe przenikają do osocza;
- około 20% przechodzi do erytrocytów, gdzie łączy się z hemoglobiną, tworząc **karbaminohemoglobinę** (HbCO₃);
- około 10% jest rozpuszczonych fizycznie w osoczu krwi (ryc. IV.1.16.).

W płucach jony wodoru i wodorowęglanowe tworzą kwas węglowy, który rozkłada się na dwutlenek węgla i wodę. Związki te są usuwane z wydychanym powietrzem.

Zmiana ciśnienia atmosferycznego pociąga za sobą zmianę ciśnień cząstkowych gazów oddechowych (ryc. IV.1.17.).



Ryc. IV.1.16. Transport gazów oddechowych w tkankach ciała i płucach.



Ryc. IV.1.17. Wpływ wysokości na funkcjonowanie organizmu człowieka. Spadek ciśnienia parcjalnego tlenu na dużych wysokościach powoduje, że alpinści wyruszają na wyprawy wysokogórskie z butlami tlenowymi.

Wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza obserwuje się spadek ciśnień poszczególnych gazów w powietrzu. Organizm człowieka reaguje na takie warunki, zwiększając częstość oddechów w celu poprawienia wentylacji płuc, a także częstość skurczów serca, aby usprawnić transport krwi. Następuje również zwiększona produkcja erytrocytów i hemoglobiny.

Bardzo niebezpieczne dla organizmu człowieka są także zmiany ciśnienia podczas nurkowania. Gdy nurek schodzi na dużą głębokość, w jego tkankach gromadzi się azot, który przy przekroczeniu 30 m poniżej poziomu morza ma działanie podobne do alkoholu. Natomiast podczas gwałtownego wynurzania się następuje blokada przepływu krwi w naczyniach krwionośnych przez tworzące się zatory gazowe (tzw. **choroba dekompresyjna** lub kesonowa). Mogą one uszkodzić naczynia krwionośne, dlatego zaleca się stopniowe wynurzanie z dużych głębokości.

PYTANIA I POLECENIA

1. Wyjaśnij, jakie znaczenie dla efektywnej wymiany gazowej ma budowa płuc.
2. Omów funkcję surfaktantu w pęcherzykach płucnych.
3. Sporządź w zeszycie tabelę, w której przedstawisz budowę nabłonka wyściełającego drogi oddechowe oraz wynikające z niej pełnione funkcje.
4. Porównaj budowę i funkcję krtani u kobiet i mężczyzn.
5. Wyjaśnij różnice między oddychaniem piersiowym i brzuszny.
6. Wyjaśnij, dlaczego pH jest dobrym czynnikiem regulującym szybkość oddychania.
7. Omów sposoby zapobiegania chorobom układu oddechowego.

2. Budowa układu krwionośnego

Prawidłowe funkcjonowanie organizmu wymaga transportu substancji między różnymi tkankami, narządami i układami narządów. Taką funkcję pełni **układ krążenia**, który przenosi tlen, substancje odżywcze, komórki obronne i hormony, a odprowadza dwutlenek węgla i szkodliwe produkty przemiany materii. Ponadto odpowiada za regulację temperatury wszystkich płynów ustrojowych i tkanek. Układ krążenia składa się z **układu krwionośnego** i współpracującego z nim **układu limfatycznego**. Układ krwionośny człowieka jest zbudowany z **serca** i naczyń krwionośnych: **tętnic, żył** i **naczyń włosowatych** (kapilarnych) (ryc. IV.2.1.). Ponieważ krew krąży tylko w sercu i naczyniach krwionośnych, układ krwionośny jest układem zamkniętym.

niektóre żyły prawej strony ciała

żyła szyjna wewnętrzna

żyła podobojczykowa prawa

żyła główna górna

żyła główna dolna

żyła ramienna prawa

żyła udowa prawa

niektóre tętnice lewej strony ciała

tętnica szyjna wspólna

łuk aorty

tętnica podobojczykowa lewa

serce

tętnica ramienna

aorta

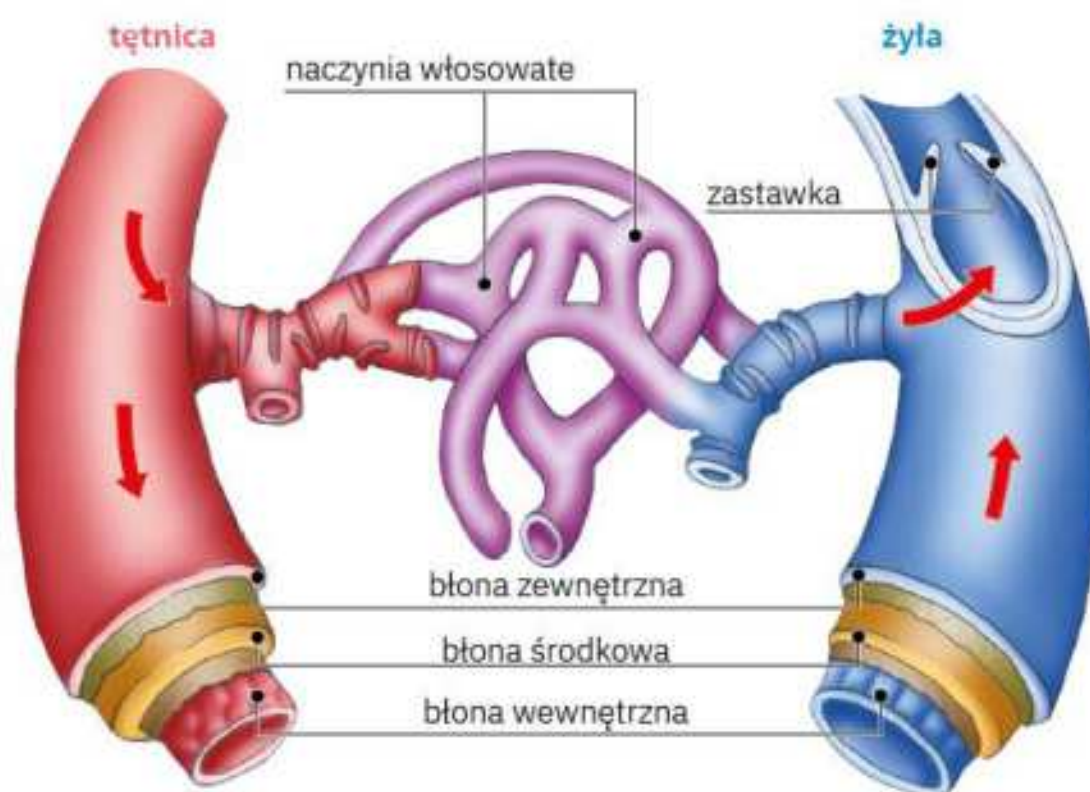
tętnica udowa lewa

Ryc. IV.2.1. Schemat budowy układu krwionośnego człowieka (czerwony kolor oznacza tętnice, a niebieski – żyły).

Rodzaje naczyń krwionośnych

W układzie krwionośnym człowieka wyróżnia się trzy rodzaje naczyń krwionośnych: **żyły**, **tętnice** i **naczynia włosowate**. Ściany naczyń krwionośnych są zbudowane z trzech warstw: zewnętrznej, środkowej i wewnętrznej. Warstwę zewnętrzną tworzy tkanka łączna, środkową – mięśniowa gładka, a wewnętrzną – nabłonek jednowarstwowy płaski (tzw. śródbłonek). Różnice w wykształceniu tych warstw wynikają z funkcji, jaką pełnią poszczególne naczynia krwionośne.

Tętnice transportują krew z serca do wszystkich tkanek organizmu. Dwie największe tętnice – tętnica płucna i aorta – wychodzą z serca i rozgałęziają się na mniejsze tętnice, które wewnątrz tkanek i narządów przechodzą w tętniczki doprowadzające krew do naczyń włosowatych. Ciśnienie krwi w tętnicach głównych jest największe i zmniejsza się w miarę oddalania się od serca. Ruch krwi w tętnicach jest wywołany skurczem serca i dlatego ich trójwarstwowe ściany są elastyczne i mocne, aby wytrzymać wysokie ciśnienie krwi (ryc. IV.2.2.). W warstwie zewnętrznej znajduje się dużo włókien sprężystych, które zabezpieczają tętnice przed zapadaniem się, a w warstwie środkowej rozbudowana warstwa mięśniowa umożliwia zwężanie i rozszerzanie tętnic.



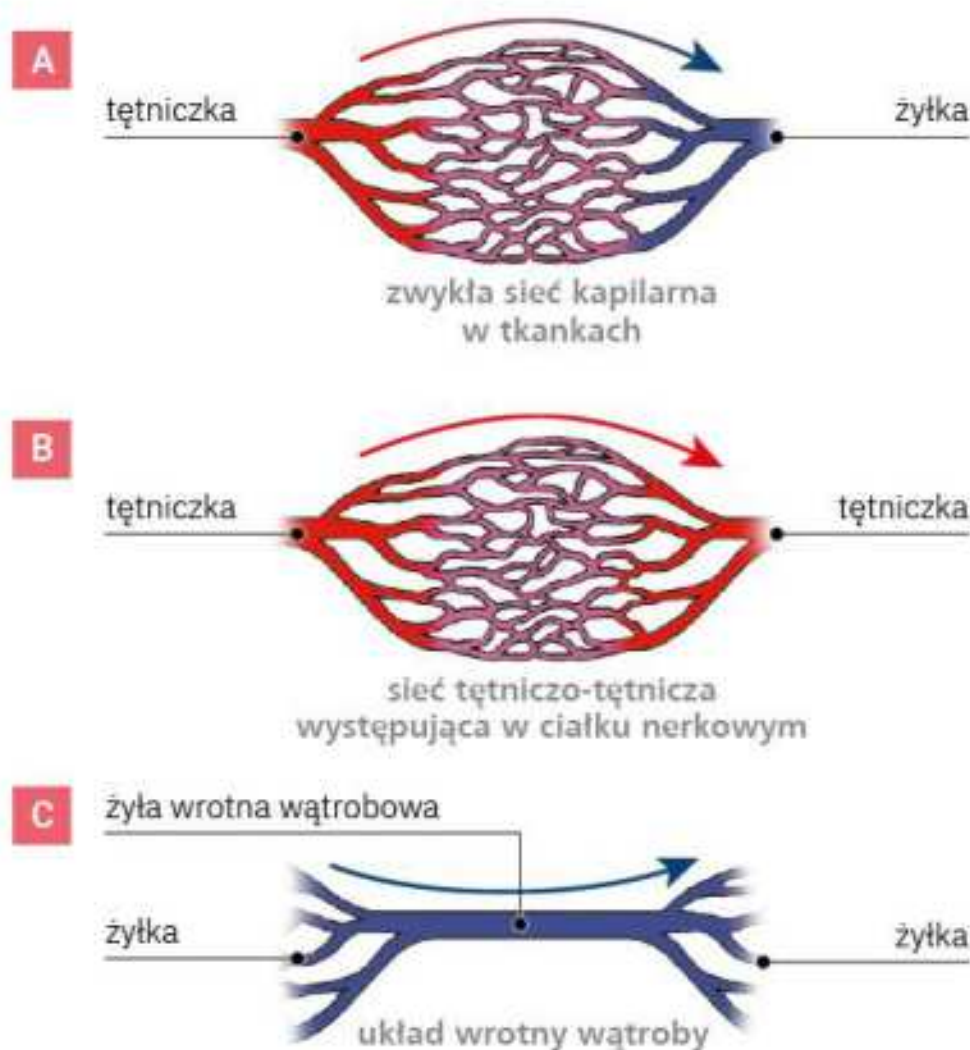
Ryc. IV.2.2. Porównanie budowy ścian naczyń krwionośnych.

Żyłami krew wraca z tkanek do serca. Ściany żył, podobnie jak tętnic, są trójwarstwowe, ale ze względu na niskie ciśnienie płynącej przez nie krwi są wiotkie i cienkie. Zawierają mniej włókien sprężystych i słabo wykształconą mięśniówkę (ryc. IV.2.2.). By zapobiec cofaniu się krwi, w warstwie wewnętrznej ścian żył powstały parzyste fałdy, tzw. **zastawki**. Ponadto światło żył jest większe od światła tętnic.

Przepływ krwi w żyłach kończyn dolnych zachodzi wbrew działaniu siły ciężkości. Wspomagają go zastawki i ruch mięśni szkieletowych. Podczas długotrwałego przebywania w pozycji stojącej następuje upośledzenie odpływu krwi. W wyniku zastoju żylnego ściany żył stają się wiotkie i ulegają odkształceniu, co prowadzi do powstania **żylaków** – wyczuwalnych i widocznych pod skórą nabrzmięń.

Naczynia włosowate są najmniejszymi naczyniami układu krwionośnego. Docierają one do wszystkich tkanek ciała i tworzą gęstą sieć (około 100 000 km). Największa odległość naczynia od komórki nie przekracza 25 μm . Ściany naczyń włosowatych są zbudowane z jednej warstwy płaskich komórek zwanych **śródbłonkiem**. Są one cienkie, co stanowi przystosowanie do pełnionej funkcji. W naczyniach włosowatych zachodzi wymiana gazów oddechowych i innych składników między krwią a tkankami. Największą sieć naczyń włosowatych mają narządy, w których zachodzą intensywne procesy przemiany materii i energii, np. wątroba.

W niektórych narządach naczynia włosowate mogą tworzyć specyficzne **sieci naczyń włosowatych** (rys. IV.2.3.).



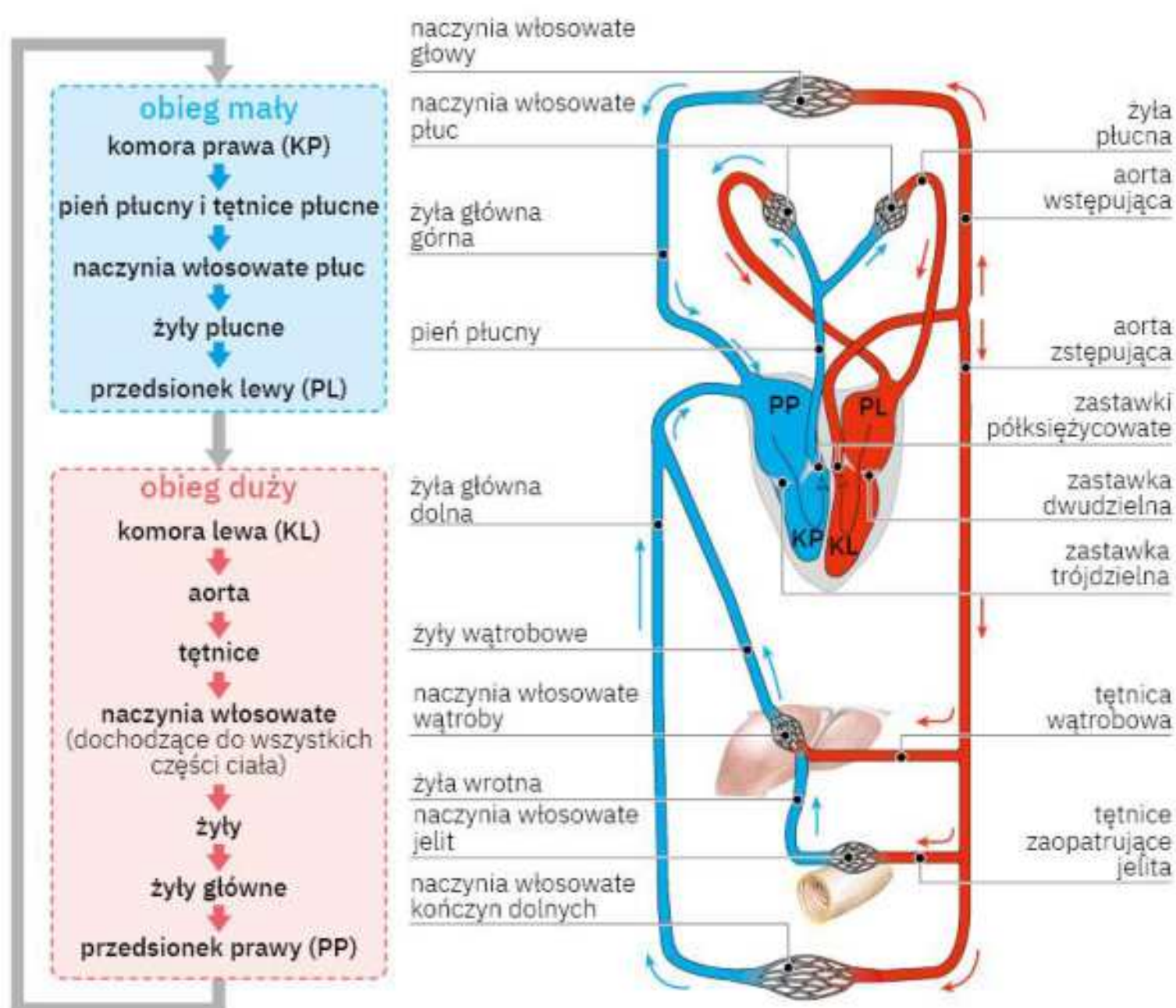
Ryc. IV.2.3. Rodzaje sieci naczyń włosowatych: (A) tętniczo-żylna – zaczynają się na końcach tętnic i kończą żyłami, są najczęściej występującymi w organizmie; (B) tętniczo-tętnicza (tzw. sieci dziwne) – łączą dwie tętnice w nerkach; (C) żylna-żylna (tzw. układy wrotne) – łączą dwie żyły i tworzą układ wrotny wątroby.

Krążenie krwi

W układzie krwionośnym wyróżnia się dwa obiegi krwionośne: krwiobieg duży (obwodowy) i mały (płucny) (ryc. IV.2.4.).

W krwiobiegu dużym krew utlenowana (z tlenem) tętnicami przepływa z serca do wszystkich komórek organizmu, a z powrotem odtlenowana (z dwutlenkiem węgla) wraca żyłami z tkanek do serca. Krwiobieg rozpoczyna się w lewej komorze serca, z której krew wtłaczana jest do aorty, przepływa przez wszystkie narządy i po wymianie gazowej (oddaje tlen, a pobiera dwutlenek węgla) w tkankach wraca do prawego przedsionka serca. Krwiobieg ten umożliwia dostarczenie tlenu do wszystkich komórek i usunięcie z nich dwutlenku węgla i produktów przemiany materii.

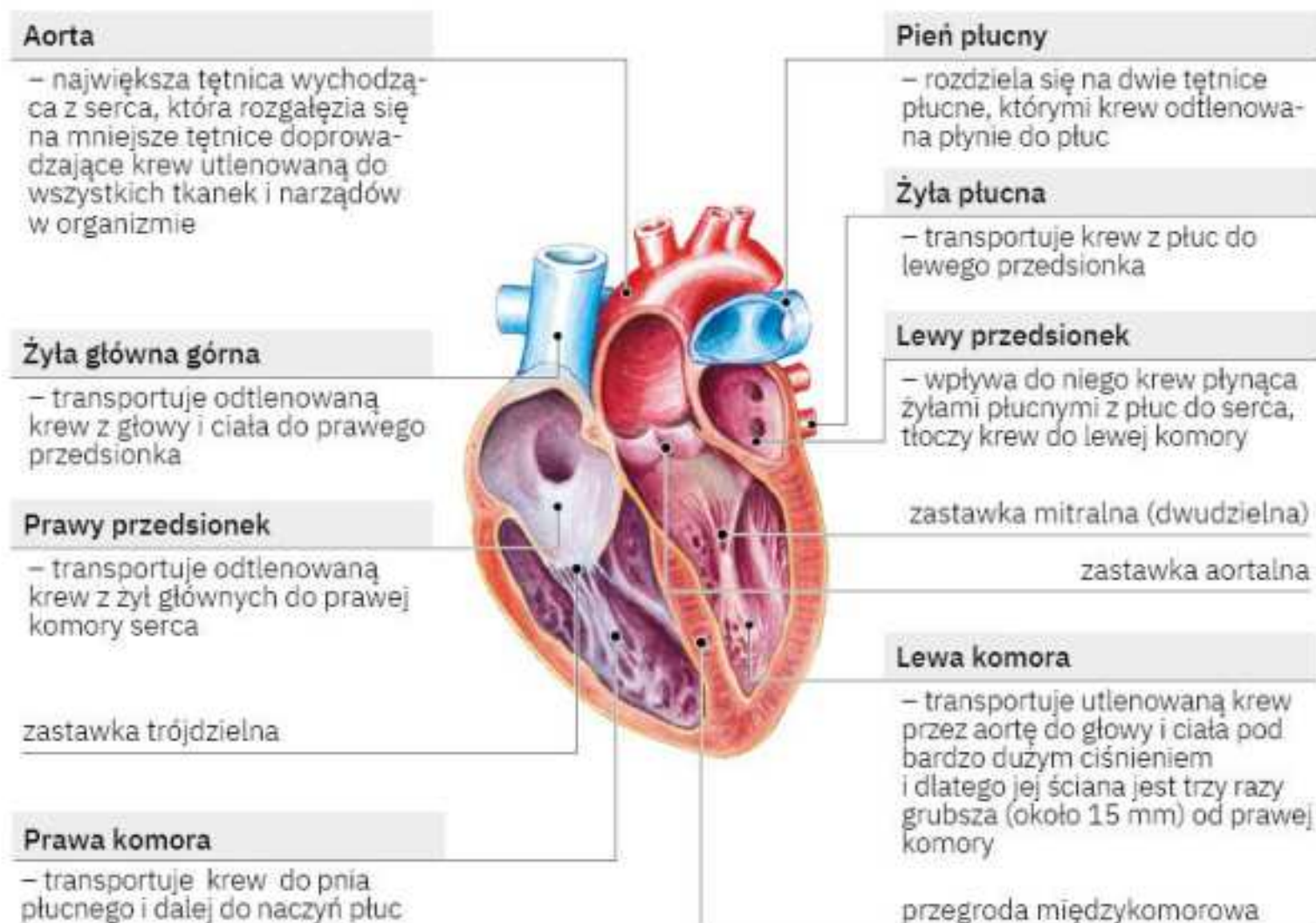
W krwiobiegu małym krew odtlenowana systemem tętnic płucnych dociera do płuc i po wymianie gazowej utlenowana wraca żyłami płucnymi z płuc do serca. Krwiobieg rozpoczyna się w prawej komorze serca, z której krew płynie do płuc, gdzie oddaje dwutlenek węgla, a pobiera tlen i po wymianie gazowej wraca do lewego przedsionka serca. Krwiobieg mały umożliwia wymianę gazową w płucach i utlenowanie krwi.



Ryc. IV.2.4. Schemat krążenia krwi w krwiobiegu dużym i małym.

Budowa serca

Serce jest centralnym elementem układu krwionośnego człowieka. Jego praca powoduje krążenie krwi w naczyniach krwionośnych. Serce dorosłego człowieka jest narządem mięśniowym o kształcie stożka i wielkości zaciśniętej pięści, o przeciętnej masie 0,5 kg. Serca dzieci w wieku 2–4 lat są duże w stosunku do ich rozmiarów ciała i dlatego są bardzo odporne na zmęczenie. W okresie dojrzewania wielkość serca jest natomiast bardzo mała w porównaniu z resztą ciała, co jest przyczyną częstych omdleń i zapaść w tym okresie. Dopiero w wieku 18–20 lat rozmiary tego narządu są proporcjonalne w stosunku do rozmiarów ciała. Serce otacza **osierdzie** zbudowane z tkanki łącznej. Ściana zewnętrzna osierdzia to **nasierdzie**, a wewnętrzna – **wsierdzie**. Wnętrze serca składa się z czterech jam: prawego i lewego przedsionka oraz prawej i lewej komory (ryc. IV.2.5.). Przedsionki oddziela od siebie przegroda międzyprzedsionkowa, a komory – przegroda międzykomorowa. W przegrodach nie ma otworów, co powoduje, że krew przepływająca przez część lewą i prawą serca nie miesza się.



Ryc. IV.2.5. Schemat budowy serca.

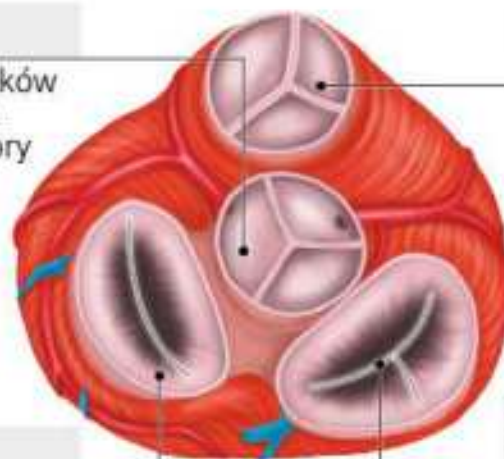
Na granicy między komorami serca a wychodzącymi z nich naczyniami krwionośnymi znajdują się **zastawki**, które zapobiegają cofaniu się krwi w czasie rozkurczu do komór (ryc. IV.2.7.).

Zastawka aorty

– zbudowana jest z trzech płatków półksiężycowatych, zapobiega cofaniu się krwi do lewej komory

Zastawka mitralna (przedsionkowo-komorowa lewa)

– zbudowana z dwóch płatków, zapobiega cofaniu się krwi z lewej komory do lewego przedsionka



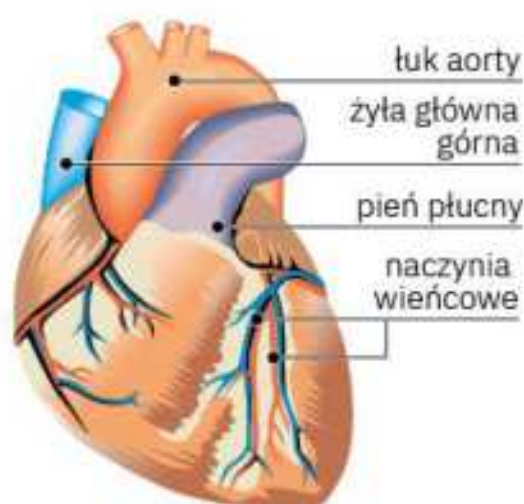
Zastawka tętnicy płucnej

– zbudowana jest z trzech płatków półksiężycowatych, zapobiega cofaniu się krwi z pnia płucnego do prawej komory

Zastawka trójdzielna (przedsionkowo-komorowa prawa)

– zbudowana z trzech płatków, zapobiega cofaniu się krwi z prawej komory do prawego przedsionka

Ryc. IV.2.6. Schemat zastawek serca.

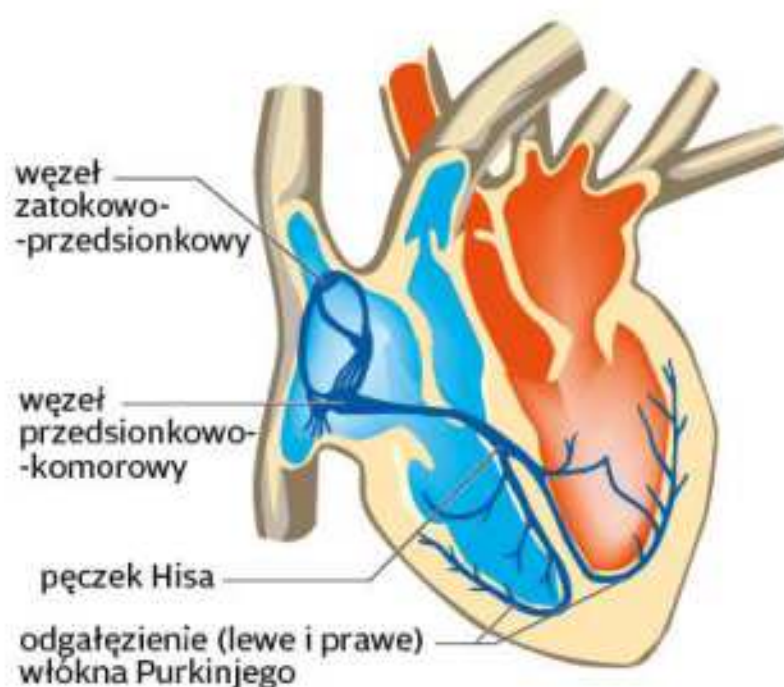


Serce ma własny system naczyń krwionośnych – tzw. system naczyń wieńcowych (ryc. IV.2.7.). Zadaniem tego krążenia jest zaopatrzenie serca w krew. Tętnice wieńcowe odgałęziające się od aorty w postaci drobnych naczyń doprowadzają krew utlenowaną i substancje odżywcze w głąb mięśnia serca. Natomiast żyły wieńcowe odprowadzają krew odtlenowaną i zbędne produkty przemiany materii do prawego przedsionka serca.

Ryc. IV.2.7. Schemat krążenia wieńcowego serca.

Układ przewodzący serca

Swoistą cechą serca jest zdolność do wykonywania samoistnych, rytmicznych skurczów. Wyizolowane z organizmu serce może jeszcze przez kilka godzin wykonywać rytmiczne skurcze. Zjawisko to nosi nazwę automatyzmu serca. Jest to możliwe dzięki układowi bodźco-przewodzącemu serca, który jest zbudowany ze specjalnie zmodyfikowanych włókien mięśniowych. Włókna tworzą ośrodki automatyzmu serca: **węzeł zatokowo-przedsionkowy**, **węzeł przedsionkowo-komorowy** i **pęczek przedsionkowo-komorowy** (ryc. IV.2.8.).



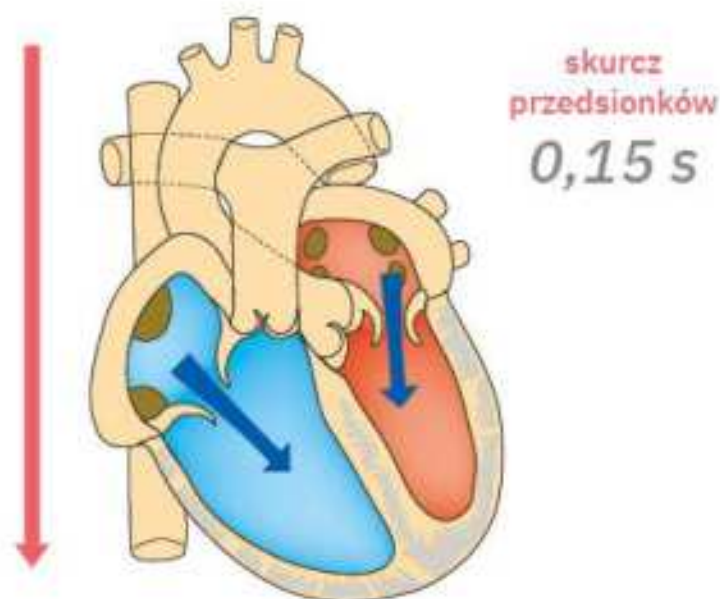
Ryc. IV.2.8. Rozmieszczenie ośrodków bodźco-przewodzących w sercu. Nadrzędną funkcję pełni węzeł zatokowo-przedsionkowy, który określa rytm serca. W nim znajduje się rozrusznik serca. Wytworzone pobudzenie przechodzi do następnego węzła znajdującego się między prawym przedsionkiem a prawą komorą i dalej rozchodzi się do komór, pobudzając je do skurczu.

Uszkodzenia ośrodków automatyzmu lub ich zaburzenia można niwelować przez wszczępienie **rozrusznika** serca (elektryczne urządzenie umieszczone pod skórą w klatce piersiowej).

Cykl pracy serca

Cykl pracy serca to cyklicznie następujące skurcze i rozkurcze oddzielone od siebie krótkim okresem spoczynku. U dorosłego człowieka w stanie spoczynku pojedynczy cykl trwa około 0,85 s i składa się z trzech etapów.

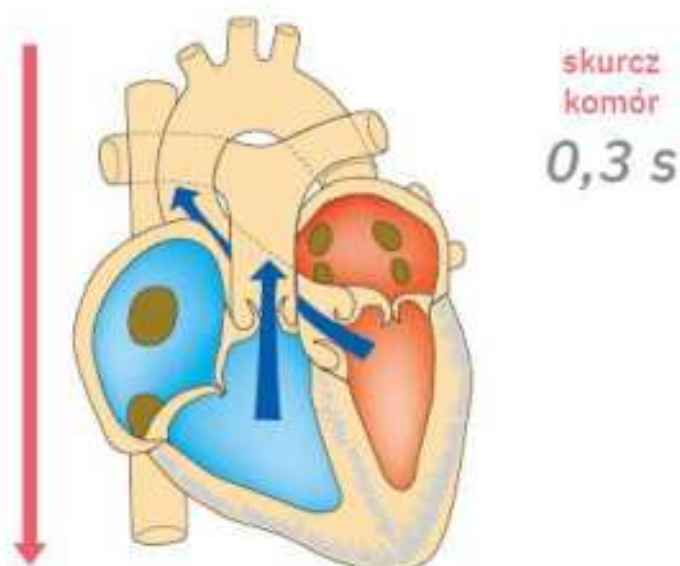
I etap skurczu przedsionków i rozkurczu komór (0,15 s), podczas którego krew z przedsionków przepływa do komór przez otwarte zastawki przedsionkowo-komorowe przy zamkniętych zastawkach półksiężycowatych.



Ryc. IV.2.9. Skurcz przedsionków.

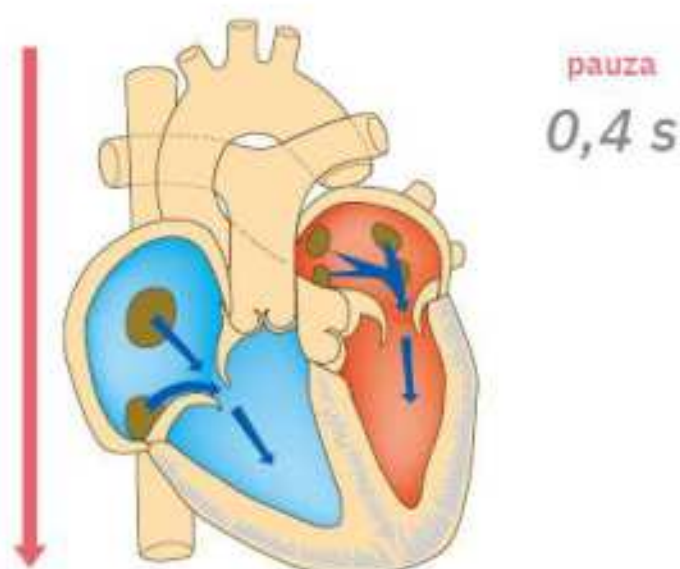
II etap skurczu komór i rozkurczu przedsionków (0,3 s), podczas którego wzrasta ciśnienie w komorach i zamykają się zastawki przedsionkowo-komoro-

we. Wywołuje to odgłos słyszany jako **pierwszy ton serca**. Kiedy ciśnienie krwi w komorach osiągnie większą wartość niż w tętnicach, otwierają się zastawki półksiężycowate i krew opuszcza serce. Komory rozkurczają się, a kiedy ciśnienie spadnie poniżej wartości ciśnienia krwi w tętnicach, następuje zamykanie zastawek półksiężycowatych, co słyszymy jako **drugi ton serca**.



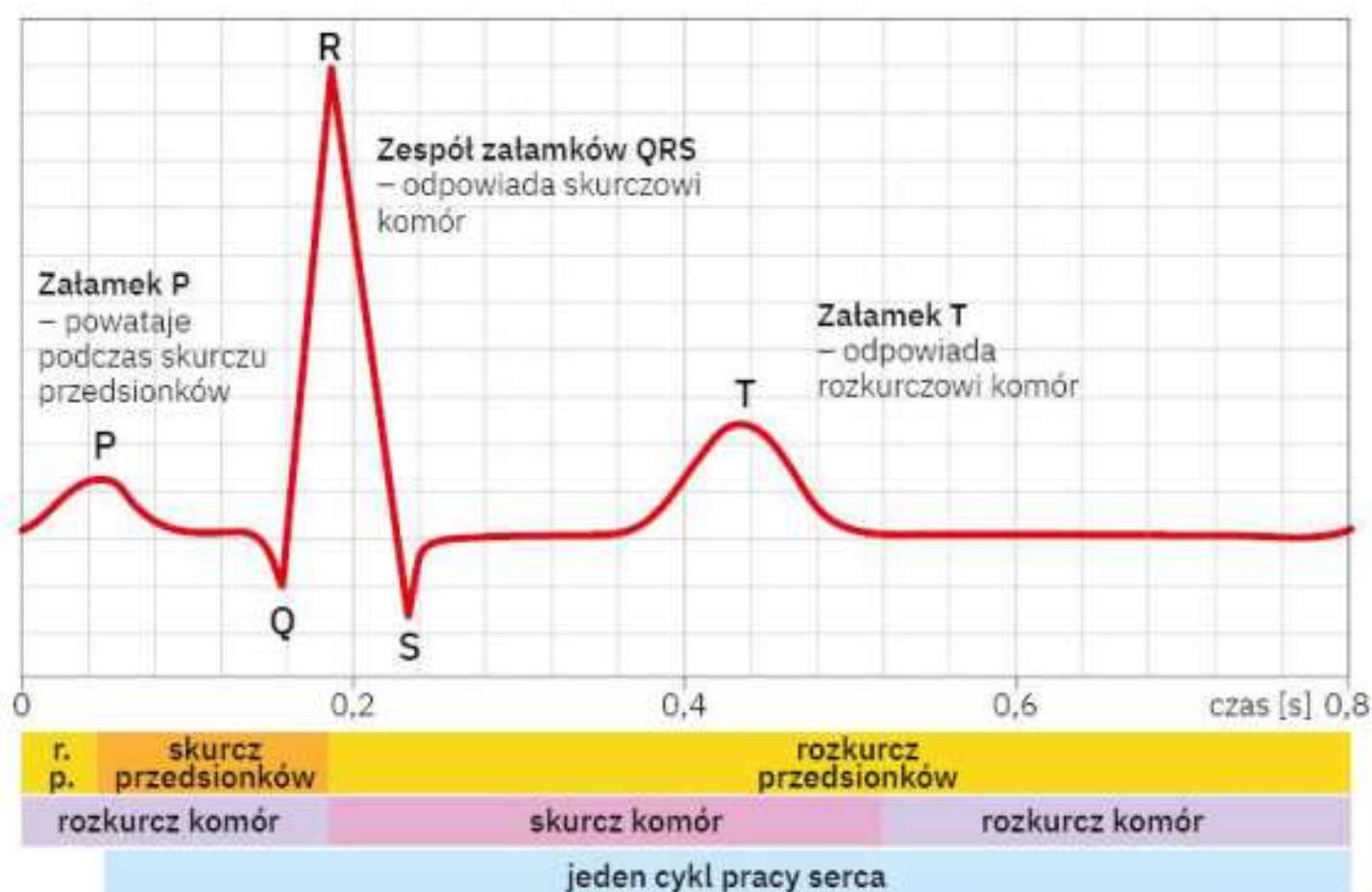
Ryc. IV.2.10. Skurcz komór.

III etap rozkurczu serca (0,4 s), pauzy lub spoczynku, podczas którego rozkurczają się przedsionki i komory. Zastawki przedsionkowo-komorowe otwierają się i krew napływa do przedsionków i komór. Szmer wywołowany napływem krwi do serca nazywamy **trzecim tonem serca** (jest najłatwiej wyczuwalny).



Ryc. IV.2.11. Rozkurcz serca.

Podczas pracy serca zachodzą zmiany potencjałów elektrycznych, które można wykryć, wykonując **elektrokardiogram serca** (EKG). Jest to nieinwazyjne badanie, podczas którego przy użyciu elektrod przypiętych do ciała pacjenta określa się aktywność elektryczną serca. Wynik badania obrazuje wykres, który pozwala na ocenę prawidłowości rytmu serca, wykrycia wad i uszkodzeń mięśnia serca, a także przebytego zawału (ryc. IV.2.12.).



Ryc. IV.2.12. Graficzny obraz elektrycznej aktywności mięśnia serca.

Obok EKG podstawowym badaniem serca jest **echokardiografia (echo serca)**. Jest to nieinwazyjna metoda badania serca wykorzystująca zjawisko echa ultradźwięków (USG). Umożliwia ocenę struktur anatomicznych serca, kurczliwości mięśnia sercowego, budowy i pracy zastawek, przepływu krwi w obrębie przedsionków i komór serca oraz dużych naczyń krwionośnych. Echo pozwala na wykrycie przebytego zawału oraz obecności skrzepliny i płynu w osierdziu. Często jest przeprowadzane u osób z podejrzeniem tętniczego nadciśnienia płucnego (ryc. IV.2.13.).



Ryc. IV.2.13. Jednym z narzędzi diagnostycznych w ręku kardiologa jest tzw. echo serca.

Aby zarejestrować pracę serca przez całą dobę, stosuje się **metodę Holtera**. Pozwala to wykryć zaburzenia, których nie pokaże ani jednorazowo wykonany elektrokardiogram, ani echo serca. Aparat do badania przypomina wyglądem małe pudełko. Zostaje przymocowany do paska w talii, a odchodzące od niego od



Ryc. IV.2.14. Badanie czynności serca metodą Holtera.

9 do 12 elektrod zostaje przyklejonych na klatce piersiowej. Wskazaniem do badania metodą Holtera są zaburzenia rytmu serca (kołatania, szybkie lub nierówne bicie), choroba niedokrwienna serca, omdlenia i zapaść, a także sprawdzenie pracy wszczepionego rozrusznika serca (ryc. IV.2.14.).

Badaniem inwazyjnym serca jest **angio-kardiografia**. Wykorzystuje się w niej promienie rentgenowskie i środek kontrastowy pochłaniający promienie RTG. Uzyskany obraz pozwala na ocenę kurczliwości mięśnia sercowego, zmian w tętnicach wieńcowych oraz stopnia zaawansowania choroby niedokrwiennej serca. Dzięki temu badaniu można

chorego skierować na zabieg **angioplastyki**, czyli poszerzania zwężonych przez blaszkę miażdżycową tętnic wieńcowych.

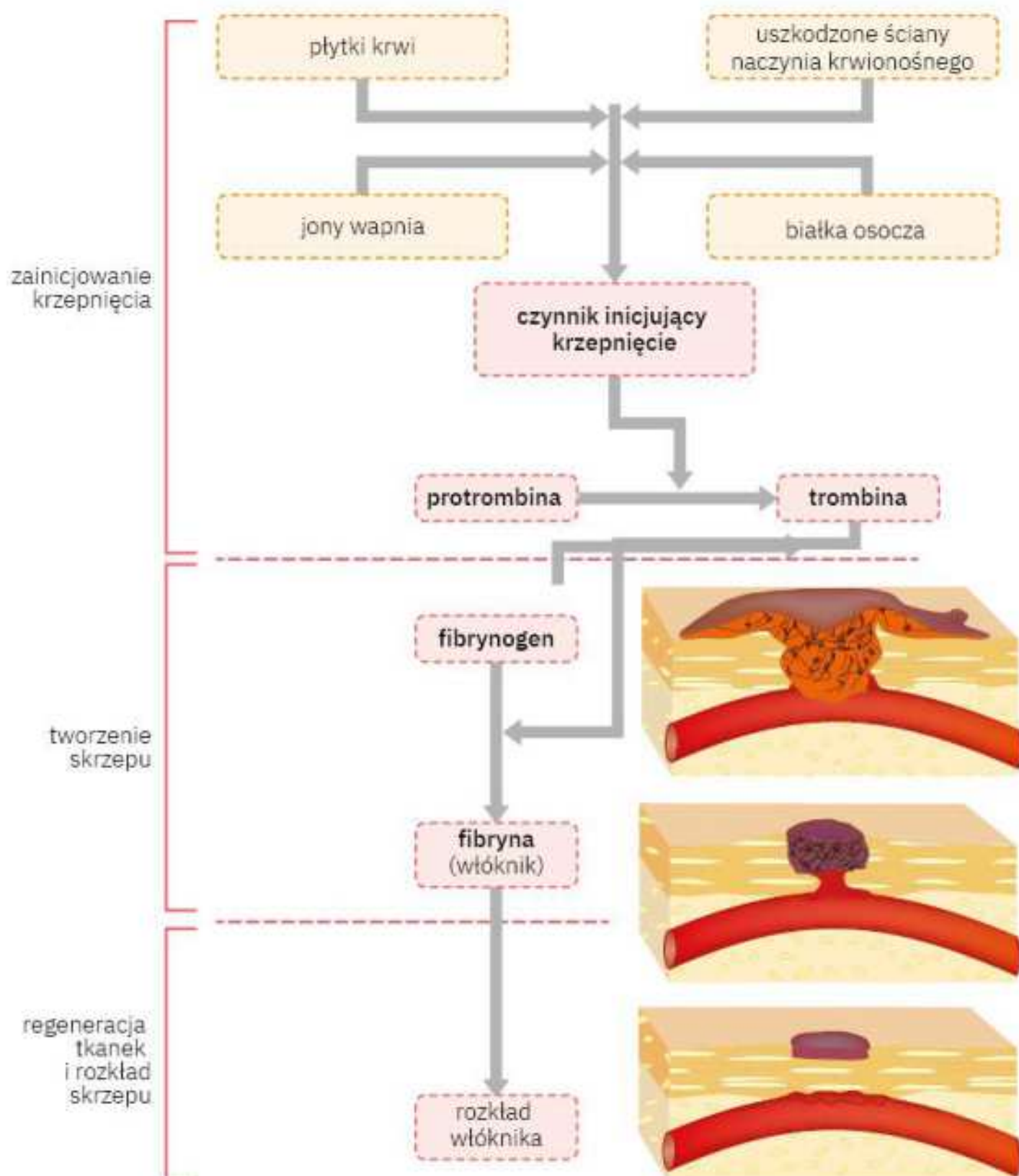
Skurcz komorowy jest siłą, która zapewnia przepływ krwi przez układ sercowo-naczyniowy. Kiedy krew jest wyrzucana pod ciśnieniem z lewej komory, aorta i tętnice rozszerzają się, aby ją pomieścić. Fale ciśnienia powstające podczas skurczu komory są przenoszone na naczynia krwionośne. Ich wartość nazywamy **ciśnieniem krwi** (wyrażamy je w milimetrach słupa rtęci – mmHg).

Skurcz lewej komory serca powoduje wzrost ciśnienia krwi w dużych tętnicach do około **120 mmHg**. Jest to **ciśnienie skurczowe**. Podczas rozkurczu lewej komory serca ciśnienie osiąga znacznie niższą wartość – około **80 mmHg**. Określamy je jako **rozkurczowe**. Jeśli przez dłuższy czas ciśnienie skurczowe utrzymuje się na poziomie około **140 mmHg** i wyższym, a rozkurczowe przekracza 80 mmHg, to może to świadczyć o **nadciśnieniu tętniczym**.

Podczas skurczu komór krew pod ciśnieniem zostaje wtłoczona do tętnic. Powoduje to miejscowe rozszerzenie, które w postaci fali rozchodzi się wzdłuż aorty i odchodzących od niej tętnic. Można je wyczuć jako **tętno** (puls). W spoczynku jego wartość powinna wynosić około **72 uderzeń** na minutę. Na wzrost wartości tętna i ciśnienia tętniczego mają wpływ wysiłek lub stres. Wartości tych parametrów zależą także od wieku, stylu życia czy obciążenia chorobami. Pomiaru ciśnienia dokonujemy **ciśnieniomierzem**.

Krzepnięcie krwi

Ciągłość ścian naczyń krwionośnych umożliwia utrzymanie równowagi składu i objętości krwi. Uszkodzenie naczynia krwionośnego uruchamia proces krzepnięcia krwi. Składa się on z szeregu reakcji, w których uczestniczą różne czynniki krzepliwości krwi. W efekcie powstaje układ włókien zasklepiający ranę, zapobiegający wniknięciu drobnoustrojów chorobotwórczych i chroniący przed ewentualną infekcją (ryc. IV.2.15.).



Ryc. IV.2.15. Schemat etapów krzepnięcia krwi.

W wyniku przerwania ciągłości naczynia krwionośnego z płytek krwi uwalniają się liczne białkowe czynniki krzepnięcia krwi, które aktywują nieaktywny enzym **protrombinę** w aktywną **trombinę**. Proces ten zachodzi w obecności jonów wapnia. Aktywna trombina zmienia rozpuszczalny w osoczu **fibrynogen** w nierozpuszczalną **fibrynę**, która przyjmuje postać gęstej sieci. W tę sieć wplatają się erythrocyty i płytki krwi. W efekcie w miejscu zranienia powstaje **skrzep**. Następnie nitki fibryny się skracają i brzegi rany zbliżają się do siebie. Po kilku dniach skrzep ulega rozpuszczeniu, a na jego miejscu rozwija się odpowiedni typ tkanki.

Grupy krwi

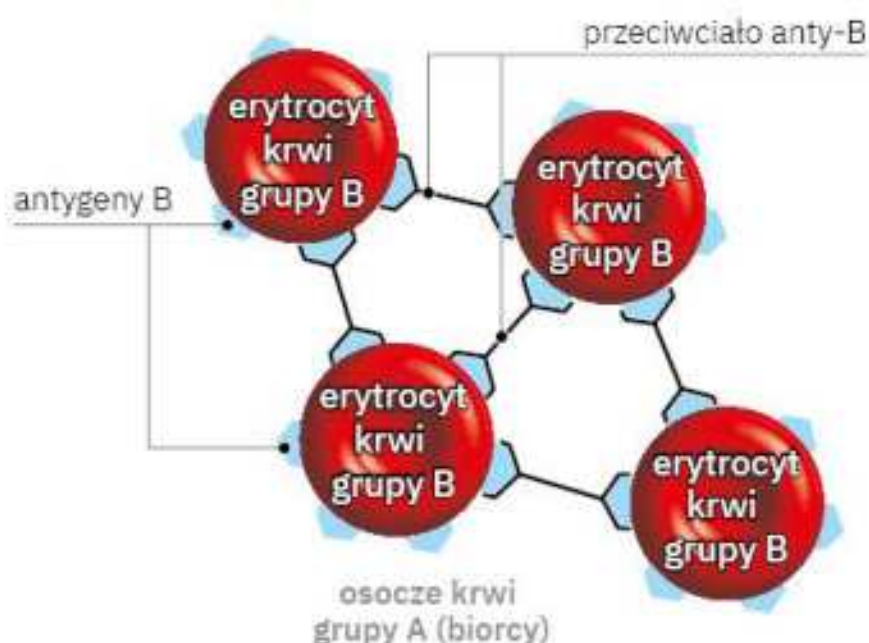
Znajomość grup krwi ma szczególne znaczenie przy przeprowadzaniu transfuzji krwi i przeszczepów. Specyficzne białka (glikoproteiny) o właściwościach antygenowych (aglutynogeny) znajdujące się na powierzchni erythrocytów to: antygen A, antygen B, antygen D.

Antygeny A i B decydują o występowaniu 4 głównych grup krwi: **A**, **B**, **AB**, **O**. Jednocześnie w surowicy krwi znajdują się naturalne przeciwciała (aglutyniny) **anty-A** i **anty-B** skierowane przeciwko obcym antygenom krwinkowym (ryc. IV.2.16.).

	Grupa krwi A	Grupa krwi B	Grupa krwi AB	Grupa krwi O
krwinki czerwone				
przeciwciała krążące w osoczu krwi	 Anty-B	 Anty-A	 Brak	 Anty-A i Anty-B
antygeny obecne na krwinkach czerwonych	 Antygen A	 Antygen B	 Antygeny A i B	 Brak

Ryc. IV.2.16. Przeciwciała i antygeny w grupach krwi A, B, AB, O.

Połączenie antygeny krwinkowego ze skierowanym przeciwko niemu przeciwciałem może się zakończyć **aglutynacją**, czyli zlepieniem erytrocytów, co może doprowadzić do śmierci (ryc. IV.2.17.).

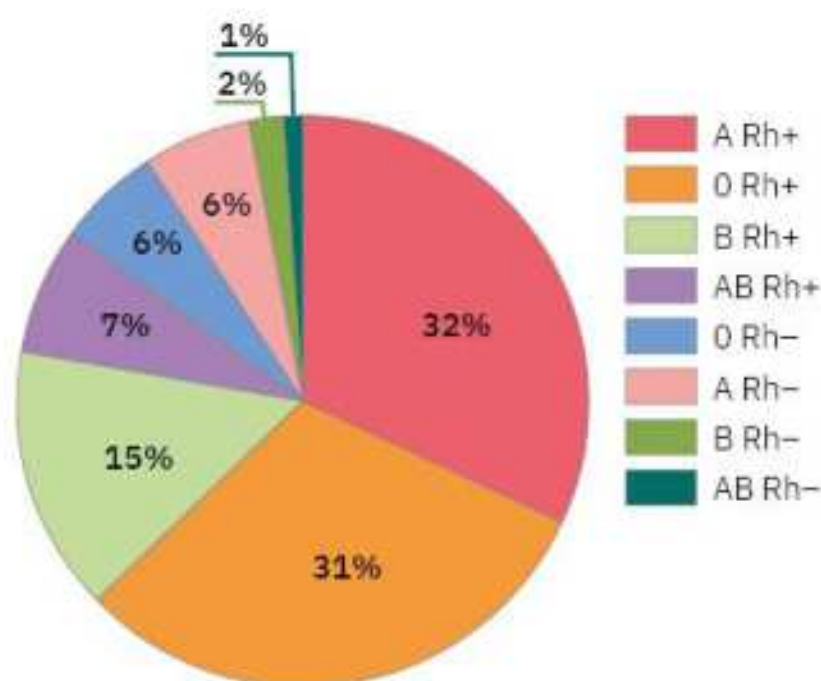


Ryc. IV.2.17. Przykład przetaczania niewłaściwej grupy krwi.

Tab. IV.2.1. Zgodność grup krwi.

Zgodność grup krwi				
Grupa krwi	Antygen	Przeciwciała w osoczu	Może być dawcą dla	Może być biorcą od
A	A	aglutynina anti-B	A, AB	A, 0
B	B	aglutynina anti-A	B, AB	B, 0
AB	A i B	brak	AB	uniwersalny biorca (A, B, AB, 0)
0	0	aglutynina anti-A i aglutynina anti-B	uniwersalny dawca (A, B, AB, 0)	0

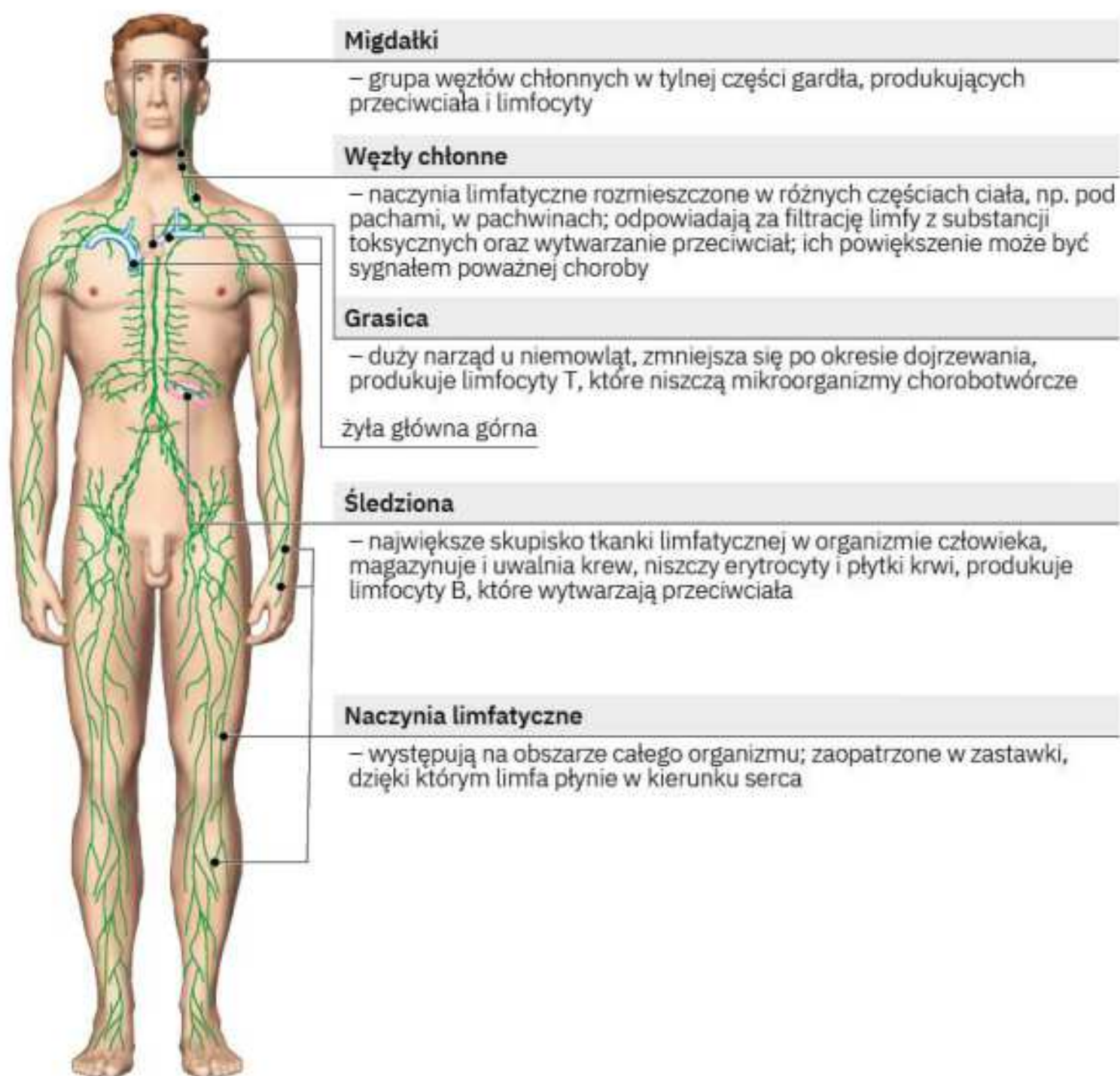
Na błonach erytrocytów mogą znajdować się także antygeny D. Taką cechę określa się jako **Rh (+)** dodatnią. Brak tego antygeny określamy jako **Rh (-)** ujemne. Osób z Rh (-) jest około 15% w całej populacji ludzkiej (ryc. IV.2.19.).



Ryc. IV.2.18. Udział poszczególnych grup krwi w populacji Polaków.

Układ limfatyczny

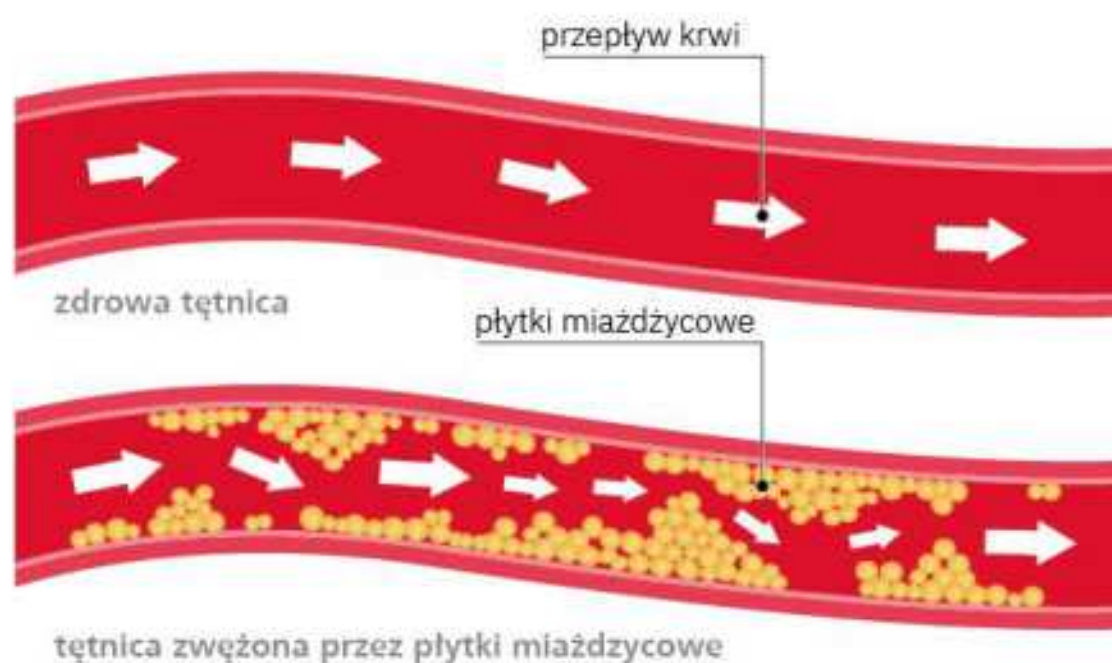
Układ limfatyczny składa się z **sieci naczyń limfatycznych**, w których płynie limfa, oraz z **tkanki chłonnej**. Tkanka chłonna buduje drobne **grudki chłonne** (np. w przewodzie pokarmowym), większe **węzły chłonne** oraz **migdałki, grasicę i śledzionę**. Główną funkcją układu limfatycznego jest transport wody i substancji białkowych z naczyń włosowatych do obiegu krwi oraz oczyszczanie organizmu z ciał i substancji obcych lub szkodliwych dla organizmu. W porównaniu z układem krwionośnym układ limfatyczny jest układem otwartym, a transport limfy odbywa się pod małym ciśnieniem. W naczyniach limfatycznych występują zastawki (ryc. IV.2.19.).



Ryc. IV.2.19. Schemat budowy układu limfatycznego.

Choroby układu krążenia

Miażdżycyca (arterioskleroza) jest jedną z najczęściej występujących chorób krążenia. Wraz z wiekiem ściany naczyń twardnieją. Na ścianach tętnic odkładają się cząsteczki tłuszczu, białka i sole wapienne. Szczególnie niebezpieczny jest cholesterol, związek tłuszczowy wytwarzany przez organizm (wątroba wytwarza go ok. 2 gramów na dobę). Jeśli stężenie cholesterolu we krwi jest wysokie (zwłaszcza tego o niskiej gęstości, czyli LDL), to odkłada się on w ścianach tętnic w postaci, tzw. złogów, czyli **blaszki miażdżycowej**. Blaszki zwężają i usztywniają ściany tętnic, najczęściej wieńcowych serca, szynnych zaopatrujących mózg w krew oraz doprowadzających krew do nóg. Proces ten nazywa się miażdżycą (ryc. IV.2.20.).



Ryc. IV.2.20. Porównanie światła zdrowej tętnicy i tętnicy zmienionej na skutek miażdżycy.

Przez zwężone tętnice wieńcowe do serca nie dociera odpowiednia ilość krwi. Prowadzi to do niedotlenienia serca, co objawia się bólem w klatce piersiowej – tzw. **dusznica bolesna**. Wzrastające ciśnienie może spowodować pęknięcie wewnętrznej ściany naczynia. Tworzący się w miejscu pęknięcia przez płytki krwi skrzep może się oderwać i z krwią popłynąć, np. w kierunku serca (dochodzi wtedy do zawału), mózgu (dochodzi do udaru) czy płuc (powstaje zator).

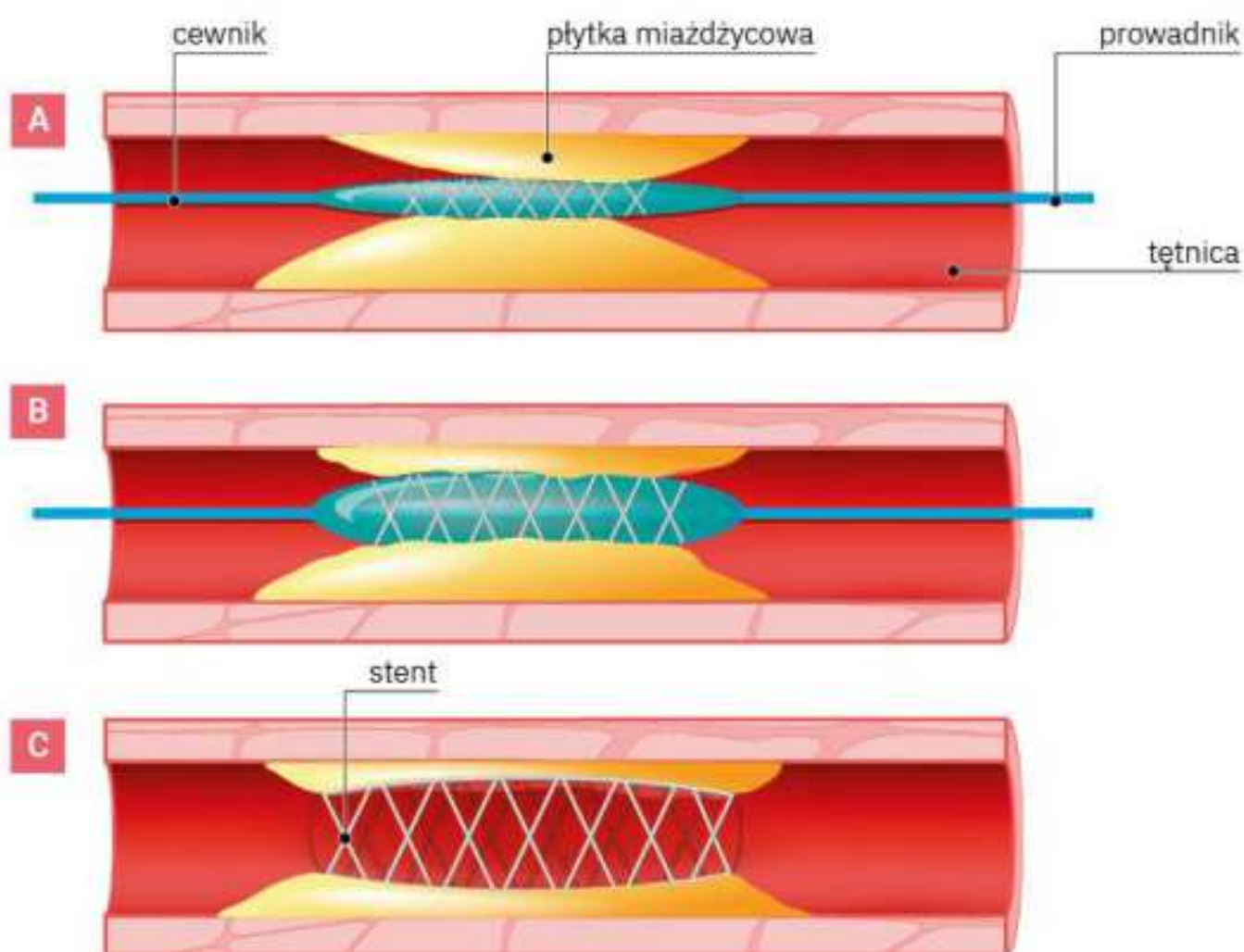
Czynnikami, które zwiększają ryzyko wystąpienia miażdżycy, oprócz predyspozycji genetycznych, są: dieta bogata w nasycone kwasy tłuszczowe i cukry, palenie tytoniu, starszy wiek, płeć męska, stres i niektóre choroby (cukrzyca, nadciśnienie tętnicze, otyłość). Do najczęściej stosowanych metod diagnostyki miażdżycy zaliczamy badanie stężenia trójglicerydów i cholesterolu we krwi. Ponadto wykonuje się USG tętnic, **tomografię komputerową serca, koronarografię** (działanie kontrastu, który pozwala oglądać zmienione tętnice wieńcowe





za pomocą promieniowania rentgenowskiego) oraz **scyntygrafię** (badanie z wykorzystaniem izotopu, który przepływa z krwią przez tętnice wieńcowe i jest wychwytywany przez serce, a miejsca jego braku wskazują na wystąpienie uszkodzeń serca).

Leczenie miażdżycy to głównie stosowanie leków obniżających ciśnienie i krzepliwość krwi (np. nitrogliceryna) oraz poziom cholesterolu we krwi. Do zabiegów chirurgicznych zaliczamy **angioplastykę** (balonikowanie – rozpychanie i kruszenie złożeń cholesterolu balonikiem), **stenty** (krótkie rurki umieszczane we wnętrzu tętnicy zapobiegające odkładaniu się blaszki miażdżycowej) oraz **by-passy** (z j. ang. pomostowanie, wszczepienie fragmentu zdrowej żyły, np. z nogi pacjenta, aby omijała zmianę miażdżycową) (ryc. IV.2.21.).



Ryc. IV.2.21. Angioplastyka naczynia krwionośnego (A i B – balonikowanie, C – stent).

W zwalczaniu miażdżycy ważną rolę odgrywa profilaktyka. Do najważniejszych zaleceń profilaktycznych należy:

- prowadzenie aktywnego trybu życia;
- ograniczenie spożywania nasyconych kwasów tłuszczowych i cukrów prostych (czerwone mięso, *fast food*, słodyczne, smażone potrawy);
- niepalenie papierosów;
- zrównoważona dieta bogata w sole mineralne, aminokwasy i witaminy.

Zmiany miażdżycowe zwężające naczynia krwionośne prowadzą do **choroby niedokrwiennej serca**. Głównymi objawami są bóle w klatce piersiowej po intensywnym wysiłku fizycznym (tzw. bóle wieńcowe). Jeśli naczynie wieńcowe zostaje całkowicie zatkane, prowadzi to **do zawału**. Do mięśnia serca nie dopływa krew z tlenem i substancjami odżywczymi, co skutkuje martwicą tkanek. Jeśli jest ona rozległa, to może skończyć się zgonem. Drugą przyczynę zawału serca stanowi oderwanie blaszki miażdżycowej i przemieszczanie się jej fragmentu do naczynia wieńcowego. Powoduje to zamknięcie naczynia i w efekcie pojawia się niedokrwienie mięśnia serca. Objawami zawału są: piekący ból w klatce piersiowej za mostkiem, kołatanie serca, duszności, zimne poty, ból brzucha z mdłościami i wymiotami, nieuzasadniony niepokój i lęk przed śmiercią. Objawy te powinny być wskazaniem do wezwania pomocy lekarskiej. Im wcześniej zostanie rozpoznany zawał i rozpoczęte leczenie, tym większe szanse na uratowanie życia. Najlepsze rokowania mają pacjenci, u których rozpoczęto leczenie w ciągu pierwszej godziny od stwierdzenia objawów.

Miażdżyca, nadciśnienie tętnicze, zator jednej z tętnic mózgu czy wylew krwi z pękniętego naczynia krwionośnego mogą być przyczyną **udar mózgu**. Objawami udaru są nagłe, silne bóle głowy połączone z zaburzeniami równowagi, czucia i ruchu po jednej stronie ciała, zaburzenia mowy, wykrzywienie twarzy po jednej stronie, widoczne opadanie kącika ust czy powiek. Przy stwierdzeniu tych objawów należy wezwać pomoc lekarza. Szybka pomoc pozwala na zahamowanie obumierania komórek mózgu, które niedokrwione giną w tempie 1,8 mln na minutę. Czynniki zwiększające ryzyko wystąpienia udaru stanowią wiek powyżej 55 lat, płeć (częściej kobiety), cukrzyca, palenie papierosów, otyłość, nadużywanie alkoholu oraz czynniki genetyczne.

Bardzo istotne we wczesnym wykryciu wielu chorób w organizmie jest wykonanie **morfologii krwi**. Uzyskane wyniki porównuje się z normami, a ich interpretacja pozwala na ocenę stanu zdrowia pacjenta (tab. IV.2.2). Na morfologię składają się:

- ocena m.in. liczby erytrocytów (krwinek czerwonych), leukocytów (krwinek białych) i krwinek płytkowych w mm^3 krwi;
- ustalenie poziomu hematokrytu, czyli procentowego udziału elementów upostaciowionych w ogólnej masie krwi;
- wskazanie stężenia hemoglobiny i procentowego udziału poszczególnych rodzajów leukocytów na podstawie ogólnej ich liczby.

To pozwala na obliczenie średniej objętości erytrocytu (MCV) oraz średniego stężenia hemoglobiny w erytrocycie (MCH) oraz stężenia hemoglobiny w ogólnej masie erytrocytów (MCHC).

Tab. IV.2.2. Przykładowe zakresy wartości parametrów krwi.

Parametr	Norma
Erytrocyty (RBC – krwinki czerwone)	niemowlęta – $3,8 \times 10^6/\mu\text{l}$ kobiety – $3,9\text{--}5,6 \times 10^6/\mu\text{l}$ mężczyźni – $4,5\text{--}6,5 \times 10^6/\mu\text{l}$
Hemoglobina (HGB)	kobiety – $11,5\text{--}15,5 \text{ g/dl}$ mężczyźni – $13,5\text{--}17,5 \text{ g/dl}$
Hematokryt (HCT)	dzieci do 15 lat: 35–39% kobiety: 37–47% mężczyźni: 40–51%
MCV (średnia objętość krwinki czerwonej)	kobiety: 81–99 fl mężczyźni: 80–94 fl
MCH (<i>Mean Corpuscular Hemoglobin</i>) – średnia zawartość hemoglobiny w krwince czerwonej	kobiety i mężczyźni: 26–32 pg
MCHC (średnie stężenie hemoglobiny w krwince czerwonej)	kobiety i mężczyźni: 31–36 g/dl
Leukocyty (WBC – krwinki białe)	kobiety i mężczyźni: $4,1\text{--}10,9 \times 10^3/\mu\text{l}$
Limfocyty (LYM)	noworodki: $2,5\text{--}10,5 \times 10^9/\text{l}$ kobiety i mężczyźni: $1,5\text{--}3,5 \times 10^9/\text{l}$
Monocyty (MONO)	kobiety i mężczyźni: $0\text{--}0,8 \times 10^9$
Trombocyty (PLT; płytki krwi)	kobiety i mężczyźni: $140\text{--}440 \times 10^3/\mu\text{l}$ (G/l)

fl – femtolitr (jednostka objętości; 10^{-15} l)

pg – pikogram; 10^{-12} g

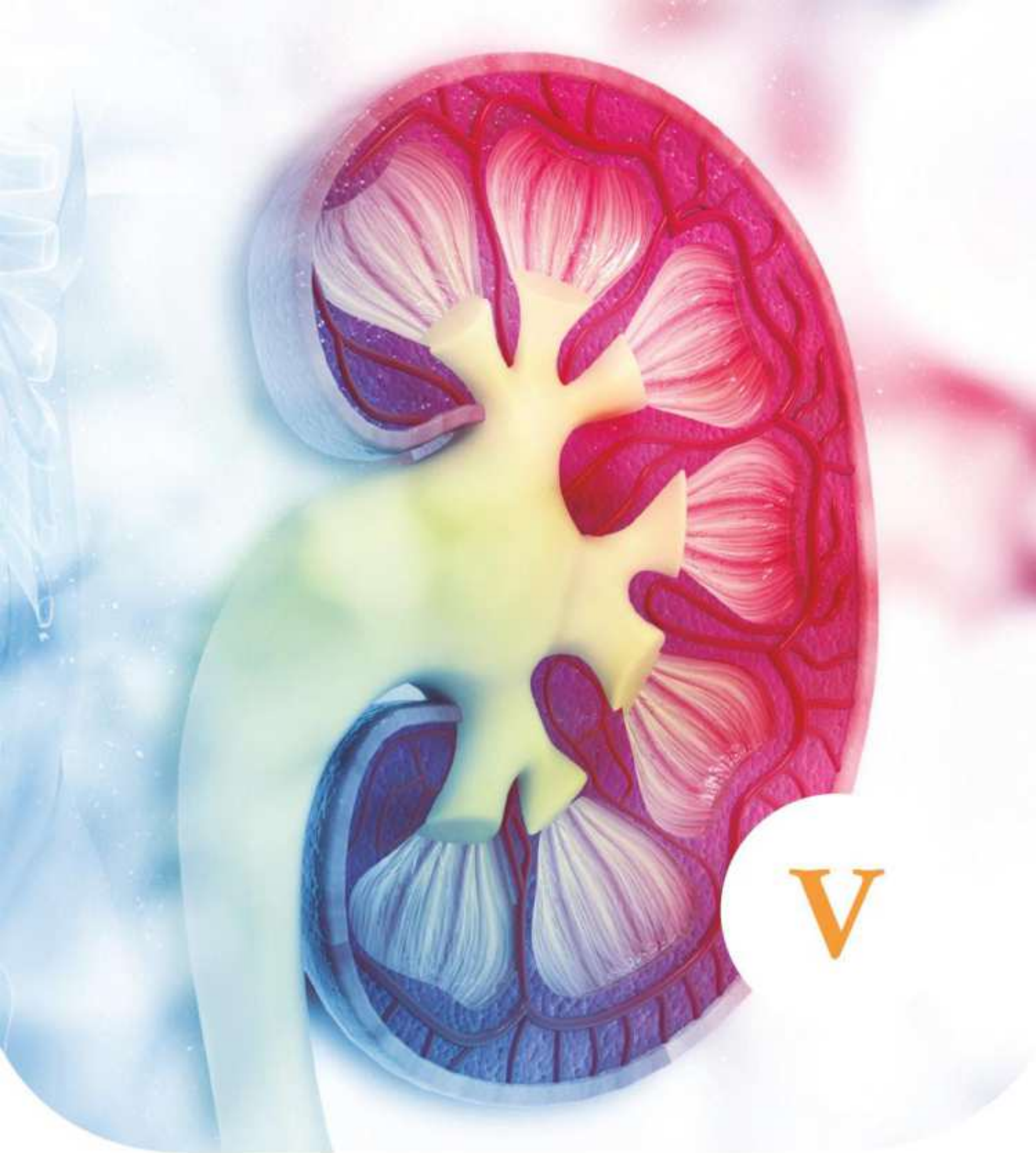
Analiza krwi pozwala także określić poziom cholesterolu, zawartość makroelementów i mikroelementów oraz hormonów i enzymów.

PYTANIA I POLECENIA

1. Porównaj limfę, osocze i płyn tkankowy.
2. Porównaj budowę i funkcję naczyń krwionośnych: żył, tętnic i naczyń włosowatych.
3. Omów funkcje zastawek serca.
4. Wyjaśnij znaczenie krążenia wieńcowego w sercu.
5. Porównaj funkcje krwioobiegu małego i dużego w organizmie.
6. Przedstaw etapy krzepnięcia krwi. Wyjaśnij znaczenie tego procesu dla utrzymania równowagi organizmu (homeostazy).
7. Wyjaśnij, jakie znaczenie w transplantologii ma znajomość grup krwi.
8. Porównaj budowę i funkcję układu krwionośnego i limfatycznego.

Podsumowanie działu

- układ krążenia składa się z układu krwionośnego i limfatycznego
- układ krwionośny tworzy układ zamknięty – zbudowany z serca i naczyń krwionośnych
- krew płynie tętnicami z serca do tkanek, a żyłami odwrotnie
- naczynia włosowate mają cienkie ściany i umożliwiają wymianę substancji i gazów oddechowych między krwią a komórkami ciała
- serce to narząd mięśniowy zaopatrywany w tlen i substancje odżywcze przez układ wieńcowy; składa się z dwóch przedsionków i dwóch komór oddzielonych całkowitą przegrodą
- przepływ krwi w sercu jest jednokierunkowy od przedsionków do komór; przed cofaniem się krwi zabezpieczają zastawki przedsionkowo-komorowe i półksiężycowate
- serce samodzielnie kurczy się dzięki ośrodkom automatyzmu
- rozrusznikiem serca jest węzeł zatokowy, który generuje impulsy nerwowe
- serce pracuje według schematu zwanego cyklem pracy serca, któremu towarzyszą zjawiska akustyczne – tzw. tony serca
- zapis elektrycznej pracy serca to EKG
- krew krąży w dwóch krwiobiegach: dużym (natlenowana krew jest transportowana do wszystkich komórek ciała) i małym (natlenowanie krwi w płucach)
- utrzymanie homeostazy w organizmie zachodzi dzięki procesowi krzepnięcia krwi
- na powierzchni erytrocytów znajdują się specyficzne białka warunkujące grupy krwi A, B, AB, O; w obrębie każdej z nich występuje czynnik Rh(+) lub Rh(-)
- znajomość grup krwi ma istotne znaczenie przy transfuzjach krwi
- układ limfatyczny jest układem otwartym połączonym z układem krwionośnym; jest zbudowany z naczyń limfatycznych i narządów limfatycznych; w naczyniach płynie limfa, która pełni funkcje transportowe substancji oraz funkcję odpornościową
- najczęstsze choroby układu krążenia to nadciśnienie tętnicze krwi, miażdżyca, zawał i udar, a w celu ich wykrycia stosuje się odpowiednią diagnostykę

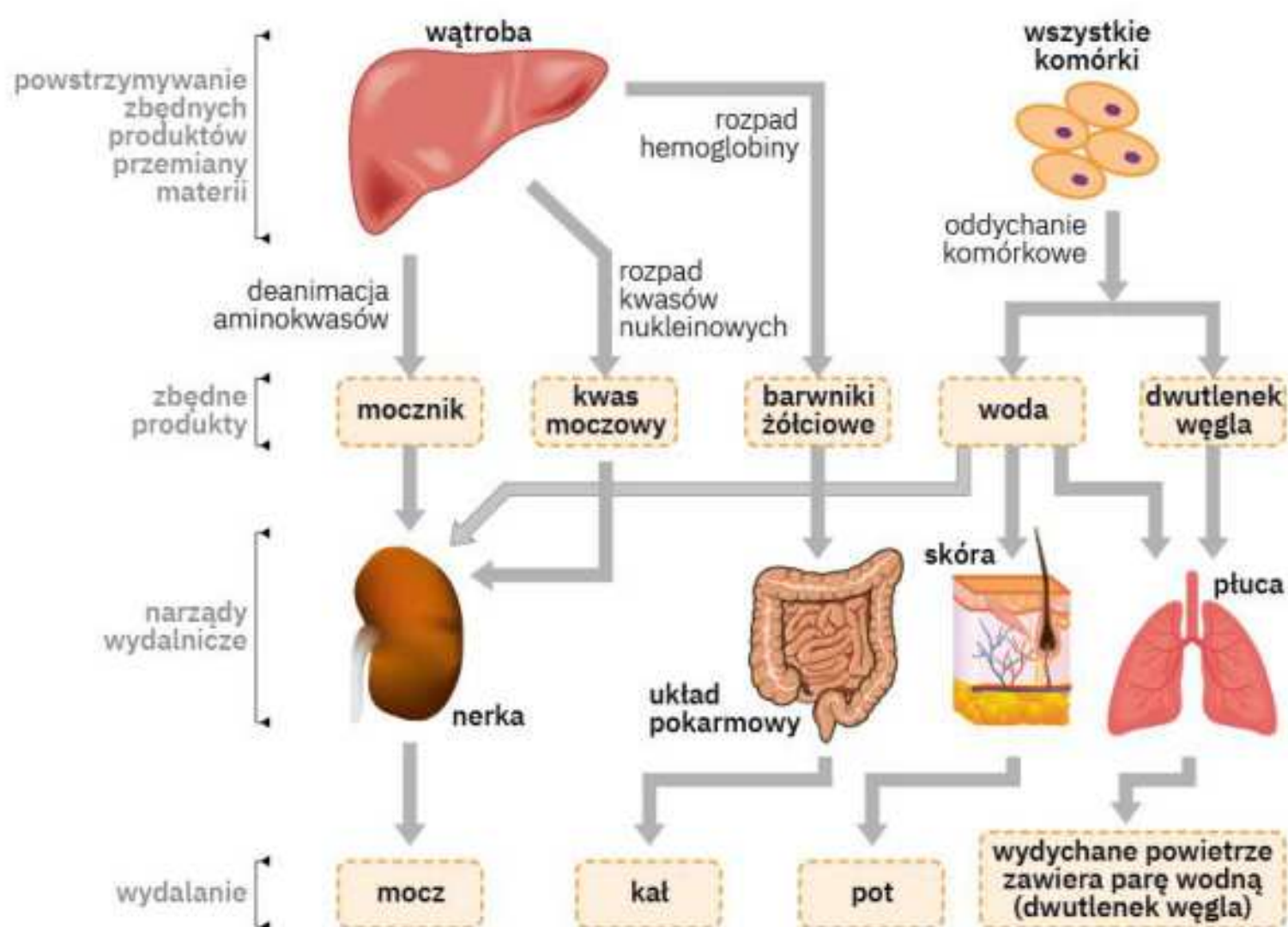


OSMOREGULACJA I WYDALANIE

1. Układ wydalniczy

Układ wydalniczy jest odpowiedzialny za utrzymanie równowagi wodnej, mineralnej (osmoregulacji) i azotowej w organizmie człowieka.

Podczas procesów przemiany materii i energii powstają zbędne i szkodliwe produkty metabolizmu: woda z solami mineralnymi, dwutlenek węgla i związki azotowe (amoniak, mocznik, kwas moczowy). W usuwaniu tych związków z organizmu biorą udział skóra, płuca, układ pokarmowy i wydalniczy (ryc. V.1.1.). Dwutlenek węgla jest usuwany przez układ oddechowy, a związki azotowe wraz z wodą i solami mineralnymi – przez układ wydalniczy w **procesie wydalania**. Amoniak powstaje w procesie deaminacji aminokwasów i zostaje przekształcony w wątrobie w cyklu mocznikowym w mniej toksyczny mocznik. Kwas moczowy jest produktem przemian kwasów nukleinowych (zasad purynowych). Woda jako produkt oddychania komórkowego jest usuwana przez nerki i układ oddechowy, pokarmowy i skórę.

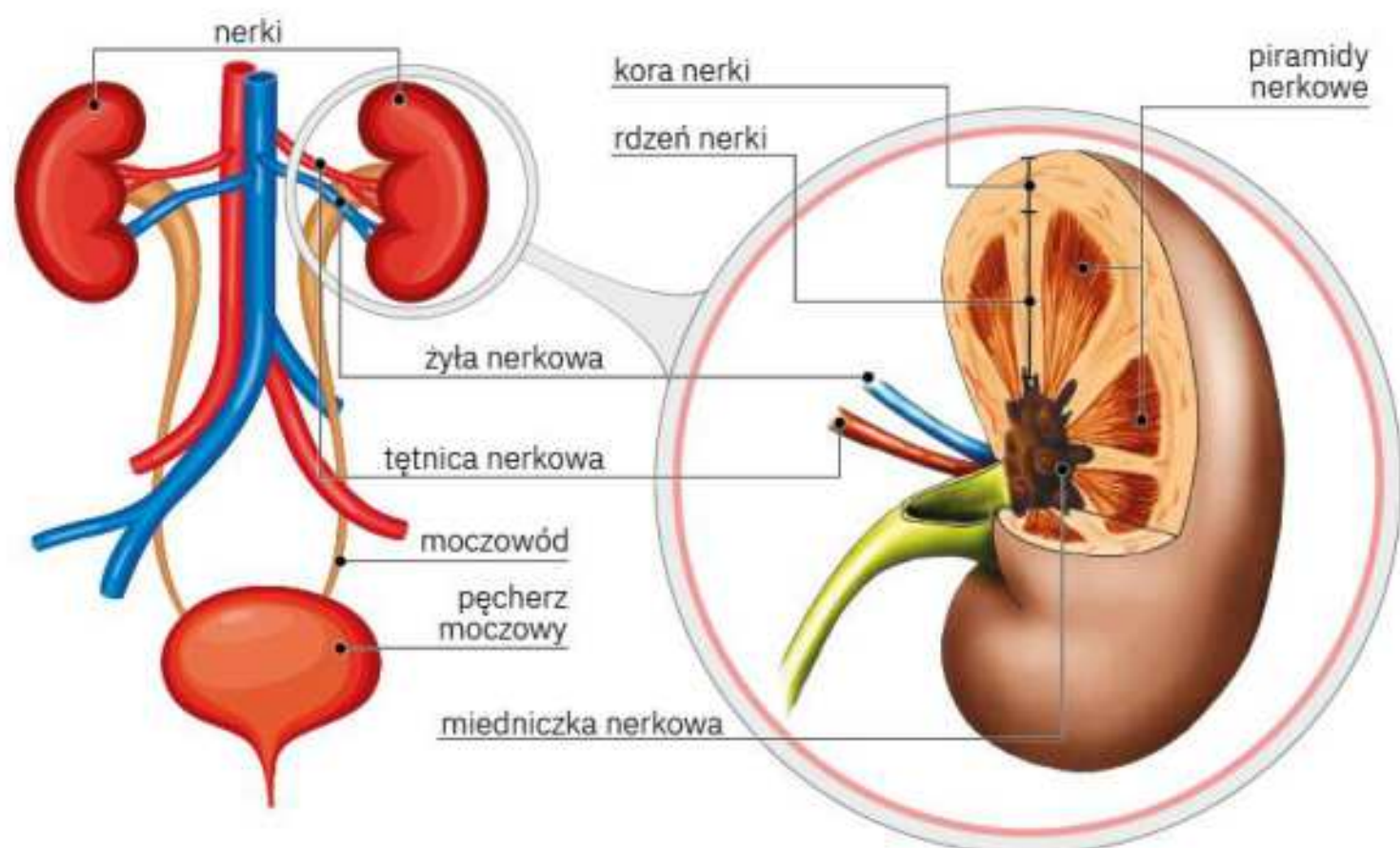


Ryc. V.1.1. Wydalanie zbędnych produktów metabolizmu.

Pojęcie *wydalanie* nie jest tożsame z **defekacją**, która oznacza usuwanie niestrawionych resztek pokarmowych.

Budowa układu wydalniczego

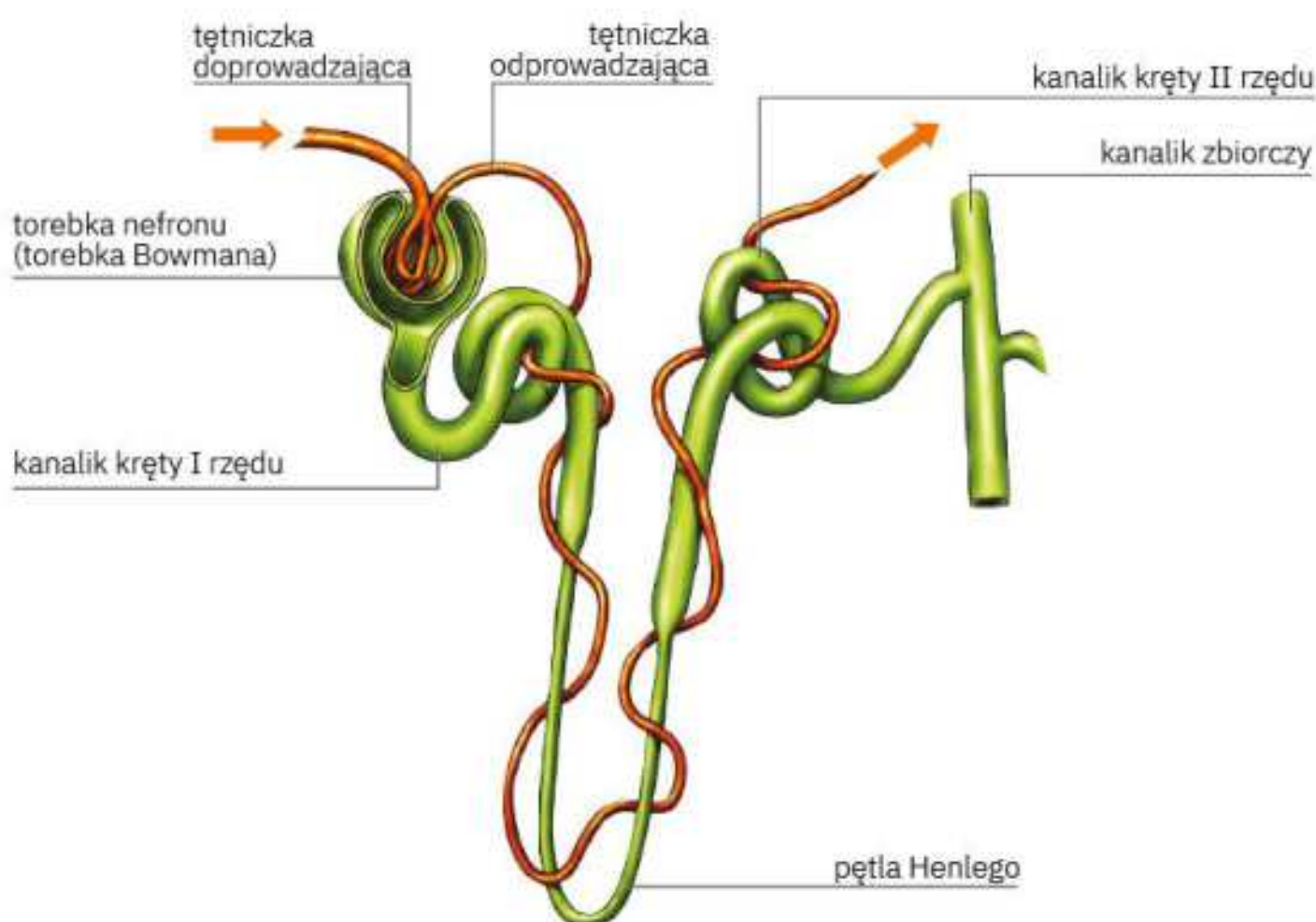
W skład układu wydalniczego wchodzi nerki oraz drogi wyprowadzające mocz: moczowody, pęcherz moczowy oraz cewka moczowa (ryc. V.1.2.).



Ryc. V.1.2. Budowa układu wydalniczego.

Nerki są parzystymi narządami położonymi w jamie brzusznej po obu stronach kręgosłupa na wysokości odcinka lędźwiowego (ryc. V.1.2.). Lewa nerka znajduje się nieco wyżej od prawej. Wielkość nerek jest zbliżona do pięści. Otacza je torebka zbudowana z tkanki łącznej. W nerce wyróżniamy dwie warstwy: powierzchnię **korę nerki** i położoną wewnątrz – **rdzeń nerki**. Rdzeń tworzą **piramidy nerkowe** o kształcie stożków, które swoją podstawą są skierowane do kory, a wierzchołkami (brodawkami nerkowymi) – do warstwy rdzenia. Z piramid nerkowych mocz spływa do **kielichów nerkowych** o kształcie lejkowatym, które zbierają się w **miedniczkę nerkową** – rozszerzony początek moczowodu. Od strony zagłębienia nerki (wnęki) miedniczki przechodzą w **moczowód**, którym mocz uchodzi do **pęcherza moczowego**. Jest z niego usuwany na zewnątrz **cewką moczową**. Ściany pęcherza moczowego, zbudowane z mięśni gładkich, są elastyczne i pod wpływem napętnienia moczem stopniowo się rozciągają. Pojemność pęcherza wynosi około 1 litr. Cewka moczowa kobiet jest krótka, natomiast u mężczyzn dłuższa i służy do wyprowadzania moczu i nasienia.

Podstawową jednostką funkcjonalną i strukturalną nerki jest **nefron**. W jednej nerce znajduje się około 1,5 miliona nefronów (ryc. V.1.3.).



Ryc. V.1.3. Budowa nefronu.

Nefron jest zbudowany z **ciałka nerkowego** (ciałka Malpighiego; czytaj: malpighiego) oraz **kanalików nerkowych**. Ciało nerkowe to sieć włosowatych naczyń krwionośnych otoczonych **torebką kłębuszka** (torebka Bowmana), której ściana jest zbudowana z nabłonka jednowarstwowego płaskiego. Do ciała nerkowego wchodzi **tętniczka nerkowa doprowadzająca**, która rozgałęzia się na sieć naczyń włosowatych wychodzących **tętniczką nerkową odprowadzającą**. Taki układ nosi nazwę sieci dziwnej. Od torebki nerkowej odchodzi **kanalik kręty bliższy (proksymalny, I rzędu)** który przechodzi w tzw. **pętlę Henlego** (pętlę nefronu) składającą się z ramienia zstępującego i wstępującego. Pętla nefronu przechodzi z kolei w **kanalik kręty dalszy (dystalny, II rzędu)**, a ten w **kanalik zbiorczy**. Wszystkie odcinki kanalika nerkowego oplata tętniczka odprowadzająca.

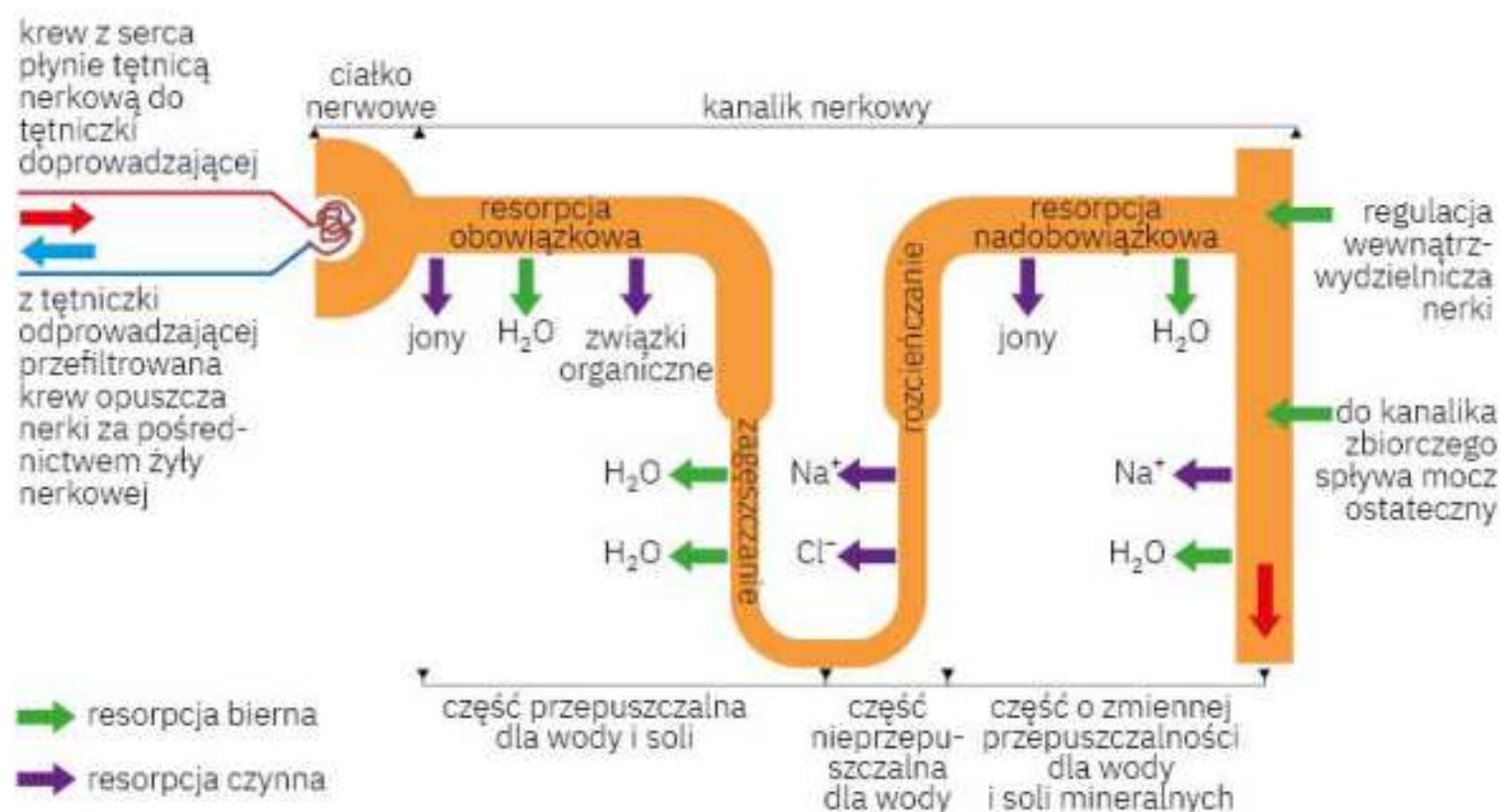
PYTANIA I POLECENIA

1. Wyjaśnij różnice między wydalaniem i defekacją.
2. Wyjaśnij, jaką funkcję pełnią nerki w utrzymaniu procesu stanu równowagi wewnętrznej organizmu – homeostazy.

2. Powstawanie i wydalanie moczu

Na proces powstania i wydalania moczu składają się trzy etapy: **filtracja, resorpcja i sekrecja**.

Filtracja zachodzi w ciałkach nerkowych nefronu. Polega na przenikaniu niektórych substancji z osocza krwi z naczyń włosowatych kłębuszka do torebki kłębuszka. Jest to możliwe dzięki różnicy ciśnień – w kłębuszku ciśnienie jest wyższe niż w torebce kłębuszka. Ponadto ściany naczyń włosowatych kłębuszka odznaczają się dużą przepuszczalnością dzięki perforacjom między komórkami. Około 20% objętości osocza krwi przepływającego przez naczynia kłębuszka przechodzi do powstającego **moczu pierwotnego** (tzw. **ultraprzesączu**). Pozostała część jest odprowadzana tętniczką odprowadzającą. Płyn ten przypomina składem osocze krwi. Zawiera **wodę, jony soli mineralnych** (np. sodu, potasu, chlorkowe, wodorowęglanowe), a także **drobnochłasteczkowe związki organiczne** (np. aminokwasy, witaminy, glukozę, mocznik). W moczu pierwotnym nie ma już substancji, gdyż te nie mogą przedostać się przez błonę kłębuszka, takich jak białka. W nerkach powstaje około **150-180 litrów moczu pierwotnego** na dobę. Tak duża ilość nie mogłaby zostać usunięta przez organizm człowieka. Dlatego mocz pierwotny podlega procesom **wchłaniania zwrotnego**, czyli **resorpcji**. Resorpcja polega na odzyskiwaniu potrzebnych organizmowi substancji w sposób czynny (z wykorzystaniem energii) lub bierny (bez wykorzystania energii). Zachodzi w kanalikach nerkowych. Kanalik bliższy wchłania około 65% moczu pierwotnego, m.in. glukozy, aminokwasów, witamin, jonów soli mineralnych. Jest to tzw. **wchłanianie zwrotne obowiązkowe**. W kanalikach dalszych i kanaliku zbiorczym następuje dalsza **resorpcja zwrotna nieobowiązkowa** wody i jonów sodu, regulowana hormonalnie i zależna od poziomu uwodnienia płynów ustrojowych. W pętli Henlego zachodzi zagęszczanie moczu na drodze mechanizmu przeciwprądowego. Ramię **zstępujące jest przepuszczalne dla wody, a wstępujące – nieprzepuszczalne dla wody**. To w nim zachodzi aktywne wchłanianie jonów sodu. Podczas przepływu przesączu ramieniem zstępującym pętli Henlego woda na drodze osmozy przepływa na zewnątrz, co powoduje zagęszczenie moczu, który jest dalej transportowany do kanalika dalszego. Tam zachodzi **sekrecja kanalikowa**, która jest procesem odwrotnym do resorpcji. Polega na wydzielaniu do światła kanalików różnych substancji, np. soli amonowych, jonów wodorowych, jonów potasowych, hormonów steroidowych, kreatyniny oraz leków przyjmowanych podczas choroby, np. penicyliny czy sulfonamidów. Przesącz po przejściu resorpcji i sekrecji spływa do kanalika zbiorczego, który otwiera się do kielicha nerkowego. Kielichy nerkowe łączą się w miedniczkę nerkową, którą **mocz ostateczny** spływa moczowodem do pęcherza moczowego.



Ryc. V.2.1. Powstawanie moczu.

Skład moczu

Człowiek zdrowy w ciągu doby wytwarza od **1** do **2 litrów** moczu. Składa się on z około 96% wody, 1,5% soli mineralnych i 2,5% związków organicznych (tab. V.2.1.). Związki mineralne to głównie **chlorek sodu**, a organiczne – **mocznik**, **kreatynina** (związek azotowy wytwarzany podczas procesów metabolicznych w mięśniach), **kwas moczowy** i **barwniki**, np. urobilinogen (związek powstający w świetle jelita w wyniku działania enzymów bakteryjnych).

Tab. V.2.1. Porównanie składu wybranych składników moczu pierwotnego i ostatecznego.

Składniki	Mocz pierwotny	Mocz ostateczny
woda	180 l	1,8 l
cukier	+	–
witaminy	+	+/-
aminokwasy	+	–
sole mineralne	+	+/-
krwinki	–	–
białko	–	–

Ilość produkowanego moczu może ulegać zmianom. Zmiany te zależą od ilości pobranych płynów i utraconej wody, np. podczas intensywnego wysiłku fizycz-

nego czy choroby przez skórę, układ oddechowy i pokarmowy, a także od temperatury otoczenia, ciśnienia krwi czy wieku.

Mocz po opuszczeniu kanalików zbiorczych dostaje się do miedniczki nerkowej, w której się gromadzi. Dzięki skurczom mięśni moczowodów małymi porcjami przepływa do pęcherza moczowego. Kiedy pęcherz moczowy jest wypełniony, rozciągnięcie jego ścian pobudza odpowiednie receptory i informacja o tym dostaje się do ośrodka w części krzyżowej rdzenia kręgowego. Cewka moczowa w swojej ścianie zawiera dwa mięśnie zwieracze, które odpowiadają za jej zamykanie. Następuje rozluźnienie mięśnia zwieracza cewki, pęcherz się kurczy i mocz jest wydalany na zewnątrz. Na granicy z pęcherzem praca zwieracza nie zależy od naszej woli, natomiast przy ujściu cewki moczowej może być do pewnego stopnia świadomie kontrolowana. U dzieci do 2.–3. roku życia ten odruch zachodzi bez udziału ośrodków kory mózgowej, która nie jest jeszcze dobrze rozwinięta. U dzieci od około 4. roku życia może nastąpić powtarzające się w nocy i w dzień oddawanie moczu, tzw. **moczenie mimowolne**. Jego podłożem mogą być schorzenia układu wydalniczego lub stany nerwicowe.

Kontrola hormonalna wydalania

Ilość produkowanego moczu i jego skład są stabilizowane przez hormony.

Wchłanianie wody reguluje **hormon antydiuretyczny – wazopresyna** (uwalniany przez tylny płat przysadki mózgowej). Niedobór lub brak tego hormonu powoduje moczówkę prostą, chorobę, która objawia się nadmierną produkcją moczu – od **5 do 20 litrów** na dobę (najwięcej nocą). Utrata tak dużej ilości wody powoduje wzmożone pragnienie. Pomimo dostarczania dużej ilości płynów chory odczuwa oznaki odwodnienia. Za prawidłowe wchłanianie jonów sodu odpowiada hormon kory nadnerczy – **aldosteron**, a za wchłanianie jonów wapnia – hormon wydzielany przez przytarczycę – **parathormon**.

W nerce znajduje się także **aparat przykłębuszkowy**, będący narządem wydzielniczym i receptorowym nerki. Powstaje w nim enzym – **renina**. Reguluje ona równowagę jonową w organizmie oraz objętość i ciśnienie krwi. W nerkach jest produkowany hormon tkankowy – **erytropoetyna**, która pobudza proces wytwarzania krwinek czerwonych – erytrocytów.

Choroby układu wydalniczego

Do podstawowych badań laboratoryjnych pozwalających na rozpoznanie wielu chorób należy **analiza moczu**. Podczas badania określa się jego **właściwości fizyczne**: barwę, przejrzystość, pH oraz ciężar właściwy (gęstość), a także obec-

ność niektórych substancji, takich jak białko, glukoza, ciała ketonowe, bilirubina i urobilinogen (ryc. V.2.2.).



Ryc. V.2.2. Prawidłowe wyniki badania moczu.

Mocz zdrowej osoby powinien **być przejrzysty** o barwie od jasnożółtej do słomkowej. **Zmętnienie moczu** jest sygnałem infekcji bakteryjnej. Barwa moczu jest wynikiem obecności barwników. Intensywne zabarwienie wskazuje na duże zagęszczenie moczu, czyli spożywanie zbyt małej ilości płynów. **Barwa brązowa** może świadczyć o problemach z pęcherzykiem żółciowym lub o zapaleniu wątroby, czyli żółtaczce. Dieta pokarmowa także zmienia kolor moczu. Często barwniki ze spożywanych pokarmów czy leki przechodzą do moczu, np. po zjedzeniu buraków staje się on różowy. **Odczyn moczu** powinien być od lekko kwaśnego po lekko zasadowy. Zmiana odczynu jest najczęściej wynikiem określonego sposobu odżywiania – dieta bogata w białko (pokarmy zwierzęce) podnosi, a bogata w pokarmy roślinne – obniża odczyn. **Ciężar właściwy moczu** niższy przez dłuższy czas od 1005 g/l występuje u osób z przewlekłą niewydolnością nerek. W moczu zdrowej osoby nie stwierdzamy występowania białka, glukozy, bilirubiny ani ciał ketonowych, ponieważ ich stężenia są bardzo niskie i trudne do wykrycia. Ilość białka u zdrowych ludzi wynosi około **100 mg/dobę**, a wzrost **powyżej 300 mg/dobę** to **białkomocz patologiczny**. Wskazuje on na choroby lub uszkodzenia nerek. Białkomocz czasami występuje u osób zdrowych, ale po wysiłku fizycznym lub u kobiet w ciąży – wówczas nazywamy go **białkomoczem fizjologicznym (powyżej 250 mg/dobę)**.

Prawidłowe stężenie glukozy we krwi wynosi **od 3,9 do 6,1 mmol/l**. Jeśli ta wartość zostanie przekroczona powyżej **10–11 mmol/l (tzw. próg nerkowy)**, wówczas glukoza nie zostaje wchłonięta zwrótnie w kanalikach nerkowych i pojawi się w moczu ostatecznym. Oznacza to **cukromocz (glikozuria)**, który najczęściej towarzyszy cukrzycy, a także nadciśnieniu, wysiłkowi fizycznemu czy gorączce. **Bilirubina** jest produktem rozpadu barwnika krwi (hemu) podczas

rozkładu krwinek czerwonych. Jej obecność w moczu ostatecznym jest efektem niedrożności dróg żółciowych (żółtaczka mechaniczna) lub wirusowego uszkodzenia wątroby. Stężenie pochodnej bilirubiny, **urobilinogenu** (powstaje na skutek działania enzymów bakteryjnych w świetle przewodu pokarmowego) w moczu zdrowego człowieka wynosi **około 0,05–4,0 mg/dobę**. Wzrost wartości powyżej normy świadczy o uszkodzeniu wątroby. **Ciała ketonowe** są związkami chemicznymi powstającymi z przemian tłuszczów w wątrobie. Ich obecność w moczu to sygnał, że do wytworzenia energii zostały wykorzystane tłuszcze zamiast cukrów, co towarzyszy cukrzycy, anoreksji czy bulimii.

Po odwirowaniu moczu w uzyskanym osadzie mogą występować pojedyncze złuszczone komórki nabłonka dróg moczowych, pojedyncze leukocyty lub erytrocyty. **Obecność licznych komórek nabłonka** wskazuje na zakażenia układu moczowego, **a leukocytów** – na stan zapalny dróg moczowych. Jeśli w moczu ostatecznym pojawiają się **świeże erytrocyty**, świadczy to o **krwiomoczu**, co może być sygnałem uszkodzenia naczyń w obrębie układu moczowego. Jeśli w osadzie znajdują się **związki mineralne** w postaci kryształów szczawianów lub fosforanów wapnia, to jest to sygnałem **kamicy nerkowej**. Rosnące kamienie mogą osiągać znaczne rozmiary i blokować przepływ moczu z pęcherza moczowego (ryc. V.2.3.).



Ryc. V.2.3. Kamienie nerkowe.

Kamica nerkowa objawia się napadami ostrego bólu, tzw. kolki nerkowej. W leczeniu stosuje się dietę niskokaloryczną ubogą w sól i leki rozkurczające. W cięższych przypadkach kamienie można rozkruszać mechanicznie lub za pomocą ultradźwięków. W diagnostyce kamicy nerkowej stosuje się także **USG nerek** (obrazowanie narządu za pomocą fal ultradźwiękowych) oraz **urografię**. Urografia jest badaniem uzupełniającym, pozwalającym na obserwację pracy nerek i przepływu moczu przez moczowod, pęcherz i cewkę moczową (ryc. V.2.4.). Urografia oraz USG jamy brzusznej i nerek są stosowane również w diagnostyce innych schorzeń układu moczowego.



Ryc. V.2.4. Urografia jest rodzajem badania radiologicznego z wykorzystaniem promieniowania rentgenowskiego oraz środka kontrastowego.

U mężczyzn utrudnione oddawanie moczu może być spowodowane **przerostem gruczołu krokowego – prostaty**. Gruczoł krokowy otacza cewkę moczową koło pęcherza moczowego. Wraz z wiekiem gruczoł się powiększa i u starszych mężczyzn uciska cewkę moczową, co powoduje trudności w oddawaniu moczu.

Infekcje wirusowe i bakteryjne są częstą przyczyną **stanów zapalnych nerek** (odmiedniczkowych i kłębuszkowych), pęcherza moczowego i cewki moczowej (ryc. V.2.5.).



Ryc. V.2.5. W celu wykrycia zakażenia drobnoustrojami układu moczowego stosuje się posiew moczu.

Najczęściej objawiają się bólem w okolicy lędźwiowej i częstym oddawaniem moczu. Osoby chore powinny pić dużą ilość płynów oraz przestrzegać zasad higieny osobistej.

Szczególnie niebezpieczna jest **niewydolność nerek**, której objawami mogą być: zmiana ilości wydalanego moczu w ciągu doby, osłabienie, brak apetytu, niedokrwistość oraz skłonność do krwawień z przewodu pokarmowego. Przyczyną tego

schorzenia są choroby nerek, a także nadciśnienie tętnicze i cukrzyca. Prowadzi to do zaburzeń gospodarki wodnej i mineralnej, zatrucia organizmu produktami przemiany materii i w konsekwencji do śmierci. **Ostry stan niewydolności nerki** wymaga interwencji medycznej – **przeszczepu nerki** lub **dializy** (ryc. V.2.6.).

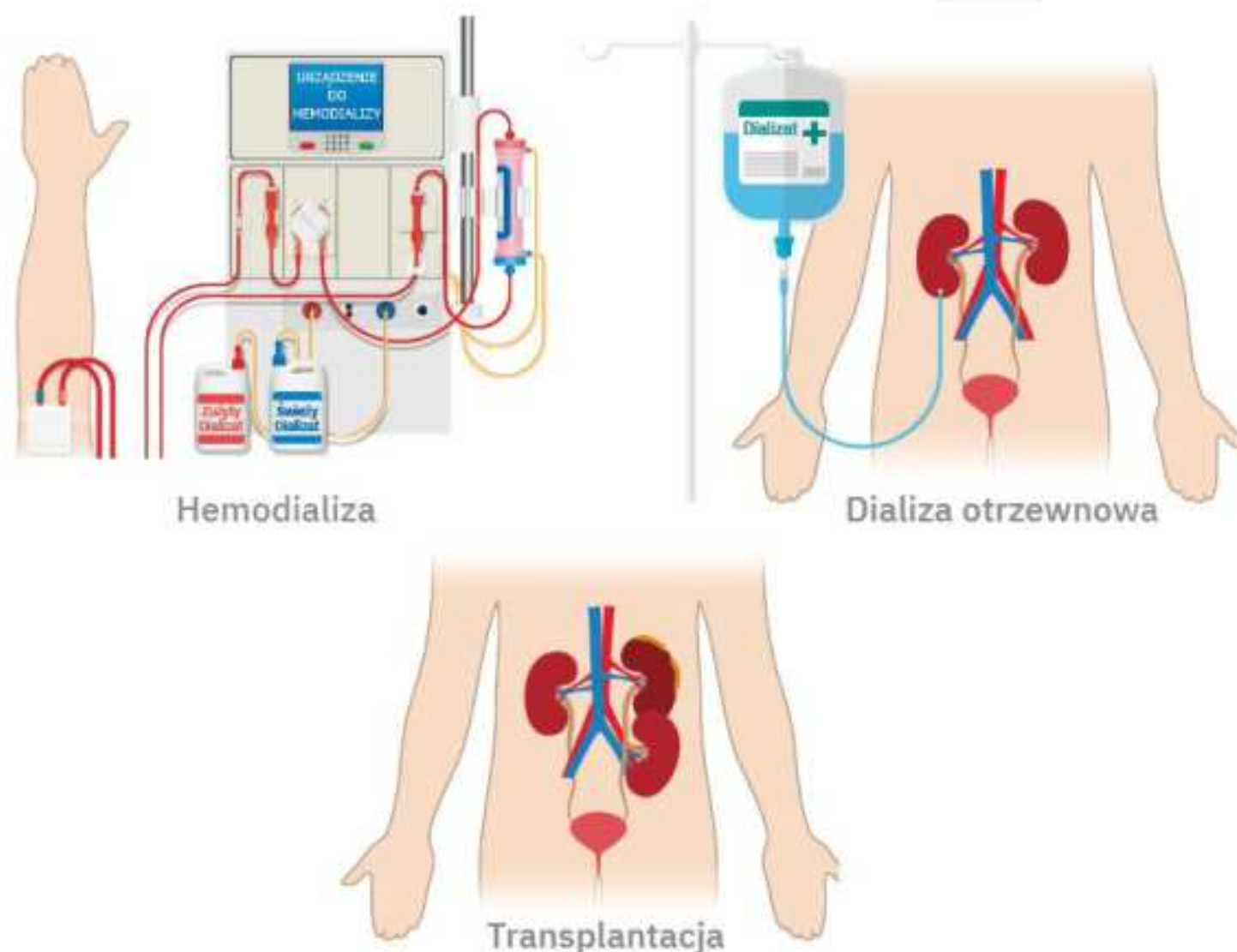
Najczęściej stosuje się dwie metody dializy: hemodializę i dializę otrzewnową.

Hemodializa polega na usuwaniu produktów przemiany materii i wody lub leków oraz toksyn z krwi pacjenta poprzez sztuczną błonę półprzepuszczalną. Krew jest wielokrotnie przepompowywana na zewnątrz ciała do dializatora („sztucznej nerki”). Podczas dializy krew krąży pomiędzy aparatem („sztuczną nerką”) a pacjentem. Jest oczyszczana, gdy przepływa przez dializator. Po oczyszczeniu wraca do organizmu chorego. W Polsce hemodializę wykonuje się wyłącznie w warunkach szpitalnych i najczęściej odbywa się ona raz w tygodniu.

Dializa otrzewnowa jest podobna do hemodializy, jednak funkcję półprzepuszczalnej błony dializacyjnej pełni otrzewna, która wyścięła jamę brzuszną i pokrywa znajdujące się w niej narządy.

Do jamy brzusznej pacjenta wprowadza się specjalnie przygotowany płyn dializacyjny (m.in. woda, glukoza, NaCl, CaCl₂, MgCl₂, octan sodu) przez cewnik umieszczony na dnie jamy otrzewnej. Ten cewnik pozwala na swobodne wprowadzanie i wyprowadzanie płynu z otrzewnej. Szkodliwe produkty przemiany

materii przechodzą z naczyń krwionośnych przez błonę otrzewnej do płynu dializacyjnego. Taką dializę można przeprowadzać przez kilka godzin w ciągu doby w domu pacjenta.



Ryc. V.2.6. Metody leczenia ostrej niewydolności nerek.

Najbardziej skuteczną metodą leczenia ostrej niewydolności nerek jest **przeszczep**. Jednak zabieg wymaga znalezienia odpowiedniego dawcy o takiej samej grupie krwi i zgodności tkankowej. Czas oczekiwania jest dość długi, pacjent po przeszczepie musi przyjmować leki immunosupresyjne, zapobiegające odrzuceniu przeszczepu. Niekiedy po wielu latach, mimo stosowania takiej terapii, organizm sam odrzuca przeszczepioną nerkę i następuje powrót do dializoterapii.

Do najważniejszych działań profilaktycznych w zapobieganiu chorobom układu wydalniczego należą: przestrzeganie higieny osobistej w celu ochrony przed zakażeniami drobnoustrojami, regularne opróżnianie pęcherza moczowego, dieta uboga w sól, która w wysokim stężeniu utrudnia wchłanianie wody w nefronach, picie codziennie około 2 litrów płynów, dzięki czemu nie tworzy się w nerkach zagęszczony mocz oraz kontrolne badanie moczu przynajmniej raz w roku i po przebytych infekcjach bakteryjnych migdałków, zapaleniach zatok i stanach zapalnych zębów.

PYTANIA I POLECENIA

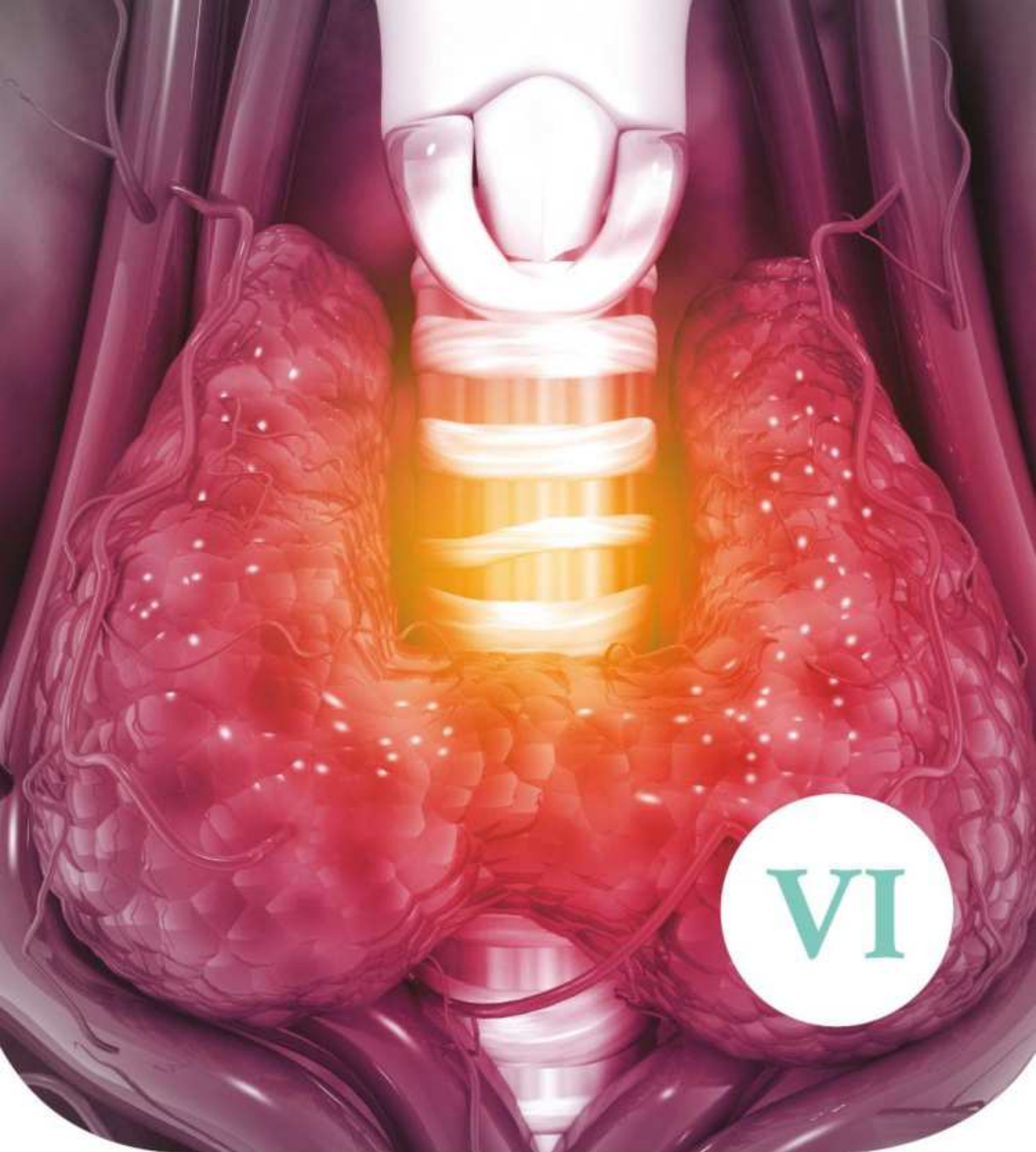
1. Omów, jakimi drogami są usuwane z organizmu człowieka produkty metabolizmu.
2. Przeanalizuj wyniki badania dwóch pacjentów (zamieszczone w tabeli) i wykonaj polecenia.

Cechy	I	II
barwa	żółta	jasnożółta
odczyn	kwaśny	kwaśny
białko	0,3 mg / 100	brak
cukier	brak	brak
krwinki czerwone	50 w polu widzenia	2-3 w polu widzenia
krwinki białe	40 w polu widzenia	2-5 w polu widzenia
bakterie	brak	nieliczne

- a) Podaj, który z pacjentów ma nieprawidłowy wynik badania moczu.
 - b) Wypisz nieprawidłowe parametry analizy moczu i podaj schorzenia, na które wskazują.
3. Wyjaśnij, jakie znaczenie dla pacjentów z ostrą niewydolnością nerki ma przeszczep tego narządu.

Podsumowanie działu

- na utrzymanie równowagi w organizmie człowieka składają się osmoregulacja oraz wydalanie produktów przemiany materii – głównie mocznika. Taką funkcję pełnią nerki, a także skóra, płuca i układ pokarmowy
- jednostką strukturalną i funkcjonalną nerki jest nefron, zbudowany z ciałka nerkowego i kanalików nerkowych
- powstanie moczu jest złożonym procesem, na który składają się filtracja, resorpcja i sekrecja
- mocz ostateczny jest roztworem mocznika, barwników i niektórych soli mineralnych
- nerki oprócz funkcji wydalniczej pełnią funkcję wydzielniczą
- analiza składu moczu pozwala na rozpoznanie wielu chorób, które mogą być niebezpieczne dla zdrowia, a nawet dla życia człowieka
- dializa i przeszczep nerki są metodami leczenia niewydolności nerki

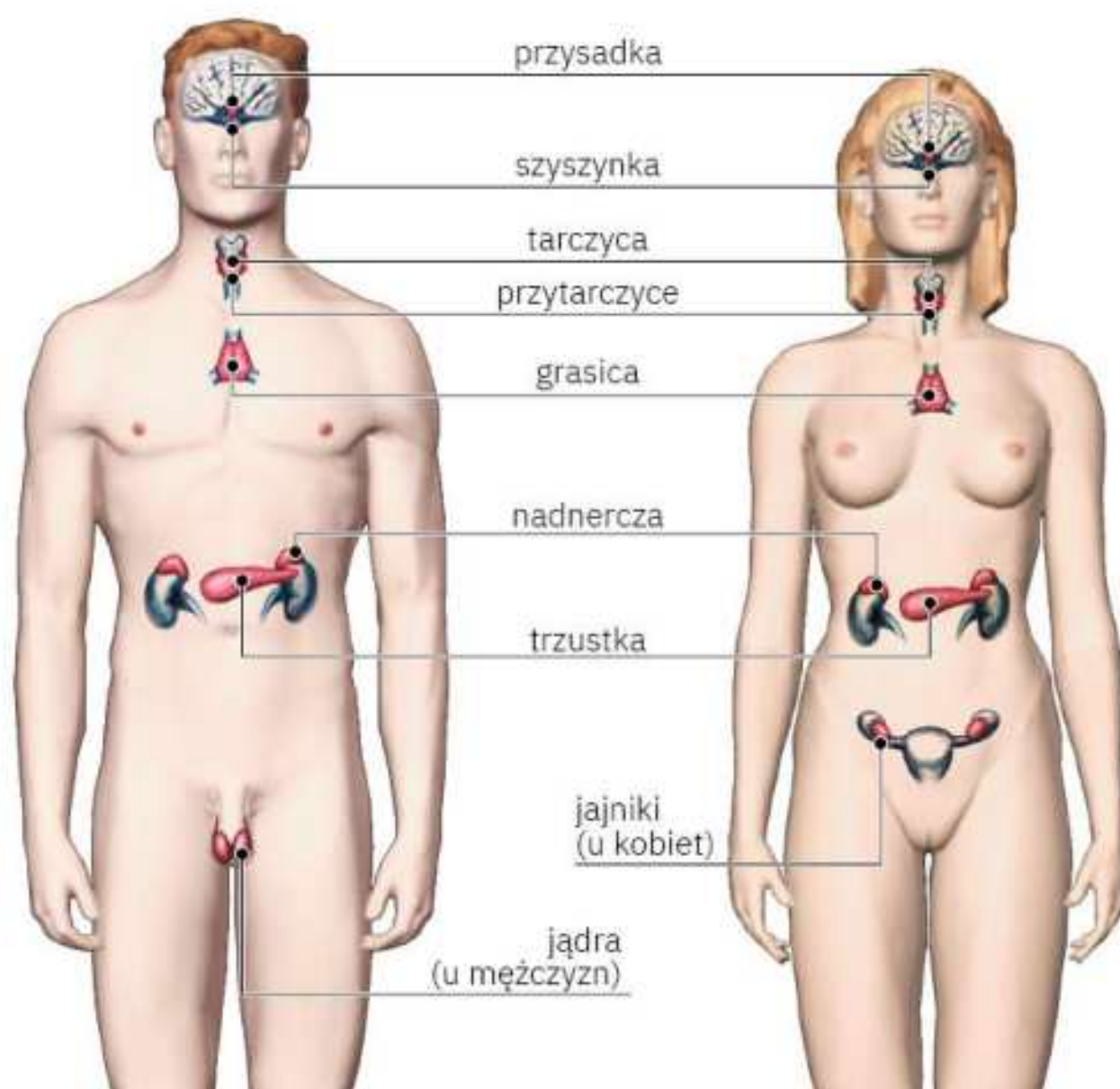


BUDOWA I FUNKCJE UKŁADU HORMONALNEGO

Precyzyjna regulacja i koordynacja działania organizmu jest zapewniona dzięki współpracy autonomicznego układu nerwowego oraz układu hormonalnego (inaczej dokrewnego lub wydzielania wewnętrznego). Na układ wydzielania wewnętrznego składają się gruczoły zlokalizowane w różnych częściach organizmu i fizycznie ze sobą niepowiązane. Układ ten działa za pośrednictwem **hormonów** wydzielanych przez te gruczoły bezpośrednio do krwi. Po dotarciu do tkanek i komórek docelowych hormony wpływają na ich wzrost i metabolizm. Badaniem funkcjonowania gruczołów zajmuje się **endokrynologia**.

1. Gruczoły dokrewne i wydzielane przez nie hormony

Gruczoły dokrewne są rozmieszczone w całym organizmie (ryc. VI.1.1.). Niektóre narządy pełnią funkcje wydzielnicze i jednocześnie są częścią innych układów (np. jądra i jajniki). Czasowym organem wydzielniczym jest także łożysko, które spełnia funkcję gruczołu dokrewnego w trakcie ciąży.



Ryc. VI.1.1. Gruczoły układu hormonalnego są zlokalizowane w różnych częściach organizmu.

Pod względem chemicznym **hormony** są związkami organicznymi. Wśród nich wyróżniamy hormony zbudowane z aminokwasów (np. insulina jest peptydem, a hormony przysadki to białka) oraz hormony steroidowe będące pochodnymi cholesterolu (np. hormony płciowe). Hormony wydzielane są do płynów ustrojowych (krew, limfa, płyn tkankowy) i wraz z nimi docierają do miejsc docelowych, gdzie mogą się wiązać ze swoistym receptorem. Hormony wpływają na reakcje biochemiczne i fizjologiczne zachodzące w komórce w celu zapewnienia homeostazy. Można je podzielić ze względu na zakres i miejsce działania na:

- hormony o działaniu ogólnym – działają na komórki docelowe za pośrednictwem układu krwionośnego;
- hormony o działaniu miejscowym – działają w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca ich wytwarzania (np. histamina);
- hormony tkankowe wydzielane przez komórki gruczołowe narządów należących do innych układów (np. erytropoetyna wydzielana przez nerki czy gastryna wydzielana przez komórki żołądka i jelit).

W tabeli VI.1.1. przedstawiono najważniejsze hormony, ich działanie oraz gruczoły, które je wydzielają, a także efekty ich niedoboru i nadmiaru.

Tab. VI.1.1. Najważniejsze hormony i ich wpływ na organizm człowieka.

Gruczoł	Hormony	Działanie hormonów	Skutki niedoboru (niedoczynności)	Skutki nadmiaru (nadczynności)
Przysadka	Hormony tropowe	Regulują czynność innych gruczołów dokrewnych.	Zbliżone do zaburzeń gruczołów, na które działają.	
	Hormon wzrostu	Stymuluje wzrost poprzez pobudzenie przemiany białek, tłuszczów, węglowodanów i składników mineralnych.	W okresie dzieciństwa niedobór prowadzi do karłowatości (niski wzrost).	W okresie wzrostu gigantyzm (olbrzymi, ale proporcjonalny wzrost), po zakończeniu wzrostu – akromegalia (powiększanie się części ciała – dłoni, stóp, serca).
Szyszynka	Melatonina	Działa na rytm snu i czuwania, hamuje rozwój i czynności gonad.	Przyspieszone dojrzewanie.	Obniżenie płodności, opóźnienie dojrzewania.

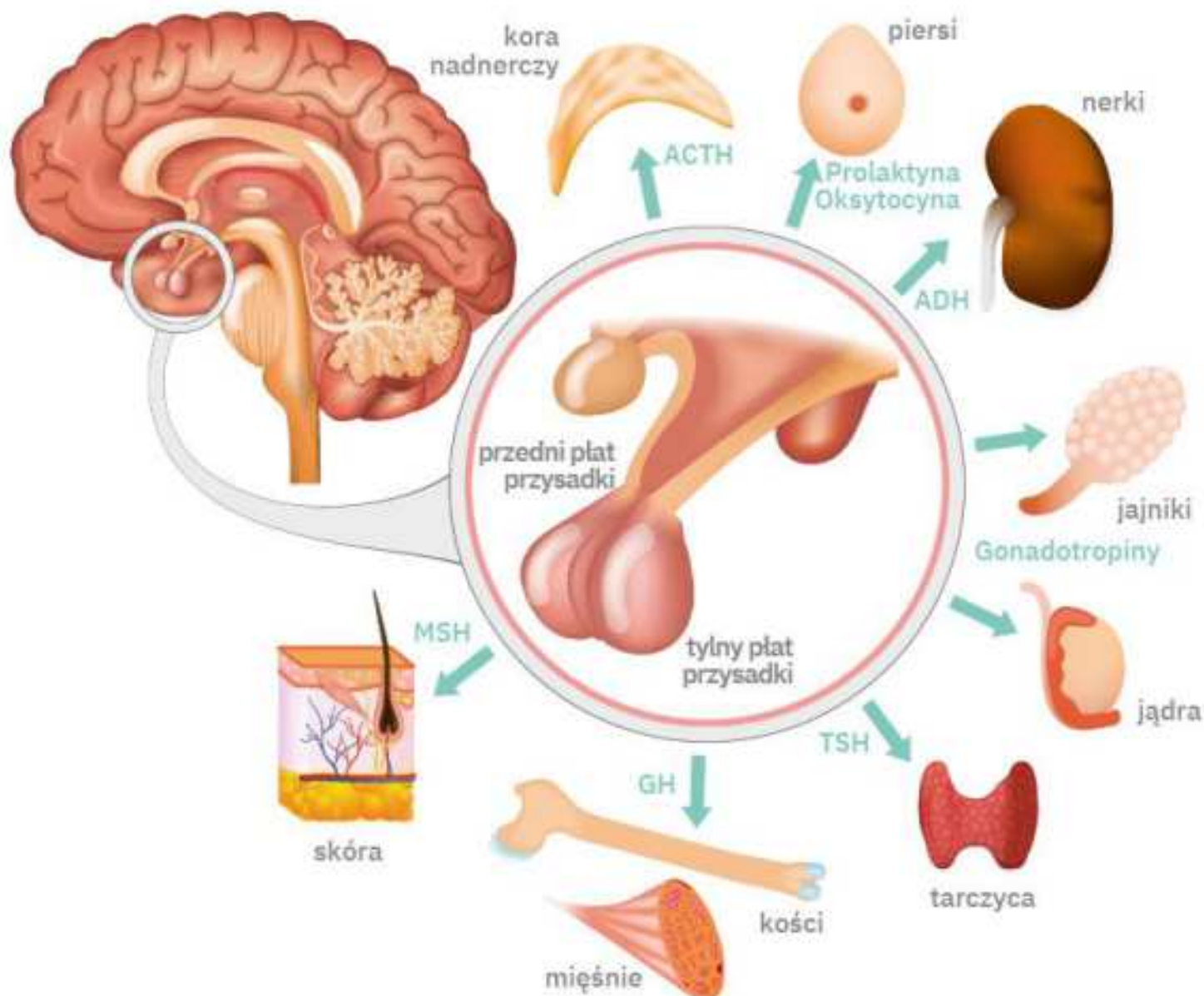
Gruczoł	Hormony	Działanie hormonów	Skutki niedoboru (niedoczynności)	Skutki nadmiaru (nadczynności)
Tarczyca	Tyroksyna (T ₄) Trójjodotyronina (T ₃)	Stymulują metabolizm, pobudzają wchłanianie glukozy z przewodu pokarmowego.	Powiększenie tarczycy (wole endemiczne), u dorosłych obrzęk śluzowaty (sucha szorstka skóra, nalaną twarz), u dzieci niepełnosprawność umysłowa i fizyczna.	Choroba Gravesa-Basedowa (autoimmunologiczna) – utrata masy ciała, szybka przemiana materii, wole, zwiększona pobudliwość nerwowa, drżenie rąk, wytrzeszcz oczu.
Przytarczycy	Parathormon	Zwiększa stężenie wapnia we krwi oraz zmniejsza stężenie fosforu.	Zwiększona pobudliwość nerwowa (mrowienie, skurcze mięśni szkieletowych lub oddechowych).	Demineralizacja kości, bóle kostne, utrudnione chodzenie; złogi wapnia w nerkach.
Nadnercza	Adrenalina Noradrenalina (rdzeń nadnerczy)	Hormony „zagrożenia i stresu”: wzrost tempa metabolizmu, ciśnienia krwi i skurczów serca, zwiększanie stężenia glukozy we krwi, zwiększanie wentylacji płuc.	–	Skoki ciśnienia, utrata masy ciała, wysoki poziom glukozy we krwi (hiperglikemia).
	Kortyzol (kora nadnerczy)	Przyspieszenie metabolizmu tłuszczów, wzrost stężenia glukozy we krwi, wzrost ciśnienia, spadek odporności organizmu.	Choroba Addisona: brak łaknienia, wymioty, bóle brzucha, spadek masy ciała, przebarwienia skóry.	Zespół Cushinga: odkładanie tłuszczu na twarzy i karku, zaburzenia metabolizmu lipidowego i węglowodanowego, spadek odporności.
Trzustka	Insulina (komórki B trzustki)	Zmniejsza stężenie glukozy we krwi.	Związany z cukrzycą typu I.	Hipoglikemia – zmniejszenie stężenia cukru we krwi, utrata przytomności, ryzyko śmierci.
	Glukagon (komórki A trzustki)	Zwiększa stężenie glukozy we krwi.	–	–
Jądra	Testosteron	Rozwój <u>drugorzędowych cech płciowych</u> męskich, warunkuje męską budowę ciała, rozrost krtani.	Sylwetka męska nabiera kobiecych kształtów, zaokrąglone biodra, pojawienie się piersi, łysienie, obniżone libido, zmęczenie, depresja.	Infekcje, stany zapalne, depresja.

Gruczoł	Hormony	Działanie hormonów	Skutki niedoboru (niedoczynności)	Skutki nadmiaru (nadczynności)
Jajniki	Estrogeny	Rozwój drugorzędowych cech płciowych żeńskich; reguluje zmiany między innymi w macicy zachodzące w cyklu miesięczkowym.	Zaburzenia miesiączkowania, niepłodność, zanik drugorzędowych cech płciowych (męska sylwetka), nadmierne owłosienie, obniżenie barwy głosu, <u>osteoporoza</u> .	Zaburzenia miesiączkowania, wzrost ryzyka zakrzepów i zatorów, obrzęki i zastój wody, przyrost masy ciała, powiększenie piersi, migrena, wymioty, złe samopoczucie.
	Progesteron	Umożliwia rozwój zarodka i płodu.	Zaburzenia miesiączkowania, poronienia, niepłodność, sucha skóra, wypadanie włosów.	Obrzęki, zastój wody, <u>żylaki</u> .

Regulacja wydzielania hormonów płciowych

Prawidłowe działanie hormonów zależy od ich właściwego stężenia, bowiem każde odchylenie od normy prowadzi do poważnych zaburzeń w funkcjonowaniu organizmu. Należy zaznaczyć, że niebezpieczny jest zarówno niedobór hormonów (spowodowany niedoczynnością gruczołu dokrewnego), jak i ich nadmiar (będący wynikiem nadczynności gruczołu dokrewnego) (tab. VI.1.1.). Regulacja stężenia hormonów w płynach ustrojowych podlega bardzo precyzyjnej kontroli.

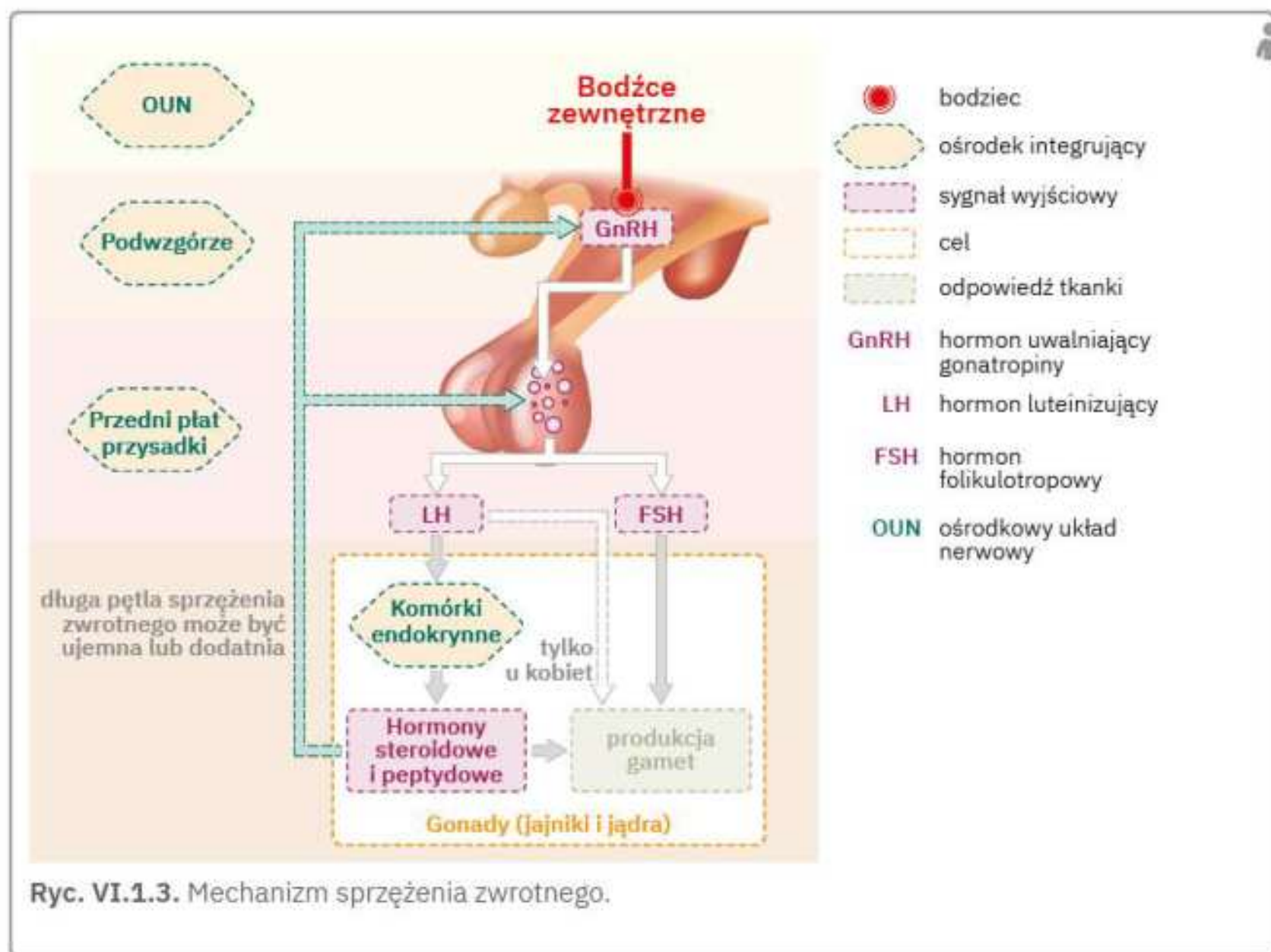
Aktywność wydzielniczą organizmu reguluje **podwzgórze**, czyli część mózgu spełniająca funkcję strukturalno-funkcjonalnego „łącznika” pomiędzy układem nerwowym a hormonalnym. Podwzgórze połączone jest naczyniami krwionośnymi z **przysadką mózgową** i za pośrednictwem krwi reguluje jej aktywność. W odpowiedzi na określony bodziec podwzgórze produkuje hormony (pobudzające lub hamujące), które wpływają na produkcję hormonów w przysadce. Przysadka jest zbudowana z dwóch płatów: tylnego i przedniego. Wydzielane w podwzgórzach hormony uwalniające docierają do przedniego płata przysadki, która pod ich wpływem uwalnia tzw. **hormony tropowe** regulujące aktywność innych gruczołów dokrewnych, np. pobudzanie jajników i jąder do produkcji gamet (ryc. VI.1.2.). Tylony płat uwalnia hormony produkowane w podwzgórzach (oksytocynę i wazopresynę). Ze względu na swoją funkcję przysadka jest nazwana **nadrzędnym gruczołem wydzielniczym**, a opisany mechanizm koordynacji nerwowo-hormonalnej – **osią podwzgórzowo-przysadkową**.



Ryc. VI.1.2. W osi podwzgórzowo-przysadkowej nadrzędną funkcję spełnia podwzgórze, które produkuje hormony oddziałujące na przysadkę oraz na inne narządy. [ACTH – hormon adrenokortykotropowy; ADH – hormon antydiuretyczny (wazopresyna); TSH – hormon tyreotropowy; GH – hormon wzrostu; MSH – hormon melenotropowy]

Ujemne sprzężenie zwrotne

Utrzymanie homeostazy organizmu zależy od właściwego stężenia hormonów. Przykładem regulacji ich poziomu jest mechanizm sprzężenia zwrotnego ujemnego działający na zasadzie pętli, w której uwolnienie hormonu stanowi informację zwrotną dla przysadki. Pozwala to na utrzymanie stabilności całego układu oraz stężenia hormonów na względnie stałym (zadany) poziomie. Mechanizm sprzężenia zwrotnego ujemnego dotyczy wielu hormonów, m.in. kory nadnerczy, tarczycy czy gonad. Zasada działania zostanie przedstawiona na przykładzie hormonów płciowych (ryc. VI.1.3.). Zadaniem wydzielanej przez podwzgórze gonadoliberyny jest pobudzanie produkcji tzw. gonadotropin przysadkowych (folikulotropiny i lutropiny). Przysadkowe gonadotropiny oddziałują na jajniki u kobiet oraz jądra u mężczyzn, pobudzając je do wydzielania hormonów (estrogenów, testosteronu), warunkując przez to prawidłowe dojrzewanie płciowe i możliwość rozmnażania. Równocześnie wydzielanie hormonów płciowych działa jak sygnał zwrotny dla ujemnego sprzężenia zwrotnego, które hamuje wydzielanie swoich hormonów – podwzgórzowego i przysadkowego (ryc. VI.1.3.).



Ryc. VI.1.3. Mechanizm sprzężenia zwrotnego.

Fizjologiczna rola hormonów

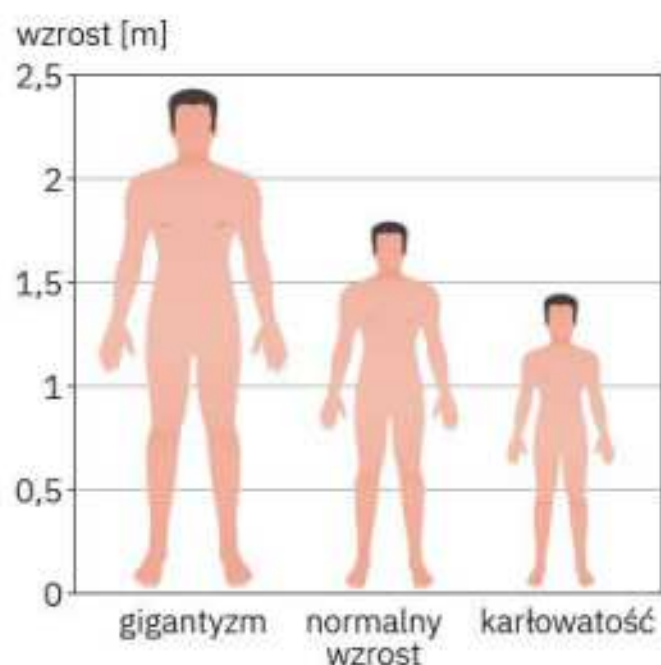
Hormony wydzielane przez gruczoły dokrewne wpływają na szereg funkcji fizjologicznych w naszym organizmie. Do najważniejszych z nich należy regulacja wzrostu i tempa metabolizmu. Hormony odgrywają także kluczową rolę w reakcjach na stres.

Hormonalna kontrola metabolizmu i rozwoju

Wzrost człowieka jest procesem ciągłym, ale nie stałym. Szybkość rozwoju jest najwyższa w pierwszych dwóch latach życia i w okresie dojrzewania. Prawidłowy wzrost jest uzależniony od wielu czynników, takich jak dieta, brak przewlekłego stresu, uwarunkowania genetyczne oraz od hormonów, głównie tarczycy, wzrostu, insuliny i hormonów płciowych.

U człowieka przemiany bioenergetyczne regulują hormony tarczycy. Tarczyca wydziela hormony tarczycy: trójjodotyroninę (T_3 , FT_3) oraz tyroksynę (T_4 , FT_4). Hormony te zawierają jod, dlatego prawidłowe funkcjonowanie tarczycy zależy od wystarczającej ilości jodu w diecie. Hormony tarczycy są niezbędne do prawidłowego rozwoju u dzieci, bowiem wpływają na prawidłowe działanie hormonu wzrostu oraz są istotne dla rozwoju kości. Niemowlęta z niedoborem tych

hormonów wymagają natychmiastowego leczenia, bez którego będą opóźnione w rozwoju. U dorosłych główną funkcją hormonów tarczycy jest dostarczanie substratów do metabolizmu tlenowego i zwiększanie zużycia tlenu w tkankach. Wpływają one na metabolizm białek, węglowodanów i tłuszczów. Odpowiadają także za utrzymanie prawidłowego ciśnienia krwi, tętna, napięcia mięśniowego. Zmiany poziomu hormonów tarczycy (nadczynność i niedoczynność tarczycy) prowadzą do poważnych zaburzeń metabolicznych.



Ryc. VI.1.4. Niedobór hormonu wzrostu prowadzi do karłowatości, a jego nadmiar – do gigantyzmu.

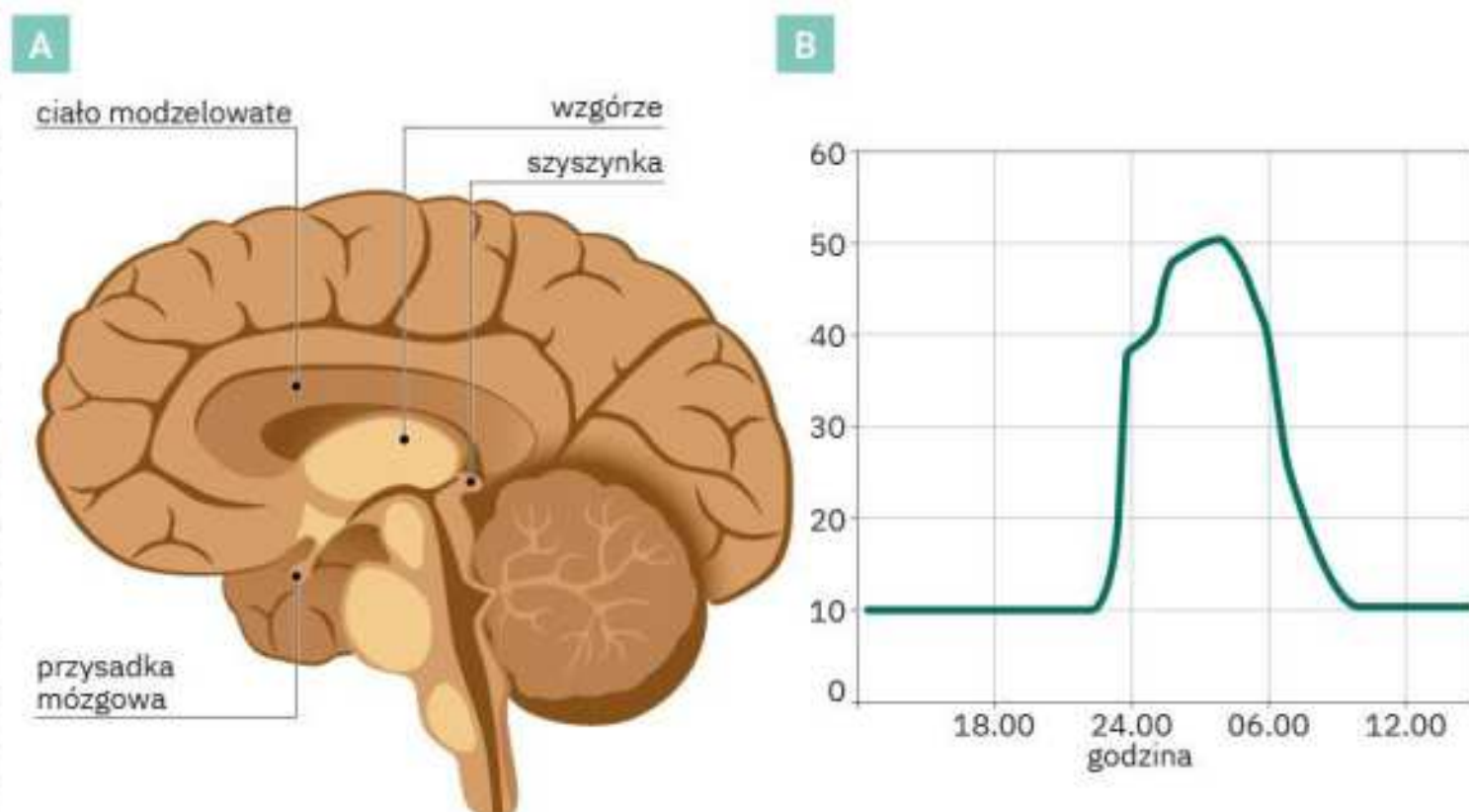
Hormon wzrostu jest wydzielany przez całe życie, ale największe znaczenia ma u dzieci. Jest uwalniany przez przedni płąt przysadki, a jego największe wydzielanie następuje w pierwszych godzinach snu. Hormon wzrostu pobudza syntezę białek, co stymuluje wzrost tkanek, kości i chrząstki. Ponadto hormon wzrostu pobudza rozpad tłuszczów i uwalnianie glukozy z wątroby. Niedobór hormonu wzrostu w dzieciństwie prowadzi do karłowatości, z kolei nadmierne wydzielanie – do gigantyzmu (ryc. VI.1.4.). U dorosłych wysoki poziom GH powoduje akromegalię.

Hormonalna kontrola reakcji na stres

Główną rolę w reakcjach na stres odgrywają hormony nadnerczy. Nadnercza zbudowane są z zewnętrznej warstwy, czyli kory, oraz centralnie położonego rdzenia. Zmiany fizjologiczne zachodzące pod wpływem stresu (przyspieszony oddech i tętno, tężenie mięśni) są wyzwalane przez hormony rdzenia nadnerczy: adrenalinę oraz noradrenalinę. Ich głównym zadaniem jest zmobilizowanie organizmu do wyzwolenia dużych ilości energii możliwej do natychmiastowego wykorzystania. Hormony te stymulują reakcje, w których wydzielą się energia dla komórek uczestniczących w reakcjach „walcz lub uciekaj”. Ponadto adrenalina i noradrenalina powodują wzrost częstotliwości skurczów serca i rozszerzenie oskrzelików, co zwiększa ilość tlenu dostarczaną do tkanek. W reakcji na stres oprócz rdzenia nadnerczy bierze udział także kora tego gruczołu, która wydzielą kortyzol. Kortyzol pobudza rozpad tłuszczów i białek w mięśniach szkieletowych, a jego stężenie w czasie stresu wzrasta.

Hormonalna kontrola rytmu dobowego

Funkcje organizmu związane z długością dnia i nocy (zmianami natężenia światła w różnych porach roku) reguluje melatonina. Jest to hormon wydzielany przez szyszynekę, niewielki gruczoł znajdujący się w mózgu ssaków (ryc. VI.1.5.). Melatonina jest uwalniana w nocy, a jej ilość jest tym większa, im dłuższa jest noc (m.in. w zimie). Jest przekaźnikiem, który przesyła informacje o cyklu światło-ciemność do ośrodka w mózgu, który kieruje zegarem biologicznym.



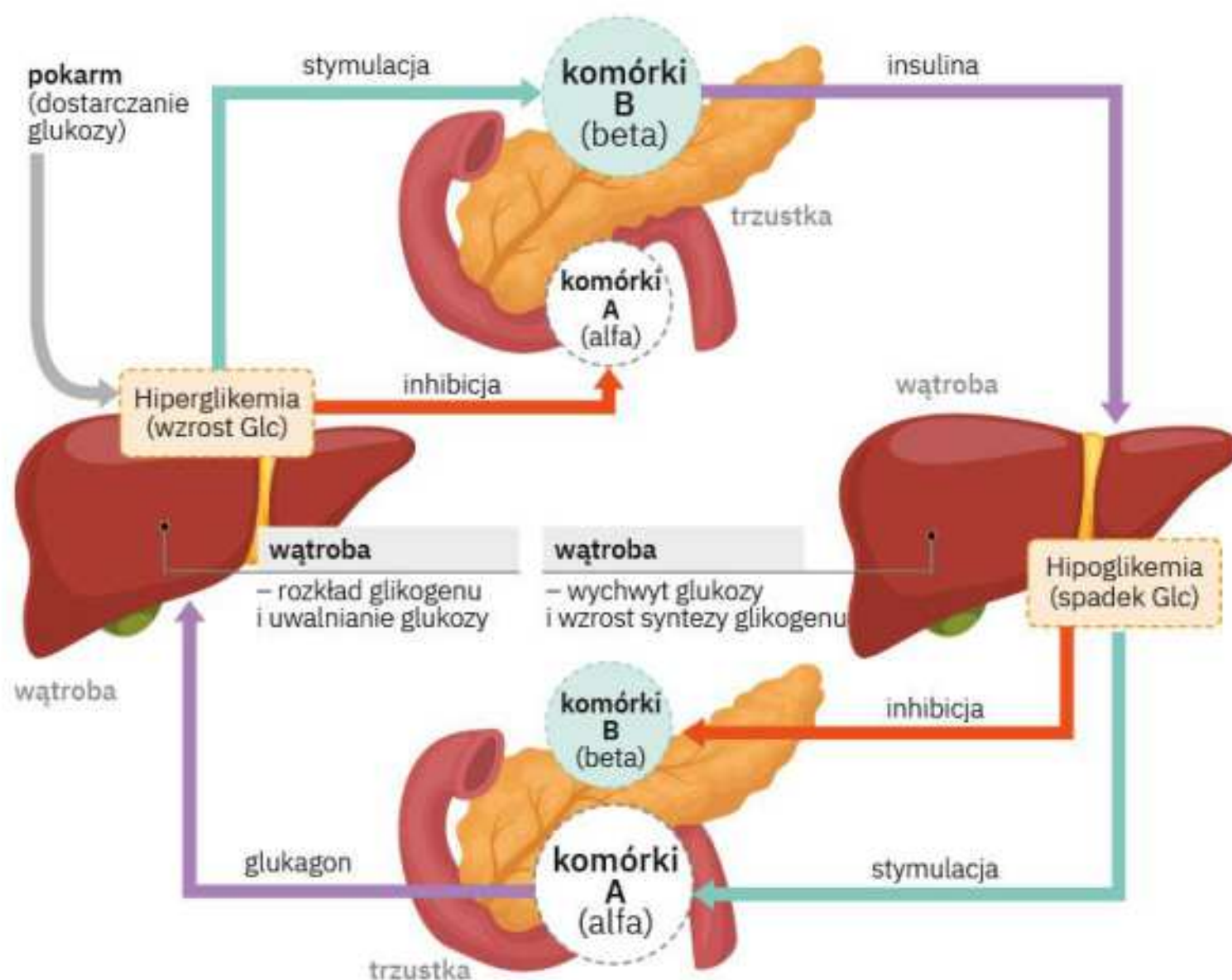
Ryc. VI.1.5. Szyszynka (A) wydziela melatoninę w godzinach nocnych (B).

PYTANIA I POLECENIA

1. Wyjaśnij pojęcia: *gruczoł dokrewny* i *hormon*.
2. Omów działanie oraz skutki niedoboru i nadmiaru hormonów tarczycy oraz szyszynki.
3. Wyjaśnij rolę podwzgórza w regulacji pracy przysadki.

2. Antagonistyczne działanie hormonów

Działanie niektórych hormonów jest przeciwstawne (antagonistyczne). W taki sposób działają na przykład hormony wydzielane przez skupiska komórek trzustki (wysepki trzustki): insulina i glukagon (ryc. VI.2.1.). Insulina obniża stężenie glukozy we krwi, a glukagon je podnosi. Zatem wypadkowym efektem przeciwstawnego działania tych hormonów jest utrzymanie prawidłowego stężenia glukozy we krwi. Wydzielanie insuliny stymulowane jest przez wzrost stężenia glukozy, np. po posiłku. Obniżające działanie insuliny na glukozę polega m.in. na pobudzaniu jej transportu do komórek wątroby czy wzmacnianiu procesu syntezy glikogenu. Z kolei podwyższanie stężenia glukozy we krwi przez glukagon odbywa się m.in. poprzez stymulację rozkładu glikogenu do glukozy. Jego wydzielanie wzrasta w okresach między posiłkami, w czasie głodówki oraz w trakcie wzmożonego wysiłku fizycznego.



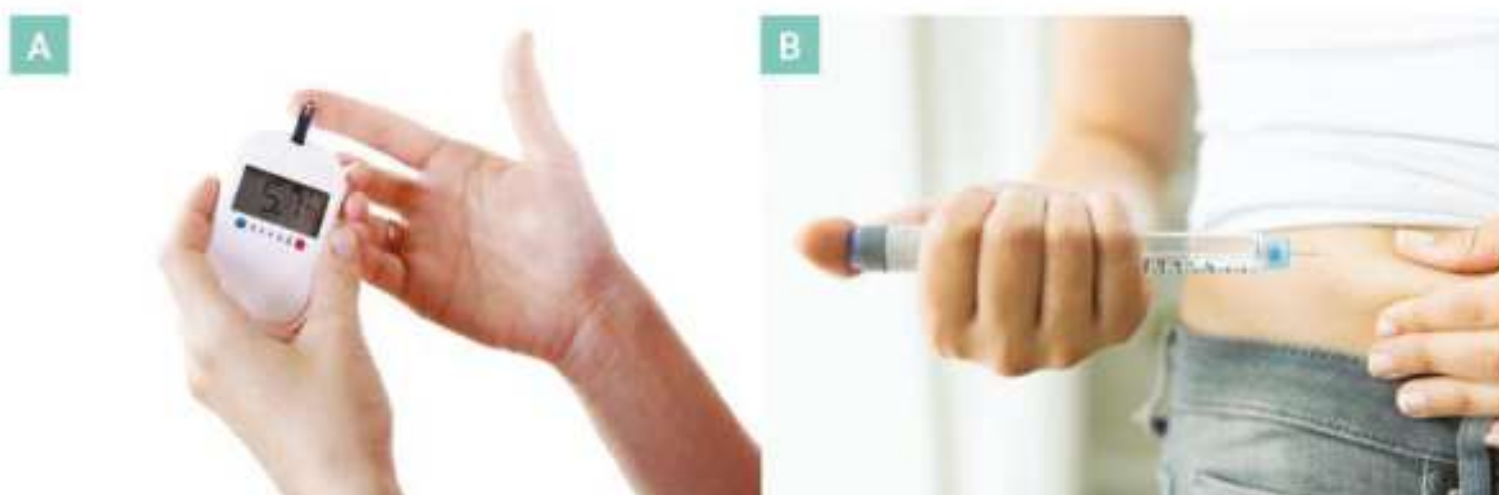
Ryc. VI.2.1. Antagonistyczne działanie insuliny i glukagonu zapewnia utrzymanie prawidłowego stężenia glukozy we krwi.

Cukrzyca – przewlekłe podwyższanie poziomu glukozy we krwi



Cukrzyca objawia się wysokim poziomem glukozy we krwi. Jest to groźna choroba cywilizacyjna, która dotyka coraz więcej ludzi (dane z 2019 roku mówią o prawie 430 mln ludzi na świecie, a w Polsce – ponad 2 mln) i prowadzi do zaburzeń kardiologicznych, neurologicznych, obniżenia odporności, utraty wzroku czy chorób nerek, a tym samym zwiększa ryzyko przedwczesnej śmierci.

Podłoże cukrzycy jest dwojakiego rodzaju. W przypadku **cukrzycy typu I** stwierdza się niedobór insuliny będący efektem autoagresji i niszczenia przez organizm własnych komórek trzustki. W **cukrzycy typu II** insulina występuje w prawidłowej ilości, ale komórki mają upośledzoną zdolność do jej wiązania i wykorzystania. Porównanie obu typów cukrzycy przedstawiono w tabeli VI.2.1. Znaczny wzrost zachorowań na cukrzycę typu II wiąże się z otyłością i siedzącym trybem życia. Dlatego profilaktyka tego schorzenia polega na racjonalnym odżywianiu, utrzymywaniu właściwej masy ciała, zwiększeniu aktywności fizycznej oraz regularnej kontroli poziomu glukozy we krwi. Leczenie cukrzycy typu II rozpoczyna się poprzez modyfikację diety i wzmożenie aktywności fizycznej. Jeśli to nie jest skuteczne, stosuje się insulinoterapię (podawanie insuliny w zastrzykach) (ryc. VI.2.2.). W przypadku cukrzycy typu I chorym podaje się insulinę. Nieleczona cukrzyca prowadzi bowiem do poważnych powikłań zdrowotnych.

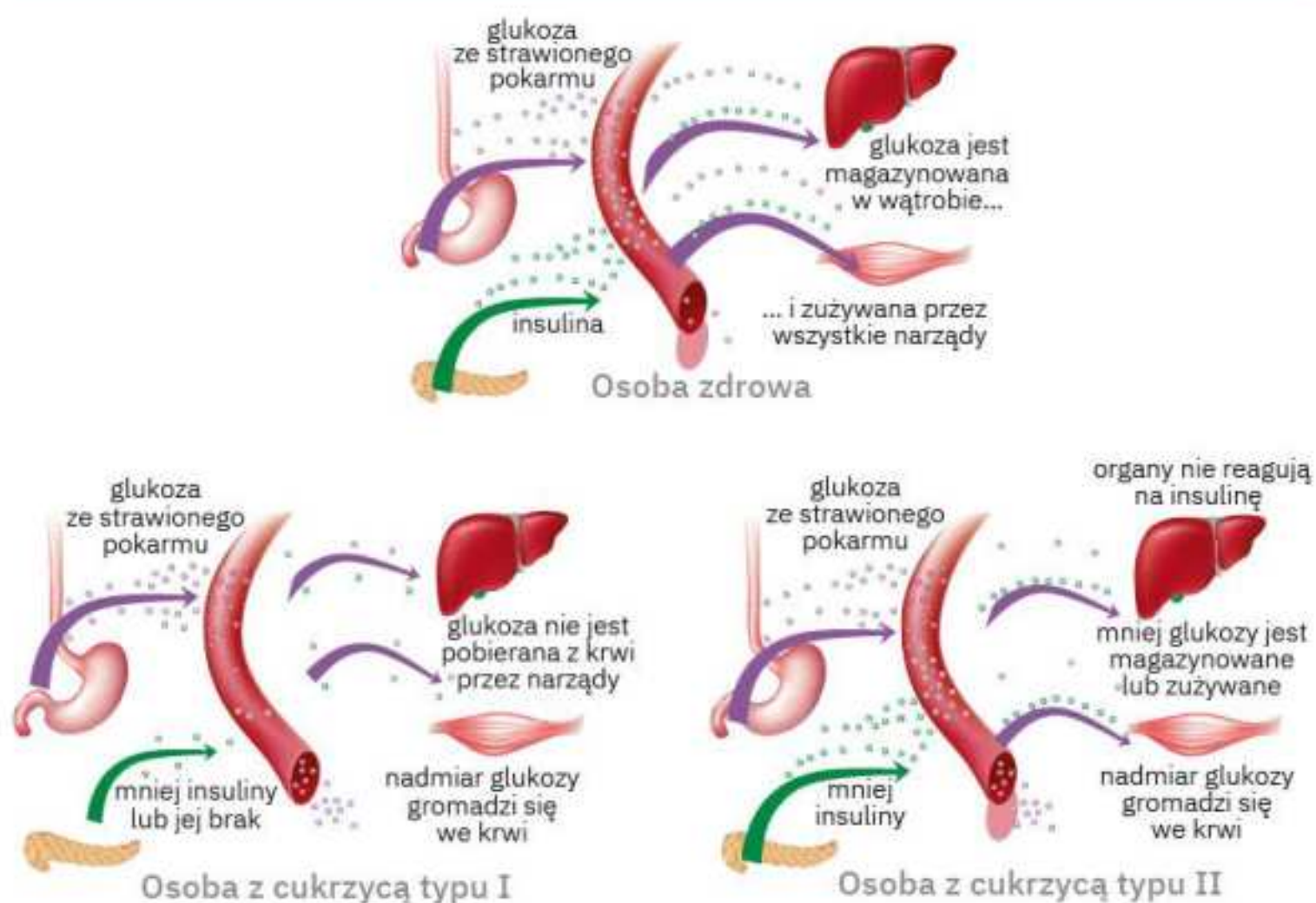


Ryc. VI.2.2. Dobowe pomiary poziomu glukozy we krwi wykonuje się za pomocą glukometru (A). Leczenie cukrzycy często wymaga podawania insuliny w zastrzykach (B).



Tab. VI.2.1. Porównanie cukrzycy typu I i II.

Cecha	Cukrzyca typu I	Cukrzyca typu II
Przyczyna	niedobór insuliny w organizmie (choroba autoimmunizacyjna)	upośledzona zdolność wiązania insuliny (choroba cywilizacyjna)
Wiek zachorowania	6. miesiąc życia – wczesna dorosłość	okres dojrzewania lub później
Objawy	ostre, gwałtowne (nagłe chudnięcie, częstomocz, silne pragnienie)	powoli narastające w czasie, początkowo niezauważalne (senność, zmęczenie, sucha skóra)
Częstość badania poziomu cukru we krwi	kilka razy w ciągu doby	raz na jakiś czas
Leczenie	zawsze insuliną	dieta, leki, rzadziej insulina
Częstość występowania	ok. 10% wszystkich zachorowań na cukrzycę	ok. 90% wszystkich zachorowań na cukrzycę



PYTANIA I POLECENIA

- Wytłumacz istotę antagonistycznego działania hormonów trzustki.
- W dostępnych źródłach znajdź aktualne informacje dotyczące liczby zachorowań na oba typy cukrzycy oraz liczbę zgonów będących wynikiem tej choroby. Sporządź wykresy w zeszycie.

Podsumowanie działu

- układ hormonalny składa się z rozszaniych po organizmie gruczołów dokrewnych, takich jak: przysadka, tarczyca, szyszynka, grasea, nadnercza, trzustka, jądra, jajniki, które wydzielają hormony do krwi
 - hormony są związkami organicznymi (pochodnymi aminokwasów lub cholesterolu) i mogą działać ogólnoustrojowo lub miejscowo
 - hormony kontrolują metabolizm (np. hormon wzrostu, parathormon, tyroksyna, kortyzol), wzrost (progesteron), rozwój cech płciowych (testosteron, estrogeny)
 - niedobór (niedoczynność) i nadmiar (nadczynność) hormonów prowadzą do zaburzeń w funkcjonowaniu organizmu
 - aktywność wydzielnicza hormonów reguluje układ podwzgórzowo-przed-sionkowy; podwzgórze wydziela hormony regulujące pracę przysadki mózgo-wej, która z kolei reguluje czynność pozostałych gruczołów dokrewnych
 - niektóre hormony działają antagonistycznie, np. insulina obniża, a glukagon podwyższa poziom glukozy we krwi; celem takiego sprzężenia jest utrzymanie prawidłowego poziomu cukru we krwi
- cukrzyca to przewlekłe podwyższenie glukozy we krwi, które dotyka miliony ludzi na świecie
 - w cukrzycy typu I niedobór insuliny to wynik niszczenia komórek trzustki (cho-roba autoimmunizacyjna)
 - cukrzyca typu II polega na upośledzeniu wiązania insuliny i jej wykorzystania; ryzyko jej wystąpienia jest ściśle związane z niewłaściwą dietą i stylem życia



VII

REGULACJA NERWOWA

Układ nerwowy jako złożona struktura koordynuje pracę całego organizmu. Do jego głównych funkcji należy **odbieranie, przekazywanie, przetwarzanie** oraz **przechowywanie informacji** docierających z zewnątrz, a także z wewnętrznego środowiska organizmu. Układ nerwowy adaptuje organizm do zmiennych warunków środowiska. Podstawową i funkcjonalną strukturą układu nerwowego jest komórka nerwowa – **neuron**. Neuron odznacza się zdolnością do reagowania na bodźce (pobudliwość) i przenoszenia impulsów między komórkami nerwowymi.

1. Przewodnictwo nerwowe

Zdolność neuronu do tworzenia i przewodzenia impulsu wynika z właściwości błony komórkowej. Zachodzą w niej zjawiska elektrochemiczne, które są związane z transportem jonów – głównie sodu i potasu. Niepobudzona błona komórkowa wykazuje **potencjał spoczynkowy, który warunkuje gotowość neuronu do odbioru bodźców**. Jest on wynikiem nierównomiernego rozmieszczenia jonów po obu stronach błony – wewnątrz znajduje się stosunkowo dużo **anionów** oraz **kationów potasu**, a na zewnątrz dominują **aniony chlorkowe** i **kationy sodu**. W efekcie zewnętrzna powierzchnia błony neuronu **jest naładowana dodatnio**, a wewnętrzna – ujemnie. Taki stan nazywamy **polaryzacją błony**. Jest on utrzymywany dzięki działaniu **pompy potasowo-sodowej**, czyli stałej aktywności białek przenoszących w **aktywnym transporcie jony sodu na powierzchnię błony, a potasu – do wnętrza neuronu**. Źródłem energii dla pompy sodowo-potasowej jest **ATP** (następuje hydroliza ATP do ADP i Pi). Zmiana potencjałów między zewnętrzną a wewnętrzną powierzchnią błony wynosi **-70mV**. Pod wpływem działania bodźca, np. drażnienia elektrycznego, błona neuronu zmienia przepuszczalność dla jonów sodu i potasu. Następuje otwarcie białkowych kanałów jonowych, przez które jony sodu gwałtownie wnikają do wnętrza komórki, a jony potasu wydostają się na zewnątrz. Wówczas na zewnątrz błony gromadzi się nadmiar ładunków ujemnych, a wewnątrz – nadmiar ładunków dodatnich. Ta różnica nosi nazwę **potencjału czynnościowego (+40 mV)**. Powoduje to zmniejszenie wartości potencjału spoczynkowego i błona komórkowa zostaje **zdepolaryzowana**, a proces prowadzący do tego stanu błony nazywa się **depolaryzacją**. Depolaryzacja powstaje w miejscu, gdzie zadziałał bodziec, a następnie zaczyna się w krótkim czasie (kilku milisekund) rozchodzić wzdłuż całego neuronu. Przemieszczającą się falę depolaryzacji wzdłuż neuronu nazywa się **impulsem nerwowym**. Czas potrzebny do ponownego spolaryzowania to **okres refrakcji (niepobudliwości)**.

Nie każdy bodziec działający na komórkę prowadzi do powstania potencjału czynnościowego. Tylko bodziec o odpowiednio wysokiej sile, tzw. **bodziec progowy**, może wywołać potencjał czynnościowy. Takiej zdolności nie ma bodziec

o małej sile, tzw. **bodziec podprogowy**. Natomiast **bodźce nadprogowe** o sile większej niż progowe wywołują taką samą falę depolaryzacji jak bodźce progowe. Potencjały czynnościowe czasem określa się jako zjawisko *wszystko albo nic*, ponieważ albo występują jako depolaryzacja o maksymalnej sile (jeśli bodziec osiągnie próg pobudliwości), albo nie występują w ogóle (jeśli bodziec nie osiągnie progu pobudliwości).

Po depolaryzacji, czyli ustaniu działania bodźca, zaczyna pracować pompa sodowo-potasowa, która usuwa z wnętrza neuronu jony sodu, a transportuje do niego jony potasu. Zjawisko to nosi nazwę **repolaryzacji błony**. Jest to przywrócenie zdepolaryzowanej wcześniej błonie neuronu potencjału spoczynkowego.

Przekazywanie impulsu nerwowego następuje za pomocą synapsy. W zależności od rodzaju zmian elektrycznych błony postsynaptycznej, wyróżniamy **synapsy pobudzające i hamujące**. W synapsach pobudzających uwalniane do szczeliny synaptycznej neuroprzekaźniki (m.in. noradrenalina i acetylocholina) powodują wzrost przepuszczalności błony postsynaptycznej dla jonów Na^+ i rozszerzającą się na cały neuron depolaryzację. Natomiast w synapsach hamujących neuroprzekaźnik (glicyna, kwas gamma-aminomastłowy GABA) powoduje zmiany błony postsynaptycznej, dzięki której jony K^+ przechodzą z wnętrza neuronu na zewnątrz, a jony Cl^- wnikają do jego wnętrza. Następuje **hiperpolaryzacja**, prowadząca do zmniejszania wrażliwości błony (na skutek zwiększenia ujemnego potencjału elektrycznego we wnętrzu komórki). Dzięki synapsom hamującym bodźce o nieistotnym znaczeniu ulegają wygaśnięciu.

Używki – alkohol, kofeina, tytoń czy narkotyki – mają istotny wpływ na działanie synaps. Prowadzą do zaburzeń w wydzielaniu neuroprzekaźników, co skutkuje pojawieniem się stanów lękowych, euforycznych, zaburzeń równowagi czy koordynacji ruchów.

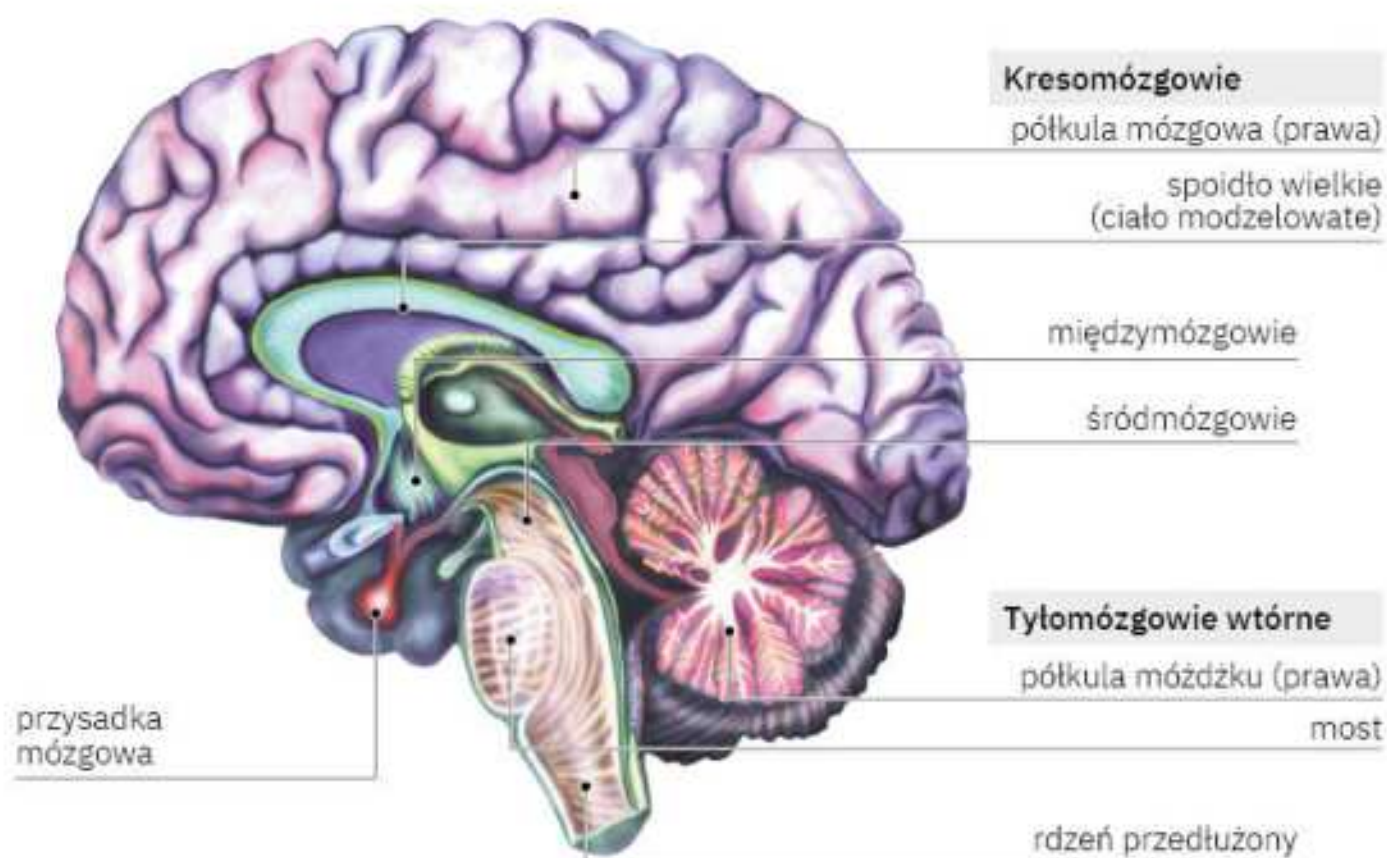
Budowa układu nerwowego człowieka

Podział układu nerwowego przeprowadza się na podstawie **kryterium anatomicznego i czynnościowego**.

W układzie nerwowym według kryterium anatomicznego wyróżniamy **ośrodkowy (centralny) układ nerwowy (OUN)** oraz **obwodowy układ nerwowy**. Ośrodkowy układ nerwowy jest zbudowany z **mózgowia (mózg)** i **rdzenia kręgowego**. Obwodowy układ nerwowy tworzą **nerwy czaszkowe (12 par)** i **rdzeniowe (31 par)**, **zwoje nerwowe** i **zakończenia nerwowe odbierające bodźce (receptory)**. Według kryterium czynnościowego układ nerwowy dzielimy na **układ somatyczny** i **autonomiczny (wegetatywny) (AUN)**. W ośrodkowym układzie nerwowym tkanka nerwowa występuje w postaci **istoty szarej** (skupienia ciał komórek nerwowych) i **istoty białej** (skupienia włókien nerwowych).

Podział i budowa mózgowia

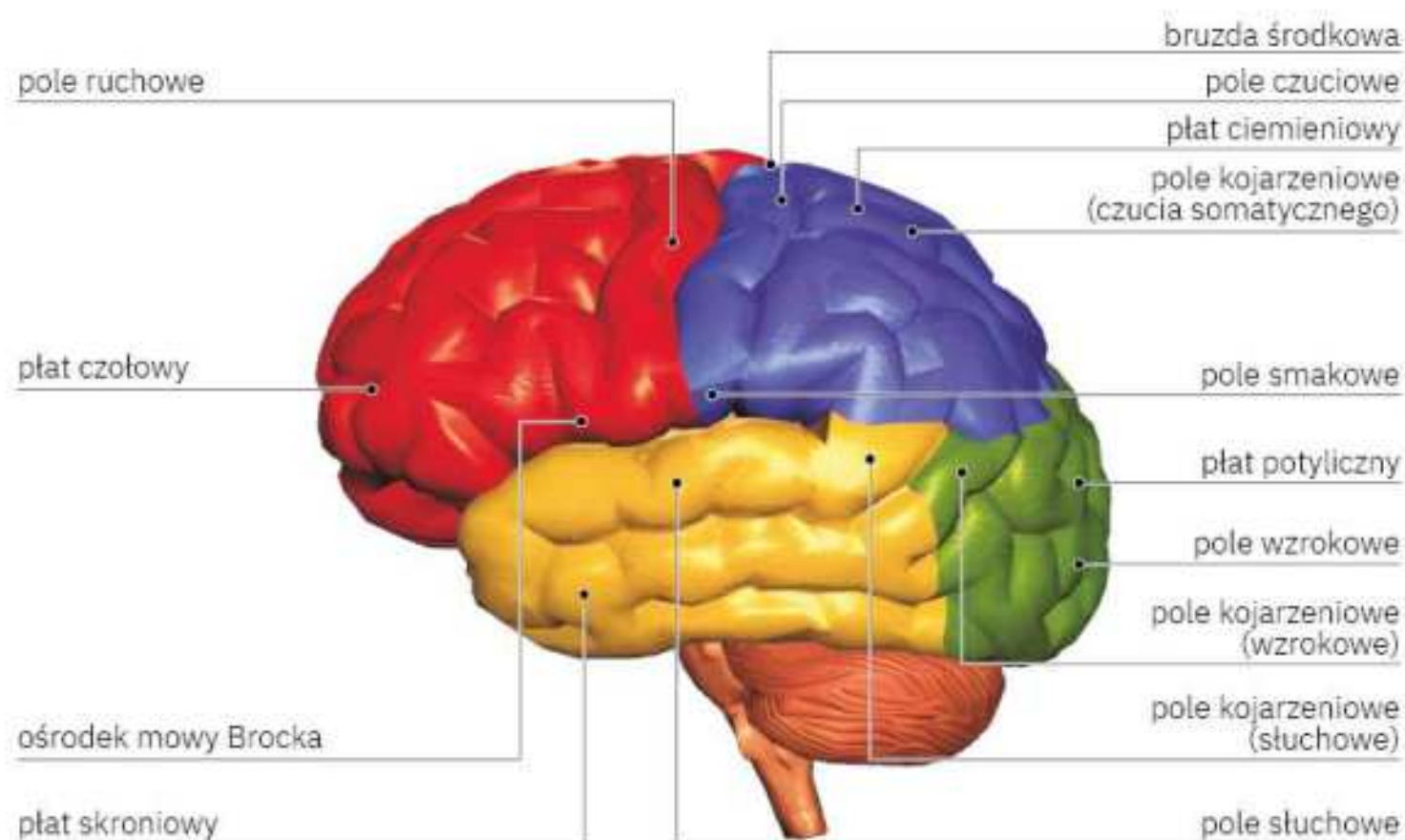
Mózgowie jest nadrzędną częścią ośrodkowego układu nerwowego (ryc. VII.1.1.). Waży około 1,4 kg, a wzrost poprzez powiększanie wypustek neuronu i rozwój tkanki glejowej zostaje zakończony około 20. roku życia. Mózgowie można podzielić, biorąc pod uwagę rozwój mózgowia w czasie rozwoju zarodkowego oraz podział stosowany w medycynie (podział kliniczny). Według pierwszego kryterium narząd dzielimy na: **kresomózgowie**, **międzymózgowie**, **śródmózgowie**, **tyłomózgowie wtórne (móżdżek i most)** oraz **rdzeń przedłużony**. W podziale klinicznym kresomózgowie i międzymózgowie stanowią mózg, śródmózgowie, most i rdzeń przedłużony określa się jako pień mózgu, a osobną część stanowi móżdżek (część tyłomózgowia wtórnego).



Ryc. VII.1.1. Przekrój mózgowia.

Największą częścią mózgowia jest **kresomózgowie**. Składa się z **dwóch półkul** połączonych **spoidłem wielkim**. Większą część kresomózgowia stanowi pokrywająca je z zewnątrz **kora mózgowa** – warstwa istoty szarej. Pod nią znajduje się istota biała. Tworzą je gęsto ułożone komórki nerwowe, których liczba wynosi około 10 milionów. Każda komórka nerwowa tworzy synapsy (około 6 tys.), co daje ogromne możliwości przekazywania impulsów nerwowych. Dodatkowo powierzchnia półkul jest bardzo silnie pofałdowana – znacznie zwiększa to jej powierzchnię. Pofałdowania tworzą uwypuklenia – **zakrety** oddzielone od siebie **bruzdami**. W każdej półkuli można wyróżnić **cztery parzyste płaty**: **czołowy**,

ciemieniowy, skroniowy i potyliczny. Grupy neuronów tworzą wyspecjalizowane w odbiorze i przekazywaniu impulsów **ośrodki nerwowe (korowe)** zlokalizowane w płatach. Do najważniejszych należą **ośrodki słuchu i mowy w płacie skroniowym, wzroku w płacie potylicznym, ruchu i psychiczne w płacie czołowym i czuciowy (dotyk, ból, ciepło, zimno) w płacie ciemieniowym.**



Ryc. VII.1.2. Ośrodki w płatach mózgu.

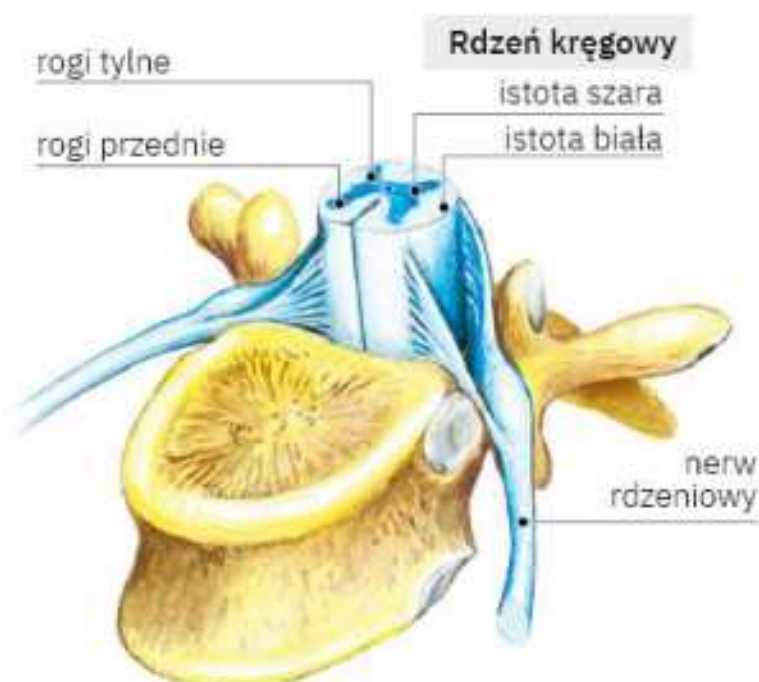
Międzymózgowie jest niewielką strukturą. Ważną jego część stanowi podwzgórze, w którym mieszczą się ośrodki czynności wegetatywnych (niezależnych od naszej woli), np. termoregulacji, pragnienia, głodu i sytości, popędów płciowych i instynktów macierzyńskich (inaczej u kobiet i mężczyzn). Międzymózgowie to centrum koordynacji nerwowej i hormonalnej. Wydziela hormony kierujące pracą m.in. przysadki mózgowej (liberyny – działają pobudzająco – i statyny – działają hamująco), nerek (wazopresyna) i skurczami mięśni gładkich męskich i żeńskich narządów rozrodczych (oksytocyna). Ośrodki w międzymózgowiu działają na stany motywacyjne – zdobywania (dążenie do zaspokojenia potrzeby) i unikania (dążenie do odrzucenia bodźca przez ucieczkę).

Śródmózgowie jest niewielką częścią pnia mózgu łączącą międzymózgowie z mózdzkiem i mostem. Mieszczą się tutaj ośrodki odruchów wzrokowych, np. zwięzania źrenicy, nieświadomych ruchów gałki ocznej oraz odruchów słuchowych (np. mimowolne odwracanie głowy w kierunku dźwięku). Śródmózgowie współdziała z mózdzkiem w regulacji napięcia mięśni szkieletowych (wykonywanie ruchów precyzyjnych).

Mózdzek jest zbudowany z dwóch półkul połączonych robakiem (środkowa część mózdzku). Jego powierzchnia jest pokryta istotą szarą – korą mózdzku. Mózdzek odpowiada za płynność i koordynację ruchów. Mieszczą się tutaj ośrodki regulujące napięcie mięśni szkieletowych (tzw. **tonus**), co wpływa na utrzymanie odpowiedniej postawy ciała i umożliwia poruszanie się. Niewielkie uszkodzenia mózdzku mogą powodować poważne zaburzenia, np. ataksję, czyli zaburzenia koordynacji ruchów mięśni szkieletowych, niezdarność ruchową, czyli upośledzenie zdolności dokładnego i sprawnego wykonywania ruchów, czy astenię – osłabienie siły skurczów mięśni szkieletowych.

Rdzeń przedłużony jest najbardziej pierwotną częścią mózgowia. Stanowi naturalne przedłużenie rdzenia kręgowego. Od góry przechodzi w most. W rdzeniu przedłużonym mieszczą się ośrodki podstawowych czynności wegetatywnych (elementarne funkcje życiowe), takich jak połykanie, żucie, ssanie, ruchy oddechowe i kontrola ciśnienia krwi. W rdzeniu przedłużonym występuje skrzyżowanie szlaków nerwowych czuciowych i ruchowych lewej i prawej strony ciała, co w efekcie powoduje kontrolę czynności lewej strony ciała przez prawą stronę mózgu i odwrotnie.

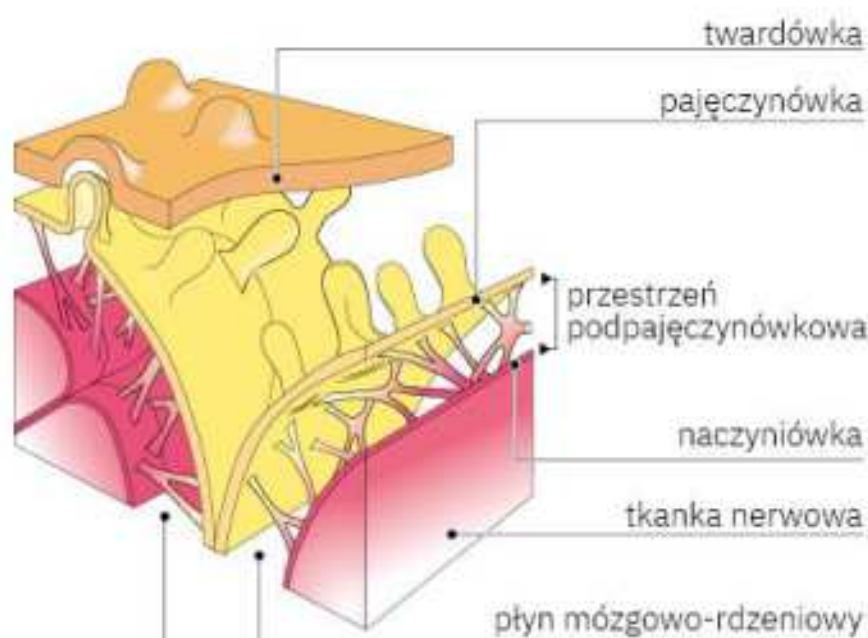
Rdzeń kręgowy przebiega przez kanał kręgowy utworzony przez otwory w kręgach kręgosłupa. Rozpoczyna się w rdzeniu przedłużonym i biegnie do drugiego kręgu lędźwiowego. Od zewnątrz rdzeń tworzy istota biała, a pod nią leży **istota szara** (odwrotnie niż w korze mózgowej), które układają się na przekroju w kształt litery H. Istota szara tworzy rogi brzuszne (przednie) oraz rogi grzbietowe (tylne). Wnętrze rdzenia stanowi **kanał centralny** wypełniony płynem mózgowo-rdzeniowym. Rdzeń kręgowy uczestniczy w przekazywaniu impulsów z mózgowia do narządów wykonawczych i w odruchach bezwarunkowych.



Ryc. VII.1.3. Przekrój przez rdzeń kręgowy.

Ochrona ośrodkowego układu nerwowego

Ośrodkowy układ nerwowy jest chroniony przez **struktury kostne**: **czaszkę** (ochrona mózgowia) i **kręgi kręgosłupa** (ochraniają rdzeń kręgowy) oraz dodatkowo przez trzy błony łącznotkankowe zwane **oponami mózgowo-rdzeniowymi**. Najbardziej zewnętrzną błoną wyściełającą jamę czaszki i kanał rdzenia kręgowego jest **błona twarda**, czyli twardówka. Opona środkowa – **pajęczynówka** (pajęcza) – jest najcieńsza. Pomiedzy pajęczynówką a błoną miękką znajduje się jama podpajęczynówkowa wypełniona płynem mózgowo-rdzeniowym. Najbardziej wewnętrzną oponą jest **opona miękka** (naczyniówka), która bezpośrednio przylega do powierzchni mózgowia (wnikając w jego bruzdy i zagłębienia) i rdzenia kręgowego. Zawiera liczne naczynia krwionośne i pełni funkcje odżywcze. Przez naczynia krwionośne naczyniówki przenikają tylko woda, gazy oddechowe i glukoza, co chroni układ nerwowy przed dostaniem się szkodliwych substancji, np. leków (**bariera krew–mózg**).



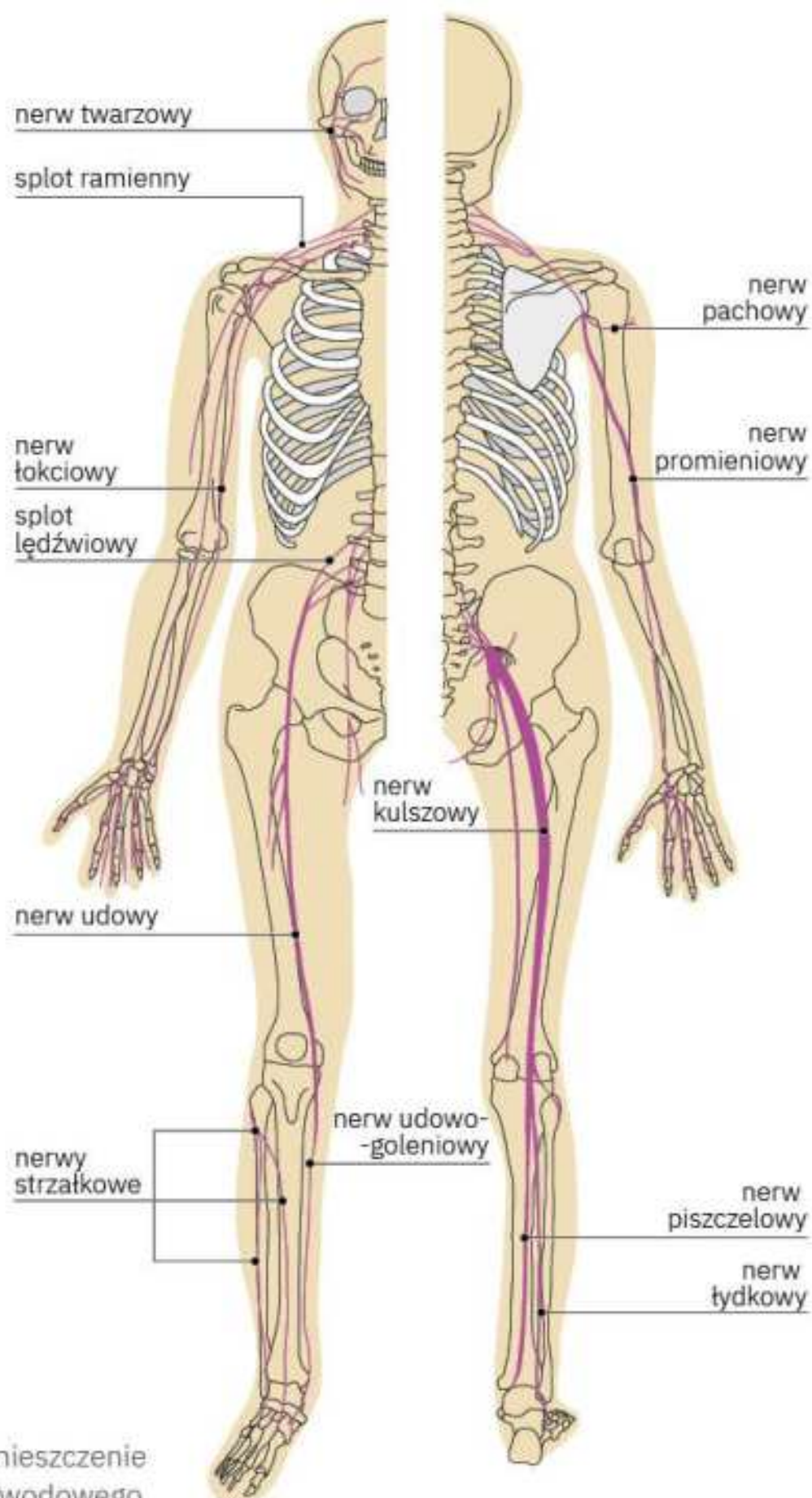
Ryc. VII.1.4. Opony mózgowie.

Płyn mózgowo-rdzeniowy to przesącz wody i niektórych składników osocza (glukozy, białek, jonów Cl^- , Mg^{2+}). Stanowi ochronę ośrodkowego układu nerwowego, zapewnia utrzymanie prawidłowego ciśnienia w jamie czaszki i odpowiada za odżywianie neuronów i usuwanie produktów metabolizmu. Czasami płyn mózgowo-rdzeniowy jest pobierany w celach diagnostycznych.

Obwodowy układ nerwowy

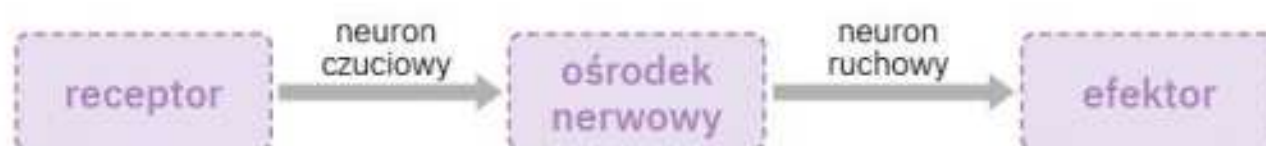
Obwodowy układ nerwowy jest zbudowany z **nerwów czaszkowych** i **rdzeniowych**. **Nerwy** są utworzone z wielu biegnących równolegle do siebie aksonów otoczonych osłonką łącznotkankową. W każdym nerwie znajdują się naczynia krwionośne, które dostarczają substancji odżywczych i tlenu komórkom. Nerwy ze względu na rodzaj aksonów dzielimy na **czuciowe**, zawierające włókna czuciowe, przewodzące impulsy czucia (np. dotyku, ciepła, bólu) do ośrodkowego układu nerwowego, **nerwy ruchowe**, posiadające włókna ruchowe wyprawiające impulsy z ośrodkowego układu nerwowego do mięśni, gruczołów

i innych narządów wykonawczych, oraz **nerwy mieszane, zawierające włókna czuciowe i ruchowe** przewodzące impulsy w obu kierunkach (do i z ośrodkowego układu nerwowego). **Zwoje nerwowe** są utworzone ze skupień ciał komórek nerwowych znajdujących się poza ośrodkowym układem nerwowym. Nerwy czaszkowe unerwiają przede wszystkim głowę i jej okolice. Są to nerwy czuciowe, ruchowe i mieszane. Nerwy rdzeniowe są nerwami mieszanymi. Dzielimy je na nerwy szyjne, piersiowe, lędźwiowe, krzyżowe i guziczne. Unerwiają skórę, mięśnie, narządy wewnętrzne i naczynia krwionośne. Uszkodzenie nerwów rdzeniowych może się zakończyć niedowładem lub porażeniem mięśni.



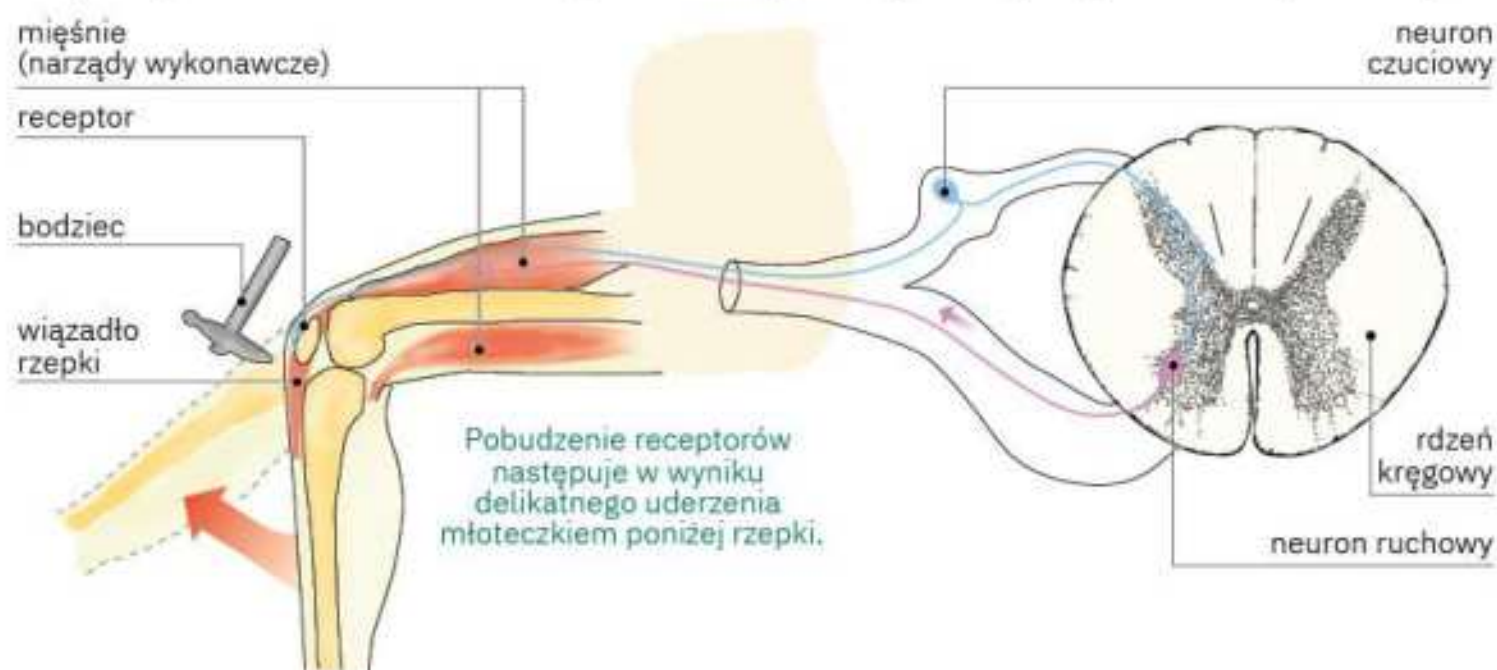
Ryc. VII.1.5. Rozmieszczenie nerwów układu obwodowego.

Łuk odruchowy



Ryc. VII.1.6. Schemat łuku odruchowego.

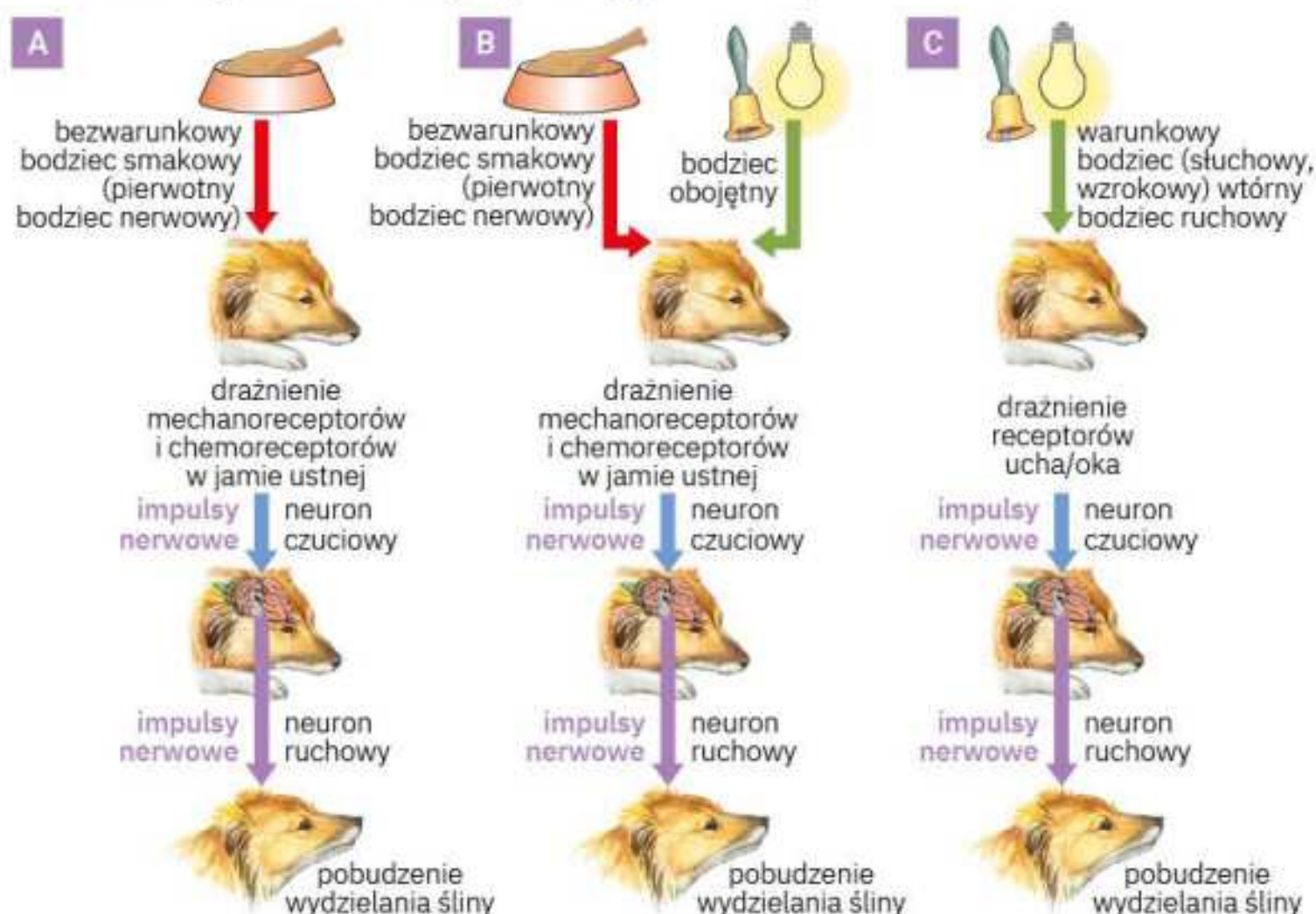
Odruch jest prostą, mimowolną i powtarzającą się reakcją organizmu na bodźce, które docierają do niego ze środowiska zewnętrznego i wewnętrznego. Reakcja ta zachodzi w łuku odruchowym. **Łuk odruchowy** to droga, jaką impulsy nerwowe przechodzą od receptora (odbiorcy bodźców) do efektoru (narządu wykonawczego) przez neurony (elementy przewodzące). Łuk odruchowy składa się z następujących elementów: receptora, drogi nerwowej dośrodkowej (czuciowej), ośrodka nerwowego, drogi nerwowej odśrodkowej (ruchowej) i efektoru. **Receptorem** są komórki nerwowe lub zakończenia nerwowe, w których na skutek działania bodźców powstaje pobudzenie nerwowe. Są one skupione w narządach zmysłów, np. wzroku, słuchu czy w zakończeniach nerwowych w skórze (np. receptory bólu). Efektorom jest narząd wykonawczy, w którym dochodzi do przekształcenia impulsów nerwowych w skurcz mięśnia szkieletowego, mięśnia gładkiego czy produkcję wydzieliny przez gruczoł. Droga, którą impuls nerwowy jest przenoszony od receptora do ośrodka nerwowego, to **droga czuciowa (afferentna)**, a droga od ośrodka nerwowego do narządu wykonawczego to **droga ruchowa (eferentna)**. Ośrodek nerwowy tworzą skupienia neuronów, w których informacja dopływająca z receptora zostaje przetworzona i przekazana do efektoru za pomocą neuronów ruchowych. W ośrodku nerwowym znajdują się neurony pośredniczące (czuciowo-ruchowe). Odruchy różnią się między sobą liczbą neuronów przewodzących impuls między receptorem a efektorom. W najprostszych odruchach, tzw. **monosynaptycznych**, bierze udział tylko jeden neuron czuciowy i ruchowy oraz jedno połączenie za pomocą



Ryc. VII.1.7. Schemat odruchu kolanowego.

synapsy. W takich odruchach receptor i efektor znajdują się w tym samym mięśniu i dlatego reakcja jest bardzo szybka (np. odruch kolanowy). W bardziej złożonych odruchach, które dominują w organizmie człowieka, występuje więcej połączeń między receptorem i efektem (np. odruch zginania kończyny).

Odruchy klasyfikujemy także ze względu na pochodzenie. Na tej podstawie wyróżniamy **odruchy bezwarunkowe** (wrodzone, gatunkowe) i **odruchy warunkowe** (nabyte, osobnicze). **Odruchy bezwarunkowe** są odruchami wrodzonymi, przekazywanymi dziedzicznie. Są one charakterystyczne wyłącznie dla danego gatunku. Reakcja na określony bodziec jest zawsze taka sama i nie zmienia się w ciągu życia człowieka. Odruchy bezwarunkowe mają ośrodki **w rdzeniu kręgowym i przedłużonym**. Przykładem takich odruchów np. odruch źreniczny, odruchy obronne (odruch wymiotny, odruch zginania kończyny pod wpływem ukucia palca), odruch podeszwowy (drażnienie mechaniczne stopy powoduje zginanie palców), odruch ssania (powstaje podczas dotykania ust noworodka), odruch wydzielania śliny na widok pokarmu. Natomiast **odruchy warunkowe** są nabyte podczas życia na bazie odruchów warunkowych. Mechanizm ich powstania po raz pierwszy opisał rosyjski fizjolog Iwan Pawłow, prowadząc badania nad odruchem wydzielania śliny u psów (ryc. VII.1.8.).



Ryc. VII.1.8. Mechanizm powstawania odruchu: (A) bezwarunkowego; (B), (C) warunkowego. Bodziec obojętny, np. dzwonek, plus bodziec bezwarunkowy (pokarm) wyzwała wydzielanie śliny. Wielokrotnie powtórzona sytuacja powoduje, że dzwonek – dotychczasowy bodziec obojętny – towarzyszący karmieniu prowadzi do wydzielania śliny. Dzwonek nabył właściwości bodźca bezwarunkowego, chociaż nie przypomina pokarmu.

Odruchy warunkowe nie są dziedziczne i są cechą indywidualną każdego człowieka. Wykazują dużą zmienność w ciągu życia danej osoby. Muszą być stale podtrzymywane, ponieważ bardzo szybko ulegają wygasaniu. W zależności od bodźca mogą zanikać i ponownie się pojawiać, np. powtarzanie słówek z języka obcego utrwala je, a zaprzestanie tej czynności prowadzi do zapominania wyuczonych wyrazów. Podstawą do wykształcenia się odruchów warunkowych jest potrzeba dążenia do zaspokojenia swoich potrzeb. Ośrodki odruchów warunkowych znajdują się w korze mózgowej i dzięki temu są podstawą złożonych czynności, np. abstrakcyjne myślenie czy świadome porozumiewanie się, które nie są spotykane u zwierząt.

Odruchy warunkowe są podstawą **uczenia się**. Uczenie się jest procesem świadomego nabywania wiadomości i umiejętności, a następnie przechowywania tych informacji, które później zostają wykorzystane. Warunkiem uczenia się jest zdolność do zapamiętywania. Zapamiętywanie polega na gromadzeniu i wykorzystywaniu informacji o minionych doświadczeniach. Jest to związane z aktywnością układu nerwowego – głównie ośrodków w korze mózgowej. Sam mechanizm zapamiętywania opiera się zmianach w liczbie i jakości połączeń synaptycznych, które tworzą tzw. szlaki pamięci. Pamięć klasyfikujemy na podstawie różnych kryteriów. Najprostszym podziałem jest podział na pamięć sensoryczną, krótkotrwałą i długotrwałą (ryc. VII.1.9.). **Pamięć sensoryczna** (zmysłowa, ultrakrótka) wiąże się z postrzeganiem za pomocą zmysłów (np. dotyk, zapach, słuch). Informacje są przechowywane bardzo krótko (od 2 do 10 s).



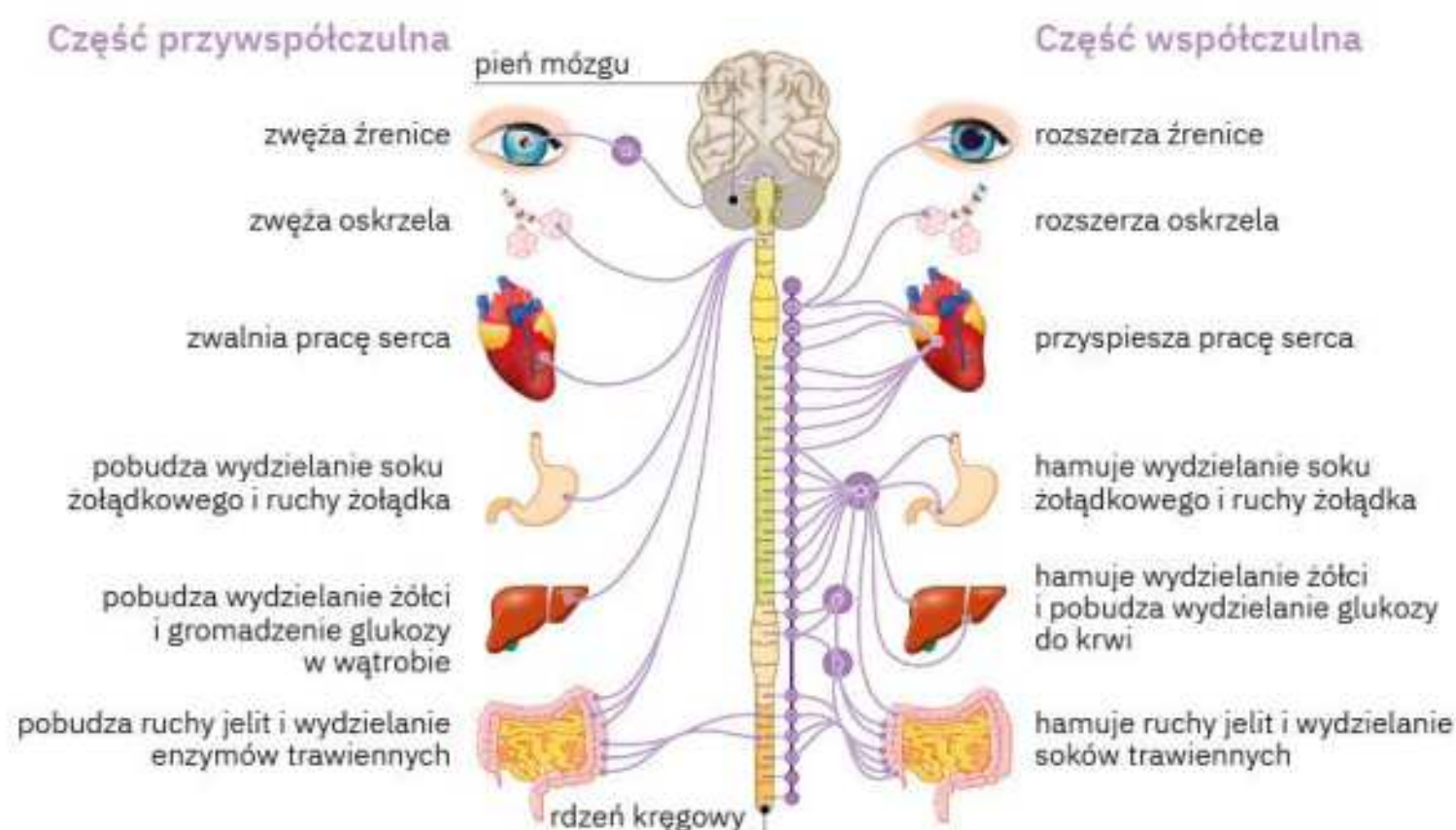
Ryc. VII.1.9. Schemat przepływu informacji przez różne rodzaje pamięci.

Pamięć krótkotrwałą (operacyjna) pozwala na nieco dłuższe przechowywanie informacji (która została utrwalona podczas powtarzania w myśli) liczącej najczęściej od 6 do 8 pozycji, np. numeru telefonu. Jeśli informacja nie będzie powtarzana, nastąpi zapominanie. Częste powtarzanie prowadzi do przeniesienia informacji do pamięci długotrwałej. Pamięć krótkotrwałą ma ogromne znaczenie w życiu codziennym człowieka (scalanie myśli, komunikowanie się). **Pamięć długotrwałą** opiera się nie tylko na przepływie impulsów elektrycznych, lecz także na tworzeniu nowych szlaków łączących neurony. Pamięć ta ma nieograniczoną pojemność i kodowanie w niej informacji wymaga częstego powtarzania, co prowadzi do powstania nowych połączeń między neuronami. Odtworzenie

informacji zapisanych w pamięci długotrwałej czasami wymaga przeniesienia na pewien czas informacji do pamięci krótkotrwałej. Zapisywane są w niej tylko wyselekcjonowane informacje, których w porównaniu z odebranymi przez receptory jest prawie stukrotnie mniej. Aby proces zapamiętywania był efektywny, powinno się uwzględnić następujące zasady:

- rozłożyć materiał do nauczenia na kilka mniejszych etapów, co będzie skuteczniejsze niż zapamiętanie dużej partii materiału jednorazowo;
- logicznie uporządkować materiał, co zwiększa skuteczność jego zrozumienia i zapamiętywania;
- werbalizować, czyli głośno powtarzać – w wielu przypadkach ułatwia to zapamiętywanie, szczególnie u osób z rozwiniętą pamięcią słuchową;
- powtarzać materiał do zapamiętania w ruchu, np. chodząc;
- wykorzystywać formę obrazową i słuchową przy przyswajaniu nowego materiału;
- zaplanować kolejne powtórzenia materiału nie bezpośrednio po sobie – nie sprzyja to zapamiętywaniu;
- pamiętać o pozytywnej motywacji – zwiększa to skuteczność zapamiętywania;
- stosować przerwy, np. sen lub inną formę wypoczynku – zwiększa to przeniesienie informacji do pamięci długotrwałej.

Autonomiczny układ nerwowy



Ryc. VII.1.10. Działanie autonomicznego układu nerwowego.

Somatyczny układ nerwowy odbiera bodźce ze środowiska zewnętrznego oraz narządów ruchu. Jego praca jest w znacznej mierze zależna od woli człowieka. Natomiast układ **autonomiczny (AUN)** odbiera bodźce z wnętrza ciała i kieruje pracą narządów wewnętrznych (unerwia mięśnie gładkie, mięsień serca i gruczoły) i dlatego jego praca nie zależy od woli człowieka. Oba układy współpracują ze sobą w celu utrzymania równowagi w organizmie. Układ autonomiczny kontroluje takie funkcje, jak trawienie, oddychanie i tempo przemiany materii. Dzieli się na układ współczulny, inaczej sympatyczny (pobudzający), i przywspółczulny, inaczej parasympatyczny (hamujący). Oba układy unerwiają wszystkie narządy wewnętrzne organizmu, a ich działanie jest **antagonistyczne** względem siebie. Oznacza to, że układ współczulny pobudza pracę danego narządu, mobilizuje do aktywności, walki lub ucieczki, co wiąże się z wydatkowaniem energii. Takie pobudzanie następuje w sytuacjach stresowych i spowalnia procesy trawienne. W zakończeniach neuronów tego układu zostają uwolnione neuroprzekaźniki – adrenalina i noradrenalina. Następuje wówczas dobre natlenienie i dostarczenie substancji odżywczych do organizmu. Z kolei układ przywspółczulny powoduje zmniejszenie aktywności procesów fizjologicznych i wprowadza organizm w stan odprężenia, przyspiesza przebieg procesów trawienia, np. po obfitym posiłku z zakończeń neuronów zostaje uwolniona acetylocholina i organizm koncentruje się na trawieniu pokarmu. Dzięki temu następuje powrót do wyjściowego funkcjonowania, a organizm oszczędza energię. Podczas dnia i nocy oba układy różnią się aktywnością. Różnica w działaniu obu układów wynika nie tylko z innego rodzaju neuroprzekaźnika – w układzie współczulnym neuroprzekaźnikami są **noradrenalina** i **adrenalina**, a w przywspółczulnym **acetylocholina** – lecz także z różnego położenia ośrodków nerwowych i zwojów nerwowych.

Choroby układu nerwowego

Badaniem i rozpoznawaniem chorób układu nerwowego zajmuje się dział medycyny – **neurologia**. Na układ nerwowy mają istotny wpływ **emocje** – strach, gniew, przyjemność, nienawiść, agresja. Towarzyszą one powstawaniu i zaspakajaniu podstawowych potrzeb człowieka. Silne emocje, trudne do kontrolowania, mogą doprowadzić do zaburzeń życia emocjonalnego i prowadzić do powstania **lęków**, **fobii** czy **psychoz**. Czynnikiem prowadzącym do takich zaburzeń jest **stres**, czyli odpowiedź organizmu na niekorzystne działanie zewnętrznych i wewnętrznych czynników środowiskowych.

Stres może powodować lęk, niepokój oraz szereg zaburzeń somatycznych, objawiających się jako choroby i dolegliwości ze strony ciała. Objawy ze strony psychiki to między innymi: lęk, depresja, drażliwość, huśtawka nastrojów, gniew,

zwiększona nerwowość, obniżona samoocena, agresja, drżenie, tiki nerwowe, zwiększone spożycie kofeiny, alkoholu i pociąg do innych używek, zaburzenia snu, nieradzenie sobie, a w skrajnych przypadkach nawet myśli samobójcze.

Ze strony fizjologii, czyli ciała, długotrwały stres może objawiać się spadkiem odporności (częste infekcje, przeziębienia, grypa), kołataniem serca, kłopotami z oddychaniem, uciskiem w klatce piersiowej, bezsennością i częstym wybudzaniem się w nocy, omdleniami bez wyraźnej przyczyny, częstymi bólami migrenowymi i ciśnieniowymi głowy, bólami kręgosłupa (szczególnie w odcinku lędźwiowym; tak zwane bóle w krzyżu), niestrawnością, biegunkami, zaparciami, problemami skórными i alergiami, astmą, drżeniem i lepkością rąk, zaburzeniami miesiączkowania oraz przyrostem bądź spadkiem wagi (ryc. VII.1.11.).

Układ nerwowy

Współczulny układ nerwowy (działający niezależnie od naszej woli) wysyła sygnał do nadnerczy, z których uwalniane są adrenalina i kortyzol. Hormony te powodują szybsze bicie serca, wzrost ciśnienia krwi, osłabioną perystaltykę jelit i wzrost stężenia glukozy we krwi. To cechy tzw. reakcji „walcz albo uciekaj”.

Układ krążenia

Szybsza praca i mocniejsze skurcze mięśnia sercowego. Powtarzające się epizody ostrego stresu sprzyjają również procesom zapalnym w tętnicach wieńcowych i w konsekwencji rozwojowi w nich miażdżycy.

Układ oddechowy

Szybsze i płytkie oddechy. Niekiedy może nawet dojść do hiperwentylacji i ataku paniki.

Układ pokarmowy

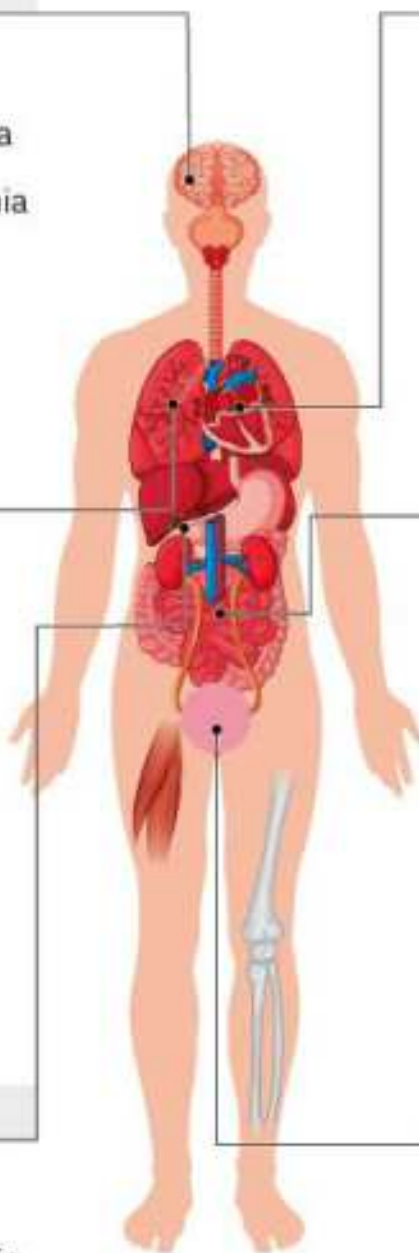
Niektórzy w obliczu stresu jedzą więcej, inni wręcz przeciwnie – znacznie mniej. Jeśli jesz więcej, a dodatkowo palisz i pijesz alkohol, może dojść do silnego refluku żołądkowo-przełykowego i zgagi. Czasami stresowi towarzyszą: ból żołądka, nudności, wymioty, biegunka lub zaparcia.

Układ hormonalny

Następuje wyrzut z nadnerczy tzw. hormonów stresu – kortyzolu i adrenaliny. Z kolei wątroba w odpowiedzi na stres uwalnia duże ilości glukozy – źródła energii dla reakcji „walcz albo uciekaj”.

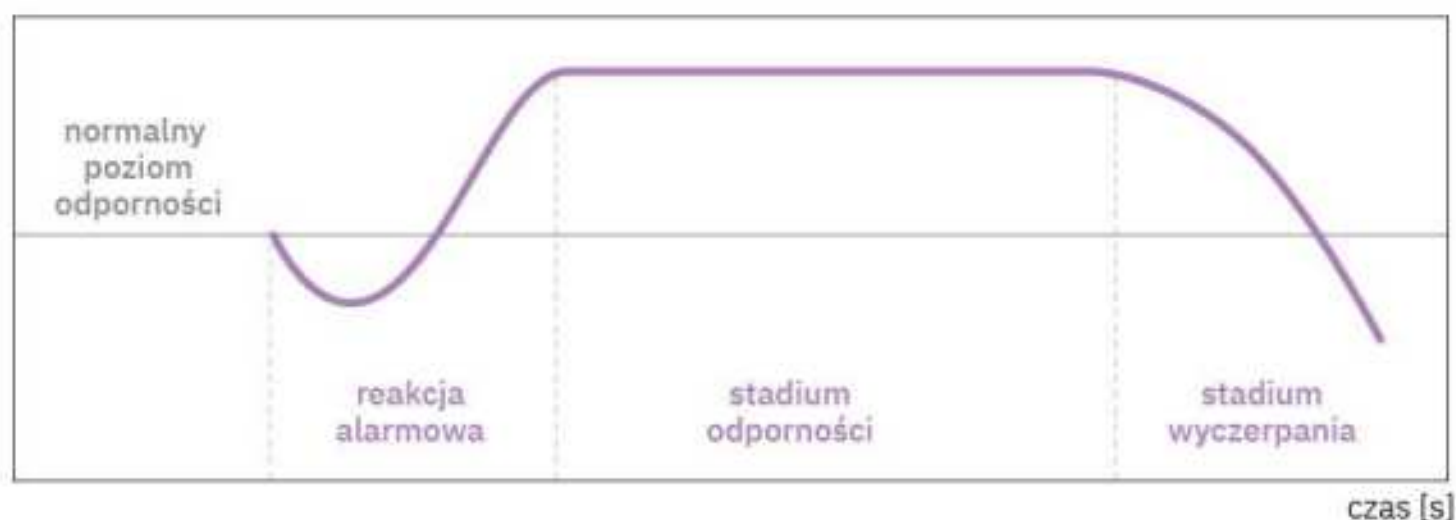
Układ rozrodczy

U kobiet silny stres może spowodować zaburzenia miesiączkowania, bolesne miesiączki, przerost endometrium, kłopoty z płodnością i osłabiony popęd seksualny. U mężczyzn przewlekły stres może sprzyjać zmniejszonej produkcji testosteronu i plemników oraz powodować zaburzenia erekcji.



Ryc. VII.1.11. Mobilizacja organizmu na skutek działania stresu.

Stres podnosi ciśnienie krwi oraz poziom glukozy. Wzrasta poziom adrenaliny, a procesy trawienia są hamowane – organizm przygotowuje się do sytuacji, która może będzie wymagała ucieczki. Stres jest najczęściej zjawiskiem krótkotrwałym, ale jeśli utrzymuje się przez dłuższy czas, może doprowadzić do bardzo poważnych chorób, takich jak nadciśnienie tętnicze krwi, miażdżyca, choroba wrzodowa żołądka oraz osłabienie odporności organizmu (ryc. VII.1.12.).



Ryc. VII.1.12. Fazy reakcji stresowej. REAKCJA ALARMOWA – mobilizacja sił obronnych organizmu, STADIUM ODPORNOŚCI – adaptacja do czynników wywołujących stres, STADIUM WYCZERPANIA – czynnik szkodliwy działa zbyt długo i uogólnione pobudzenie organizmu nie służy już zwalczaniu stresora, lecz skutkuje utratą zdolności obronnych.

Długotrwały stres prowadzi do nerwic, czyli ciągłych napięć nerwowych, lęków, poczucia zagrożenia. Często lęki są nieuzasadnione i prowadzą do tzw. **fobii**, np. arachnofobii (lęk przed pajakami), klaustrofobii (lęk przed przebywaniem w zamkniętych pomieszczeniach), agorafobii (lęk przed przebywaniem na otwartej przestrzeni).

Brak snu oraz życie w nieustannym stresie są przyczyną zaburzeń w przewodnictwie impulsów nerwowych i wydzielaniu neuroprzekaźników, co prowadzi do schorzeń ośrodkowego układu nerwowego.

Najczęściej spotykanym zaburzeniem układu nerwowego jest **depresja**, na którą choruje około 10% populacji świata (częściej kobiety niż mężczyźni). Przyczyną depresji mogą być obciążenia genetyczne (wrodzona skłonność do takich zaburzeń), ciężkie i przewlekłe choroby, stosowanie leków, alkoholizm czy reakcje na wydarzenia traumatyczne (śmierć bliskiej osoby, rozwód, utrata pracy czy pozycji społecznej, kalectwo, kryzys rodzinny), a także niedobór serotoniny nazywanej hormonem szczęścia lub dobrego samopoczucia. Niedobór serotoniny powoduje, że obszary mózgu odpowiedzialne za emocje nie zostają prawidłowo pobudzone i mogą się pojawić objawy charakterystyczne dla depresji. Objawy depresji mogą być psychologiczne lub somatyczne (ryc. VII.1.13.).



Ryc. VII.1.13. Schemat objawów depresji.

Depresja dotyka ludzi w różnym wieku. Często pojawia się u ludzi starszych. Jej przyczyną mogą być choroby, a także samotność. Leczenie depresji polega na stosowaniu środków farmakologicznych w powiązaniu z psychoterapią. Bardzo ważne w depresji jest stosowanie profilaktyki poprawiającej nastrój i funkcjonowanie układu nerwowego. Do takich działań należą:

- dbanie o wypoczynek w ciągu dnia;
- regularne wysypianie się;
- prowadzenie aktywnego trybu życia;
- prawidłowe odżywianie z niskim poziomem tłuszczów, wysokim poziomem białka oraz witamin i minerałów;
- utrzymywanie kontaktów z osobami bliskimi i przyjaciółmi;
- niestosowanie środków zmieniających nastrój, takich jak alkohol, narkotyki, leki uspokajające (benzodiazepiny) i środki pobudzające.

Szczególnie niebezpieczne jest uleganie różnym przyzwyczajeniom, które – jeśli będą wielokrotnie powtórzone – przekształcają się w nawyki. Złe nawyki to picie alkoholu, palenie papierosów, zażywanie narkotyków czy dopalaczy. Jeśli są silnie utrwalone, to prowadzą do nałogu, negatywnego zjawiska i bardzo szkodliwego dla zdrowia. Przyczyną popadania w nałóg bywają: brak akceptacji ze strony rówieśników, porażki w szkole i pracy, problemy rodzinne, brak perspektyw życiowych, zranione uczucia oraz konflikty z innymi lub z samym sobą, chęć poprawienia samopoczucia, nadmiar wolnego czasu. W takich sytuacjach

najczęściej sięga się po środki psychoaktywne, m.in. alkaloidy, leki psychotropowe, narkotyki i alkohol, które działają na ośrodkowy układ nerwowy i powodują zmianę nastroju lub samopoczucia. Jeśli taki środek jest przyjmowany regularnie, następuje uzależnienie, które prowadzi do nałogu.

Lekomania jest uzależnieniem od leków, w tym psychotropowych (leki przeciwdepresyjne, uspokajające, przeciwlękowe i nasenne). Nadużywanie leków prowadzi do niszczenia różnych organów – żołądka, serca, wątroby czy nerek. W związku z takim niebezpieczeństwem firmy farmaceutyczne mają obowiązek umieszczać na opakowaniach informacje dotyczące niepożądanych skutków stosowania leków.

Alkoholizm jest uzależnieniem od alkoholu (piwo, wino, wódka). Nałóg ten prowadzi do zapalenia błony śluzowej żołądka, zapalenia trzustki, osłabienia lub uszkodzenia mięśnia serca, choroby nerek, marskości wątroby, a także do nowotworów krtani, przełyku, żołądka i trzustki.

Narkomania jest bardzo groźnym uzależnieniem od narkotyków, tzw. twardych (np. kokaina i heroina) i miękkich (np. marihuany, ecstasy i LSD) (podział umowny). Pod ich wpływem dochodzi do silnych i długotrwałych zaburzeń percepcji, a w ostatniej fazie do paranoi narkotycznych. Do głównych objawów tego nałogu należą zmiany w wyglądzie i zachowaniu: przekrwione białka oczu i rozszerzone źrenice, nadpobudliwość przeplatana sennością i apatią, zamykanie się w sobie, agresywne zachowania. Może dochodzić do wybuchów agresji, które mogą prowadzić do kłopotów z prawem.

Niezakazanymi środkami psychoaktywnymi dostępnymi w internecie lub specjalistycznych sklepach są **dopalacze**. Stanowią alternatywę dla nielegalnych narkotyków. Składniki dopalaczy są bardziej szkodliwe jak narkotyki. Główny składnik dopalaczy to BZN (benzylopiperazyna). Jego działanie jest podobne do amfetaminy – przyspiesza tętno, odwadnia organizm i prowadzi do uzależnienia. Do najczęstszych objawów stosowania dopalaczy należą: nudności, bóle i zawroty głowy, stany lękowe, bezsenność, drgawki, problemy z oddychaniem, urojenia, ataki szału, śpiączka, brązowienie skóry. W środkach masowego przekazu coraz częściej pojawiają się informacje o zgonach po zażyciu dopalaczy (ryc. VII.1.14.).



Ryc. VII.1.14. Część chorych po zatruciu dopalaczami dostanie drgawek i torsji.

Narkomania i alkoholizm mogą prowadzić do trwałych uszkodzeń mózgu. Są także niebezpieczne dla płodu u kobiet. Prowadzą do zaburzeń czynności rozrodczych u mężczyzn (impotencji). Leczenie narkomanii i innych uzależnień polega na detoksykacji (odtruciu) organizmu substancjami farmakologicznymi, a następnie indywidualnej lub grupowej psychoterapii osoby uzależnionej i ich rodzin. Leczenie często odbywa się w specjalistycznych, zamkniętych ośrodkach lub poradniach. Po takiej terapii pacjenci pozostają pod stałą opieką i często uczestniczą w pracach, tzw. grup wsparcia, jak AA (Anonimowi Alkoholicy).

Przyczyny, które powodują uzależnienia od różnych środków psychoaktywnych, wynikają z braku umiejętności radzenia sobie z negatywnymi emocjami i reakcjami.

Sposoby, które mogą nas od tego uwolnić, to m.in.:

- oderwanie myśli od emocji, zajęcie ich czynnościami przyjemnymi lub zupełnie neutralnymi;
- pozytywne myślenie;
- aktywność fizyczna;
- umiejętność relaksacji;
- rozwijanie pasji, hobby;
- kontakty z bliskimi osobami;
- kontakty ze zwierzętami;
- częsty śmiech wyzwalający serotoninę (ryc. VII.1.15.).



Ryc. VII.1.15. Dobrym sposobem na radzenie sobie z negatywnymi emocjami jest aktywność fizyczna i częsty kontakt z przyrodą, który wyzwala pozytywne myślenie.

Choroby neurologiczne

Choroba Alzheimera jest wynikiem zanikania kory mózgowej. Występuje u osób po 65. roku życia. Jej przyczyny nie zostały dotychczas poznane. Prowadzi do stopniowych kłopotów z pamięcią oraz problemów z koncentracją, snem i czynnościami ruchowymi. W stadium zaawansowanym chory wymaga całonocnej opieki. Jest to choroba postępująca. Do tej pory nie odkryto sposobu leczenia, który zahamuje jej rozwój. Stosuje się leczenie farmakologiczne, które ma na celu spowolnienie jej postępu i łagodzenie objawów oraz rehabilitację.

Przyczyną **choroby Parkinsona** jest uszkodzenie komórek nerwowych śródmózgowia, które produkują neuroprzekaźnik – dopaminę. Jej niskie stężenie powoduje zaburzenia równowagi i trudności z wykonywaniem ruchów. Najczęściej objawia się to drżeniem jednej ręki, ograniczoną mimiką i zmianą barwy głosu.

Choroba głównie dotyka mężczyzn około 60. roku życia. Nie ma na nią skutecznego leku. Stosuje się leczenie farmakologiczne łagodzące skutki choroby, a także rehabilitację lub operacje neurochirurgiczne.

Schizofrenia jest chorobą nie do końca poznaną. Jedną z prawdopodobnych przyczyn stanowi podłoże genetyczne, a także podatność na stres i urazy psychiczne oraz powikłania powstałe w okresie życia płodowego i okołoporodowego. Do najczęstszych objawów należą zaburzenia emocjonalne, urojenia, omamy, bierność, apatia i zaburzenia w funkcjonowaniu w społeczeństwie. Leczenie polega na podawaniu środków farmakologicznych, stosowaniu psychoterapii czy terapii zajęciowej. Tylko u niewielkiej grupy osób chorych takie środki prowadzą do poprawy stanu zdrowia. W sporadycznych przypadkach dochodzi do prób samobójczych.

W rozpoznaniu wielu chorób układu nerwowego pomaga **badanie elektroencefalograficzne (EEG)**. Pozwala ono za pomocą impulsów elektrycznych zobrazować pracę mózgu (ryc. VII.1.16.).

Prawidłowe funkcjonowanie organizmu zapewnia **sen**. Jego brak może doprowadzić do poważnych zaburzeń układu nerwowego. Przesypiamy około jedną trzecią naszego życia. Sen poprawia zdolność zapamiętywania, czynności ruchowych i koordynacji, co tłumaczy większą liczbę godzin snu u dzieci niż u dorosłych.

Sen jest relaksem dla aktywności mózgu. W jego trakcie następuje porządkowanie i utrwalanie informacji, wiedzy i wspomnień. Wzmacnia on także skuteczność układu immunologicznego i dlatego podczas snu skuteczniej są zwalczane infekcje wirusowe i bakteryjne. Także niektóre hormony (np. hormon wzrostu) są wydzielane tylko podczas snu, a poziom hormonów stresu wyraźnie spada.

Podczas snu człowieka występują pewne cyklicznie powtarzające się zmiany, m.in. zmienia się szybkość ruchów gałek ocznych. Na tej podstawie wyróżniamy dwa rodzaje snu: **sen wolnofalowy (NREM – wolne ruchy gałek ocznych)** oraz **sen paradoksalny REM** (szybkie ruchy gałek ocznych), zwany snem z marzeniami sennymi. Po zaśnięciu zapadamy w sen wolnofalowy, podczas którego ustaje ruch oczu, zwalnia serce, spada temperatura ciała, obniża się ciśnienie krwi, następuje rozkurcz mięśni szkieletowych, szybciej goją się rany i oparzenia oraz spowalniają procesy trawienia. Mniej więcej co 90 minut człowiek śpiący



Ryc. VII.1.16. EEG mózgu pozwala na wykrycie między innymi padaczki (epilepsji), która jest spowodowana zaburzeniami czynności mózgu w wyniku przebytych urazów lub czynnikami genetycznymi. Objawia się atakami drgawek, utratą przytomności, a także bezdechem.

wchodzi w fazę snu paradoksalnego na około 20 minut. Podczas tej fazy następuje szybkie poruszanie gałek ocznych pod zamkniętymi powiekami, oddech i puls stają się nieregularne, często zdarza się mówienie przez sen i lunatykowanie. Występują także marzenia senne, które mają charakter wizualny, obejmują dźwięki, zapachy, smaki, a obrazy są czarno-białe lub kolorowe. Jeśli przebudzimy się w tej fazie, to jesteśmy w stanie opisać nasze sny. Sen kończy się zwykle fazą paradoksalną, z której jest łatwo się wybudzić. Do prawidłowego wypoczynku potrzebna jest obecność obu faz snu w odpowiednich proporcjach.

PYTANIA I POLECENIA

1. Wyjaśnij rolę pompy sodowo-potasowej w polaryzacji błony komórki nerwowej.
2. Podaj kryteria wyróżniania synaps i przedstaw różnice.
3. Przedstaw wpływ środków psychotropowych na przekazywanie impulsów nerwowych.

2. Narządy zmysłów

Odbiór bodźców ze środowiska zewnętrznego i wewnętrznego odbywa się za pomocą **receptorów**. Receptorem może być pojedyncza komórka lub cały narząd zbudowany z wielu komórek. Receptory odbierają różne bodźce: optyczne, mechaniczne, akustyczne i chemiczne oraz przekazują je do odpowiednich ośrodków w rdzeniu kręgowym lub mózgu. Receptory ze względu na środowisko, z którego są odbierane bodźce, dzielimy na:

- **eksteroreceptory** – odbierające bodźce ze środowiska zewnętrznego (narząd wzroku, słuchu, kubki smakowe, błony węchowe, receptory dotyku, ucisku, zmian temperatury i bólu);
- **proprioreceptory** – odbierające bodźce ze środowiska wewnętrznego (receptory stawowo-mięśniowe w stawach i mięśniach);
- **interoreceptory** – odbierające bodźce ze środowiska wewnętrznego, znajdują się w ścianach narządów wewnętrznych i naczyń krwionośnych.

Eksteroreceptory są zlokalizowane w powierzchniowych obszarach ciała. Umożliwiają poznawanie otoczenia i reagowanie na bodźce zewnętrzne. Proprioreceptory przekazują informacje o położeniu naszego ciała, poszczególnych kończyn, głowy i innych jego części. Pozwalają na wykonywanie różnych czynności bez potrzeby widzenia (np. umożliwiają jedzenie w zaciemnionych pomieszczeniach).

Interoreceptory pomagają w utrzymaniu równowagi ustroju, tzw. homeostazy. Dzięki nim odczuwamy głód czy pragnienie.

Receptory możemy podzielić również ze względu na rodzaj bodźca, na jaki są wrażliwe:

- **mechanoreceptory** – reagują na zmiany energii mechanicznej (receptory dotykowe, proprioceptory, błędnik);
- **chemoreceptory** – reagują na bodźce chemiczne (kubki smakowe i nabłonek węchowy);
- **fotoreceptory** – reagują na zmiany energii świetlnej (receptory w siatkówce oka);
- **termoreceptory** – reagują na zmiany temperatury (zakończenia nerwowe w skórze).

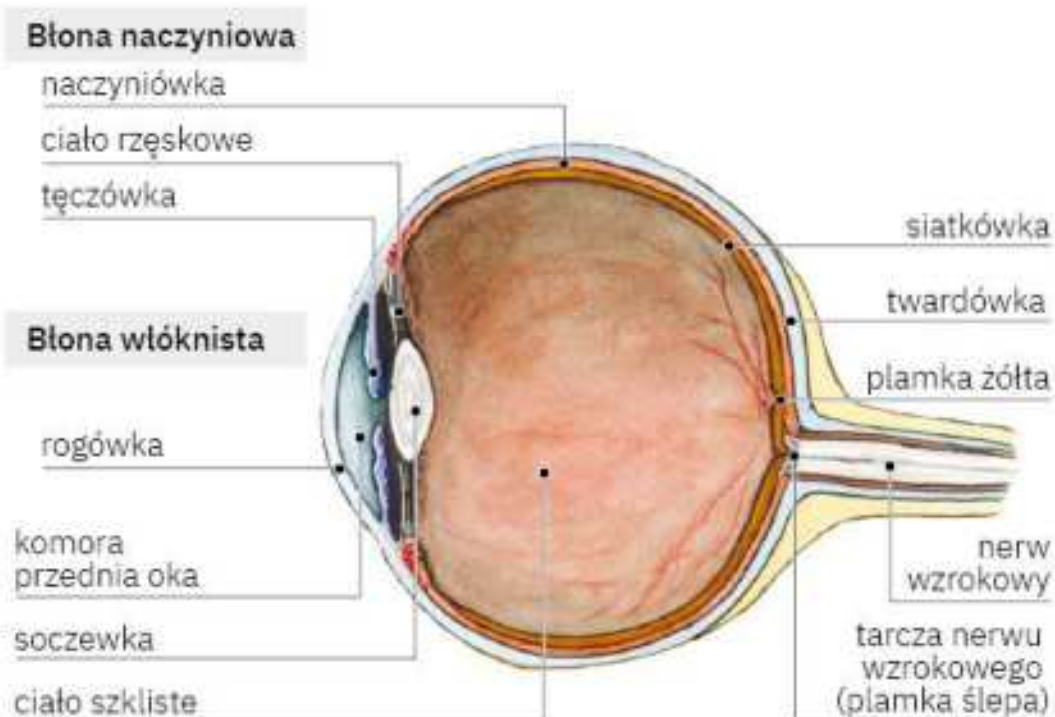
Budowa i działanie narządu wzroku

Narząd wzroku tworzą **gałka oczna** oraz narządy dodatkowe oka – brwi, powieki, spojówki, narząd łzowy oraz aparat ruchowy oka. Brwi i rzęsy zatrzymują zanieczyszczenia. Powieki stanowią ochronę gałki ocznej i ułatwiają rozprowadzanie łez. Ich wnętrze i część gałki ocznej pokrywa błona śluzowa – spojówka. Narząd łzowy produkuje łzy, które zawierają lizozym – substancję o właściwościach bakteriobójczych. Łzy nawilżają i oczyszczają spojówkę i rogówkę oka. Aparat ruchowy zbudowany z mięśni poprzecznie prążkowanych pozwala na poruszanie się gałki ocznej w oczodole.

Gałka oczna jest narządem o kształcie kulistym, położonym w przedniej części oczodołu. W tylnej części wypełniona jest ciałem szklanym – galaretowatą substancją nadającą gałce kształt i amortyzującą wstrząsy.

Ściana gałki ocznej składa się z trzech błon: **błony naczyniowej, włóknistej i siatkówki**.

W skład błony naczyniowej wchodzi:



Ryc. VII.2.1. Budowa gałki ocznej.

- liczne naczynia krwionośne, nerwy oraz komórki barwnikowe;
- ciało rzęskowe zawierające mięsień rzęskowy regulujący kształt soczewki, co wpływa na ostrość widzenia;
- tęczęwka będąca przednią częścią błony naczyniowej, regulująca wielkość przekroju źrenicy, a tym samym ilość promieni świetlnych wchodzących do oka;
- źrenica będąca otworem w tęczęwce umożliwiającym przejście promieni świetlnych do wnętrza oka i wpływająca na ostrość widzenia.

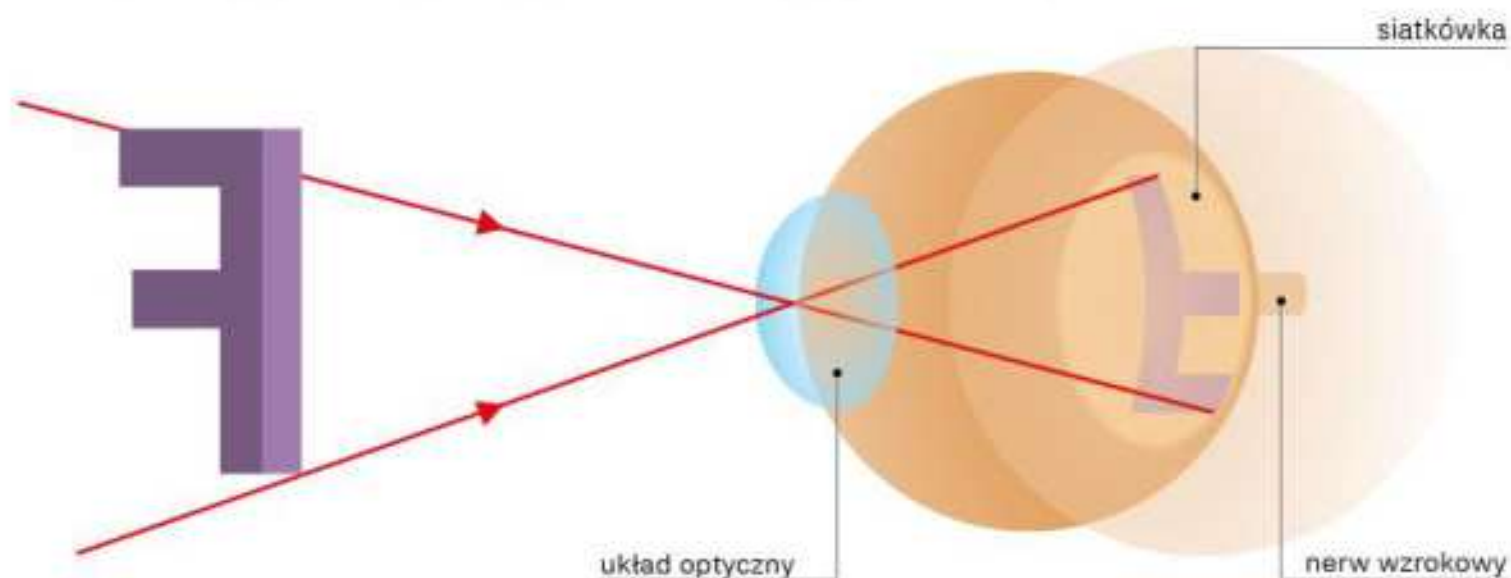
Błona włóknista obejmuje:

- rogówkę stanowiącą zewnętrzną część błony, chroniącą przed urazami oraz przepuszczającą i załamującą światło;
- twardówkę położoną w wewnętrznej części, chroniącą głębiej położone części oka przed urazami.

Siatkówka to błona bezpośrednio otaczająca gałkę oczną. Odpowiada za odbieranie bodźców świetlnych, ponieważ ma dwa rodzaje komórek światłoczułych: pręcikowe i czopkonośne, które zawierają receptory światła – **czopki i pręciki**. Miejsce największego skupienia czopków na siatkówce, najbardziej wrażliwe na światło i najlepiej rozróżniające kolory, nazywamy **plamką żółtą**. Natomiast miejsce, od którego odchodzi nerw wzrokowy, całkowicie pozbawione pręcików i czopków, niewrażliwe na bodźce świetlne, nazywamy **tarczą nerwu wzrokowego** (dawniej plamka ślepa).

Ważną częścią oka jest **soczewka** w kształcie dwuwypukłego, przezroczystego dysku pomiędzy ciałem szklistym a tęczęwką. Odpowiada za ostrość widzenia. Skupia na sobie promienie świetlne.

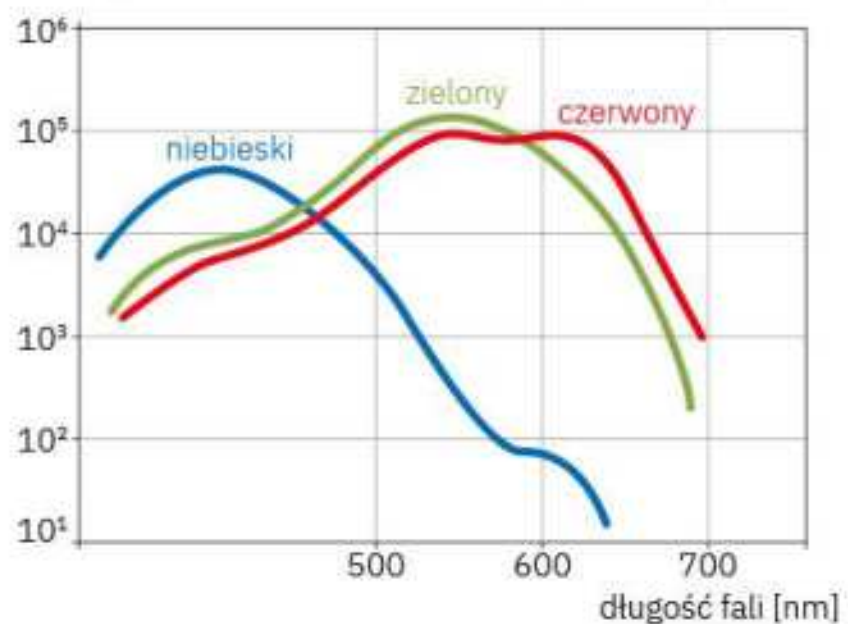
Wiązka światła, przechodząc przez rogówkę, komorę przednią oka, źrenicę, soczewkę i ciało szkliste, pada na powierzchnię siatkówki, gdzie powstaje **obraz rzeczywisty, pomniejszony i odwrócony** (ryc. VII.2.2.).



Ryc. VII.2.2. Powstawanie wrażenia wzrokowego.

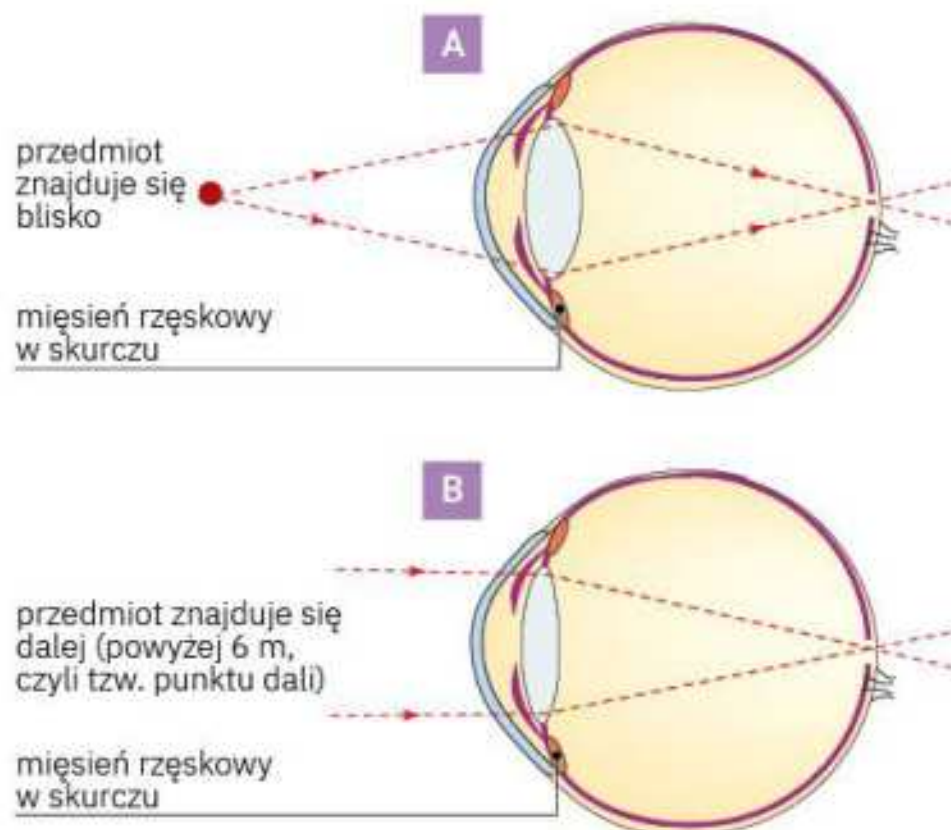
W siatkówce znajdują się komórki światłoczułe – pręciki i czopki połączone z mózgiem poprzez nerwy, które łączą się, tworząc nerw wzrokowy. W siatkówce jest około 130 mln czopków i pręcików. Czopki są to komórki o niższej czułości na natężenie światła niż pręciki, odpowiadają za widzenie barwne (zawierają światłoczuły barwnik jodopsynę). Najwięcej czopków znajduje się na środku siatkówki (ryc. VII.2.3.).

Pręciki leżą w obwodowych partiach siatkówki i zawierają barwnik rodopsynę. Odpowiadają za widzenie kształtów i ruchów przedmiotów oraz wykrywają intensywność oświetlenia tak, że przy słabym oświetleniu dobrze rozpoznają kontury oglądanych przedmiotów. Światło widzialne dla człowieka mieści się pomiędzy **400 nm** a **700 nm**. Oko ludzkie nie rejestruje ultrafioletu, poczerwieni, a także promieni X i promieni gamma.



Ryc. VII.2.3. Przybliżone krzywe czułości trzech receptorów barw w czopkach. Czopki różnią się od siebie wrażliwością na fale światła niebieskiego, czerwonego i zielonego. Pobudzenie różnych czopków daje pełne wrażenie odbioru barw, a równomiernie wszystkich – wrażenie bieli.

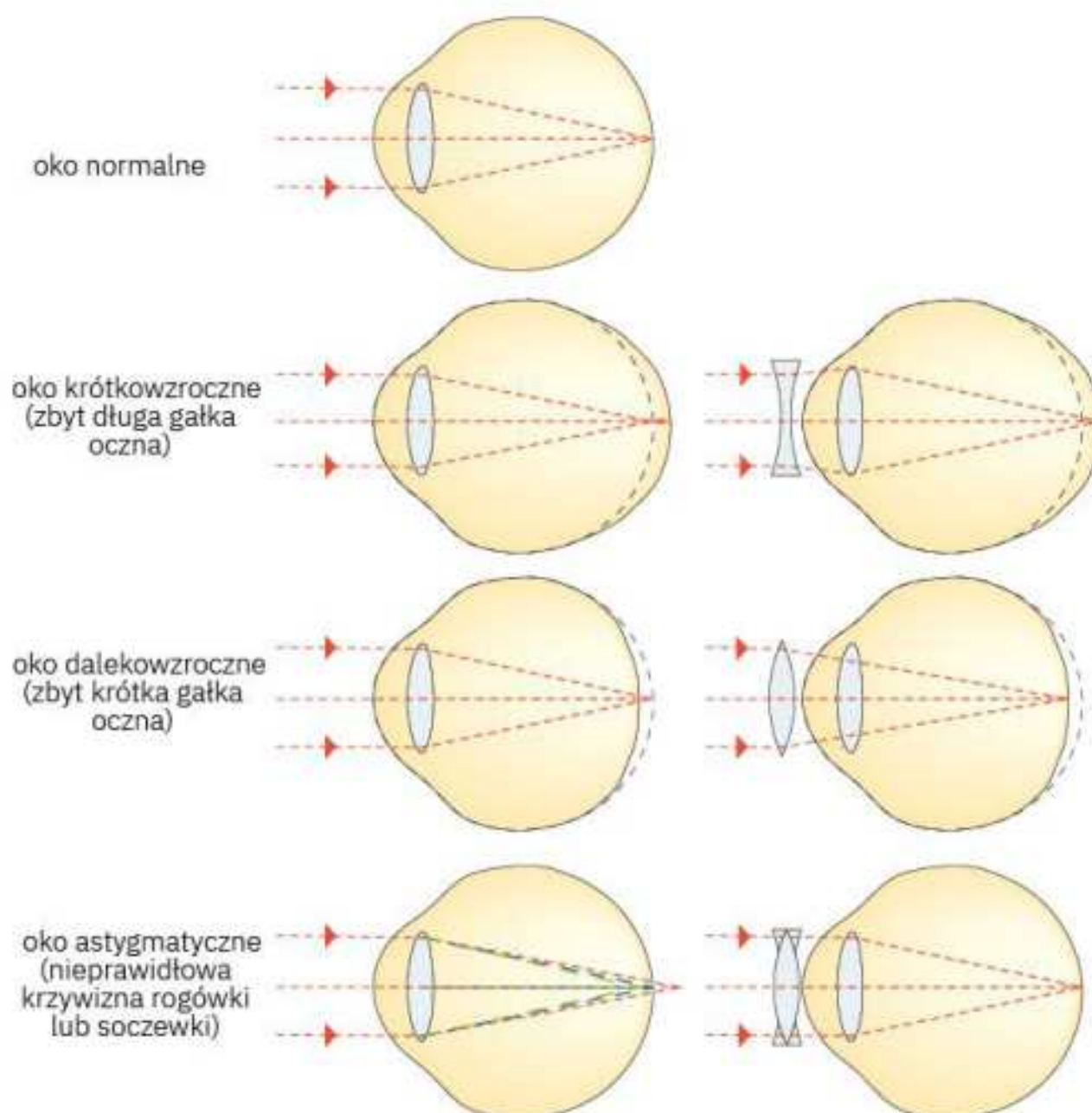
Oko ludzkie przystosowuje się do obserwacji obiektów z różnej odległości. Taką zdolność oka nazywamy **akomodacją**. Mięsień rzęskowy, dostosowując kształt soczewki, zapewnia ostrość widzenia z bliska lub z daleka (ryc. VII.2.4.).



Ryc. VII.2.4. Zmiana kształtu soczewki oka: (A) widzenie z bliska; (B) widzenie z daleka.

Wady wzroku

Większość ludzi ma oczy miarowe, czyli prawidłowo skupiające promienie świetlne na siatkówce. Niektórzy mają oczy niemiary – są to krótkowidze, dalekowidze i astygmatycy (ryc. VII.2.5.).



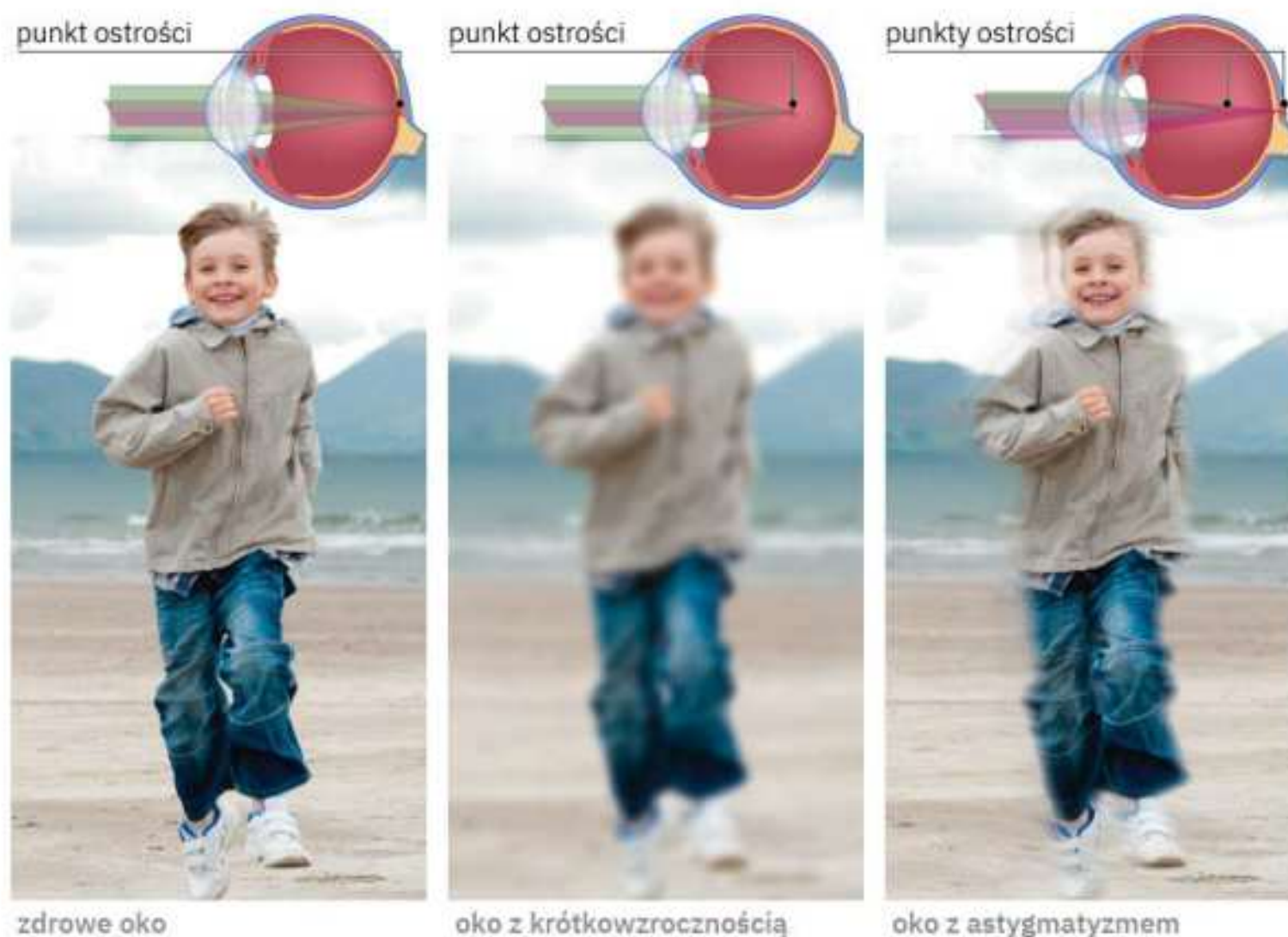
Ryc. VII.2.5. Wady wzroku i ich korekta.

Krótkowzroczność przejawia się niewyraźnym widzeniem obiektów położonych daleko od obserwatora. Gałka oczna jest zbyt długa i promienie są skupiane przed siatkówką. Powstały obraz jest rozmazany. Wadę korygujemy soczewkami rozpraszającymi (–) lub laserowym modyfikowaniem krzywizny oka.

Dalekowzroczność, nazywana inaczej nadwzrocznością, polega na dobrym widzeniu obiektów leżących bardzo daleko przy jednoczesnych problemach z widzeniem rzeczy znajdujących się blisko patrzącej osoby. Gałka oczna jest zbyt krótka i promienie świetlne skupiają się za siatkówką. Korekta polega na stosowaniu soczewek skupiających (+). U małych dzieci spotyka się nadwzroczność, związaną z małym rozmiarem gałki ocznej. Wada ta z wiekiem zanika. Da-

lekowzroczność jest podstawową wadą u osób starszych, u których z wiekiem soczewka traci swoją elastyczność i zdolność do akomodacji.

Astygmatyzm to wada, której często towarzyszy krótko- lub dalekowzroczność. Astygmatyzm stanowi zaburzenie widzenia wywołane nieprawidłową krzywizną rogówki lub soczewki oka. Zamiast kształtu kulistego rogówka przyjmuje kształty zbyt spłaszczone. Oko nieprawidłowo ogniskuje wiązki światła. Obraz jest wówczas zniekształcony i rozmaźany. Wadę koryguje się soczewkami cylindrycznymi (wycinek walca) lub torycznymi (wycinek beczki).



Ryc. VII.2.6. Obraz w zdrowym oku, u krótkowidza i astygmatyka.

Zeza powoduje działanie mięśni zewnętrznych oka. W efekcie oko jest skierowane w stronę nosa lub na zewnętrzny bok. Działanie zezującego oka ćwiczy się, zakrywając oko działające prawidłowo. Stosuje się szkła korekcyjne, a w ostateczności – zabieg chirurgiczny.

Jaskra jest chorobą spowodowaną zwiększeniem ilości cieczy wodnistej, gromadzącej się pomiędzy rogówką a tęczówką. W oku niebezpiecznie wzrasta ciśnienie. Chorzy odczuwają ból w gałce ocznej i pogarsza się wyraźnie ostrość widzenia. Jaskra nieprawidłowo leczona może doprowadzić do utraty wzroku (ryc. VII.2.7.).



normalne widzenie



wczesna jaskra



zaawansowana jaskra



późna jaskra

Ryc. VII.2.7. Widzenie w różnych etapach rozwoju jaskry.



Ryc. VII.2.8. Gonioskopia polega na badaniu kąta komory przedniej zwanego też kątem przesączania, co jest podstawowym i koniecznym do wykonania badaniem w diagnostyce jaskry.

Czynniki, które zwiększają zapadalność na jaskrę, to – oprócz podwyższonego ciśnienia wewnątrzgałkowego i nieprawidłowego ciśnienia krwi – czynniki genetyczne, wiek powyżej 40 lat i duża krótkowzroczność powyżej -4 dioptrii. W diagnostyce jaskry oprócz podstawowych badań okulistycznych stosuje się gonioskopię (ryc. VII.2.8.).

Leczenie polega na podawaniu środków farmakologicznych obniżających ciśnienie wewnątrzgałkowe

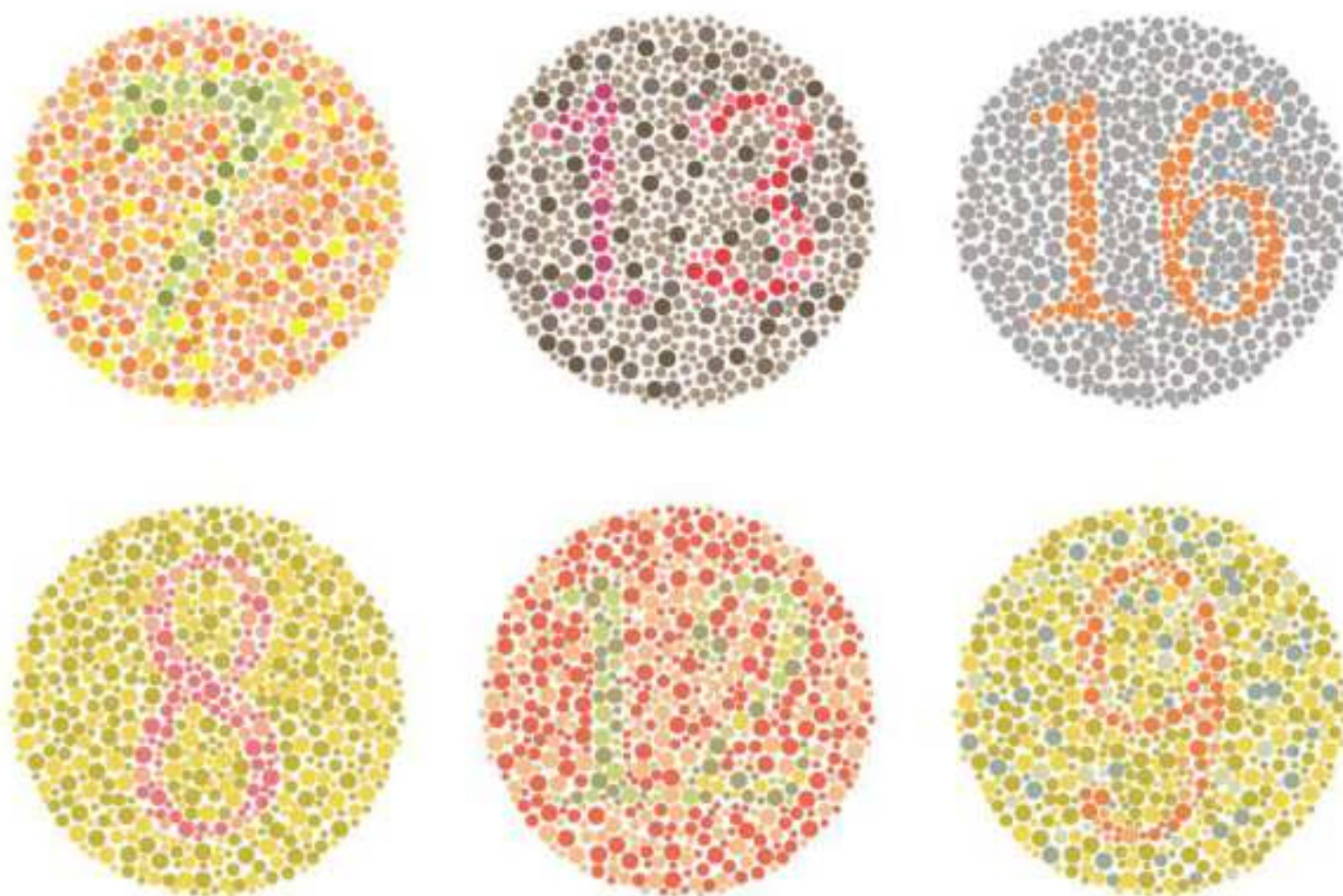
i zmniejszających wytwarzanie cieczy wodnistej. Zaawansowana jaskra wymaga zabiegów operacyjnych, które polegają na poszerzaniu dróg, przez które może odpływać ciecz wodnista. Chorzy powinni dbać o zdrowy tryb życia, o nawilżenie gałki ocznej i o wietrzenie pomieszczeń, w których przebywają. Muszą ograniczyć kontakt z ekranem komputera i telewizora oraz unikać stresu, używek i ostrego słońca. Zaleca się dietę bogatą w substancje poprawiające widzenie,

np. kwasy omega-3, zeaksantynę, witaminy A, C i E obecne w zielonych i czerwonych warzywach, czarnych jagodach czy borówkach. Wskazane są profilaktyczne badania okulistyczne raz w roku dla osób z okiem miarowym, natomiast w diagnostyce jaskry po 30. roku życia raz na dwa lata, a po 40. roku życia – raz w roku.

Zaćma jest spowodowana zmętnieniem soczewki, co skutkuje niewyraźnym widzeniem, jakby za mgłą. Choroba pojawia się u ludzi starszych. Leczenie polega na stosowaniu odpowiednich szkielek skupiających lub operacyjnym usunięciu zmętniałej soczewki i zastąpieniu jej sztuczną.

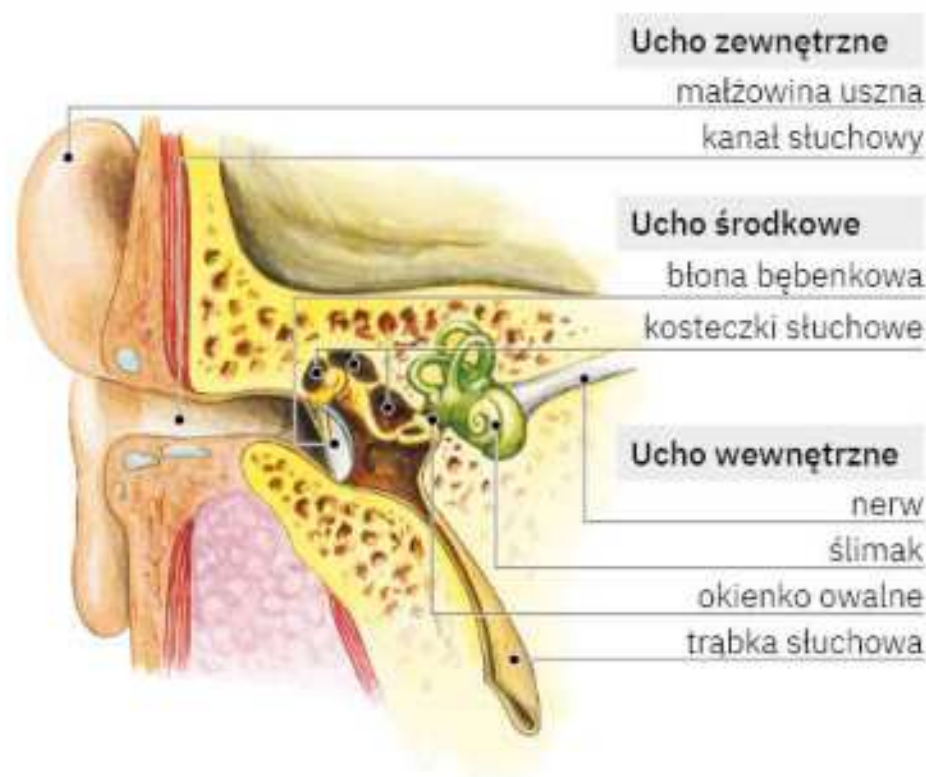
Daltonizm to zaburzenie rozpoznawania barw, najczęściej na myleniu czerwonej z zieloną, rzadziej koloru fioletowego czy żółtego. Daltonizm ma podłoże genetyczne i występuje częściej u mężczyzn, może być także wynikiem przebytych chorób siatkówki albo drogi wzrokowej pomiędzy gałką oczną a mózgiem.

Daltonizm wiąże się z brakiem możliwości wykonywania niektórych zawodów: lotnika, maszynisty kolejowego czy zawodowego kierowcy (ryc. VII.2.9.).



Ryc. VII.2.9. Pseudoizochromatyczne barwne tablice do diagnostyki daltonizmu. Każda tablica składa się z koła utworzonego przez różnych rozmiarów okrągłe plamy, różniące się w nieznacznym stopniu barwami. Układy plam tworzą liczbę. Zadaniem pacjenta jest ją odczytać. Kolor na każdej tablicy jest inny, co umożliwia zdiagnozowanie różnych zaburzeń widzenia barw.

Ucho – narząd słuchu i równowagi



Ryc. VII.2.10. Budowa narządu słuchu i równowagi.

Ucho spełnia funkcje narządu słuchu (odbiera fale dźwiękowe) i narządu równowagi (odbiera informacje o zmianach położenia całego ciała lub jego części). Składa się z ucha zewnętrznego, środkowego i wewnętrznego (ryc. VII.2.10.).

Ucho zewnętrzne tworzy małżowina uszna oraz przewód słuchowy zewnętrzny. Małżowina skupia i kieruje fale dźwiękowe do ucha środkowego. **Ucho środkowe** tworzy jama bębenkowa,

w której znajdują się trzy kosteczki słuchowe: młoteczek, kowadełko i strzemiączko. Do jamy bębenkowej prowadzi trąbka słuchowa (Eustachiusza), która łączy ją z jamą nosowo-gardłową. Zadaniem trąbki słuchowej jest wyrównywanie ciśnienia po obu stronach błony bębenkowej. Położone obok siebie, połączone stawowo kosteczki słuchowe wzmacniają drgania i przenoszą je z błony bębenkowej na okienko owalne ucha wewnętrznego.

Ucho wewnętrzne obejmuje położony w kości skroniowej błędnik kostny oraz znajdujący się w jego wnętrzu błędnik błoniasty z narządem spiralnym będącym właściwym narządem słuchu. Przestrzeń pomiędzy nimi jest wypełniona płynem – endolimfą. Błędnik kostny tworzą ślimak oraz przedsionek, który łączy się z trzema kanałami półkolistymi oraz błoną bębenkową przez okienko owalne. Błędnik błoniasty budują woreczek i łagiewka (położone w przedsionku) oraz ślimak błoniasty (położony w ślimaku kostnym).

Ślimak błoniasty odpowiada za odbiór dźwięku (ryc. VII.2.11.). Fale akustyczne przez małżowinę uszną przechodzą do przewodu słuchowego zewnętrznego i wprawiają w drgania błonę bębenkową, która je przekazuje kosteczkom słuchowym. Drgania młoteczka są przenoszone na kowadełko, które przekazuje je na strzemiączko przylegające do okienka owalnego. Okienko owalne wprowadza w drgania endolimfę ucha wewnętrznego. W zależności od wysokości i natężenia dźwięków drgania pobudzają różne komórki urzęsionego nabłonka w ślimaku, a to prowadzi do powstania impulsu nerwowego wędrującego do ośrodków w mózgu.



Ryc. VII.2.11. Schemat powstawania wrażenia słuchowego.

Woreczek, łagiewka i kanały półkoliste rejestrują ruchy głowy i umożliwiają utrzymanie równowagi ciała.

Pokryte urzęsionym nabłonkiem wewnątrz łagiewki i woreczka wypełnia endolimfa, w której znajdują się kamyki błędnikowe (drobne kryształki soli wapnia) zwane otolitami. Poruszające się otolity uciskają komórki zmysłowe i umożliwiają utrzymanie równowagi oraz określenie przyspieszeń liniowych. Podobną funkcję spełniają ustawione względem siebie pod kątem prostym kanały półkoliste, w których nie występują otolity, tylko w rozszerzonych zakończeniach urzęsione komórki zmysłowe, które odbierają informację o przyspieszeniach kątowych oraz ruchach obrotowych. Zgięcie rzęsek powoduje powstanie impulsów nerwowych, które są przekazywane do ośrodków w mózgu (mózdżek i kora mózgowa). Nadmierne pobudzenie narządu równowagi prowadzi do choroby lokomocyjnej (np. podczas podróży statkiem, samochodem, samolotem). Objawia się ona zawrotami głowy, nudnościami, zaburzeniami pracy serca i koordynacji ruchów. Stosuje się wówczas środki farmakologiczne obniżające wrażliwość narządu równowagi.

Wysokość i głośność dźwięków

Zakres słyszalności dźwięków człowieka wyraża częstotliwość dźwięku (odczuwana jako jego wysokość) oraz poziom głośności. Częstotliwość mierzona jest w hercach (Hz), a natężenie dźwięku (inaczej głośność) w decybelach (dB). Najniższa częstotliwość, jaką słyszy ucho ludzkie, to około 20 Hz, a górna granica to 20 000 Hz. Jednak słuch człowieka jest najczulszy w zakresie częstotliwości pomiędzy 2000 a 5000 Hz.

Dźwięki powyżej 85 dB są bardzo głośne i mogą być groźne dla słuchu ludzi, jeśli uszy są na nie narażone przez dłuższy czas (ryc. VII.2.12.). Hałas powoduje także stres u zwierząt.

Hałas jest jednym z niebezpiecznych wrogów człowieka, zmniejsza wydajność pracy, utrudnia wypoczynek i koncentrację.

Przebywanie w pomieszczeniu o natężeniu hałasu między 130 a 150 dB wywołuje drganie niektórych organów wewnętrznych, co może powodować trwałe schorzenia prowadzące do głuchoty (ryc. VII.2.13.). Bardzo niebezpieczne jest



Ryc. VII.2.12. Implant ślimakowy jest urządzeniem elektronicznym przekształcającym dźwięki w sygnały elektryczne, które są wysyłane prosto do nerwu słuchowego z ominięciem uszkodzonych obszarów ucha.

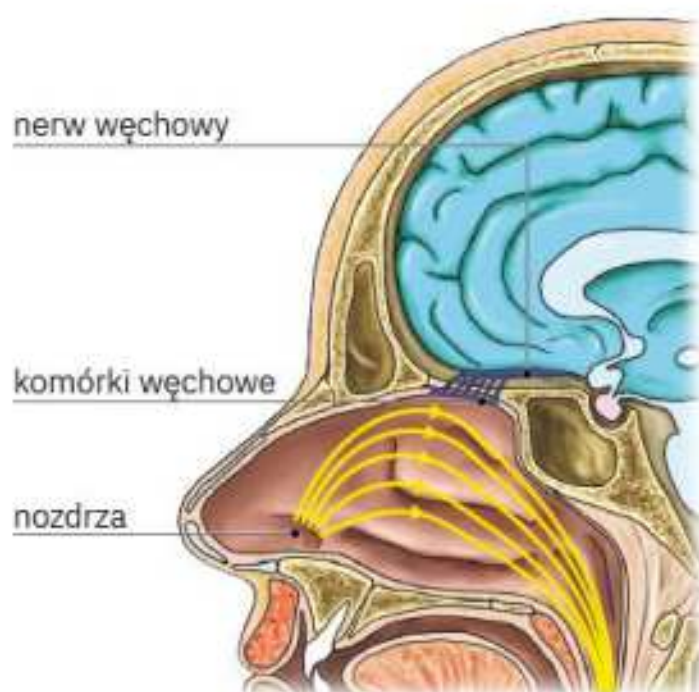
długotrwałe słuchanie głośnej muzyki przez słuchawki, co może trwale uszkodzić komórki słuchowe, czego pierwszym objawem są szумы w uszach.

Po spędzeniu 5 minut w hałasie ponad 150 dB następuje paraliż pracy organizmu, mdłości, zaburzenia równowagi oraz stany lękowe. Hałas wywołuje wzrost napięcia nerwowego i jest czynnikiem stresowym. Współcześnie przeprowadza się szereg badań pozwalających na wykrycie ubytków słuchu. Jeśli nie można ich wyleczyć farmakologicznie, stosuje się aparaty słuchowe oraz **implanty ślimakowe** (ryc. VII.2.12.).



Ryc. VII.2.13. Poziomy dźwięków dla różnych źródeł hałasu.

Zmysł smaku i węchu

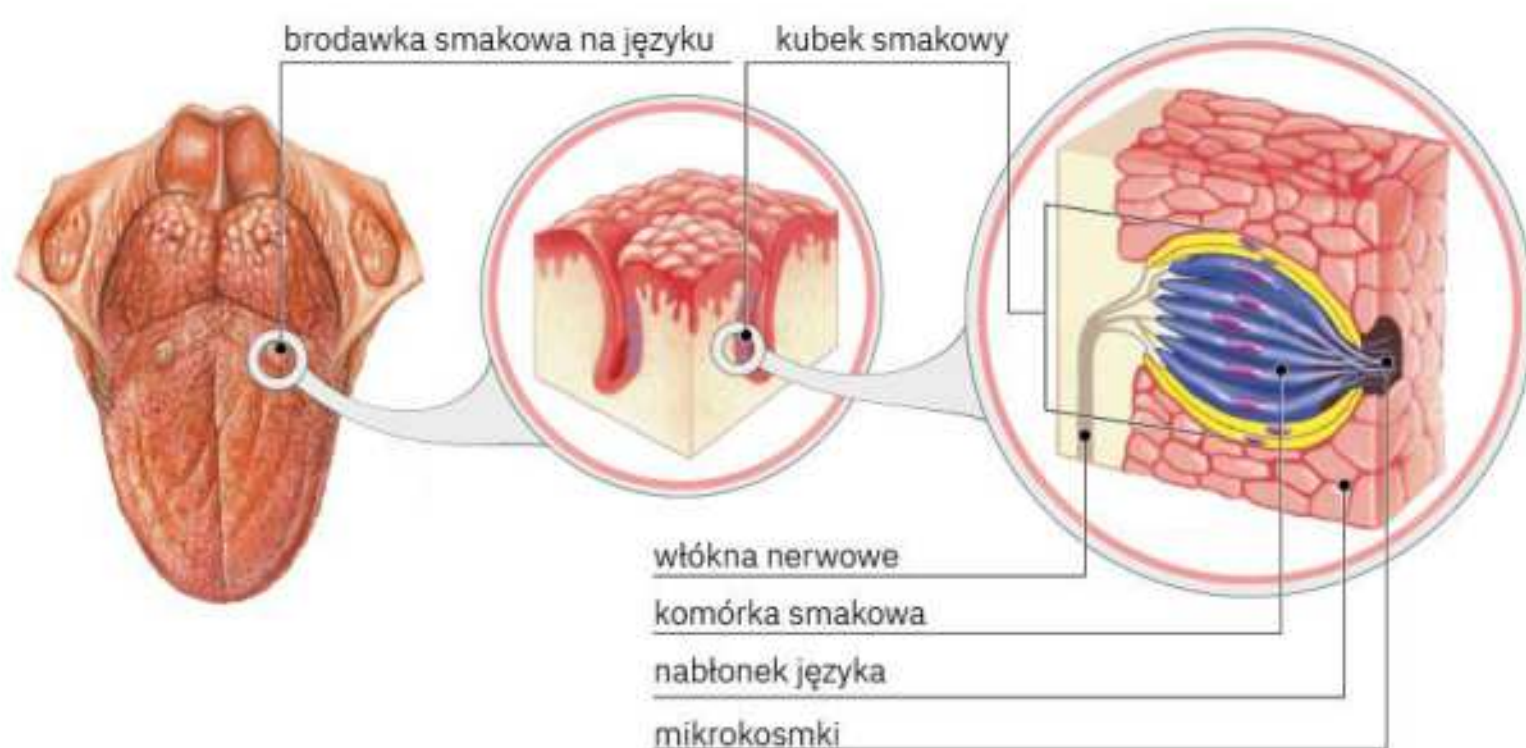


Narząd węchu znajduje się w górnej części jamy nosowej i jest pokryty zmysłowym nabłonkiem węchowym. Okolice węchowa zawiera kilkanaście tysięcy komórek węchowych wrażliwych na substancje wonne. Są nimi ciała lotne dostające się z prądem wdychanego powietrza. Ich obecność drażni receptory nabłonka węchowego. Powstałe pobudzenie jest przenoszone do okolicy węchowej mózgu – do opuszki węchowej. Długotrwałe drażnienie receptorów

Ryc. VII.2.14. Schemat działania zmysłu węchu.

węchowych może spowodować adaptację, a następnie zupełny zanik odczuwania zapachu (ryc. VII.2.14.).

Narząd smaku znajduje się w jamie ustnej, głównie na języku. Kubki smakowe są rozmieszczone także na podniebieniu miękkim i tylnej ścianie gardła. Odbierają one pięć smaków: słony, słodki, kwaśny, gorzki i umami (smak odczuwany w kontakcie z glutaminianem). Każdy kubek smakowy ma receptory odbierające wszystkie smaki, dlatego cała powierzchnia języka jest na nie wrażliwa (ryc. VII.2.15.). Substancje chemiczne rozpuszczone w płynnym środowisku jamy ustnej pobudzają receptory smaku i powstałe pobudzenie jest przekazywane do ośrodków w mózgu. Smak zależy od zmysłu powonienia, a także od wrażeń wzrokowych i temperaturowych.



Ryc. VII.2.15. Schemat budowy zmysłu smaku.

PYTANIA I POLECENIA

1. Dokonaj porównania metod korekcji wad wzroku w przypadku krótkowzroczności, dalekowzroczności i astygmatyzmu.
2. Na podstawie analizy narządu równowagi wyjaśnij, dlaczego po zejściu z kręcącej się karuzeli odczuwasz zawroty głowy.
3. Porównaj mechanizm działania narządu smaku i węchu.
4. Przedstaw zasady higieny narządów zmysłów.

Podsumowanie działu

- układ nerwowy odpowiada za koordynację i regulację wszystkich narządów w organizmie
- podstawą przewodzenia jest zmienność polaryzacji błony komórkowej, co wymaga aktywnego transportu jonów sodu i potasu przez białka przenośnikowe tworzące pompę sodowo-potasową
- przekazywanie impulsu nerwowego pomiędzy neuronami i między neuronami a innymi komórkami odbywa się za pomocą synaps, które dzielimy na hamujące i pobudzające
- pod względem budowy układ nerwowy dzielimy na ośrodkowy (mózgowie i rdzeń kręgowy) oraz obwodowy (nerwy czaszkowe i rdzeniowe)
- w kresomózgowiu znajdują się nadrzędne ośrodki zmysłowe i ruchowe
- na podstawie kryterium czynnościowego wyróżnia się autonomiczny i somatyczny układ nerwowy
- autonomiczny układ reguluje pracę narządów wewnętrznych
- podstawową czynnością układu nerwowego jest łuk odruchowy, składający się z receptora, neuronu czuciowego, ośrodka nerwowego, neuronu ruchowego i efektor
- odruchy dzielimy na warunkowe i bezwarunkowe
- odruchy bezwarunkowe są wrodzone i obejmują proste czynności fizjologiczne organizmu i reakcje obronne
- odruchy warunkowe są nabyte i mogą powstawać przez całe życie, umożliwiają przystosowanie się organizmu do zmian w środowisku
- uczenie się jest procesem opartym na odruchach warunkowych
- pamięć jest procesem gromadzenia informacji wcześniej zdobytych; wyróżnia się pamięć krótkotrwałą i długotrwałą
- emocje stanowią odpowiedź długotrwałą lub krótkotrwałą na bodźce środowiska
- stan silnego pobudzenia może spowodować stres, który, jeśli utrzymuje się długo, prowadzi do wyniszczenia organizmu
- receptory odbierają bodźce ze środowiska i przekazują je do ośrodkowego układu nerwowego
- narząd wzroku odbiera bodźce wzrokowe, ucho jest narządem słuchu i równowagi, narządy smaku i węchu odbierają bodźce chemiczne ze środowiska



PORUSZANIE SIĘ

1. Układ ruchu

Ruch jest istotną czynnością życiową organizmu, która umożliwia reagowanie na bodźce ze środowiska.

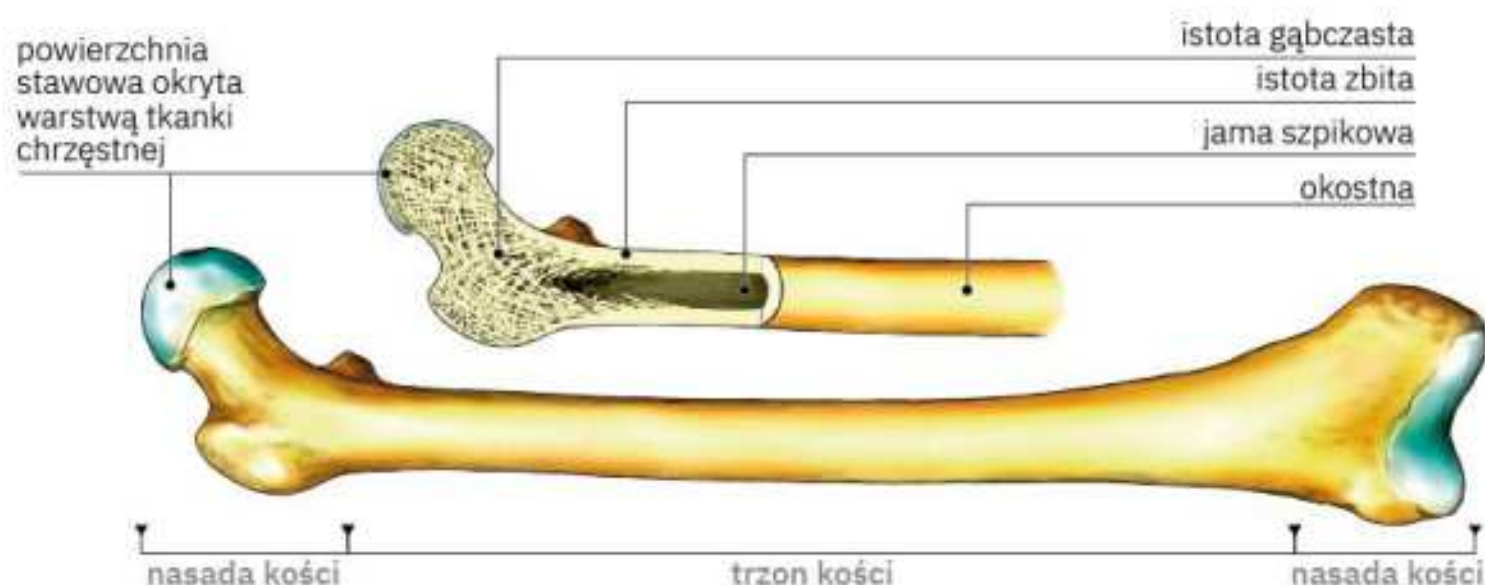
Układ ruchu człowieka jest zbudowany z **układu szkieletowego** i **układu mięśniowego**. **Układ mięśniowy** stanowi część czynną aparatu ruchu, ponieważ mięśnie poruszają elementami szkieletu, który stanowi bierną część układu ruchu.



Podział i budowa kości

Szkielet dorosłego człowieka składa się z 208 kości. Podstawowym materiałem do budowy szkieletu człowieka jest tkanka kostna i w znacznie mniejszym stopniu tkanka chrzęstna. Ze względu na kształt i długość kości dzielimy na **długie**, **krótkie**, **płaskie** i **różnokształtne**.

Kości długie to takie, których długość jest większa od szerokości. Są zbudowane ze sztywnego trzonu znajdującego się pośrodku i sprężystych nasad na obydwu końcach. Wewnątrz trzonu znajduje się jama szpikowa wypełniona szpikiem żółtym, który nie spełnia funkcji krwiotwórczych (ryc. VIII.1.1.). Na zewnątrz kość pokrywa łącznotkankowa błona – okostna zaopatrzona w liczne naczynia krwionośne i nerwy. Jej funkcją jest zaopatrywanie kości w tlen i składniki odżywcze, a także uczestniczenie w procesach regeneracyjnych.



Ryc. VIII.1.1. Przekrój przez kość długą.

Kości długie występują głównie w kończynach. Są to kość ramienna, łokciowa, promieniowa, udowa, piszczel i strzałka. Stanowią podporę ciała. W **kościach krótkich** wszystkie trzy wymiary są do siebie zbliżone. Kości krótkie to kości nadgarstka oraz stępu. Odpowiadają za precyzyjne i złożone ruchy. Następną grupę stanowią **kości płaskie**, w których długość i szerokość znacznie przekraczają ich

grubość. Przykładem kości płaskich są kości sklepienia czaszki, kość biodrowa, łopatka i mostek. Stanowią one osłonę narządów i powierzchnię przyczepu dla mięśni. Natomiast kości o nieregularnych wymiarach, takie jak kręgi, kości trzewioczaszki czy kosteczki słuchowe nazywamy **kośćmi różnokształtnymi**.

Chrzątka nasadowa (między trzonem a nasadami) występuje w kościach długich do 15.–18. roku życia. Dzięki jej obecności właśnie w tym okresie życia następuje intensywny wzrost zwany skokiem pokwitania. Później chrzątka ulega kostnieniu, co hamuje wzrost (około 19.–20. roku życia, zależnie od czynników genetycznych i płci).

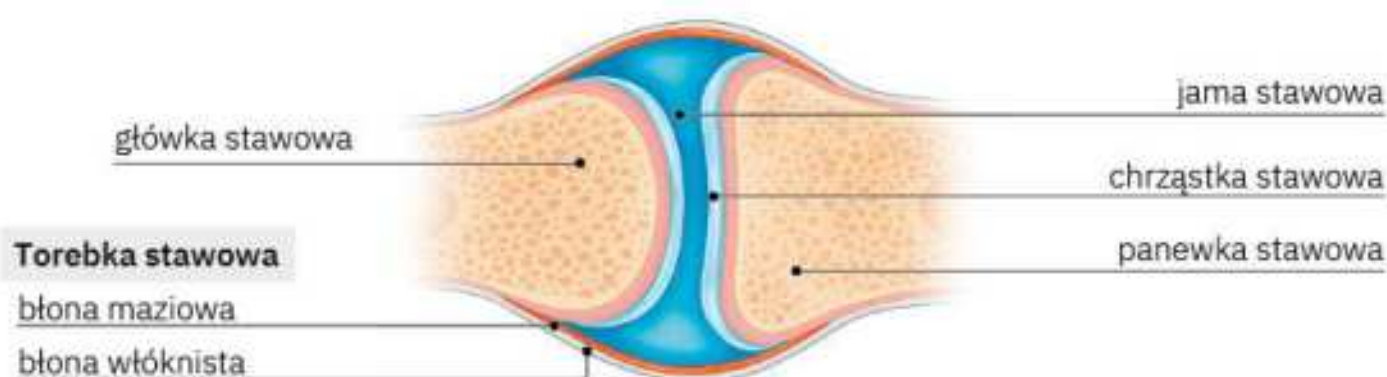
Połączenia w szkielecie

Kości w szkielecie łączą się ze sobą w sposób **ściśle** lub **ruchomy** (ryc. VIII.1.2.). Połączenia ściśle występują w tych częściach szkieletu, gdzie należy wzmocnić dość dużą jego część. Odznaczają się bardzo małą ruchomością (więzozrosty, chrząstkozrosty) lub całkowitym brakiem (kościuzrosty).

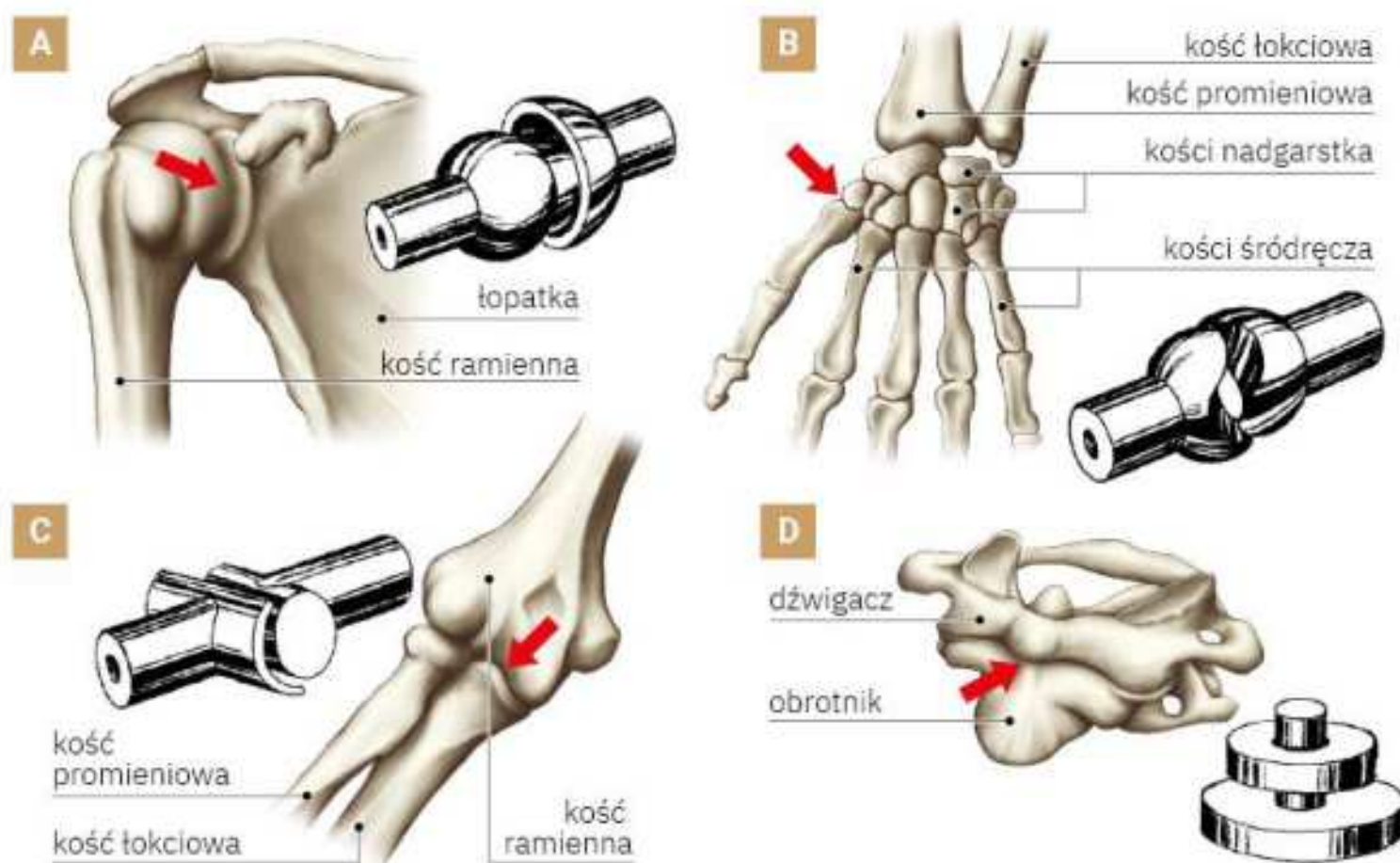


Ryc. VIII.1.2. Połączenia w szkielecie.

W miejscach szkieletu, które zmieniają położenie względem siebie, występują połączenia ruchome – **stawy** (ryc. VIII.1.3).



Ryc. VIII.1.3. Schemat budowy stawu kulistego.



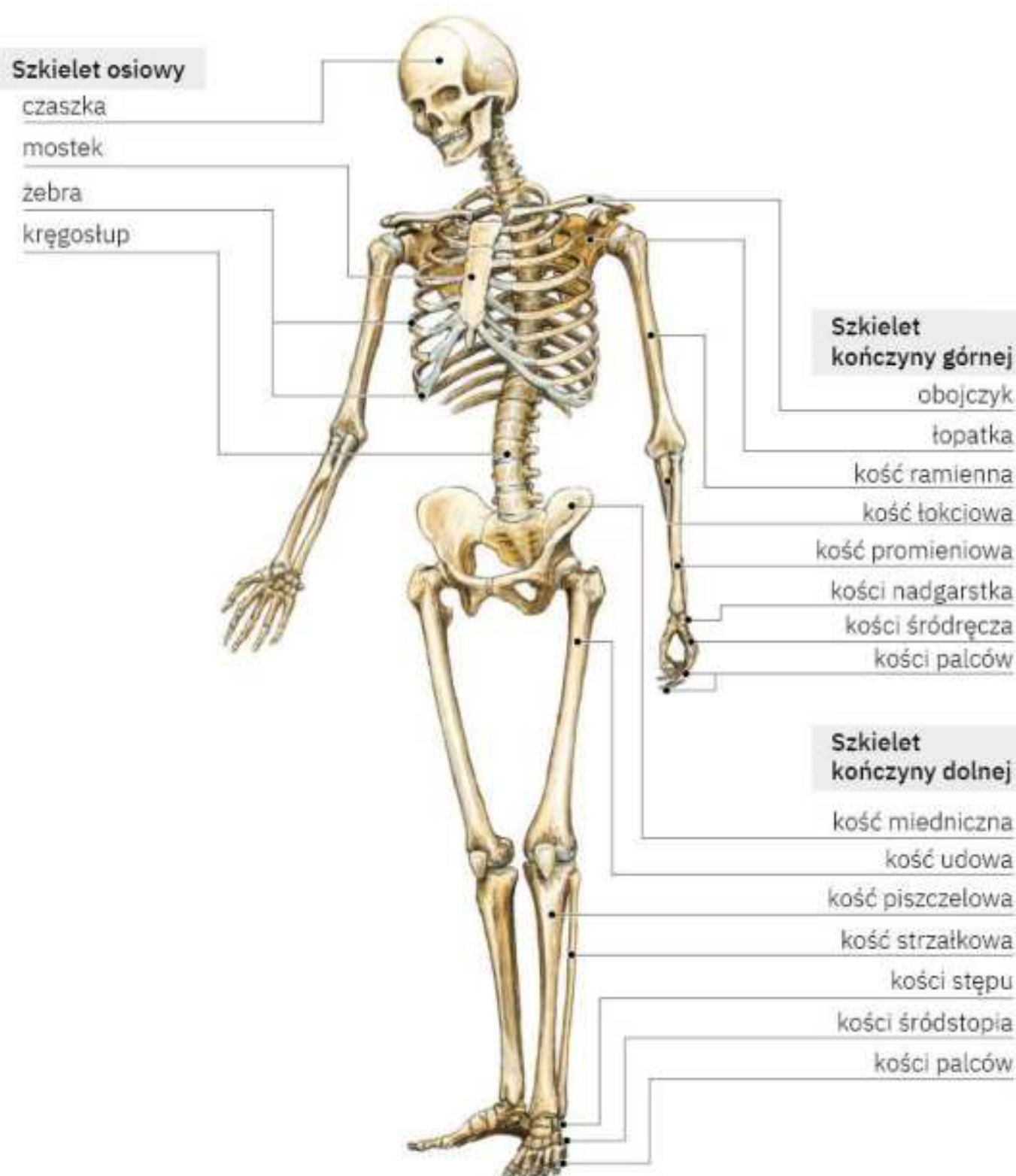
Ryc. VIII.1.4. Rodzaje stawów: (A) kulisty (staw ramienny), (B) siodełkowy (nadgarstko-wo-śródręczny kciuka), (C) zawiasowy (staw łokciowy), (D) obrotowy (między pierwszym a drugim kręgiem szyjnym).

Ponieważ stawy łączą dwie w różnym stopniu ruchome powierzchnie, są narażone na ciągłe tarcie. Zapobiega temu odporna na ścieranie **chrząstka szklista** pokrywająca powierzchnie stawowe kości. Chrząstka stawowa amortyzuje też wstrząsy i uderzenia kości podczas aktywności. Przestrzeń między kośćmi tworzy **jamę stawową**, która jest wypełniona mazią. **Maź stawowa** zawiera dużą ilość tłuszczów, pełniąc funkcję „smaru”, czym zmniejsza tarcie, a ponadto odżywia chrząstki stawowe. Kości w stawie otacza łącznotkankowa **torebka stawowa**, która spaja kości, chroni przed wnikaniami substancji szkodliwych oraz zapobiega wypływaniu mazi stawowej. Stawy występujące w poszczególnych częściach szkieletu pełnią różne funkcje i do nich przystosowały się odmienną budową i ruchomością (ryc. VIII.1.4.). Stawy pozwalające na ruch we wszystkich płaszczyznach (zginanie, prostowanie, podnoszenie, opuszczanie) nazywamy **wieloosiowymi**. Przykładem stawów wieloosiowych są kuliste stawy biodrowy i barkowy. Wykonywanie ruchów w dwóch płaszczyznach (prostowanie i zginanie, przywodzenie i odwodzenie) umożliwiają **stawy dwuosiowe**, takie jak siodełkowy staw nadgarstkowo-śródręczny kciuka czy elipsoidalny staw promieniowo-nadgarstkowy. Najmniejszą ruchomość – tylko zginanie i prostowanie (przywodzenie i odwodzenie) – wykazują **stawy jednoosiowe**. Przykładem takich stawów jest zawiasowy staw ramienny-łokciowy czy obrotowy staw między pierwszymi kręgami kręgosłupa.

Budowa szkieletu człowieka

Szkielet człowieka spełnia wiele istotnych funkcji. Podstawową funkcją jest podpora całego organizmu i miejsce przyczepu mięśni. Ponadto szkielet stanowi ochronę narządów przed urazami mechanicznymi (czaszka, klatka piersiowa), magazynuje wapń (w kościach) i jest narządem krwiotwórczym (czerwony szpik kostny).

Szkielet człowieka składa się z dwóch części: **szkieletu osiowego** oraz **szkieletu kończyn górnych i dolnych** wraz z **szkieletem obręczy**. Szkielet osiowy tworzą czaszka, kręgosłup, żebra oraz mostek (ryc. VIII.1.5.)

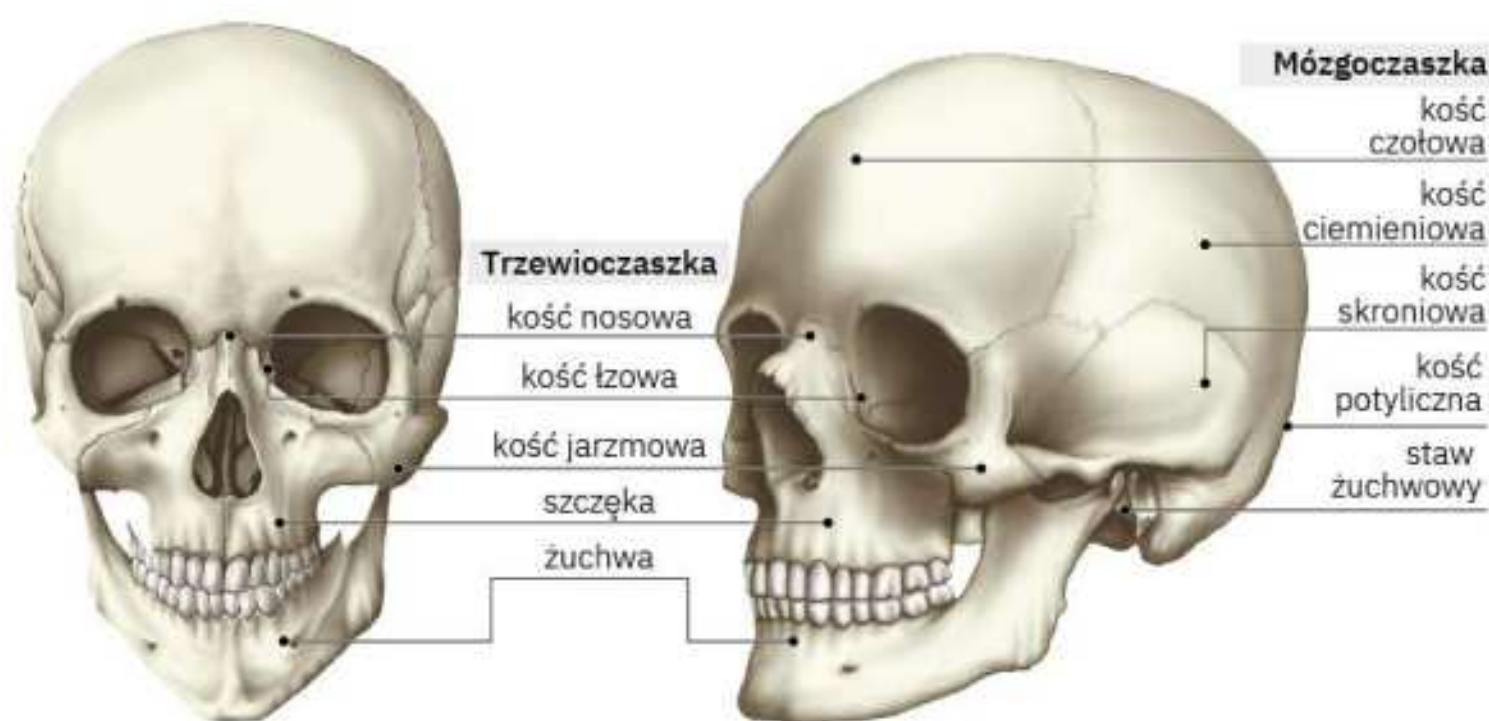


Ryc. VIII.1.5. Budowa szkieletu.

Czaszka

Wzrost czaszki zachodzi podczas życia płodowego i przez krótki okres po urodzeniu. Kości czaszki są połączone łącznotkankowymi cięmiączkami (umożliwiającymi przejście główki dziecka przez kanał rodny podczas porodu), które w ciągu pierwszych kilku lat życia ulegają kostnieniu. Wiąże się to z funkcją ochrony mózgu przez **mózgoczaszkę**. Drugą część czaszki – **trzewioczaszka** – ochrania początkowe odcinki dróg pokarmowych, a także narządy zmysłów (wzrok, smak, węch). Mózgoczaszkę i trzewioczaszkę budują parzyste i nieparzyste kości (ryc. VIII.1.6.). Mózgoczaszkę współtworzą między innymi kość czołowa (w której znajdują się puste przestrzenie zwane zatokami czołowymi) chroniąca z przodu mózgowie i budująca oczodoły, dwie kości ciemieniowe, dwie kości skroniowe oraz kość potyliczna. Kości skroniowe stanowią ochronę dla mózgowia (po bokach) oraz narządu słuchu i równowagi. W podstawie kości potylicznej występuje otwór potyliczny wielki, przez który jama mózgoczaszki łączy się z kanałem rdzenia kręgowego. Po obydwu jego stronach znajdują się kłykiec potyliczne. Są to wyrostki łączące czaszkę z kręgosłupem (z pierwszym kręgiem szyjnym).

Trzewioczaszka składa się między innymi z parzystych kości szczękowych, nosowych i jarzmowych.



Ryc. VIII.1.6. Budowa czaszki.

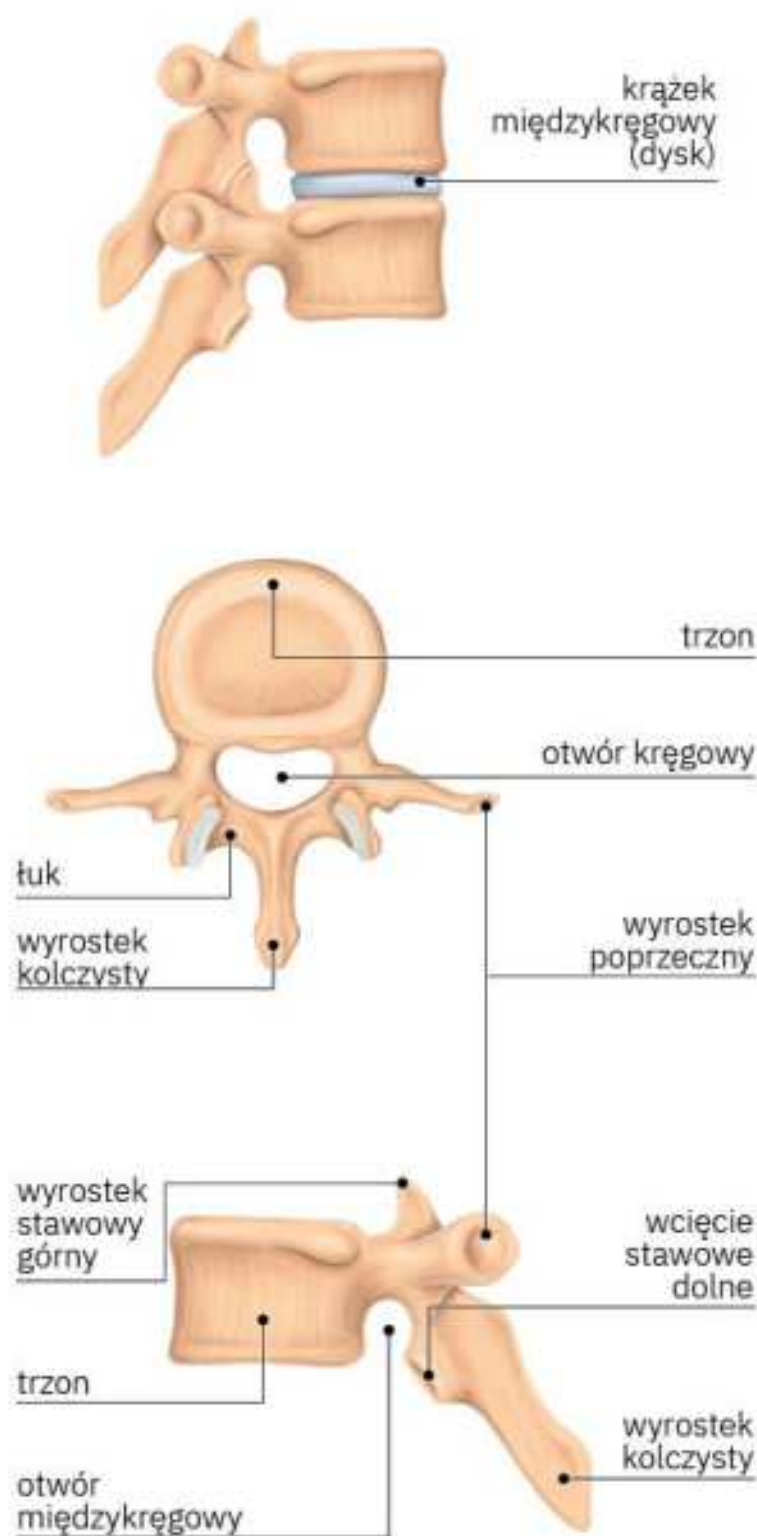
Jedyna ruchoma część czaszki to **żuchwa**. Jest ona połączona stawowo z kością skroniową (staw żuchwowo-skroniowy).

Kręgosłup

Kręgosłup stanowi podporę ciała oraz ochrania rdzeń kręgowy i pośrednio jest przyczepem dla kończyn. Jest zbudowany z 33–34 kręgów. Kręgosłup dzieli się na 5 odcinków: **szyjny** (zbudowany z 7 kręgów), **piersiowy** (12 kręgów), **lędźwiowy** (5 kręgów) i **krzyżowy** (5 kręgów zrośniętych w kość krzyżową). Ostatni odcinek **guziczny** (ogonowy) składa się z 4–5 kręgów zrośniętych w kość ogonową (ryc. VIII.1.7.). Liczba tych kręgów jest różna u poszczególnych osób, co jest przejawem zmienności wewnątrzgatunkowej. Typowy kręg składa się z trzonu i pierścienia tworzącego łuk kręgowy. Otacza on znajdujący się wewnątrz rdzeń kręgowy. Od łuku kręgowego odchodzą wyrostki. Sąsiednie kręgi oddzielone są elastycznymi krążkami zbudowanymi z tkanki chrzęstnej, tzw. **dyskami** (ryc. VIII.1.7.). Ich funkcją jest amortyzacja wstrząsów podczas ruchów ciała. Wysunięcie krążka nazywamy dyskopatią. Jest to schorzenie bardzo niebezpieczne i bolesne. Nadmierne, nieodpowiednie przeciążenie rdzenia kręgowego może doprowadzić do niedowładów ciała.

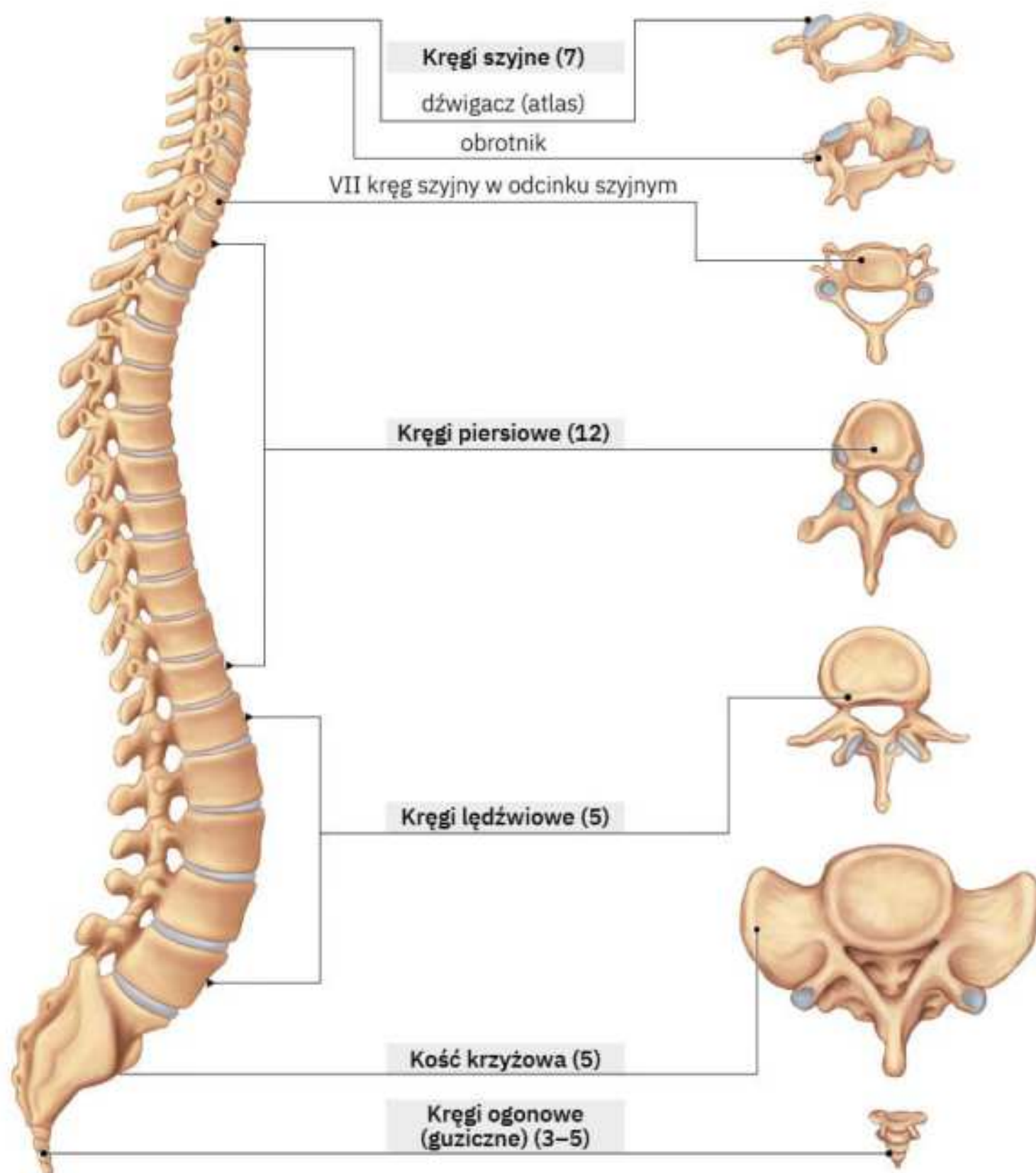
Kręgosłup posiada naturalne krzywizny, które powodują jego esowate wygięcie. Odcinki szyjny i lędźwiowy są wygięte do przodu (**lordozy**), a odcinki piersiowy i krzyżowy – ku tyłowi (**kifozy**) (ryc. VIII.1.8.).

Pierwszy kręg szyjny, zwany **dźwigaczem** (atlas), nie ma trzonu, a jedynie łuki kręgowe. Jest połączony stawowo z kłykcami potylicznymi (kostne wyrostki) czaszki. Takie połączenie pozwala na wykonywanie potakujących ruchów głowy. Drugi kręg – **obrotnik** – posiada na trzonie ząb, który łączy się z dolną powierzchnią stawową dźwigacza. To z kolei pozwala na wykonywanie przeczących (obro-



Ryc. VIII.1.7. Budowa kręgu lędźwiowego i połączenia między kręgami.

towych) ruchów głowy. Pozostałe kręgi odcinka szyjnego nie różnią się między sobą powierzchnią ani kształtem. Wyposażone w powierzchnie stawowe łączą się nimi z żebrami. Najbardziej masywne w kręgosłupie są kręgi lędźwiowe, ponieważ na nich spoczywa ciężar górnej części ciała.

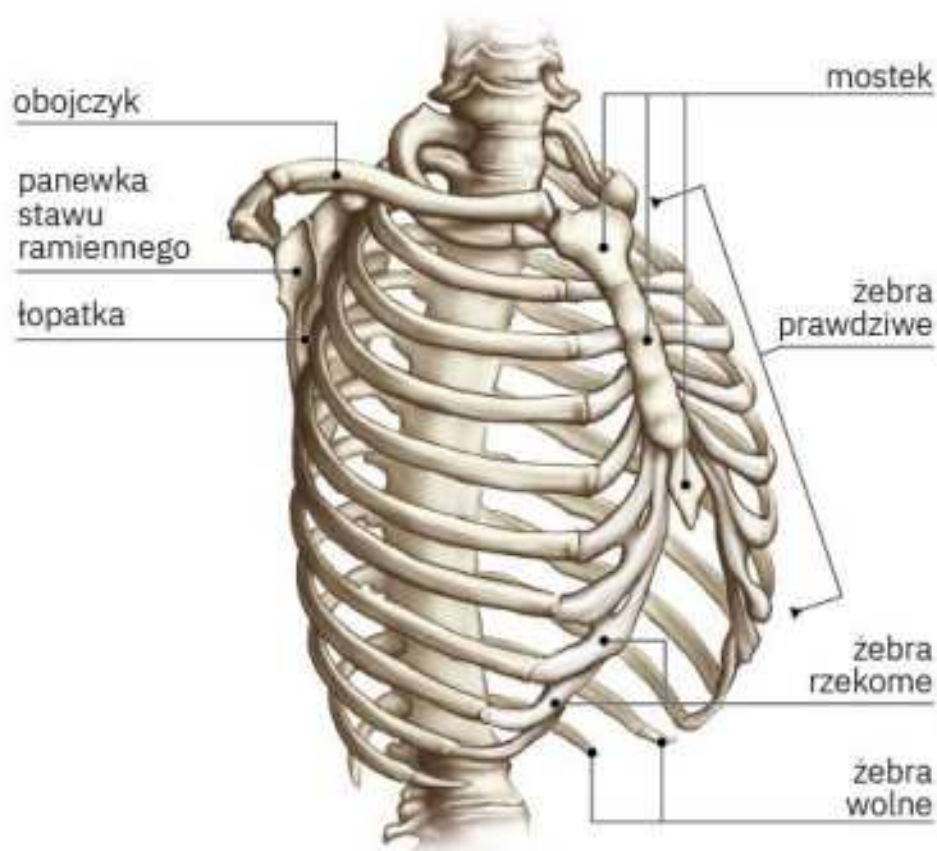


Ryc. VIII.1.8. Budowa kręgosłupa.

Klatka piersiowa

Klatka piersiowa stanowi ochronę dla płuc i serca oraz pozwala na wykonywanie ruchów oddechowych. Składa się z **kręgów piersiowych kręgosłupa** (12 kręgów), **12 par żeber** oraz **mostka** (ryc. VIII.1.9).

Pierwsze 7 par żeber – tzw. **żebra prawdziwe** – są bezpośrednio zrośnięte z mostkiem. Chrzęstne części 3 następnych par, tzw. **żeber rzekomych**, zrastają się z chrząstkami żeber położonych wyżej, a 2 ostatnie pary to **żebra wolne** niezrośnięte z mostkiem. Przednia część żeber jest zbudowana z chrząstki, dzięki temu są one elastyczne i umożliwiają ruchy klatki piersiowej.

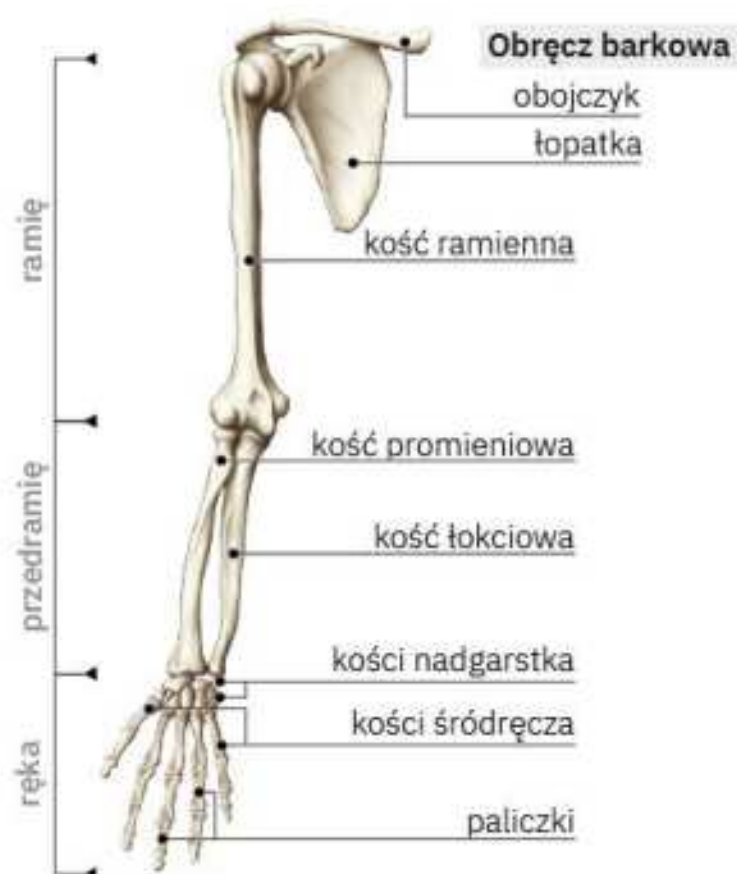


Ryc. VIII.1.9. Budowa klatki piersiowej.

Szkielet obręczy górnej i kończyny górnej

Obręcz górną (barkową) budują **łopatka** i **obojczyk**. Umożliwiają one połączenie kończyny górnej ze szkieletem osiowym. Szkielet kończyny górnej tworzą kość ramieniowa, dwie kości przedramienia – promieniowa i łokciowa – oraz kości dłoni: nadgarstka, śródręcza i palców (paliczki).

Jeśli wewnętrzna część dłoni jest zwrócona ku przodowi, kości przedramienia są ułożone równolegle do siebie. Po wewnętrznej stronie znajduje się **kość łokciowa**, a po zewnętrznej – **promieniowa**. W odwrotnej pozycji dłoni kości te się krzyżują. Taka ruchomość umożliwia ruchy chwytно-manipulacyjne kończyny.



Ryc. VIII.1.10. Szkielet obręczy barkowej i kończyny górnej.

Połączenie szkieletu kończyny górnej ze szkieletem osiowym umożliwia obojczyk, który łączy łopatkę z mostkiem. Miejscem przyczepu mięśni grzbietu i mięśni kończyny górnej jest łopatka. Znajduje się w niej zagłębienie – panewka stawu barkowego, w które wchodzi głowa kości ramiennej.

Szkielet ręki tworzą dwa szeregi kości nadgarstka, dalej śródręcze utworzone przez 5 kości śródręcza, których dalsze końce łączą się stawowo z paliczkami palców. Palce składają się z trzech paliczków – z wyjątkiem kciuka (dwa paliczki).

Kciuk jest przeciwstawny do pozostałych palców, co przystosowuje do chwytно-manipulacyjnych funkcji kończyny górnej.

Szkielet obręczy i kończyny dolnej

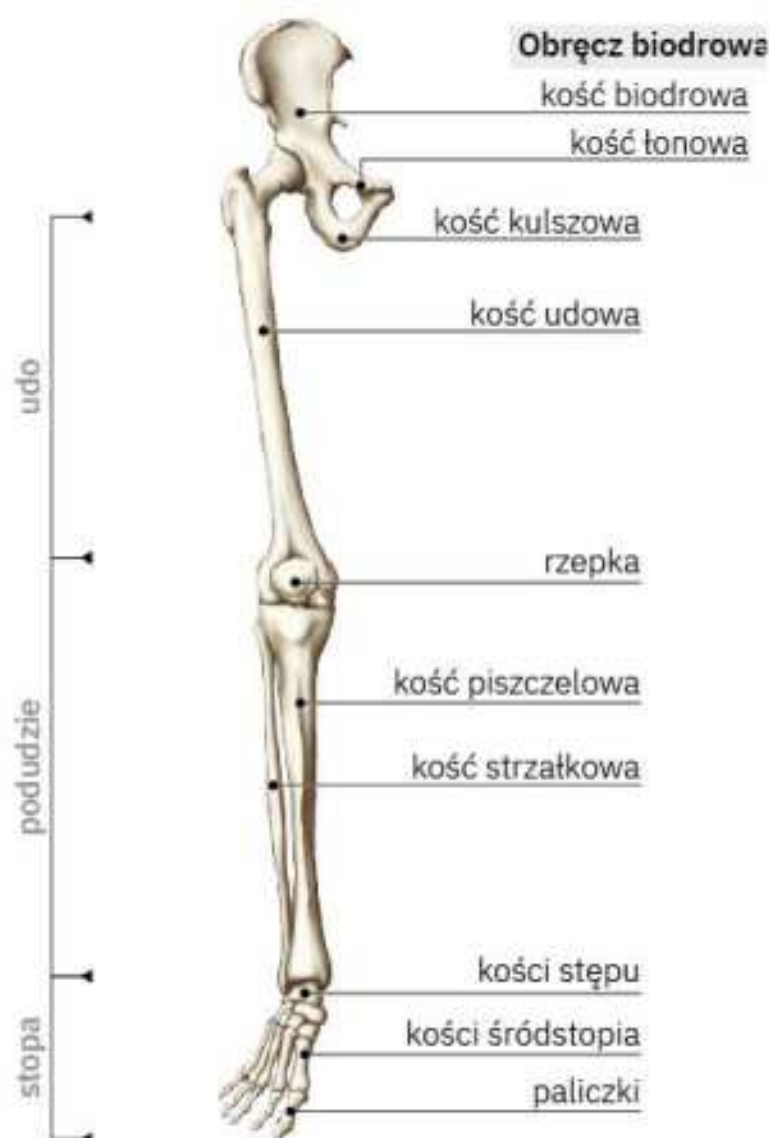
Obręcz dolna (miedniczna) jest zbudowana z kości miednicznej, która powstaje przez zrośnięcie się ze sobą kości biodrowej, kulszowej i łonowej (ryc. VIII.1.11.). Dwie kości miedniczne, zrośnięte z kością krzyżową kręgosłupa, tworzą **miednicę**. **Miednica** pozwala na utrzymanie pionowej postawy ciała. Szkielet kończyny dolnej tworzą kość udowa, kości podudzia – piszczelowa i strzałkowa – oraz kości stopy (stępu, śródstopia i palców).

Miednica jest połączona z kością krzyżową kręgosłupa. W miejscu styku trzech kości miednicy powstaje zagłębienie – panewka stawu biodrowego. W panewkę wchodzi głowa kości udowej. Drugi koniec kości udowej stanowi powierzchnię stawową dla kości piszczelowej. Takie połączenie tworzy **staw**

kolanowy, który buduje także niewielka kość ograniczająca ruchomość stawu kolanowego – **rzepka**. Kość piszczelowa i strzałkowa tworzą **staw skokowy**, którym stopa łączy się z podudziem. W stopie paluch nie jest przeciwstawny do pozostałych palców.

PYTANIA I POLECENIA

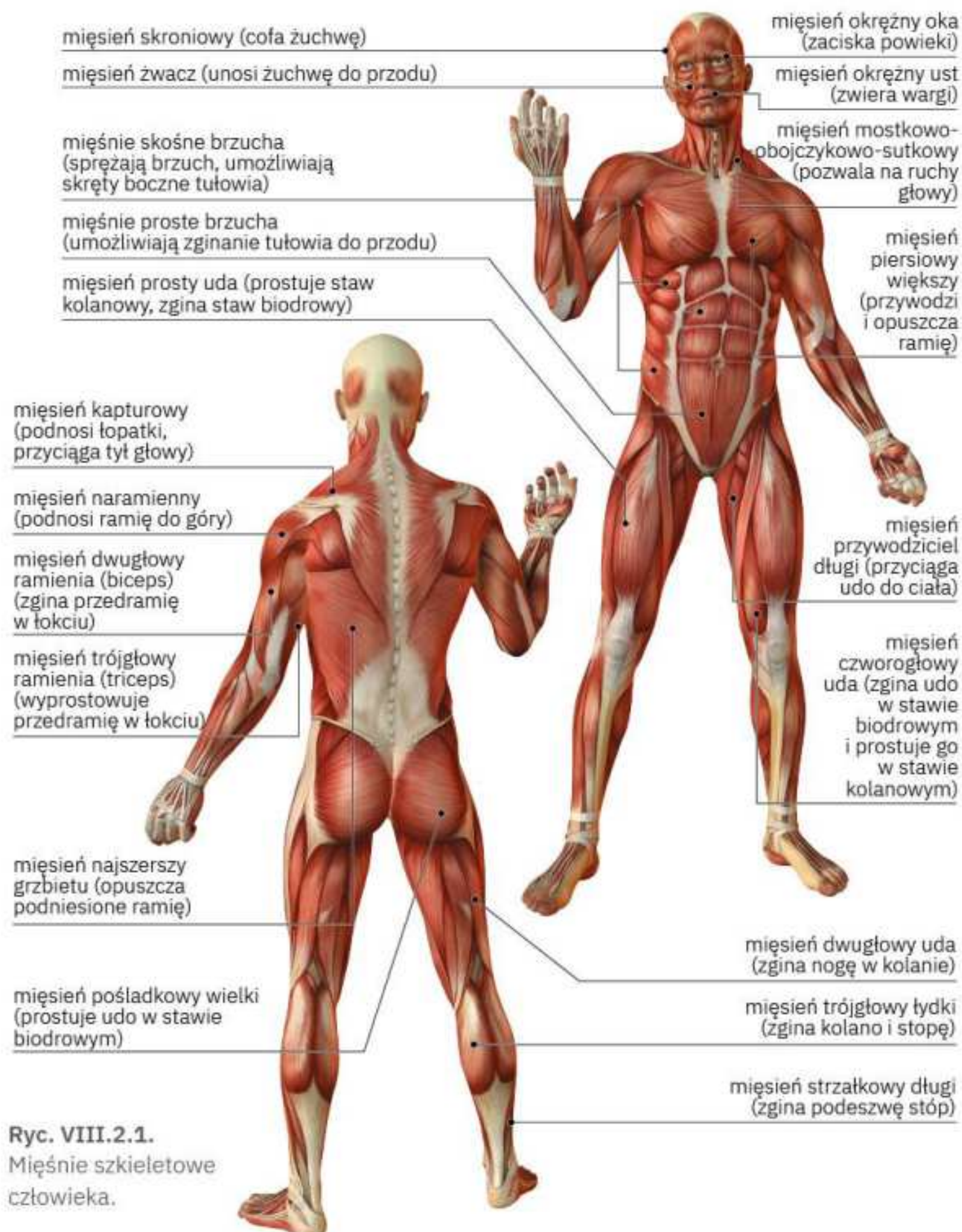
1. Wyjaśnij znaczenie szkieletu dla funkcjonowania organizmu.
2. Przedstaw znaczenie połączeń nieruchomych w czaszce.



Ryc. VIII.1.11. Szkielet kończyny dolnej i miednicy.

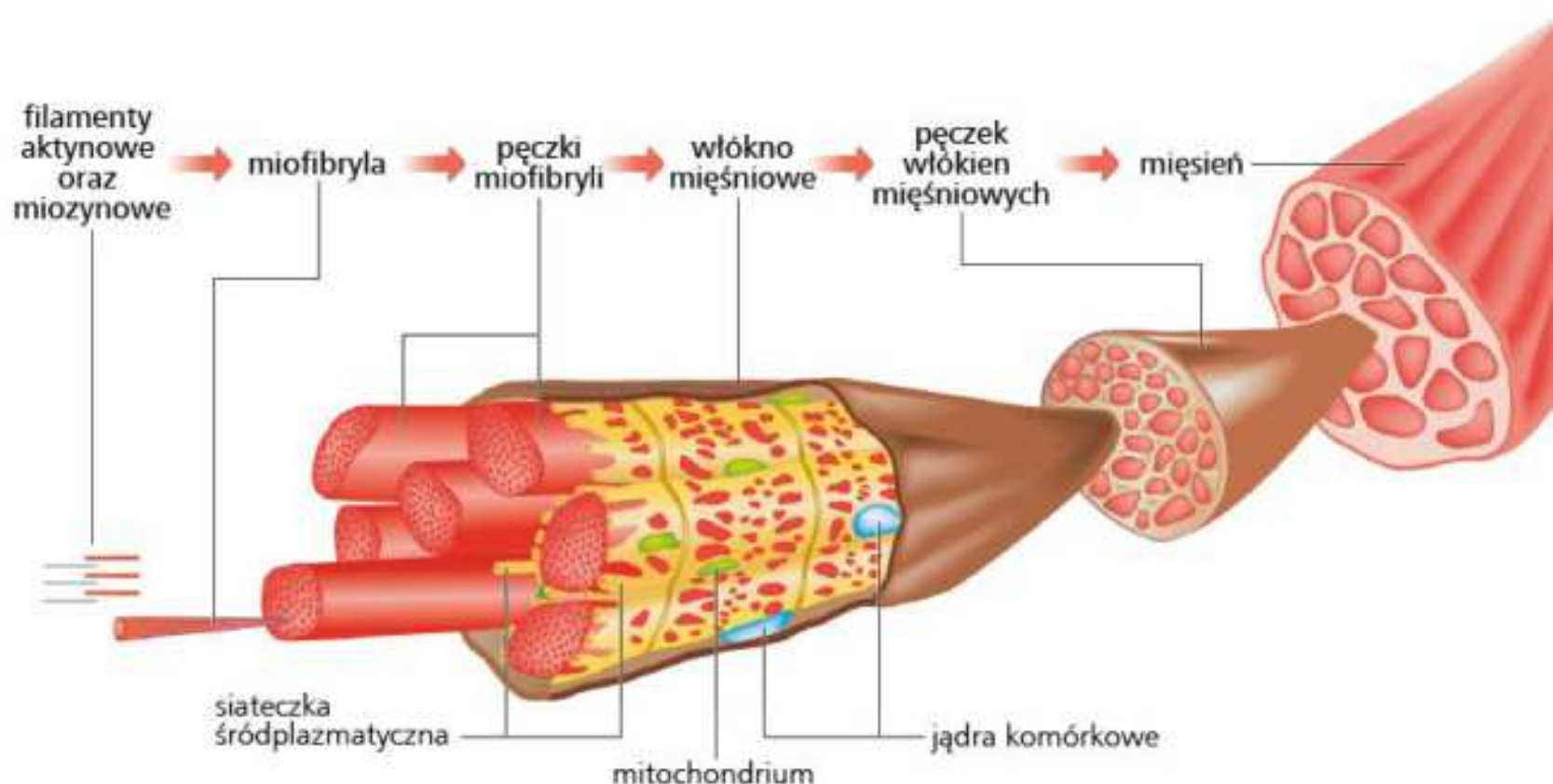
2. Czynna część układu ruchu – układ mięśniowy

Układ mięśniowy wprawia w ruch cały szkielet, a dzięki temu umożliwia funkcjonowanie narządów wewnętrznych oraz zapewnia stałe krążenie krwi. W organizmie człowieka występuje około 400 mięśni, które stanowią do 40% masy ciała (ryc. VIII.2.1.).



Ryc. VIII.2.1.
Mięśnie szkieletowe człowieka.

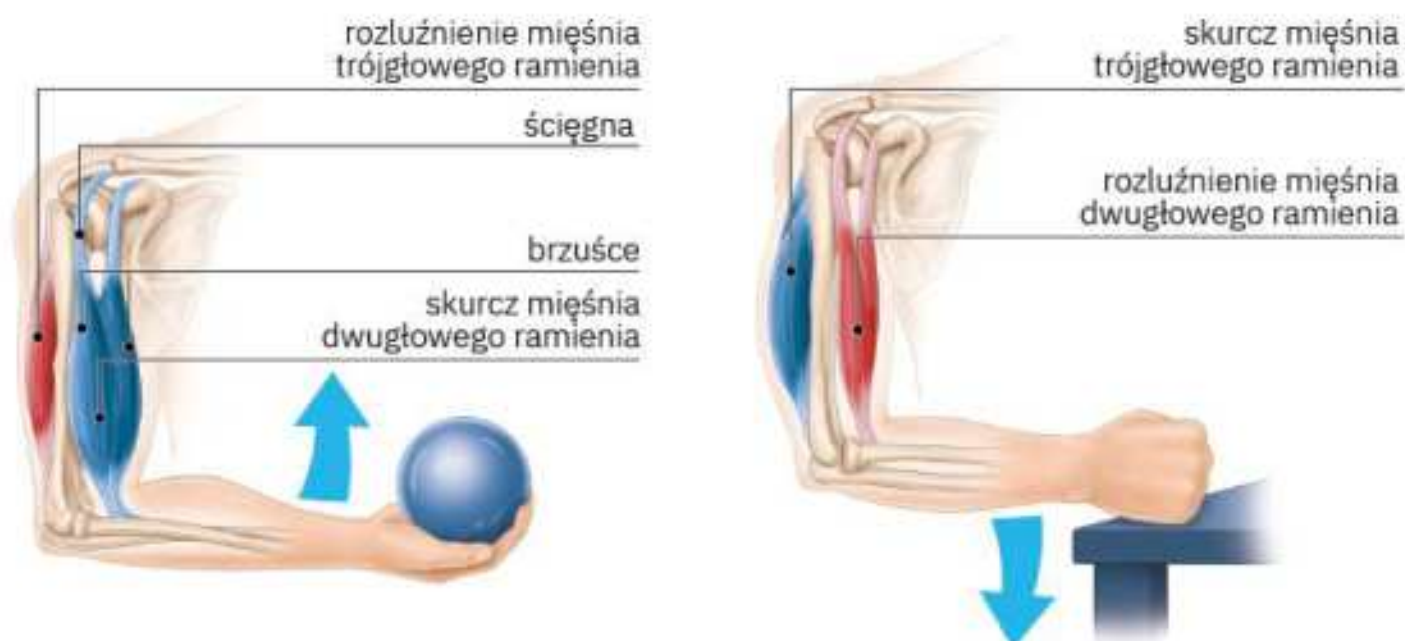
Wyróżnia się trzy rodzaje mięśni: mięśnie gładkie, niepodlegające naszej woli, mięśnie poprzecznie prążkowane, w większości podlegające naszej woli, oraz mięsień sercowy, pracujący niezależnie od świadomości. Mięśnie **poprzecznie prążkowane szkieletowe** umożliwiają ruch organizmu. Ich podstawową jednostką budulcową jest włókno mięśniowe składające się z pęczków kurczliwych włókien mięśniowych – miofibryli. Miofibryle składają się z białkowych włókienek, kurczliwych miofilamentów: cienkich aktynowych (zbudowanych z białka aktyny) i grubych miozynowych (zbudowanych z białka miozyny). Są one ułożone naprzemianlegle, co daje charakterystyczne poprzeczne prążkowanie z jasnymi i ciemnymi prążkami. Typowe mięśnie zbudowane są z **brzuśca** i łącznotkankowych **ścięgien**, za których pomocą są przyczepione do kości. Brzusiec to czynna część mięśnia zbudowana z włókien mięśniowych poprzecznie prążkowanych. Ścięgna przenoszą siłę skurczu mięśni na elementy kostne (ryc. VIII.2.2.).



Ryc. VIII.2.2. Hierarchiczna budowa mięśnia szkieletowego.

Niektóre mięśnie mają więcej niż jeden brzusiec – nazywamy je wtedy **dwugłowymi**, **trójgłowymi** lub **czterogłowymi**. Mięśnie są dobrze unerwione i unaczynione, a komórki mięśniowe zawierają barwnik **mioglobinę**, która nadaje im czerwone zabarwienie (ma większe powinowactwo do tlenu niż hemoglobina, magazynuje tlen i wykorzystuje go podczas wysiłku fizycznego).

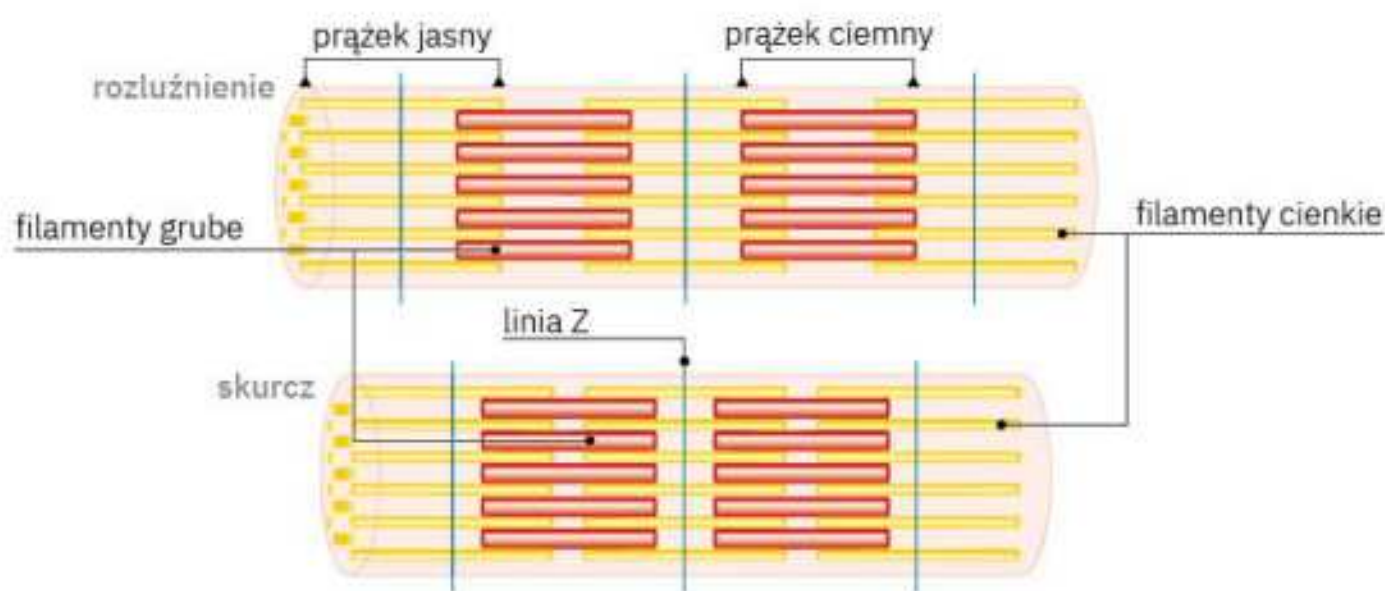
Mięśnie **zginacze (przywodziciele)** i **prostowniki (odwodziciele)** uczestniczące w wykonywaniu przeciwstawnej pracy nazywamy **mięśniami antagonicznymi** (ryc. VIII.2.3.).



Ryc. VIII.2.3. Antagonizm pracy zginaczy i prostowników na przykładzie mięśni ramienia. Mięsień dwugłowy ramienia jest zginaczem – skurcz powoduje zgięcie kończyny górnej w stawie łokciowym. Mięsień trójąłowy ramienia jest prostownikiem – rozkurcz powoduje wyprostowanie kończyny górnej w stawie łokciowym.

Źródła energii pracy mięśni

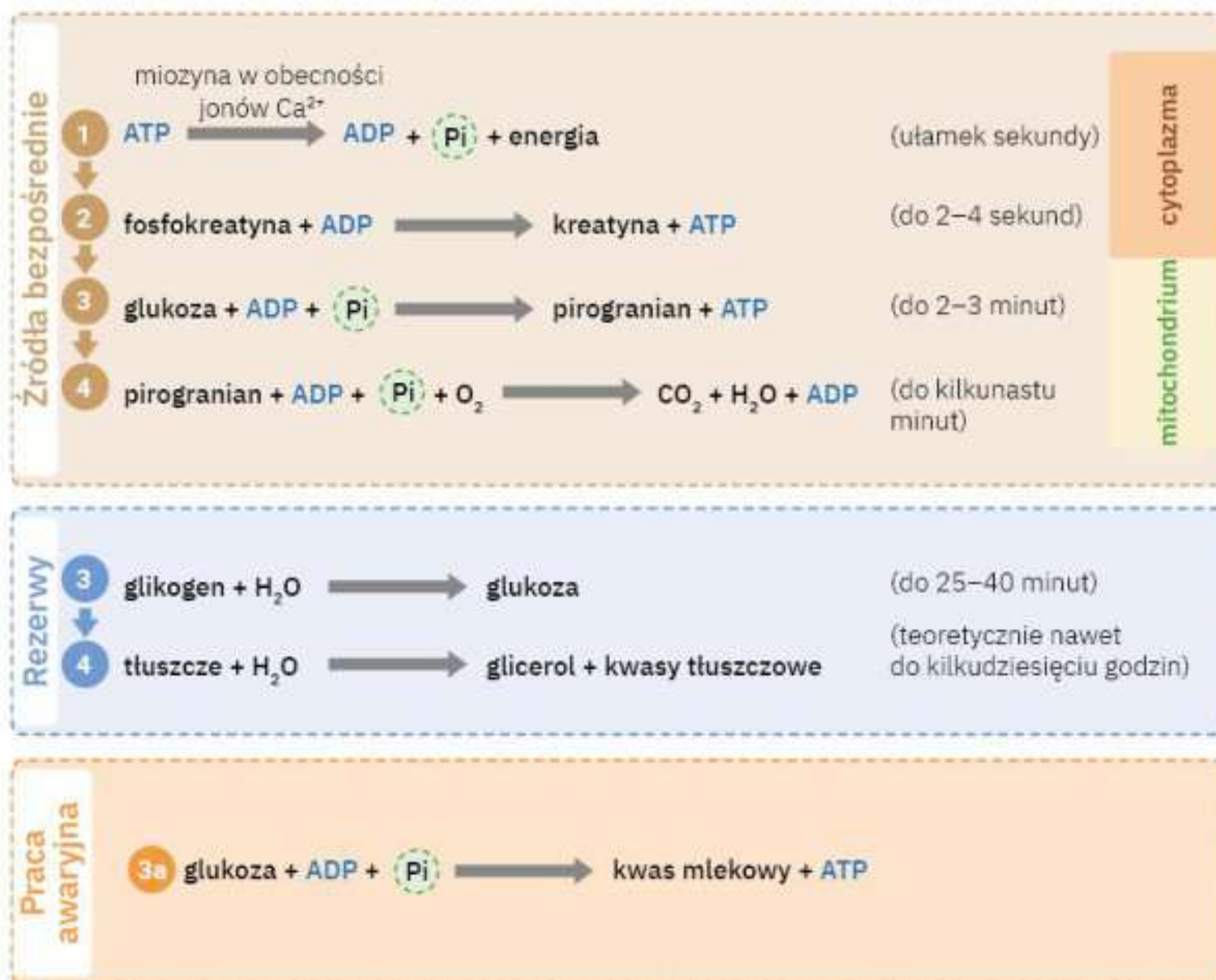
Skurcz i rozkurcz włókna mięśniowego są regulowane przez układ nerwowy. Włókna mięśniowe i unerwiająca je komórka nerwowa tworzą **jednostkę motoryczną mięśnia** (ryc. VIII.2.4.).



Ryc. VIII.2.4. Ułożenie filamentów podczas skurczu i rozkurczu mięśnia. Sarkomer obejmuje odcinek miofibryli ograniczony błoną graniczną Z i zawiera połówkę jednego prążka jasnego, cały prążek ciemny i połówkę drugiego prążka jasnego. We włóknie mięśniowym w stanie spoczynku prążki ciemne i jasne nakładają się tylko częściowo.

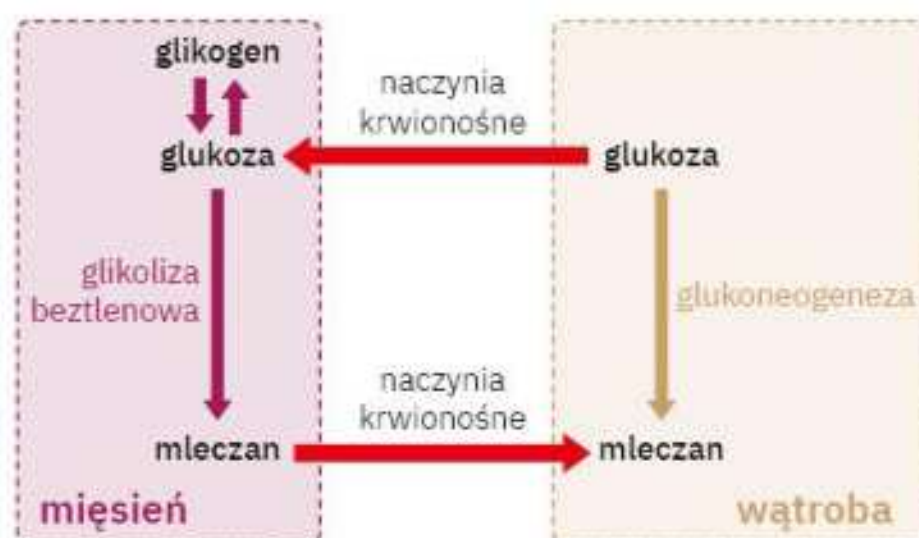
Podstawową jednostką strukturalną i funkcjonalną mięśnia odpowiedzialną za jego pracę jest **sarkomer**. Podczas skurczu mięśnia następuje wsuwanie się filamentów grubych między filamente cienkie. Następuje wówczas skracanie długości sarkomeru, a długość filamentów pozostaje bez zmian. Zjawisko to wymaga dostarczenia **jonów wapnia** oraz **energii w postaci ATP**. Energia

zgromadzona w ATP bardzo szybko jest zużywana i stale odtwarzana. Źródłem ATP jest wysokoenergetyczny związek **fosfokreatyna** oraz **glukoza** (glikogen), spalane w warunkach tlenowych lub podczas długiej i intensywnej pracy mięśni w warunkach beztlenowych – glikoliza (ryc. VIII.2.5.). Oprócz glukozy substratem energetycznym są tłuszcze.



Ryc. VIII.2.5. Przemiany biochemiczne zachodzące podczas pracy mięśnia.

Podczas intensywnej pracy mięśni, gdy nie są one dostatecznie dotlenione (pomimo rezerwy tlenowej w mioglobinie), powstaje tzw. dług tlenowy (ryc. VIII.2.6.). Wówczas w mięśniach gromadzi się kwas mlekowy, który obniża pH, co powoduje ból i zmęczenie mięśni.



Ryc. VIII.2.6. Powstanie kwasu mlekowego w intensywnie pracujących mięśniach. Krew transportuje mleczan z komórek mięśniowych do wątroby, gdzie zostaje on przekształcony w glukozę. Glukoza jako materiał energetyczny wraca do komórek.

Aktywność fizyczna a zdrowie

Aktywność fizyczna korzystnie wpływa na funkcjonowanie całego organizmu, w tym układu kostnego i mięśniowego. Regularnie uprawianie ćwiczeń:

- skutecznie chroni przed osteoporozą;
- pozytywnie wpływa na gęstość kości, zwiększając ich uwapnienie, dzięki czemu są bardziej elastyczne i odporne na złamania;
- poprawia zakres ruchu w stawach oraz zwiększa odporność na urazy;
- poprawia siłę i wytrzymałość mięśni oraz równowagę i koordynację ruchową;
- zapewnia prawidłowy stan napięcia mięśni, a przez to sylwetka staje się sprężysta;
- zmniejsza bóle kręgosłupa przez zwiększenie siły mięśni kręgosłupa i mięśni grzbietu;
- pozwala na dłuższą pracę mięśni bez zmęczenia.



Ryc. VIII.2.7. Aktywność fizyczna.

Aktywność fizyczna ponadto pomaga zapobiegać otyłości, poprawia wydolność serca, zmniejszając ryzyko wystąpienia zawału, łagodzi napięcia nerwowe i osłabia skutki stresu.

Oprócz aktywności fizycznej dla naszych stawów, kości i mięśni ważna jest dieta bogata w wapń i witaminę D (ryc. VIII.2.8.). W codziennym jadłospisie powinny się znaleźć produkty nabiałowe, takie jak białe sery, jogurty czy kefiry. Należy również stosować oleje roślinne, najlepiej tłoczone na zimno, takie jak olej lniany, oliwa z oliwek czy olej rzepakowy. Niezwykle wartościowym dodatkiem są



Ryc. VIII.2.8. Źródła witaminy D.

także bakalie – orzechy, nasiona słonecznika i dyni oraz suszone owoce, a także tłuste ryby, na przykład łosoś. Warto też używać jak najwięcej naturalnych przypraw, takich jak kurkuma, imbir czy różne świeże i suszone zioła. Bardzo duże znaczenie ma również odpowiedni poziom nawodnienia.

W diecie obok witaminy D i wapnia należy uwzględnić produkty bogate w sód i potas oraz magnez (ryc. VIII.2.9.).



Ryc. VIII.2.9. Źródła (A) magnezu i (B) potasu.

Doping

Aby zwiększyć sprawność fizyczną i osiągać jak najwyższe wyniki sportowe, sportowcy sięgają po niedozwolone **środki dopingujące**. Lista środków dopingujących jest dość bogata i obejmuje m.in.:

- środki pobudzające, np. kokainę, amfetaminę;

- narkotyczne środki przeciwbólowe, np. morfinę, metadon;
- środki anaboliczno-androgenne, np. testosteron, stanozolol;
- środki moczopędne, np. furosemid;
- hormony peptydowe, np. ludzki hormon wzrostu, erytropoetynę;
- alkohol i środki miejscowego znieczulenia.

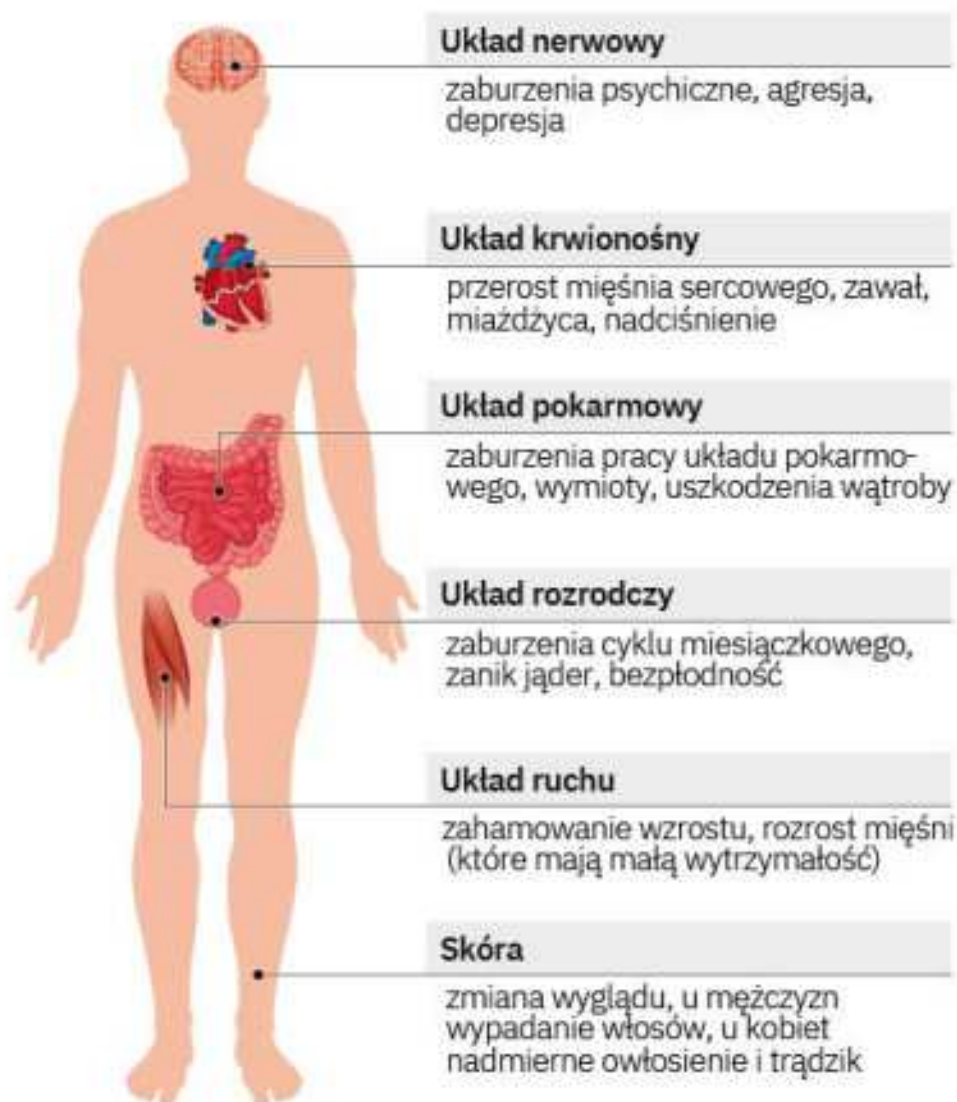
Szczególnie niebezpieczne dla zdrowia są **anaboliki** – związki chemiczne, które sztucznie podnoszą wydajność sportowca (ryc. VIII.2.10.). Zwiększają jego pobu-

dliwość, tempo przemiany materii i syntezy białek, a tym samym masę i siłę mięśni. Przyjmowanie anabolików powoduje zaburzenia pracy wielu narządów, może nawet prowadzić do kalectwa lub śmierci. Substancje te nierzadko powodują nienaturalny rozrost piersi, zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn, spadek popędu płciowego u mężczyzn i jego wzrost u kobiet oraz bezpłodność u mężczyzn.

Zmiany dotyczą także psychiki – pojawia się agresja i niemożność kontrolowania własnego zachowania lub depresja. Stosowanie środków do-

pingujących w okresie dojrzewania zwykle uniemożliwia kontynuację profesjonalnej kariery sportowej w wieku dojrzałym. Środki dopingujące można wykryć, badając próbkę moczu lub krwi sportowca.

Podobny efekt jak doping krwią (np. przez transfuzje krwi własnej lub cudzej pobranej wcześniej) uzyskuje się, stosując erytropoetynę (EPO) – hormon naturalnie wytwarzany w nerkach, który pobudza szpik kostny do produkcji erytrocytów.



Ryc. VIII.2.10. Zmiany w organizmie pod wpływem środków dopingowych.

Najnowsza technika dopingowa polega na stosowaniu dopingów genetycznych, który naśladuje terapię genową. Wykorzystując tzw. wektory wirusowe, można do jądra komórki wprowadzić odpowiednie geny i spowodować, że komórki będą produkowały określone białka. Można taką metodą zwiększyć masę mięśniową, ukrwienie tkanek, liczbę czerwonych krwinek czy zmniejszyć odczuwanie bólu. Jest on trudno wykrywalny i nie ma dokładnych informacji o jego stosowaniu. Zwalczaniem dopingów w sporcie zajmuje się Światowa Agencja Antydopingowa (*World Anti-Doping Agency, WADA*).

PYTANIA I POLECENIA

1. Porównaj budowę i funkcje tkanki mięśniowej szkieletowej i mięśniowej gładkiej.
2. Podaj przystosowania w budowie układu kostnego do dwunożnej postawy ciała.
3. Na podstawie wybranych przykładów wyjaśnij antagonizm pracy mięśni.
4. Wyjaśnij, jakie skutki dla organizmu spowodowałoby długotrwałe nagromadzenie kwasu mlekowego w mięśniach.
5. Omów pozytywne i negatywne skutki uprawiania sportu.
6. Przedstaw na wybranym przykładzie negatywne skutki stosowania środków dopingujących.

Podsumowanie działu

- układ ruchu składa się z układu szkieletowego i mięśniowego
- w szkielecie człowieka można wyróżnić szkielet osiowy i szkielet kończyn
- kości wchodzące w skład szkieletu są połączone ze sobą; większą część połączeń kości stanowią połączenia ruchome – stawy
- w układzie mięśniowym człowieka wyróżnia się mięśnie antagonistycznie działające (zginacze i prostowniki)
- podstawową jednostką funkcjonalną mięśnia jest sarkomer, w którym następuje skurcz mięśnia
- intensywna praca mięśni wymaga energii, której bezpośrednim źródłem jest ATP; w warunkach beztlenowych dochodzi do zakwaszenia mięśni
- wysoka sprawność fizyczna jest jednym z warunków zachowania zdrowia
- jednym z problemów współczesnego sportu jest stosowanie dopingów, który szkodzi zdrowiu



UKŁAD POWŁOK CIAŁA – SKÓRA

Skóra to zewnętrzna powłoka ciała, która stanowi barierę oddzielającą organizm od środowiska zewnętrznego. Powierzchnia skóry dorosłego człowieka wynosi między 1,5 a 2 m² i obejmuje także gruczoły, włosy oraz paznokcie. Jest największym narządem człowieka.

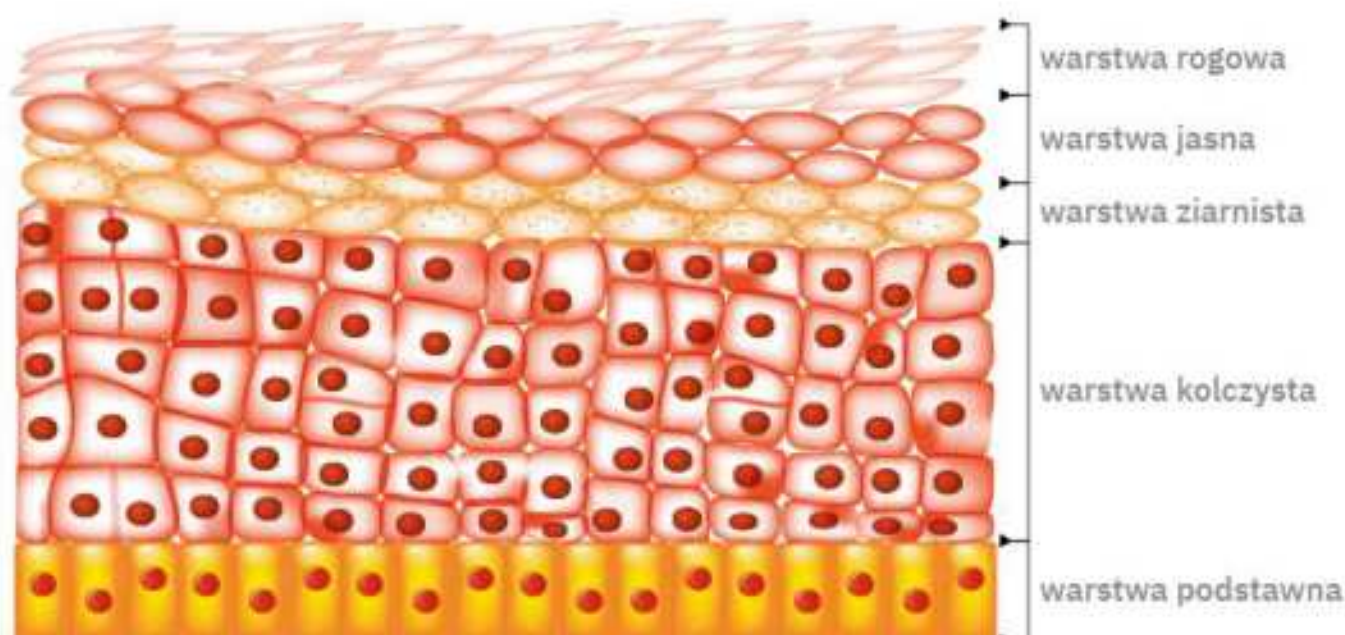
1. Budowa skóry

Skóra składa się z dwóch głównych warstw: naskórka i skóry właściwej. **Naskórek** to najbardziej powierzchniowa warstwa skóry zbudowana z wielu warstw rogowaciejących komórek nabłonkowych. Jego grubość jest uzależniona od miejsca ciała: najgrubszy jest na dłoniach i podeszwach, najcieńszy na powiekach. Naskórek wytwarza włosy, paznokcie oraz gruczoły. Na naskórku opuszków palców znajduje się charakterystyczny, unikatowy dla każdej osoby układ listewek (linii papilarnych), dzięki któremu można pobierać odcisk palca (ryc. IX.1.1.).



Ryc. IX.1.1. Każdy człowiek ma unikatowy układ linii papilarnych (odcisk palca).

W naskórku nie ma naczyń krwionośnych ani zakończeń nerwowych. W jego obrębie wyróżniamy dwie warstwy: rogową oraz rozrodczą (ryc. IX.1.2.). **War-**



Ryc. IX.1.2. Budowa naskórka.

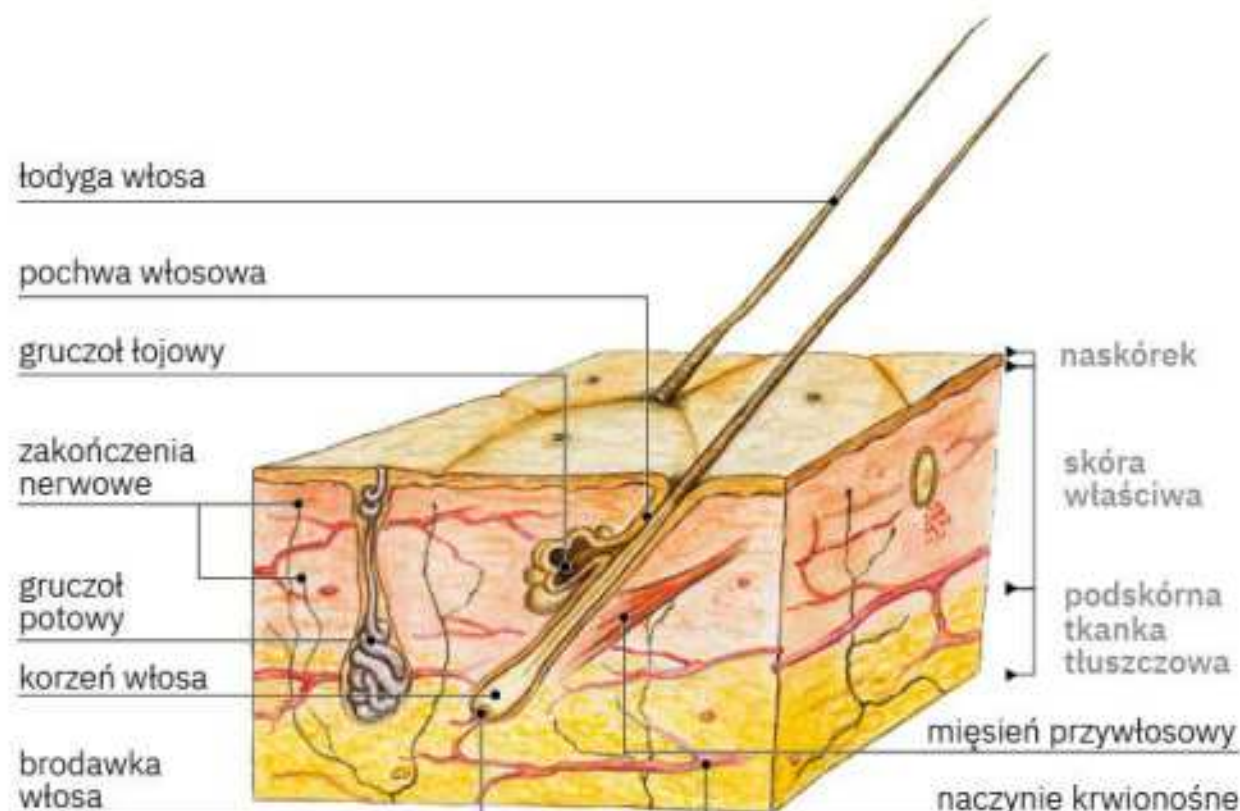
stwa rogowa położona jest powierzchniowo, a jej komórki są martwe i bogate w białko **keratynę**, która zapewnia wytrzymałość i elastyczność skóry. Komórki warstwy rogowej naskórka ulegają ciągłemu złuszczeniu i są zastępowane przez nowe komórki produkowane przez położoną najgłębiej **warstwę rozrodczą** warstwy podstawnej naskórka, w której znajdują się dodatkowo komórki barwnikowe (**melanocyty**), produkujące ciemne barwniki zwane **melaninami**. Melaniny odpowiadają za barwę skóry, a ich ilość jest uwarunkowana genetycznie, zróżnicowana w poszczególnych częściach ciała oraz inna w obrębie różnych grup etnicznych (ryc. IX.1.3.). Melaniny chronią skórę przed szkodliwym działaniem światła słonecznego (głównie w zakresie UV). Pod wpływem światła synteza melanin wzrasta.



Ryc. IX.1.3. Barwa skóry zależy od ilości melaniny w skórze.

Skóra właściwa jest utworzona z tkanki łącznej oraz włókien białkowych (kolegenowych i elastynowych), które nadają skórze sprężystość i wytrzymałość (ryc. IX.1.4.). **Rozstępy** (powstające np. w czasie ciąży lub u ludzi otyłych) są efektem rozciągania skóry i pękania włókien elastynowych. Pod najgłębszą warstwą skóry właściwej znajduje się podskórna tkanka (głównie tłuszczowa). Głównymi komórkami w skórze właściwej są fibroblasty, makrofagi i komórki tuczne. Dodatkowo, na skórę właściwą składają się:

- naczynia krwionośne i chłonne;
- receptory czuciowe (zakończenia nerwów czuciowych), które są wrażliwe na dotyk, temperaturę, ucisk i ból;
- gruczoły potowe i ich przewody wyprowadzające;
- gruczoły łojowe;
- włosy i mięśnie przywłosowe.



Ryc. IX.1.4. Budowa skóry.

Wytwory naskórka

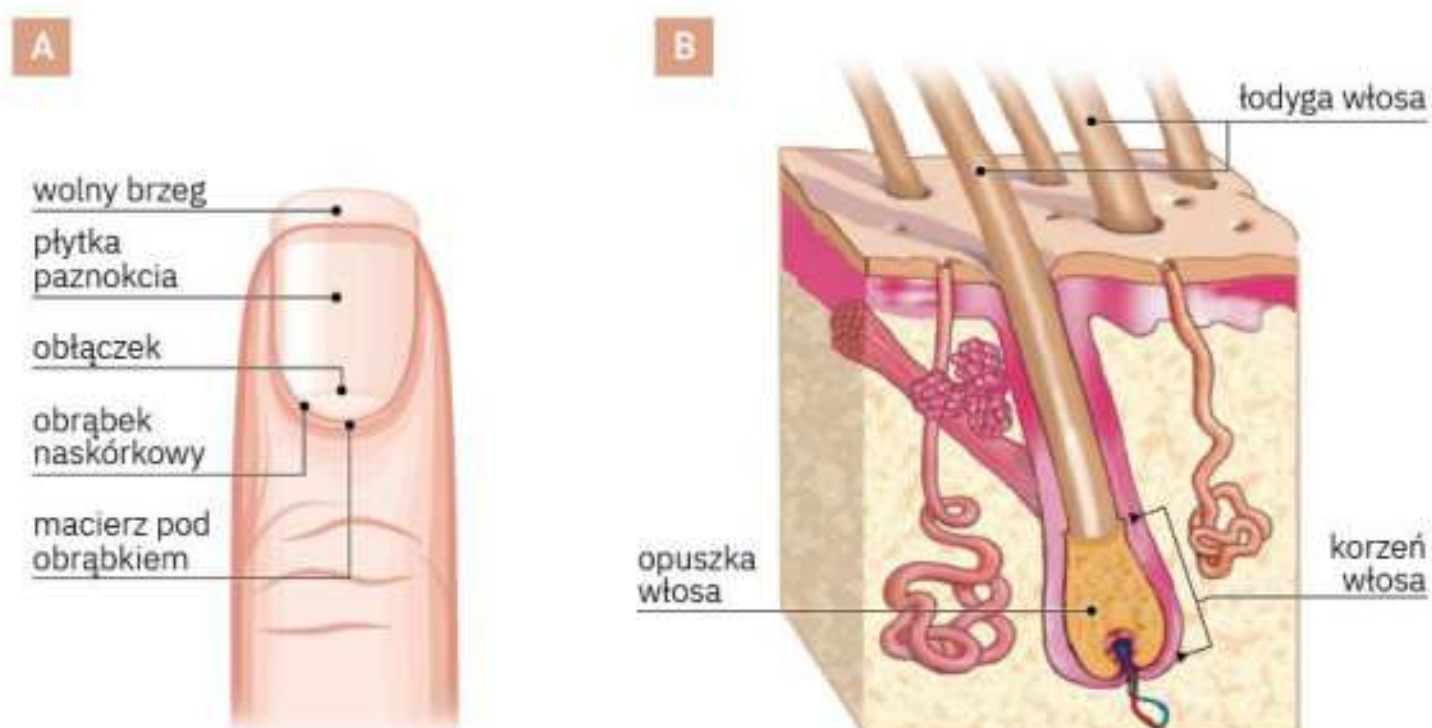
Wytworami naskórka są włosy, paznokcie oraz gruczoły (łojowe, potowe i mlekne) (tab. IX.1.1.).

Tab. IX.1.1. Rodzaje gruczołów skórnych.

Cecha	Gruczoły potowe	Gruczoły łojowe	Gruczoły mlekowe
Funkcja	Wydzielają pot, który odgrywa ważną rolę w regulacji ciepłoty ciała – parowanie potu z powierzchni skóry obniża jej temperaturę; kwaśny odczyn potu ma właściwości antybakteryjne.	Wydzielają tój, który nadaje skórze miękkość i giętkość, zapobiega jej pękaniu, tworzy warstwę wodoodporną oraz ma właściwości bakterio-bójcze i grzybobójcze.	Zmodyfikowane gruczoły potowe, zbudowane z tkanki tłuszczowej; wydzielają mleko (proces zależny od hormonów produkowanych w czasie ciąży). Mleko zawiera substancje odżywcze oraz przeciwciała niezbędne dla noworodka.
Występowanie	Szeroko rozrzucone po całej skórze, najliczniej na powierzchni dłoni, podszewach stóp, pod pachami, w pachwinach.	Na powierzchni całej skóry z wyjątkiem dłoni i stóp; najliczniej na owłosionej skórze głowy, na twarzy i pod pachami.	W pełni rozwinięte u dorosłej kobiety, aktywne w drugiej połowie ciąży i po porodzie.

Włosy są zbudowane głównie z martwych komórek wypełnionych keratyną. Część włosa wystającą ponad skórę nazywamy łodygą, a reszta to korzeń (ryc. IX.1.5.). Barwa włosów jest uwarunkowana genetycznie i zależy od ilości zawar-

tej w nich melaniny. U człowieka włosy utraciły swoją pierwotną funkcję izolacyjną i mają postać szczątkową (oprócz włosów porastających powierzchnię głowy, doły pachowe i okolice łonową). Włosy żyją od 3 do 5 lat, a po wypadnięciu są zastępowane przez nowe.

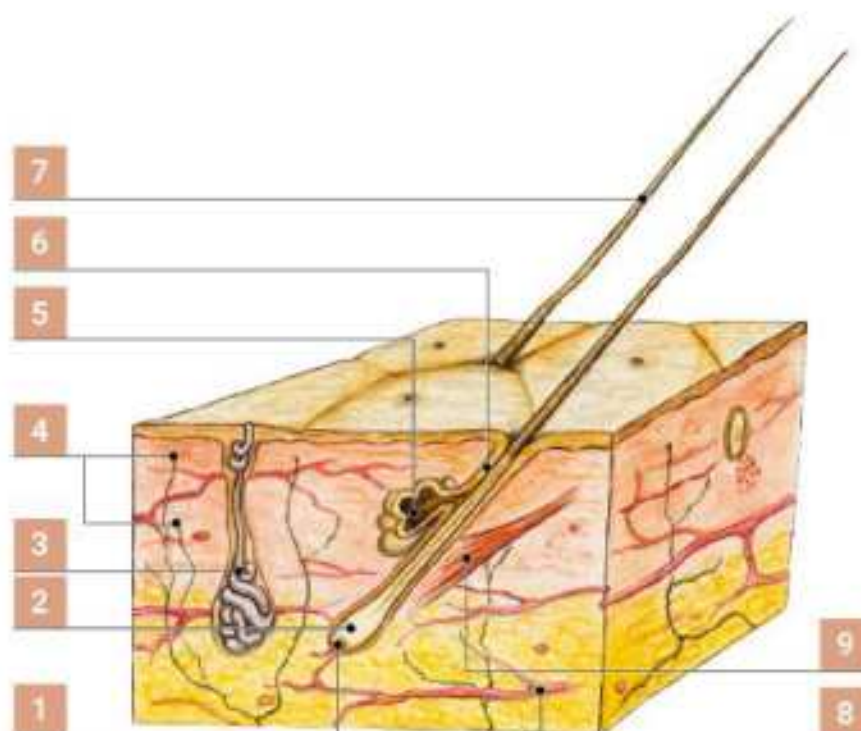


Ryc. IX.1.5. Wytwory naskórka: (A) paznokcie, (B) włosy.

Paznokcie są zbudowane z twardych, rogowych komórek wypełnionych keratyną. Chronią opuszki palców rąk i nóg. Paznokieć składa się z korzenia, który jest zagłębiony w skórze, oraz płytki paznokciowej, która stanowi wysuniętą jego część (ryc. IX.1.5.). Paznokcie palców rąk rosną znacznie szybciej niż paznokcie palców nóg, a ich tempo tego wzrostu jest uzależnione m.in. od stanu zdrowia i temperatury otoczenia.

PYTANIA I POLECENIA

1. Omów budowę naskórka, uwzględniając jego funkcje.
2. Nazwij elementy budujące skórę właściwą przedstawione na schemacie obok.

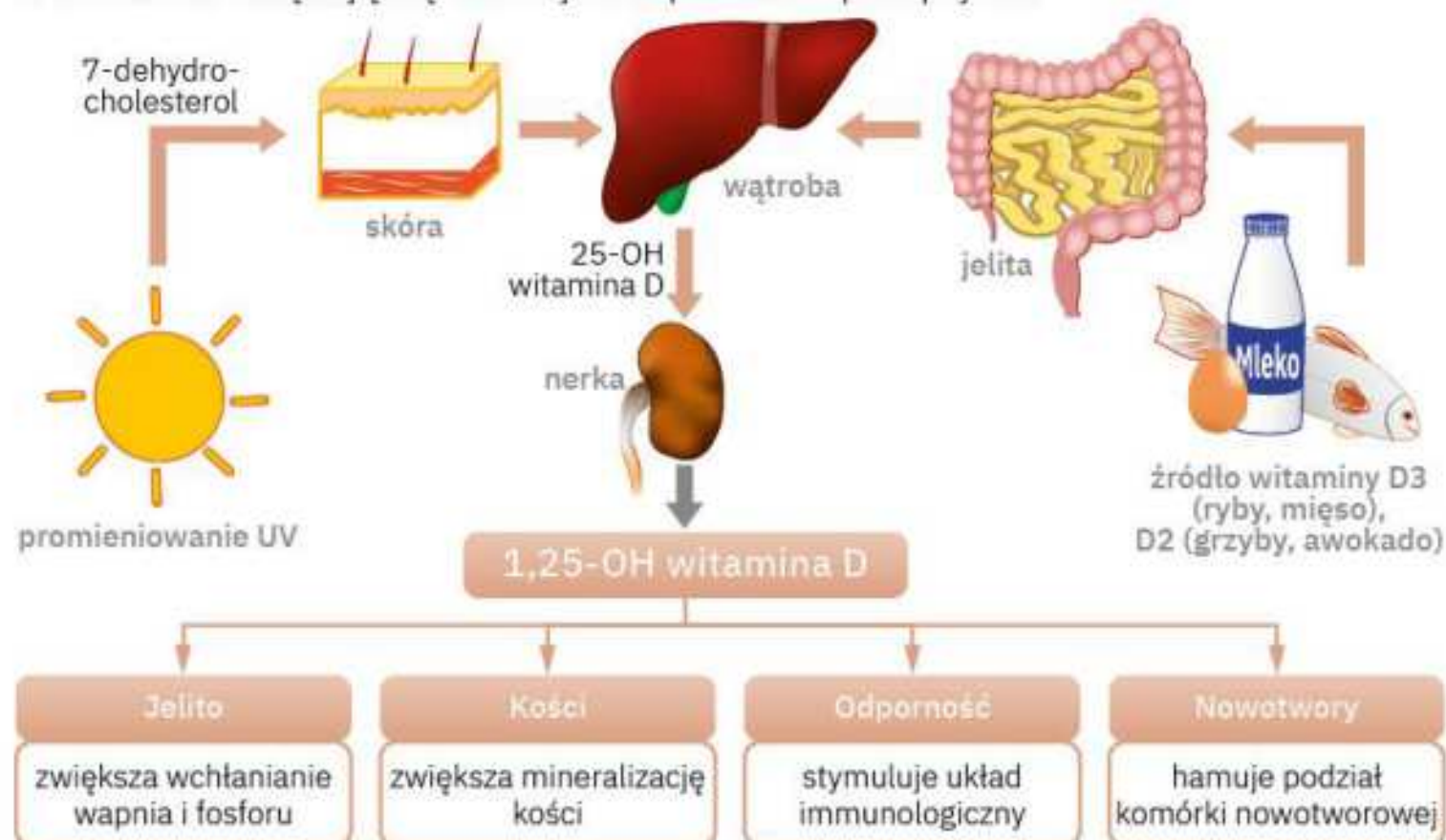


2. Funkcje skóry

Skóra pełni wiele istotnych funkcji, do których należą: ochrona, regulacja ciepłoty ciała, wytwarzanie witaminy D, czucie skórne oraz wchłanianie i wydalanie.

Ochronna funkcja skóry polega na zapewnianiu przez nią szczelnej bariery przeciwko wnikaniu drobnoustrojów, toksyn, promieniowania UV (dzięki obecności melanin) do organizmu. Dzięki swojej budowie zapobiega także odwodnieniu. Zdrowa, nieuszkodzona skóra to jeden z najważniejszych mechanizmów obrony nieswoistej organizmu.

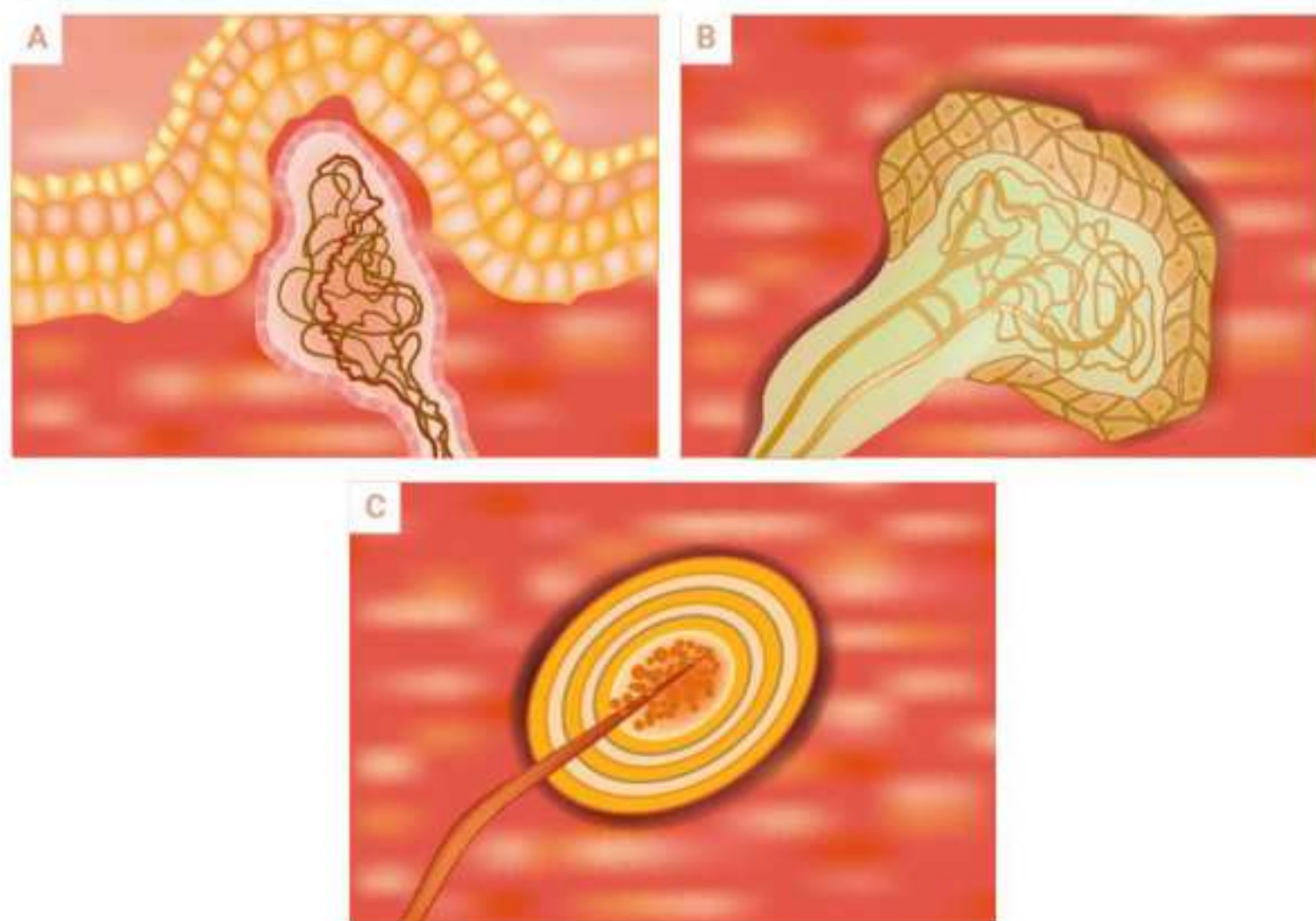
Utrzymanie **stałej ciepłoty ciała**, czyli około $36,6^{\circ}\text{C}$ w szerokim zakresie temperatury otoczenia, jest kluczowe do zachodzenia reakcji enzymatycznych i przebiegu metabolizmu. Zwiększenie ciepłoty ciała jest wynikiem zwiększenia tempa przemiany materii (w wyniku aktywności m.in. mięśni szkieletowych czy wątroby), a obniżenie – jego spadkiem. Większość ciepła, które wytwarza się w trakcie przemian metabolicznych, jest tracone przez skórę (reszta wraz z moczem, kałem i wydychanym powietrzem). Ochładzanie ciała następuje przede wszystkim na skutek **parowania potu**, a także **przewodzenia ciepła** (przez przedmioty stykające się ze skórą, np. odzież) i **wypromieniowania ciepła** do otoczenia. O ilości ciepła traconego przez skórę decyduje także przepływ krwi przez naczynia krwionośne skóry. Wzrost ciepłoty ciała powoduje ich rozszerzanie się i napływ większej ilości krwi. Skóra staje się ciepła i różowa. Przy spadku wytwarzania ciepła w organizmie i przy niskiej temperaturze otoczenia naczynia krwionośne zwężają się i mniej krwi przez nie przepływa.



Ryc. IX.2.1. Udział skóry w syntezie i metabolizmie witaminy D (1,25-OH witamina D czyli 1,25-dihydroksywitamina D jest główną formą witaminy D we krwi. Forma ta powstaje w wyniku modyfikacji w wątrobie w nerce).

W skórze występuje związek, który pod wpływem promieni ultrafioletowych światła słonecznego przekształca się w **witaminę D**. Witamina D ma wielokierunkowe działanie fizjologiczne, ale przede wszystkim bierze udział w gospodarce wapniowo-fosforanowej oraz utrzymywaniu prawidłowej struktury i funkcji kości. Aktywną formą witaminy D u zwierząt jest pochodna cholesterolu, czyli 7-dehydrocholesterol. Związek ten w skórze, przede wszystkim w naskórku, pod wpływem światła słonecznego (w zakresie UV-B) ulega przekształceniu w witaminę D. Ocenia się, że ok. 80–100% potrzebnej dla organizmu ilości witaminy D pochodzi z biosyntezy w skórze, a tylko w niewielkim stopniu wspomagane jest to przez źródła pokarmowe. Witamina D z obu tych źródeł trafia najpierw do wątroby, gdzie podlega enzymatycznym modyfikacjom, a następnie jest przekazywana do nerek, gdzie powstaje aktywna jej forma (ryc. X.2.1.).

W skórze są zlokalizowane **receptory czuciowe**, czyli zakończenia nerwowe wrażliwe na dotyk, temperaturę, ucisk i ból (ryc. IX.2.2.). Ich pobudzenie generuje impuls nerwowy, który jest przesyłany do kory mózgowej. Liczbę i rozmieszczenie receptorów czuciowych w obrębie ciała cechuje duże zróżnicowanie – więcej receptorów znajduje się na wargach i końcach palców.



Ryc. IX.2.2. Skórne receptory czuciowe: (A) nacisku, (B) bólu, (C) deformacji mechanicznych.

Pomimo szczelnej budowy, skóra może **wchłaniać niektóre substancje**: leki (np. aplikowane w postaci plastrów) oraz substancje toksyczne (np. rtęć). Skóra **wydziela** też pewne substancje, np. chlorek sodu (wraz z potem), mocznik oraz substancje zawarte w niektórych produktach (np. czosnku).

Choroby skóry i ich profilaktyka

Skóra stanowi barierę między organizmem a środowiskiem zewnętrznym, dlatego jest narażona na wiele czynników powodujących jej choroby. Są one częstą przypadłością. W tabeli IX.2.1. przedstawiono wybrane, najczęściej spotykane schorzenia skóry.



Ryc. IX.2.3. Do częstych problemów skórnych należą kurzajki.

Tab. IX.2.1. Wybrane schorzenia skóry.

Choroba	Opis
Brodawki (kurzajki)	Powodowane przez wirus brodawczaka ludzkiego HPV; powstają brodawki – twarde twory najczęściej na dłoniach, twarzy i stopach (ryc. IX.2.3.). Profilaktyka: unikanie bezpośredniego kontaktu z osobą zarażoną (np. uścisk rąk), noszenie obuwia ochronnego (np. na basenie); badania cytologiczne w celu wczesnego wykrycia ognisk zakażenia; szczepienia (szczepienie przeciwko HPV to także profilaktyka raka szyjki macicy). Leczenie kurzajek polega na wymrażaniu ich ciekłym azotem bądź za pomocą środków farmakologicznych.
Opryszczka	Wywoływana przez wirus opryszczki HSV, powoduje powstawanie brodawek na wargach (potocznie <i>zimno</i>) lub na narządach płciowych. Leczenie objawowe lekami przeciwwirusowymi.
Grzybica	Powierzchniowe zakażenie skóry wywołane przez grzyby. Występuje najczęściej na owłosionej skórze głowy lub na stopach (między palcami). Profilaktyka polega na unikaniu kontaktu z zarażonymi osobami. Leczenie obejmuje stosowanie preparatów zewnętrznych, leków doustnych, dezynfekcję obuwia i bielizny.
Zapalenie skóry	Zapalne schorzenie o przebiegu ostrym lub przewlekłym; objawia się zaczerwienieniem, obrzękiem, świądem, łuszczeniem się skóry. Atopowe zapalenie skóry ma podłoże alergiczne. Kontaktowe zapalenie skóry – wywołane przez kontakt z czynnikami drażniącymi (np. kosmetykami) lub reakcję związaną z nadwrażliwością (np. na nikiel czy barwniki). Leczenie: leki steroidowe, antyhistaminowe (przeciwalergiczne), czasami antybiotyki.
Łuszczyca	Choroba uwarunkowana genetycznie, występuje u osób między 15. a 40. rokiem życia; polega na szybkim wzroście komórek naskórka głębszych warstw, co uniemożliwia pełne dojrzewanie górnych warstw; skóra jest błyszcząca i się łuszczy, może dochodzić do krwawień; najczęściej pojawia się na łokciach, kolanach, skórze owłosionej głowy. Leczenie: farmakologiczne, fototerapia (naświetlanie), czasami immunosupresja.
Trądzik	Najczęściej pojawia się w okresie młodzieńczym (częściej u chłopców) i ma związek ze wzmożoną produkcją hormonów. Charakterystyczne krosty powstają w wyniku blokowania gruczołów łojowych i ich bakteryjnego zakażenia, zazwyczaj na twarzy, klatce piersiowej i plecach (ryc. IX.2.3.). Leczenie: farmakologiczne (m.in. antybiotyki, leki hormonalne), czasami fototerapia.

Osobnym problemem są nowotwory skóry, w tym złośliwe. Czerniak złośliwy to nowotwór, którego przyczyną jest nadmierne namnażanie się melanocytów (komórek barwnikowych skóry). Zwykle zaczyna się od znamienia na skórze (o nieregularnych zarysach), które może się zmieniać w krwawiące owrzodzenie (ryc. IX.2.5.). Czynniki predisponującymi są: jasna barwa skóry, długotrwała, częsta ekspozycja na promieniowanie słoneczne (naturalne i sztuczne) oraz oparzenia słoneczne. Zwykle u kobiet wstępuje na kończynach dolnych, a u mężczyzn – na tułowie. Czerniak daje często przerzuty do węzłów chłonnych i innych narządów (np. wątroby, mózgu, płuc i szpiku kostnego). Profilaktyka czerniaka opiera się na ochronie przed słońcem (stosowanie filtrów i okularów przeciwsłonecznych oraz unikanie długiego przebywania na słońcu i solariów). Bardzo istotnym elementem profilaktycznym są badania przesiewowe (ryc. IX.2.6.). Każde nowo powstałe znamię skórne należy skonsultować z lekarzem. Leczenie czerniaka opiera się na chirurgicznym usunięciu guza. W zależności od rodzaju zmian i ich zakresu leczenie operacyjne jest połączone z immunoterapią, farmakoterapią i chemioterapią.

PYTANIA I POLECENIA

1. Omów funkcje wytworów naskórka.
2. Wymień i scharakteryzuj funkcje skóry.
3. W dostępnej literaturze znajdź informacje na temat innych, poza czerniakiem, nowotworów skóry i sporządź na ten temat krótką notatkę w zeszycie.



Ryc. IX.2.4. Do częstych problemów skórnych należy trądzik.



Ryc. IX.2.5. Powierzchnowym objawem czerniaka złośliwego jest asymetryczne znamię. Czerniak penetruje w głąb skóry i przez naczynia krwionośne dociera do całego organizmu.



Ryc. IX.2.6. Dermatoskop służy do badania zmian powierzchni skóry.

Podsumowanie działu

- skóra stanowi barierę odgraniczającą organizm od środowiska zewnętrznego
- skóra składa się z naskórka i ze skóry właściwej
- naskórek to powierzchniowa warstwa skóry; zbudowany jest z wielu warstw rogowaciejących komórek nabłonkowych
- warstwa rogową naskórka zawiera keratynę zapewniającą wytrzymałość i elastyczność; warstwa rozrodcza produkuje nowe komórki i syntetyzuje melaniny odpowiadające za kolor skóry
- skóra właściwa utworzona jest z tkanki łącznej i włókien kolagenowych; pod skórą właściwą znajduje się tkanka podskórna
- w skórze właściwej znajdują się fibroblasty, komórki odpornościowe, naczynia krwionośne, receptory czuciowe, gruczoły oraz włosy
- wytworami naskórka są włosy, paznokcie oraz gruczoły łojowe, potowe i mlekowe.
- skóra pełni funkcje ochronne, termoregulacyjne, czuciowe, wydzielnicze; w jej obrębie przebiega synteza witaminy D
- do częstych schorzeń skóry zaliczamy: brodawki, grzybicę, łuszczycę i trądzik
- czerniak to jeden z nowotworów złośliwych skóry (objawiający się rozlanym znamieniem), którego ryzyko znacznie wzrasta pod wpływem ekspozycji na promieniowanie słoneczne



UKŁAD ROZRODCZY I JEGO FUNKCJONOWANIE

1. Układ rozrodczy męski

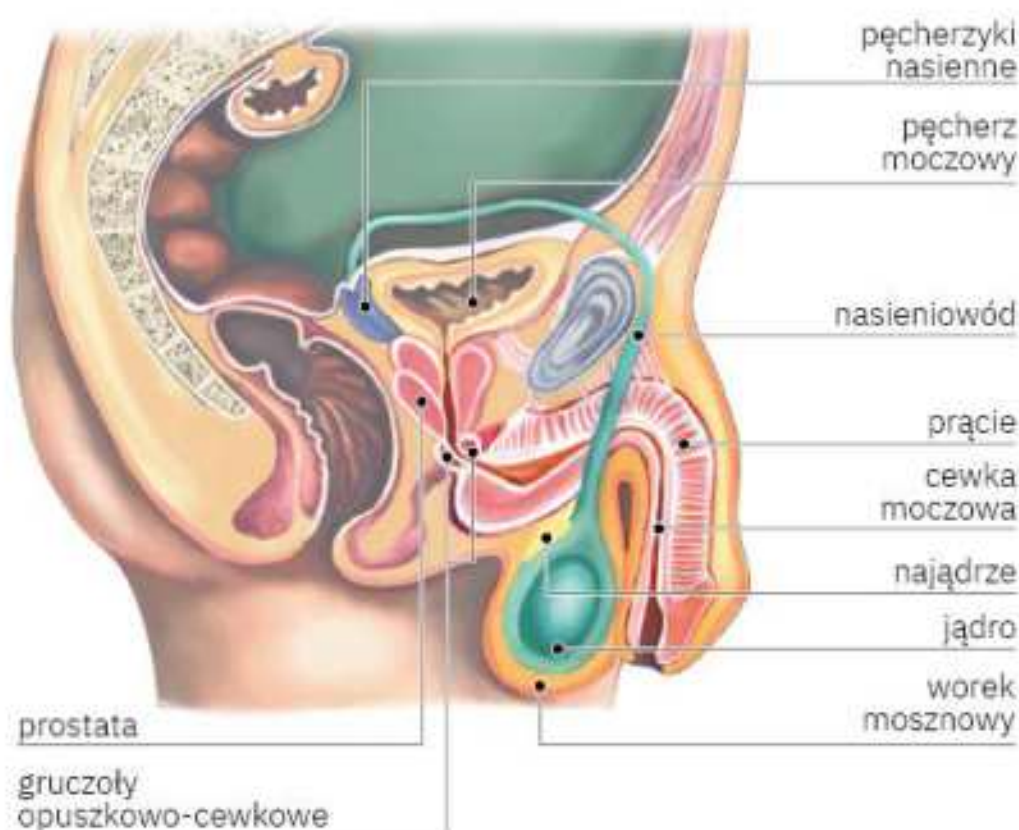
Istotą życia jest zdolność organizmu do rozmnażania się, czyli wydawania potomstwa. Nowy osobnik powstaje w wyniku połączenia się dwóch różnych komórek płciowych (**gamet**): męskich plemników i żeńskich komórek jajowych. Komórki te zawierają materiał genetyczny, czyli geny, które przekazują następnemu pokoleniu. Połączenie komórki jajowej z plemnikiem w czasie zapłodnienia prowadzi do powstania **zygoty**, która zawiera kompletny zestaw genetyczny. Zygota po zagnieżdżeniu się w ścianie macicy rozwija się przez okres ciąży (ok. 40 tygodni), aż do urodzenia dziecka.

Najważniejszymi funkcjami męskiego układu rozrodczego są:

- produkcja plemników (męskich komórek płciowych);
- wprowadzanie plemników do dróg rodnych kobiety;
- wydzielanie hormonów.

Budowa męskiego układu rozrodczego

Męski układ rozrodczy tworzą **narządy płciowe zewnętrzne i wewnętrzne** (ryc. X.1.1.). Do narządów płciowych zewnętrznych należy moszna i prącie, a do wewnętrznych – jądra, nasieniowody, przewód wytryskowy, cewka moczowa oraz gruczoły dodatkowe.



Ryc. X.1.1. Budowa męskiego układu rozrodczego.

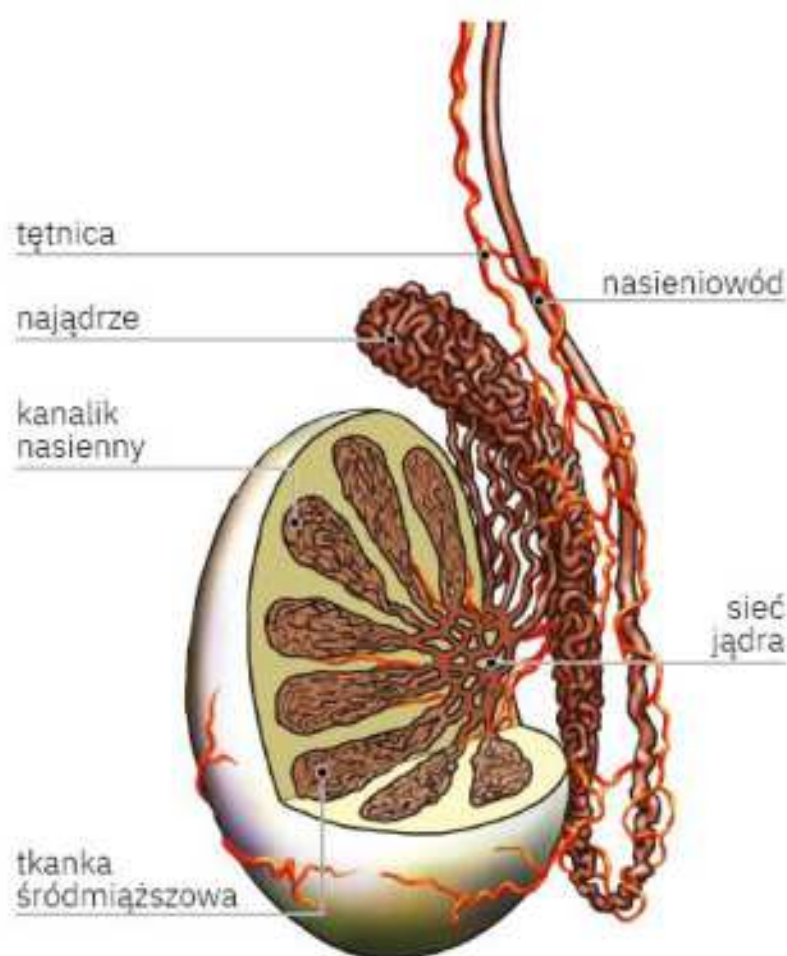
Narządy płciowe zewnętrzne

Moszna to torebka skórno-mięśniowa, w której znajdują się jądra. Mieści się z tyłu prącia i zapewnia prawidłowy przebieg spermatogenezy, czyli powstawania plemników. Proces ten przebiega w temperaturze ok. 3°C poniżej normalnej ciepłoty ciała. Jądra dzięki umiejscowieniu w mosznie znajdują się poza jamą brzuszną, co daje możliwość ich schładzania.

Prącie to narząd kopulacyjny. Wyróżnia się w nim nasadę oraz trzon. Nasada znajduje się na kroczu, trzon zaś ma postać wydłużonego walca, który jest zakończony rozszerzoną częścią zwaną **żołądzią** prącia. Na szczycie żołądzi jest ujście cewki moczowej. Powyżej żołądzi znajduje się ruchomy fałd skórny – **napletek**. Prącie zbudowane jest z **trzech ciał jamistych**. Dwa z nich są umiejscowione grzbietowo, a trzecie, tzw. ciało gąbczaste, mieści się na stronie spodniej i tworzy żołądz. W ciele jamistym przebiega cewka moczowa. Prącie jest silnie unerwione i ukrwione. Pod wpływem podniecenia płciowego krew napływa do ciał jamistych i ciała gąbczastego, co prowadzi do **wzwodu** (erekcji), czyli usztywnienia i powiększenia jego rozmiarów. Erekcja umożliwia odbycie stosunku płciowego oraz warunkuje zaplemnienie, czyli pozostawienie nasienia w narządach rozrodczych kobiety.

Narządy płciowe wewnętrzne

Jądra to męskie gruczoły rozrodcze. Są zawieszone w mosznie na powrózkach nasiennych i otoczone trzema warstwami tkanek (od zewnątrz: osłonką pochwową, błoną białawą i błoną naczyniową). Jądro jest zbudowane z 200–300 płacików, w których mieszczą się kanaliki nasienne (ryc. X.1.2.). Pomiędzy kanalikami znajdują się komórki śródmiąższowe (komórki Leydiga), odpowiedzialne za wydzielanie m.in. testosteronu. Na górnym biegunie kanaliki się łączą, tworząc jedną, ciasno upakowaną pętlę (ok. 6-metrową) zwaną **najądrzem**, która jest miejscem dojrzewania plemników. Najądrze opuszcza jądro jako **nasieniowód** (ryc. X.1.2.). Nasieniowód ma



Ryc. X.1.2. Budowa jądra.

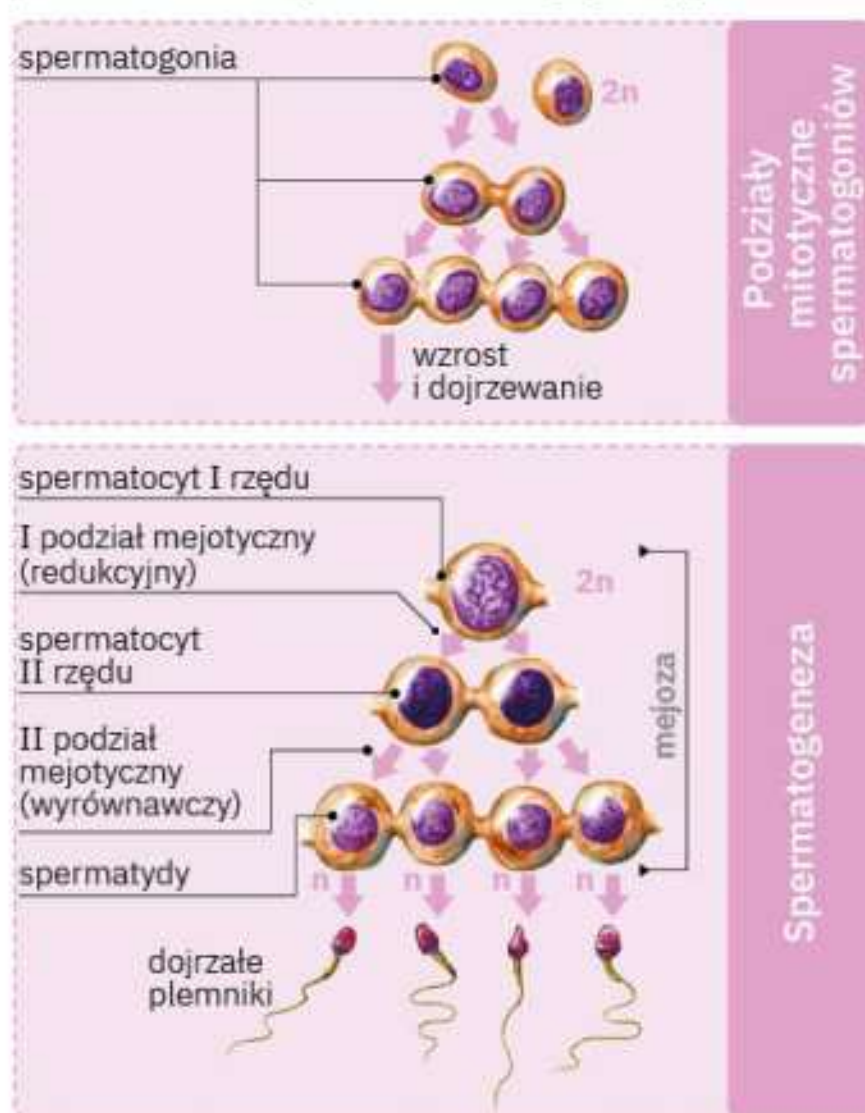
ok. 45 cm długości i łączy się w końcowym odcinku z przewodem pęcherzyka nasiennego, tworząc przewód wytryskowy. Przewód ten to 2-centymetrowa rurka, która łączy się z cewką moczową. Dostarcza do niej **nasienie**, czyli plemniki wraz z wydzielinami gruczołów dodatkowych, czyli **pęcherzyków nasiennych i prostaty**.

Pęcherzyki nasienne to dwie małe torebki położone na tylnej stronie pęcherza moczowego (ryc. X.1.1.). W trakcie skurczu wyciskają produkowaną wydzielinę – płyn nasienny – do nasieniowodu. Płyn nasienny zawiera substancje odżywcze (białka, cukry proste) dla plemników, które warunkują ich przeżycie i przemieszczanie się w żeńskim układzie rozrodczym.

Prostata (stercz, gruczoł krokowy) to pojedynczy narząd wielkości kasztana (ryc. X.1.1.). Jego funkcją jest wydzielanie mlecznego płynu, który wchodzi w skład nasienia. Płyn ten zawiera enzymy, które ułatwiają poruszanie się plemników w drogach rodnych kobiety.

Powstawanie i budowa plemnika

Proces powstawania plemników – spermatogeneza – ma miejsce w kanalikach plemnikotwórczych. Pierwsze jej etapy zachodzą jeszcze w okresie życia płodowego

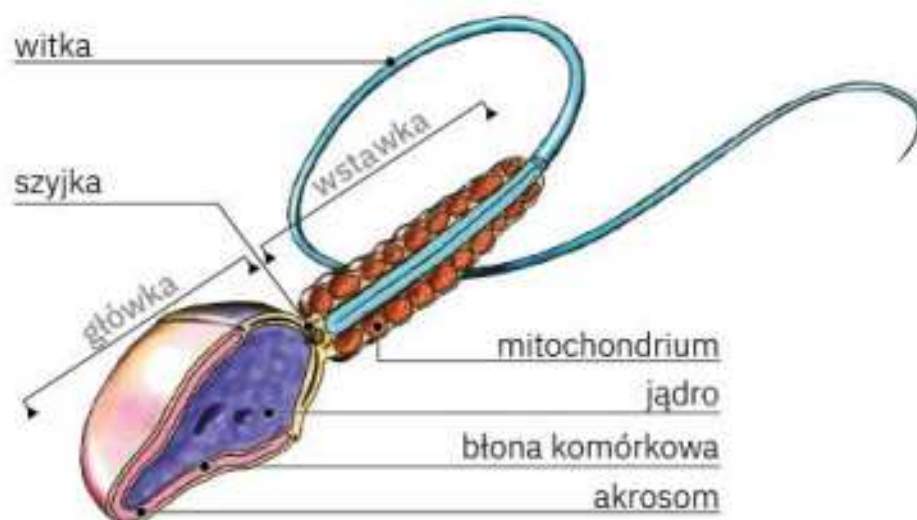


Ryc. X.1.3. Przebieg spermatogenezy.

(tworzą się wtedy tzw. spermatogonia), natomiast właściwy proces rozpoczyna się dopiero w okresie dojrzewania. Spermatogonia dzielą się mitotycznie i przekształcają się w spermatocyty I rzędu. Te komórki dzielą się meiotycznie, a następnie różnicują się w kolejne pokolenia: spermatydy i dalej w dojrzałe plemniki. Plemniki są komórkami haploidalnymi (1n), co oznacza, że mają zredukowaną liczbę chromosomów (ryc. X.1.3.). Spermatogeneza jest regulowana hormonalnie i trwa ok. 70 dni. Powtarza się przez wiele lat. Płodność i sprawność seksualna u mężczyzn obniża się stopniowo wraz z wiekiem (stopniowo spada także poziom testosteronu).

Plemnik

Plemniki mają ok. 60 μm długości. Składają się z główki, wstawki i wici (ryc. X.1.4.). Główka plemnika zawiera niewielką ilość cytoplazmy, haploidalne jądro komórkowe oraz **akrosom**. Akrosom powstaje ze zlania się pęcherzyków aparatu Golgiego. Zawiera liczne enzymy, które umożliwiają penetrację osłon jajowych i dostanie się plemnika do wnętrza komórki jajowej. Wici plemnika nadaje mu ruch, którego napęd zapewnia **wstawka**. Wstawka jest upakowana licznymi mitochondriami, które produkują energię niezbędną do poruszania się plemnika.



Ryc. X.1.4. Budowa plemnika.

Nasienie i ejakulacja

Nasienie to gęsty, lepki płyn o mlecznym zabarwieniu i lekko zasadowym odczynie. W jego skład wchodzi plemniki, komórki odpornościowe i złuszczone komórki nabłonkowe. Elementy komórkowe są zawieszone w płynie nasennym, który jest mieszaniną wydzielin najądrzy, nasieniowodów, pęcherzyków nasiennych i prostaty. Nasienie w czasie wytrysku (ejakulacji) jest wyrzucane przez ujście cewki moczowej na zewnątrz. Siłą generującą wytrysk są głównie rytmiczne skurcze mięśni gładkich nasieniowodów. Objętość nasienia wydzielanego w czasie normalnego wytrysku to ok. 2–5 ml, co odpowiada 40–100 mln plemników w 1 wytrysku.

PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień elementy męskiego układu rozrodczego i podaj ich funkcje.
2. Omów związek budowy plemnika z jego funkcją.
3. Wymień te narządy płciowe, w których są wytwarzane składniki nasienia.

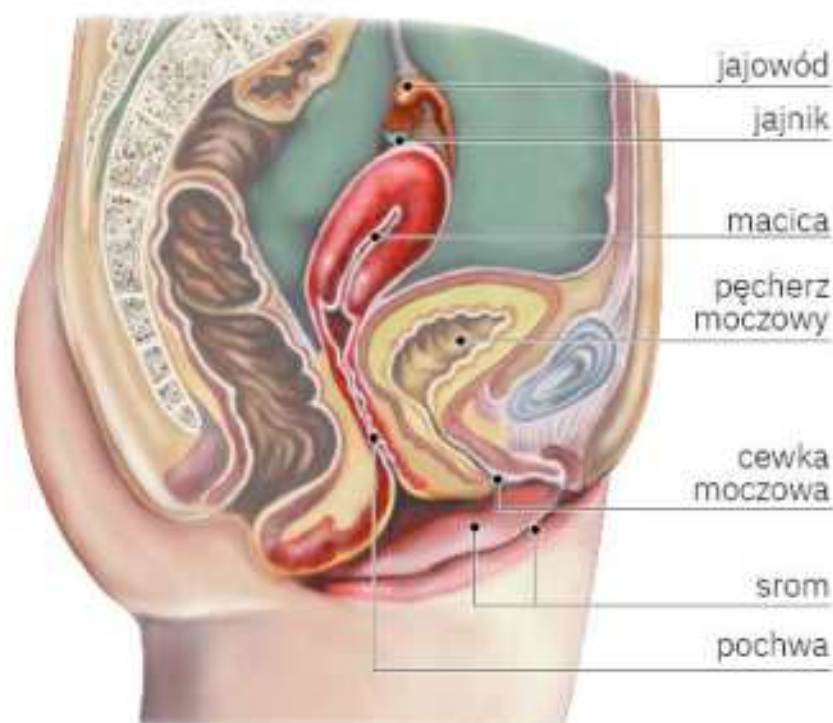
2. Budowa i funkcjonowanie żeńskiego układu rozrodczego

Żeński układ rozrodczy odpowiada za wytwarzanie i dojrzewanie żeńskich gamet, czyli komórek jajowych. Jest miejscem rozwoju zarodka i płodu. Dodatkowo pełni funkcje wydzielnicze – produkuje i uwalnia hormony (m.in. estrogeny). Na układ rozrodczy żeński składają się zarówno **narządy płciowe zewnętrzne** (określane jako srom), jak i **wewnętrzne**.

Narządy płciowe zewnętrzne

Zewnętrzną część żeńskiego układu rozrodczego tworzy tzw. **srom**, na który składają się: wzgórek łonowy, wargi sromowe i łechtaczka (ryc. X.2.1.).

Wzgórek łonowy to trójkątna wypukłość utworzona z tkanki łącznej. **Wargi sromowe** (większe i mniejsze) to parzyste fałdy skórne otaczające ujście cewki moczowej, wejście do pochwy i łechtaczkę. Zawierają liczne gruczoły łojowe. U wejścia do pochwy może znajdować się fałd błony śluzowej zwany błoną dziewiczą. **Łechtaczka** to żeński odpowiednik prącia u mężczyzn, jest silnie unaczyniona i zbudowana z dwóch ciał jamistych.



Ryc. X.2.1. Budowa żeńskiego układu rozrodczego.

Narządy płciowe wewnętrzne

Wewnętrzne narządy płciowe są umiejscowione w jamie miednicy i obejmują: pochwę, macicę, dwa jajowody i dwa jajniki.

Pochwa to kanał łączący narządy zewnętrzne z wewnętrznymi, do którego wprowadzane jest prącie w trakcie stosunku płciowego, tam też pozostaje nasienie. Pochwa jest również kanałem wyprowadzającym dla płodu podczas porodu. Jej powierzchnia jest wilgotna dzięki wydzielinie szyjki macicy. Odczyn w pochwie jest lekko kwaśny (3,5–4,9) dzięki obecności w jej wnętrzu prawidłowych bakterii kwasu mlekowego. Kwaśny odczyn stanowi ochronę przed rozwojem drobnoustrojów, które mogłyby trafić do pochwy z zewnątrz.

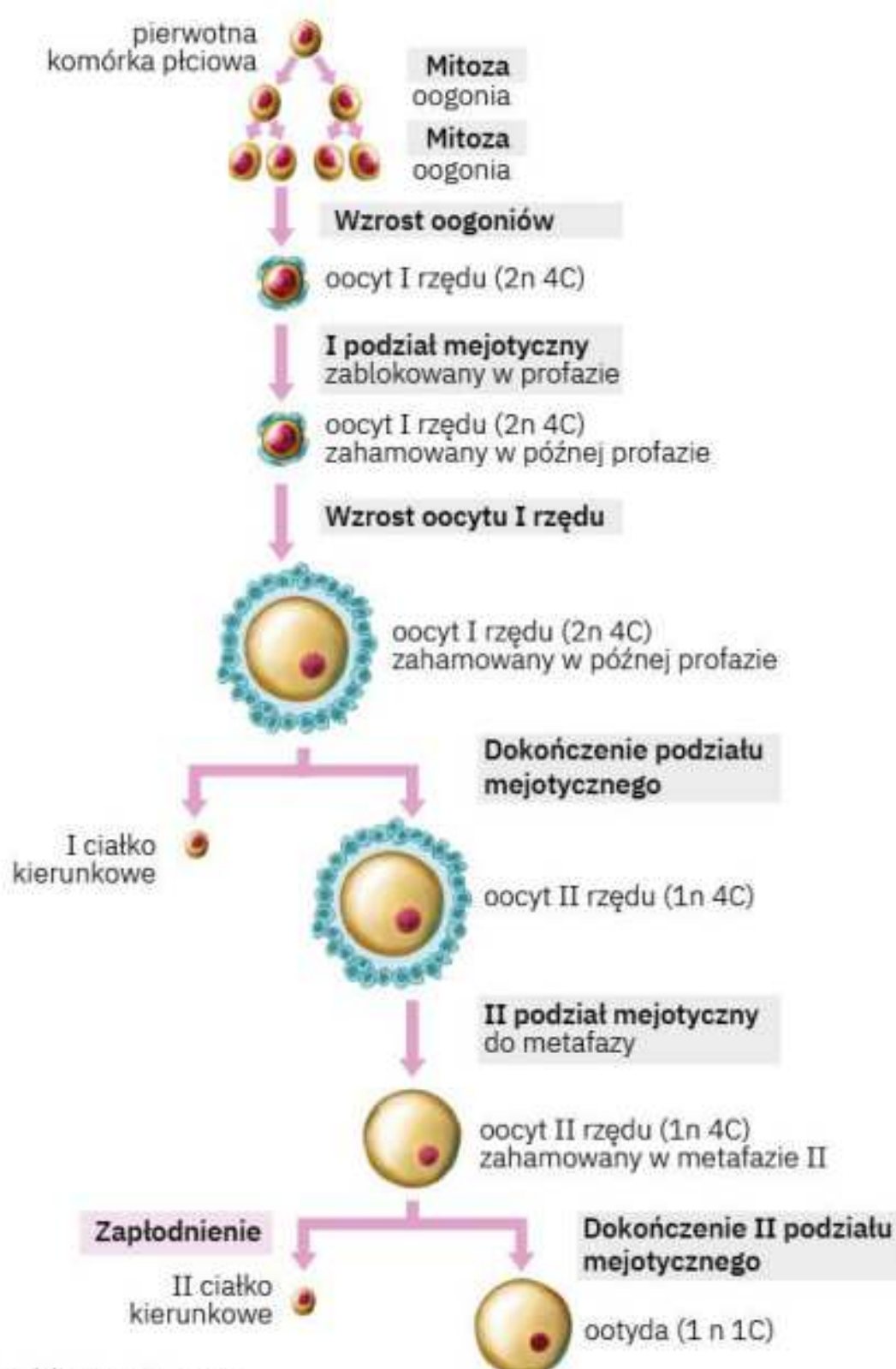
Macica to gruszkowaty narząd (7–9 cm, 30–40 g) umiejscowiony pomiędzy pęcherzem moczowym a odbytnicą. Jest zbudowana z części górnej, na którą składają się dno i trzon, oraz wąskiej części dolnej zwanej szyjką. Kanał szyjki jest wypełniony śluzem, którego właściwości zmieniają się w trakcie cyklu miesięczkowego. Ścianę macicy tworzy gruba warstwa mięśniowa, która ulega znacznemu rozciągnięciu w trakcie ciąży. Wnętrze macicy wyścięta błona śluzowa, tzw. endometrium, które podlega okresowym zmianom w trakcie **cyklu miesięczkowego**. Cykl ten ma na celu przygotowanie macicy do przyjęcia, odżywiania i ochrony zagnieżdżonej zygoty. Trwa ok. 26–30 dni. Jeśli nie dojdzie do zapłodnienia, następuje złuszczenie się błony śluzowej, czemu towarzyszy krwawienie, a następnie cykl rozpoczyna się od nowa. Jeśli dojdzie do zapłodnienia i zygota zagnieżdży się w ścianie macicy, to przez ok. 40 tygodni jest ona miejscem rozwoju zarodka i płodu.

Jajowody to parzyste narządy o długości ok. 10 cm, które służą jako przewody do transportowania dojrzałych komórek jajowych od jajników do macicy. Jajowód w okolicy jajnika tworzy rozszerzoną część, tzw. **lejek jajowodu**, który obejmuje jajnik (nie styka się z nim), przez co ułatwia przechodzenie komórek płciowych w głąb jajowodu. Transport komórek lub zygoty (jeśli dojdzie do zapłodnienia, które najczęściej ma miejsce w jajowodzie) odbywa się dzięki ruchom perystaltycznym i ruchom rzęsek komórek nabłonkowych jajowodu.

Jajniki to parzyste, jajowate narządy umiejscowione po obu stronach macicy, przymocowane do niej za pomocą więzadeł. W jajnikach powstają żeńskie komórki płciowe, czyli komórki jajowe. We wnętrzu jajnika znajdują się tzw. pęcherzyki jajnikowe, inaczej Graafa, zawierające komórki jajowe na różnym etapie dojrzałości. Co ok. 28 dni, w procesie owulacji (jajeczkowania), jeden z pęcherzyków Graafa dojrzewa, pęka i uwalnia komórkę jajową. Pęknięty pęcherzyk przekształca się w tzw. ciało żółte. W momencie narodzin zasób pierwotnych komórek jajowych szacowany na ok. 2 mln. Jednak komórek jajowych szybko ubywa – u 13-latki jest ich już tylko 200 tys., a u kobiety 50-letniej nie ma ich wcale. Oprócz produkcji gamet, jajnik pełni także funkcję wewnątrzwydzielniczą – uwalnia żeńskie hormony płciowe: estrogeny i progesteron.

Powstawanie komórek jajowych i budowa komórki jajowej

Oogeneza to proces powstawania i dojrzewania żeńskich komórek płciowych (ryc. X.2.2.). Pierwszy etap tego procesu rozpoczyna się ok. 3 tygodnia życia płodowego, a w wieku dojrzałym przyjmuje formę cykliczną. Pierwotne komórki jajowe (gonocyty) w trakcie życia płodowego dzielą się mitotycznie i przekształcają się w oogonia, a te w oocyty I rzędu. Jeszcze przed urodzeniem oocyty I rzędu rozpoczynają I podział mejotyczny, który zostaje dokończony dopiero po osiągnięciu dojrzałości płciowej. W tym czasie, średnio co 28 dni, dojrzewa jedna z komórek jajowych znajdujących się w jajniku. Powstaje tzw. oocyt II rzędu i ciałko kierunkowe. Oocyt II rzędu wchodzi w II podział mejotyczny, który zostaje ukończony tylko wtedy, gdy dojdzie do zapłodnienia. Jeśli nie zostanie zapłodniony, ulega degradacji.



Ryc. X.2.2. Przebieg oogenezy.

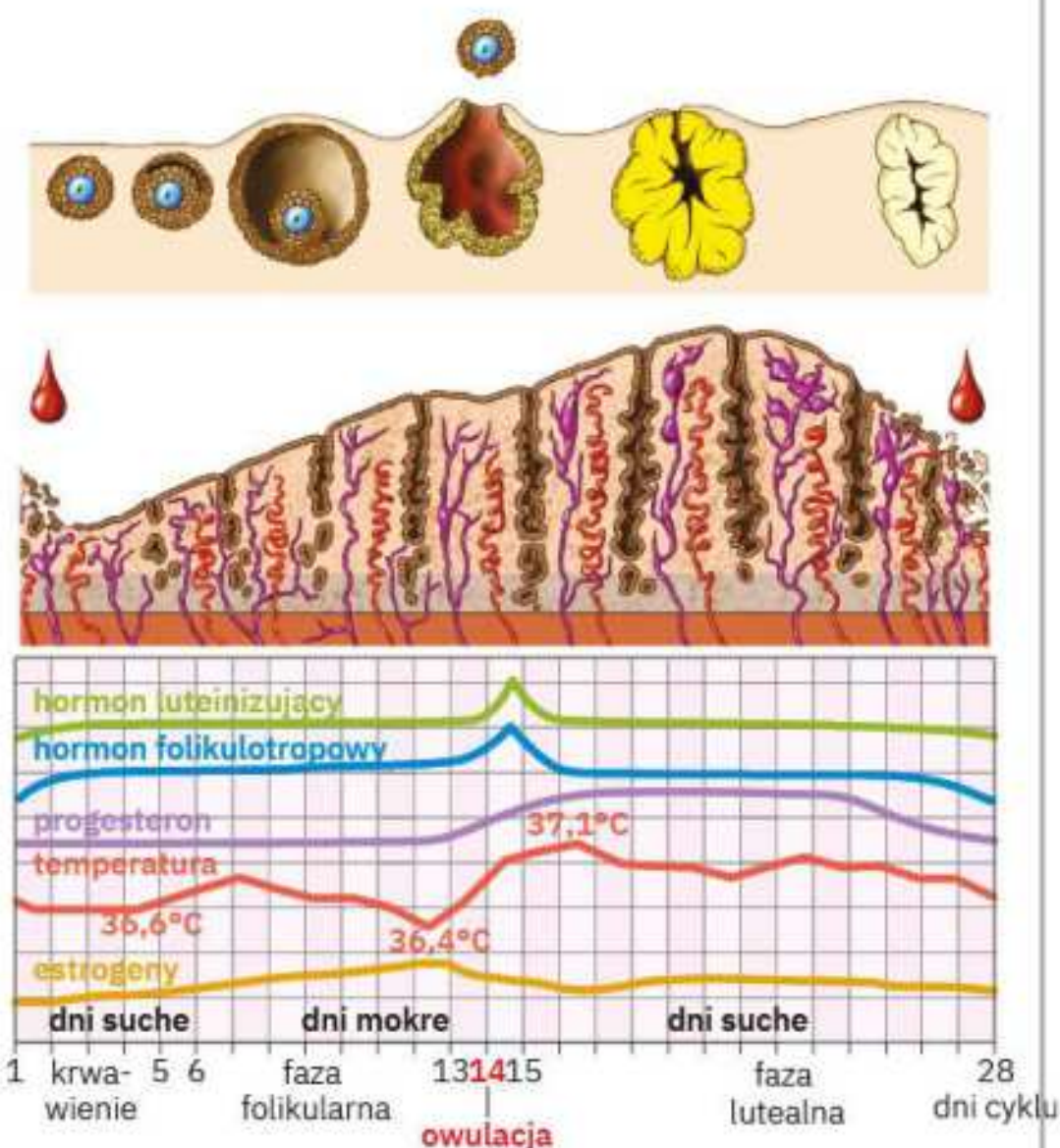
Cykl miesięczkowy

Cykl miesięczkowy (rozrodczy, płciowy) kobiety to seria złożonych przemian, które powtarzają się regularnie średnio co 28 dni przez okres płodności, który przeciętnie trwa ok. 36 lat. Na cykl ten składa się seria zmian zachodzących jednocześnie w jajnikach i w ścianach macicy. Jest on regulowany hormonalnie. Cykl jajnikowy obejmuje procesy związane z dojrzewaniem pęcherzyków jajnikowych (Graafa) oraz powstawaniem ciała żółtego (opisane poniżej).

Zmiany w obrębie jajnika powodują cykliczne zmiany w obrębie błony śluzowej macicy. Pod wpływem hormonów wydzielanych przez jajnik zmieniają się jej grubość oraz właściwości fizjologiczne. W cyklu miesięczkowym wyróżniono cztery fazy. W sposób umowny dni cyklu liczy się od początku fazy miesięczkowej, po której następują fazy odbudowy, wydzielnicza oraz martwicza.

Fazę miesięczkową (1.–5. dzień) rozpoczyna pierwszy dzień krwawienia miesięczkowego, czyli menstruacji. Jest to efekt spadku poziomu estrogenów i progesteronu, po czym następuje złuszczenie się powierzchniowej warstwy błony śluzowej macicy. Krew wraz z martwą tkanką wydostaje się na zewnątrz.

Faza odbudowy (6.–14. dzień) – dochodzi do odtworzenia błony śluzowej. Stymulowany hormonalnie pęcherzyk jajnikowy dojrzewa i produkuje estrogen, który wpływa na rozrost i odbudowę endometrium. Błona śluzowa ulega kilkukrotnemu pogrubieniu i ukrwieniu. Faza ta kończy się owulacją, czyli pęknięciem pęcherzyka Graafa.



Ryc. X.2.3. Cykl miesięczkowy.



Faza wydzielnicza (15.–27. dzień) – pęknięty pęcherzyk przekształca się w ciało żółte, które wytwarza **progesteron**, pod którego wpływem błona śluzowa ulega dalszemu pogrubieniu i unaczynieniu. Gruczoły maciczne zaczynają produkować wodnisty śluz, którego zadaniem jest ułatwienie przemieszczania się plemników z macicy do jajowodów. Spulchniona błona śluzowa macicy jest przygotowana na przyjęcie zapłodnionej komórki jajowej. Komórka jajowa jest gotowa do zapłodnienia dość krótko, ok. 8 godzin. Po implantacji, czyli zagnieżdżeniu się zarodka w błonie śluzowej macicy, ciało żółte przekształca się w ciało żółte ciążowe, które produkuje znaczne ilości niezbędnego w przebiegu ciąży progesteronu. Jeśli do zapłodnienia nie dochodzi, komórka jajowa obumiera, ciało żółte przechodzi w ciało białawe. Spada poziom progesteronu.

Faza martwicza (28. dzień) – jest to jedno- lub dwudniowy okres niedokrwienia, powodujący obumieranie endometrium. Następuje jej złuszczenie się i rozpoczyna się kolejne krwawienie miesiączkowe.

Hormonalna regulacja cyklu płciowego

Cykl płciowy jest regulowany przez układ podwzgórzowo-przysadkowy. Przysadka (płat przedni) jest źródłem hormonów gonadotropowych: hormonu folikulotropowego (FSH) oraz hormonu luteinizującego (LH), które regulują pracę jajników. Z kolei hormony wydzielane przez jajniki (estrogeny i progesteron) wpływają na zmiany zachodzące w obrębie błony śluzowej macicy. Na podstawie zmian w stężeniach hormonów przysadki oraz ich wpływu na stężenie hormonów jajnikowych cykl płciowy podzielono na trzy fazy (ryc. X.2.3.). W **fazie folikularnej**, bezpośrednio po krwawieniu miesiączkowym, dochodzi do wzrostu stężenia folikulotropowego, który wpływa na rozwój i dojrzewanie pęcherzyka jajnikowego będącego źródłem estrogenów. Jeden z tych hormonów – estradiol – stymuluje wydzielanie hormonu LH. Kolejna faza, **faza owulacji**, charakteryzuje się maksymalnym stężeniem FSH i LH, co prowadzi do pęknięcia pęcherzyka Graafa i uwolnienia komórki jajowej. W **fazie lutealnej** dochodzi do spadku stężenia FSH i LH, co prowadzi do przekształcania się pękniętego pęcherzyka Graafa w ciało żółte, wytwarzające progesteron. Jeśli nie dojdzie do zapłodnienia, ciało żółte znika i poziom progesteronu się obniża – rozpoczyna się następny cykl.

Zmiany poziomu FSH i LH wpływają na temperaturę ciała. Pomiary temperatury mogą być pomocą przy ustalaniu momentu owulacji.

Regulacja cyklu menstruacyjnego i antykoncepcja

Możliwym skutkiem stosunku płciowego jest ciąża, która może być planowana lub nieplanowana. Pary, które chcą uniknąć nieplanowanej ciąży, stosują jedną

z wielu dostępnych metod kontroli urodzeń, czyli antykoncepcję. Dostępne metody antykoncepcyjne obejmują:

- metody naturalne;
- metody barierowe;
- metody zapobiegające implantacji komórki jajowej;
- metody hormonalne.

Metody naturalne bazują głównie na obserwacji śluzu macicznego oraz pomiarze temperatury ciała. Metoda śluzowa (metoda Billingsów) polega na obserwacji śluzu szyjki macicy w czasie trwania cyklu miesięcznego i określaniu na tej podstawie dni płodnych (4 dni od pojawiania się lepkiego, rozciągliwego śluzu), w których wymagana jest wstrzemięźliwość płciowa. Z kolei metoda bazująca na pomiarze temperatury jest skuteczna, ale pod pewnymi wymogami: kobieta musi mieć regularne cykle, a pomiary temperatury muszą mieć prawidłowy przebieg. Ich zaburzenie może wystąpić przy przeziębieniu, chorobie, dłuższej podróży czy zmianie trybu życia.

Metody barierowe polegają na stosowaniu chemicznych lub fizycznych barier, które nie dopuszczają do połączenia komórki jajowej i plemnika. Podstawową metodą jest tu prezerwatywa, czyli szczelna osłonka zbudowana z lateksu lub poliizoprenu, która przylega do prącia i gromadzi uwalniające się w czasie ejakulacji nasienie (ryc. X.2.4.). Do zalet prezerwatywy należy także zapobieganie wielu chorobom przenoszonym drogą płciową. Wśród wad natomiast można wymienić wywoływanie reakcji alergicznych (w przypadku prezerwatyw wykonanych z lateksu).

Zapobiegnięcie implantacji zapłodnionej komórki jajowej umożliwia wkładka wewnętrzmaciczna, czyli pokryty miedzią plastikowy element (np. w kształcie litery T) umieszczony w jamie macicy. Zadaniem wkładki jest niszczenie plemników i uniemożliwienie zagnieżdżenia się komórki jajowej.



Ryc. X.2.4. Prezerwatywa to jedna z barierowych metod antykoncepcyjnych.

Metody hormonalne opierają się na przyjmowaniu hormonów w postaci pigułek antykoncepcyjnych, zastrzyków czy plastrów. Do najbardziej rozpowszechnionych metod tego typu należą pigułki antykoncepcyjne (antykoncpcja doustna), czyli środki będące mieszaniną estrogenów i progesteronu, których zadaniem jest hamowanie wydzielania gonadotropowych hormonów przysadkowych: FSH oraz LH. Niewłaściwy poziom tych hormonów hamuje owulację. Metody hormonalne stosowane właściwie są bardzo skuteczne, ale niosą pewne ryzyko związane z występowaniem zakrzepów i udarów. Aktualne badania pokazują, że doustna antykoncepcja nieznacznie zwiększa ryzyko zachorowania na niektóre typy raka (m.in. piersi, szyjki macicy), natomiast obniża zagrożenie związane m.in. z rakiem trzonu macicy, jajnika czy jelita grubego.

PYTANIA I POLECENIA

1. Omów funkcje wewnętrznych narządów płciowych żeńskich.
2. Porównaj oogenezę ze spermatogenezą i wskaż różnicę między nimi.
3. Przedstaw zmiany zachodzące w obrębie błony śluzowej macicy w czasie cyklu miesięczkowego. Podaj, jakie jest podłoże tych zmian.

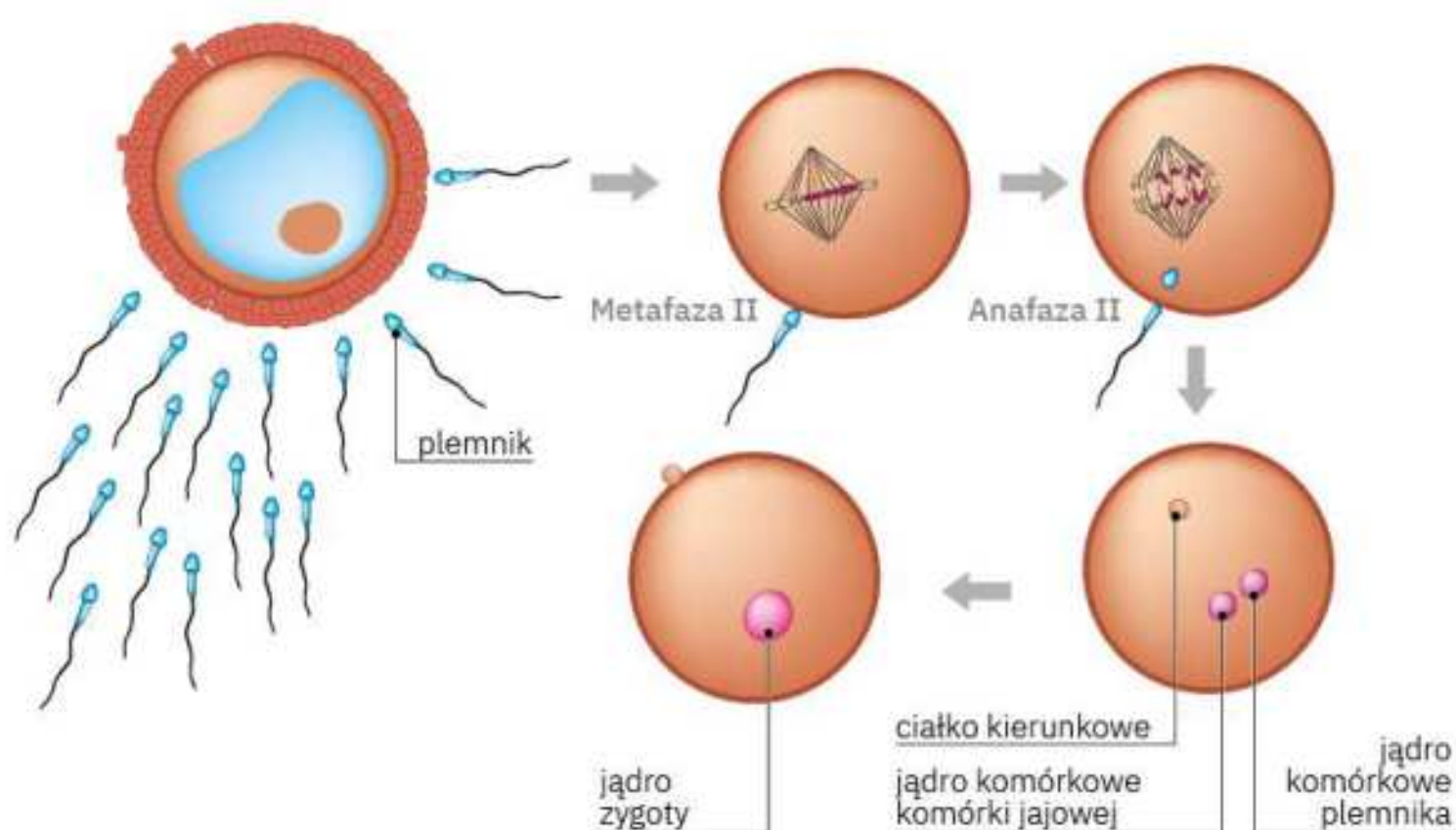
3. Rozwój człowieka

Rozwój człowieka, czyli **ontogeneza**, obejmuje wszystkie procesy i etapy, jakie zachodzą od chwili powstania pierwszej komórki nowego organizmu aż do jego śmierci. Ontogeneza obejmuje następujące etapy:

- **rozwój prenatalny** – okres od poczęcia do narodzin;
- **rozwój postnatalny** – okres od narodzin do śmierci.

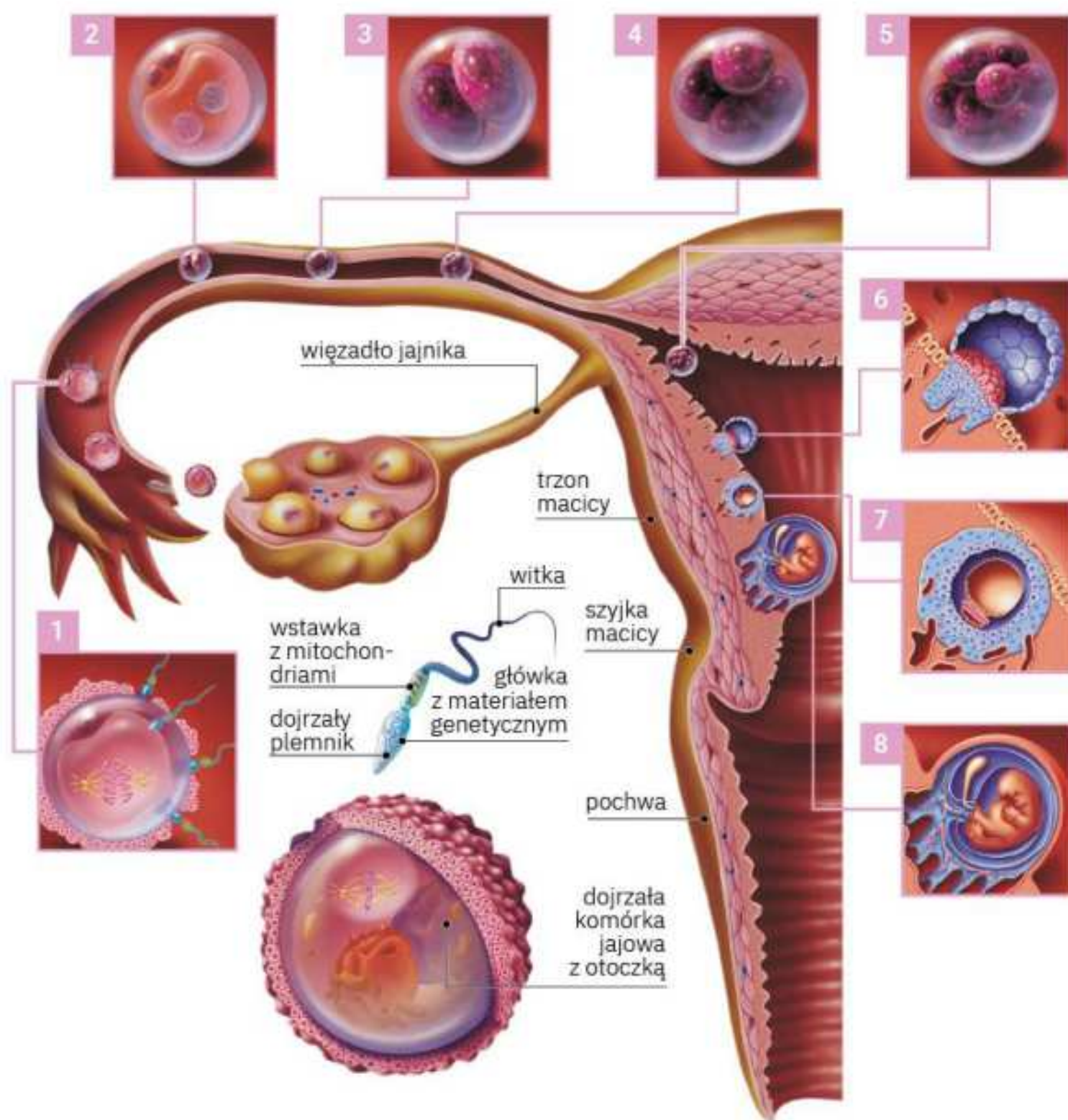
Zapłodnienie i rozwój prenatalny

Zapłodnienie najczęściej ma miejsce w jajowodzie. Rozpoczyna się w momencie kontaktu plemnika z komórką jajową i ich połączenia się (ryc. X.3.1.). Plemnik po dotarciu do komórki jajowej uwalnia enzymy, które rozpuszczają jej osłonkę. Gdy plemnik wniknie do jej wnętrza, w błonie komórki jajowej zachodzą zmiany, któ-



Ryc. X.3.1. Zapłodnienie.

re uniemożliwiają innym plemnikom połączenie się z nią. Wniknięcie plemnika inicjuje dokończenie II podziału meiotycznego przez oocyt II rzędu. Następnie dochodzi do połączenia jąder obu komórek i powstania zygoty, czyli pierwszej komórki nowego organizmu. Po ok. 3–4 dniach zarodek z jajowodu przemieszcza się do macicy, gdzie zagnieżdża się w jej grubej błonie śluzowej. Ma to miejsce ok. 7 dnia po zapłodnieniu, kiedy zarodek składa się z ok. 32 komórek (ryc. X.3.2.).



Ryc. X.3.2. Etapy rozwoju zarodkowego: 1 – zapłodnienie, 2, 3 – podział zygoty i początek bruzdkowania następuje ok. 30 h po zapłodnieniu, 4 – czterekomórkowy zarodek powstaje ok. 2 dni po zapłodnieniu, 5 – kolejne podziały komórkowe prowadzą do powstania kilkunastokomórkowej moruli, 6 – zarodek w stadium blastocysty zagnieżdża się w ścianie macicy ok. 8 dnia od zapłodnienia, 7 – w czasie gastrulacji powstają pierwotne tkanki oraz łożysko, 8 – pod koniec 2 miesiąca ciąży zarodek ma masę ok. 10 g, długość 3 cm i wykształcone zawiązki wszystkich narządów.

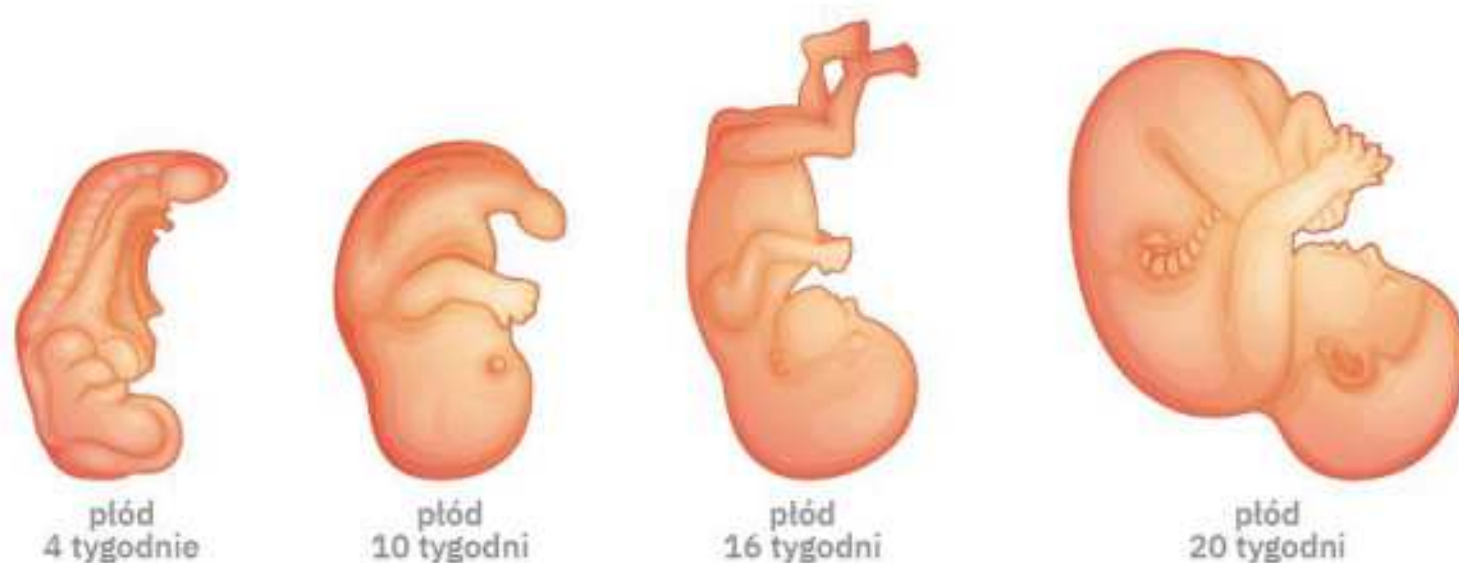
Rozwój prenatalny obejmuje okres ciąży, która u człowieka trwa ok. 9 miesięcy (40 tygodni). Czas ten podzielono na dwa okresy: **zarodkowy** i **płodowy**. Okres zarodkowy trwa od powstania zygoty do momentu wytworzenia się wszystkich zawiązków narządów, czyli pierwsze osiem tygodni ciąży. Okres płodowy trwa od 9 tygodnia ciąży do porodu.

Okres zarodkowy obejmuje bruzdkowanie, gastrulację i organogenezę. W czasie **bruzdkowania** komórki dzielą się i różnicują – przyjmują postać tzw. blastocysty. Komórki zewnętrznej warstwy spłaszczają się, tworząc ścianę zwaną trofoblastem. Z trofoblastu rozwijają się błony płodowe (kosmówka i owodnia), a z węzła zarodkowego – właściwy zarodek. Zarodek w stadium blastocysty zagnieżdża się (implantuje) w błonie śluzowej macicy. W trakcie kolejnego etapu rozwoju zarodkowego, czyli gastrulacji, powstają pierwotne tkanki: ektoderma, mezoderma i endoderma, które dają początek narządom pierwotnym (m.in. strunie grzbietowej czy cewie nerwowej). Narządy te w czasie organogenezy zostają zastąpione przez narządy ostateczne (kręgosłup, rdzeń kręgowy).



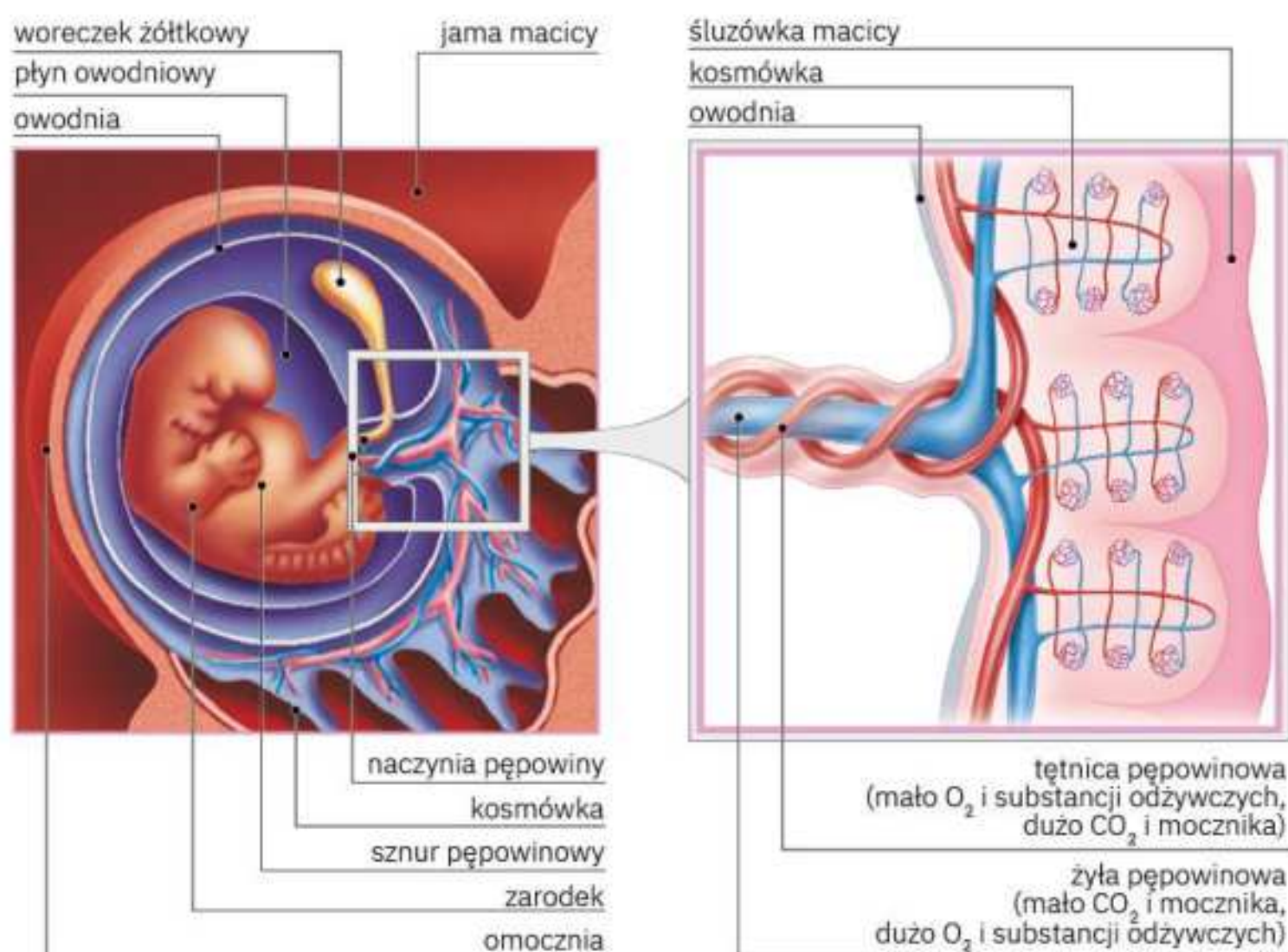
Ryc. X.3.3. Etapy rozwoju zarodka.

Okres płodowy obejmuje dalszy wzrost, różnicowanie budowy i czynności tkanek, narządów oraz układów (ryc. X.3.4.). Odżywianie i wymiana substancji między płodem i matką zachodzą przez łożysko.



Ryc. X.3.4. Rozwój płodowy obejmuje wzrost, rozwój i specjalizację czynności narządów.

Łożysko przekazuje składniki odżywcze i tlen dla zarodka, a odprowadza produkty przemiany materii, które matka wydalą. Jest strukturą zbudowaną zarówno z części płodowej, jak i matczynej, połączoną z płodem za pomocą sznura pępowinowego. Krwiobiegi matki i płodu oddziela błona, która stanowi tzw. **barierę łożyskową**. Przez nią są transportowane substancje odżywcze, woda i gazy, ale mogą także przenikać substancje trujące i niebezpieczne dla zdrowia i życia płodu: nikotyna, alkohol, kofeina, metale ciężkie oraz wirusy i bakterie. Przez barierę łożyskową przechodzą do płodu także przeciwciała matczyne, tworząc obronę dla noworodka, zanim zacznie on wytwarzać własne przeciwciała. Łożysko pełni także funkcję gruczołu dokrewnego. Od momentu implantacji wydziela tzw. ludzką gonadotropinę kosmówkową (Beta-hCG) (ryc. X.3.6.) oraz progesteron i estrogeny. Łożysko jest wydalone wraz z błonami płodowymi w czasie porodu.



Ryc. X.3.5. Schemat budowy łożyska i błony płodowej.



Ryc. X.3.6. Domowe testy ciążowe pozwalają na wykrycie w moczu ludzkiej gonadotropiny kosmówkowej (hGC), która wydziela się od momentu zagnieżdżenia się zarodka w błonie śluzowej macicy, czyli na bardzo wczesnym etapie ciąży.

Błony płodowe

Błony płodowe zapewniają ochronę zarodka, a następnie płodu przed wpływem środowiska zewnętrznego, a także pośredniczą w wymianie substancji w trakcie rozwoju prenatalnego. Zaczynają powstawać ok. ósmego dnia po zapłodnieniu. Do błon płodowych zaliczamy: owodnię, omocznę oraz kosmówkę (ryc. X.3.5.).

Owodnia – cienka i przezroczysta błona otaczająca zarodek. Wypełnia ją płyn owodniowy (wody płodowe), w którym swobodnie porusza się płód. Zapewnia utrzymanie odpowiedniej temperatury jego ciała i amortyzuje wstrząsy. W płynie owodniowym znajdują się złuszczone komórki nabłonkowe zarodka, co wykorzystuje się w diagnostyce prenatalnej.

Kosmówka – pokryta palczastymi wypustkami zwanymi kosmkami; pośredniczy w wymianie substancji między organizmem matki i płodu (zwłaszcza w początkowym okresie rozwoju). Część kosmówki uczestniczy w powstawaniu łożyska.

Omocznia – przybiera początkowo postać pasma komórek nabłonkowych. Ok. 4 tygodnia ciąży w ścianie omocznii powstają naczynia krwionośne, które później tworzą dwie tętnice pępkowe oraz żyłę pępkową.

Rozwój prenatalny a środowisko zewnętrzne

W trakcie rozwoju prenatalnego tempo zachodzących zmian jest olbrzymie i niespotykane na żadnym innym etapie ontogenezy człowieka. Rozwijający się organizm jest szczególnie wrażliwy na działanie wielu czynników środowiskowych (fizycznych, chemicznych i biologicznych) (tab. X.3.1.). Wiele z nich działa jako tzw. **teratogeny**, czyli czynniki, które zaburzają organogenezę, prowadząc do powstawania wad rozwojowych. Ich wpływ zależy od stadium rozwojowego zarodka lub płodu, dawki oraz czasu działania. Najbardziej krytycznym momentem w rozwoju prenatalnym są pierwsze 3 miesiące, wtedy bowiem kształtuje się większość struktur nowego organizmu.

Tab. X.3.1. Wpływ czynników środowiskowych na rozwój prenatalny.

Czynniki	Przykład	Skutek
Chemiczne	Niska podaż substancji odżywczych, głównie białek i witamin (niedożywienie)	Zahamowanie wzrostu, mniejsza liczba komórek nerwowych, niedorozwój układu nerwowego, rozszczep kręgosłupa (niedobór kwasu foliowego), niska masa urodzeniowa.
	Leki, nadmiar witamin	Kobiety w ciąży powinny stosować <u>suplementy diety</u> tylko w zalecanych dawkach. Przyjmowanie leków – tylko z polecenia lekarza. Nadmiar witamin zwiększa ryzyko uszkodzenia płodu na wczesnych etapach ciąży.
	Używk: alkohol, narkotyki, papierosy	Upośledzenie umysłowe i fizyczne, spowolnienie wzrostu, niska masa urodzeniowa, poronienia, wzrost ryzyka śmierci noworodka.
Biologiczne	Wirus różyczki	Przenika przez łożysko, może prowadzić do głuchoty, wady serca, upośledzenia umysłowego. Profilaktyka obejmuje szczepienia przeciwko różyczce na kilka miesięcy przed planowanym poczęciem.
	Wirus HIV, ospy, półpaśca	Zaburzenia neurologiczne, wady wzroku, przedwczesny poród, ryzyko poronienia.
	Pasożyt <i>Toxoplasma gondii</i>	Wywołuje toksoplazmozę; może prowadzić do <u>małogłównia</u> i <u>wodogłównia</u> , wad wzroku, wad serca i opóźnienia umysłowego.
Fizyczne	Promieniowanie jonizujące (głównie rentgenowskie)	Wzrost ryzyka rozwoju wad rozwojowych i <u>białaczki</u> .

Diagnostyka prenatalna

Diagnostyka prenatalna to zespół badań prowadzonych w czasie ciąży, których celem jest określenie, czy płód rozwija się prawidłowo, oraz wykrycie potencjalnych wad rozwojowych i chorób genetycznych (m.in. wad cewy nerwowej czy zespołu Downa). Daje to możliwość podjęcia odpowiedniego działania. Niekiedy leczenie możliwe jest bowiem jeszcze przed urodzeniem. Badania prenatalne dzielimy na **nieinwazyjne** i **inwazyjne**. Do pierwszej grupy zaliczamy **ultrasonografię** (USG) (ryc. X.3.7.) oraz badania krwi obwodowej matki. Za pomocą USG monitoruje się rozwój płodu, a także wykrywa się większość wad rozwojowych zarodka i płodu. Badania inwazyjne wykonuje



Ryc. X.3.7. Badanie ultrasonograficzne.

się wówczas, gdy istnieje realne prawdopodobieństwo wady genetycznej płodu. Do tych metod należy m.in. **amniopunkcja** oraz **biopsja kosmówki**. W trakcie amniopunkcji nakłuwa się powłoki brzuszne i pobiera się do analizy płyn owodniowy. Znajdujące się w nim komórki płodu poddaje się analizie pod kątem wad genetycznych. Biopsja kosmówki polega na pobraniu igłą (przez powłoki brzuszne) lub cewnikiem (przez szyjkę macicy) wycieku kosmówki płodu. Analiza DNA wyizolowanego z tego materiału pozwala wykryć m.in. zanik mięśni, wady chromosomalne czy niedokrwistość sierpowatą.

Poród

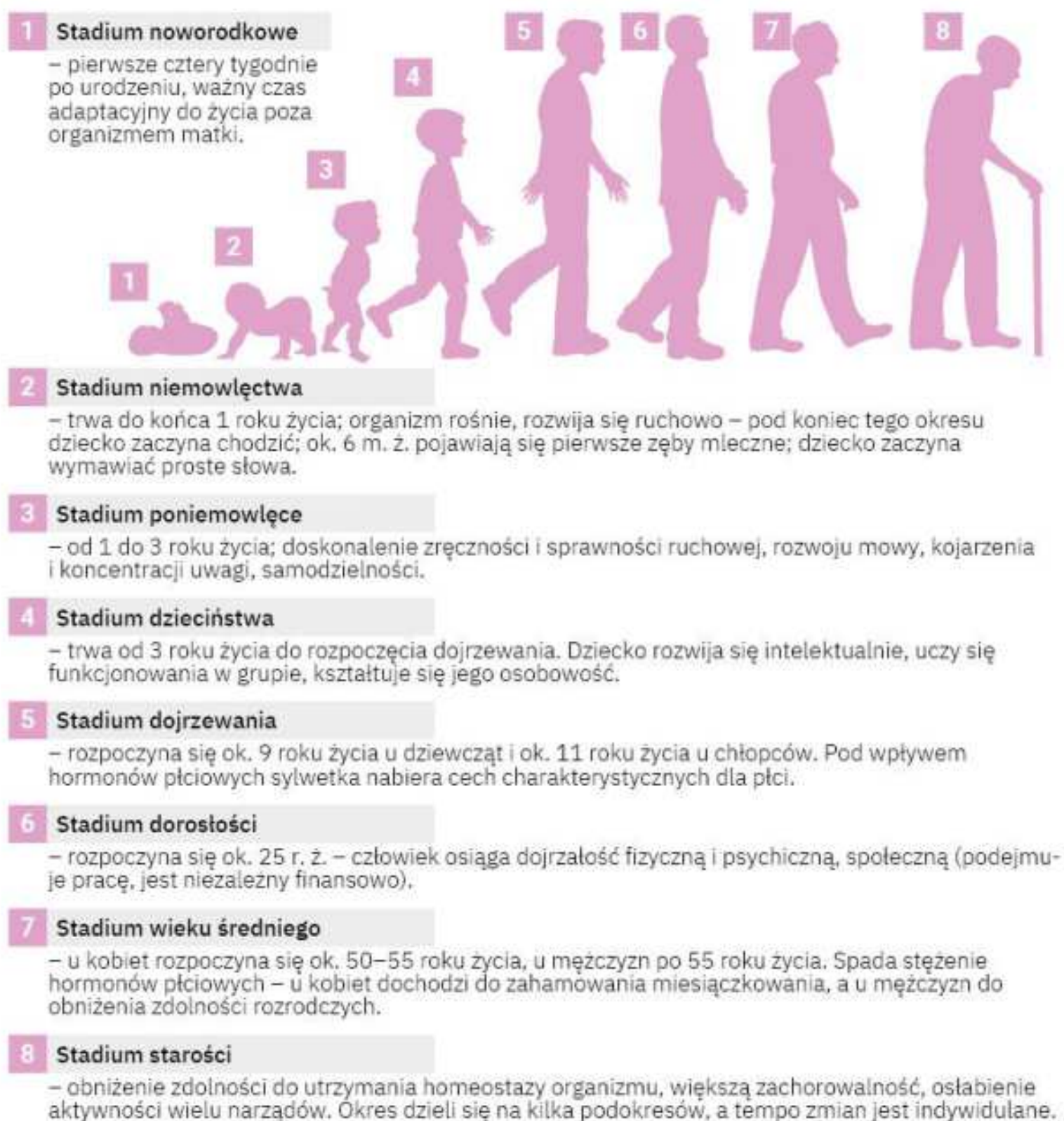
Poród oznacza zakończenie rozwoju prenatalnego. Zwykle następuje po około 270 dniach od zapłodnienia. Akcję porodową rozpoczynają regularne skurcze macicy (tzw. bóle porodowe). Skurcze te są wywoływane przez hormon przysadkowy – oksytocynę. Poród obejmuje trzy fazy:

- **faza I** – od pojawienia się skurczów do pełnego rozwarcia szyjki macicy; płód przemieszcza się w kierunku rozszerzającej się szyjki macicy;
- **faza II** – to **poród właściwy**, następuje pęknięcie owodni i odejście wód płodowych. Silne skurcze macicy i mięśni brzucha przesuwają dziecko przez szyjkę macicy i pochwę na zewnątrz. Przecięciu i zawiązaniu ulega pępowina. Od tego momentu dziecko rozpoczyna samodzielne życie;
- **faza III** – obejmuje wydalenie łożyska i błon płodowych.

Zaraz po porodzie (w ciągu pierwszych 5 minut) dokonuje się orientacyjnego oszacowania stanu zdrowia dziecka. Do tej oceny wykorzystuje się **skale Apgar**. Ocenie podlega pięć aspektów (tętno, oddech, napięcie mięśniowe, pobudliwość i barwa skóry), za które noworodek może otrzymać 0–2 pkt. Maksymalna liczba punktów to 10. Wynik poniżej 3 oznacza, że noworodek wymaga specjalistycznej opieki lekarskiej.

Rozwój postnatalny

Po rozwoju prenatalnym cykl życiowy człowieka przebiega dalej przez stadia: noworodkowe, niemowlęce, dzieciństwo, młodość, dorosłość, wiek średni i starość (ryc. X.3.8.). Zmiany te, określane zbiorczo jako rozwój postnatalny, dotyczą wszystkich ludzi, ale tempo ich przebiegu jest osobnicze, a przedziały czasowe – orientacyjne.



Ryc. X.3.8. Etapy rozwoju postnatalnego człowieka.

Obecnie obserwuje się znaczny wzrost średniej długości życia (w 2018 roku wynosiła ona 74 lata dla mężczyzn i 81,8 lat dla kobiet). Przybywa również osób w wieku zaawansowanym (powyżej 80 lat i więcej). Ma to związek m.in. z lepszą opieką medyczną i poprawą jakości życia. Zmiany demograficzne wymuszają także zmiany w wyznaczaniu początków starości. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) za początek starości uznaje 60–65 lat, a cały okres starości dzieli na trzy podokresy: starość wczesną (tzw. młodzi starzy, 60–74 lata), starość późną (tzw. starzy starzy, 75–89 lat) i starość bardzo późną (tzw. najstarsi starzy, 90 lat i więcej).

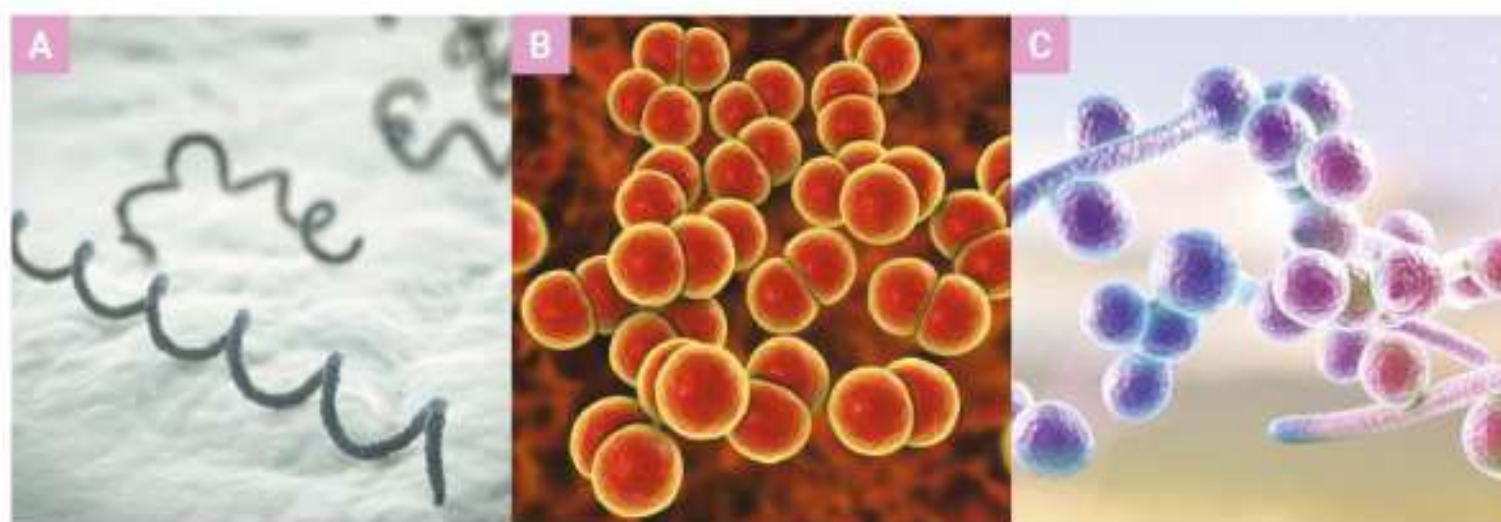
PYTANIA I POLECENIA

1. Omów warunki zapłodnienia.
2. Scharakteryzuj rozwój zarodkowy i płodowy.
3. Wyjaśnij funkcje łożyska i błon płodowych.
4. Zdefiniuj pojęcia: *bariera łożyskowa*, *teratogen*, *diagnostyka prenatalna*.
5. Wyjaśnij, jaki jest cel wykonywania USG i amniopunkcji w trakcie ciąży.
6. Wymień etapy rozwoju postnatalnego i omów dwa wybrane z nich.

4. Choroby układu rozrodczego

Choroby przenoszone drogą płciową

Choroby przenoszone drogą płciową (**choroby weneryczne**) stanowią zaraz po grypie najbardziej pospolite choroby na świecie. Wśród nich najczęstsze są stany zapalne. U kobiet zazwyczaj rozwijają się w okolicy zewnętrznych narządów płciowych oraz w pochwie, a u mężczyzn – w cewce moczowej. Ich przyczynę stanowią bakterie, wirusy, grzyby i protisty. Wiele z nich ma charakter niegroźnych infekcji, istnieją natomiast takie, które wywołują poważne zaburzenia i mogą prowadzić nawet do śmierci. Charakterystykę chorób przenoszonych drogą płciową przedstawiono w tabeli X.4.1.



Ryc. X.4.1. Drobnoustroje będące podłożem chorób wenerycznych: A – krętek błądy wywołujący kiłę, B – dwójka rzeżączki, C – drożdże *Candida albicans* wywołujące grzybicę.

Tab. X.4.1. Najczęstsze choroby przenoszone drogą płciową.

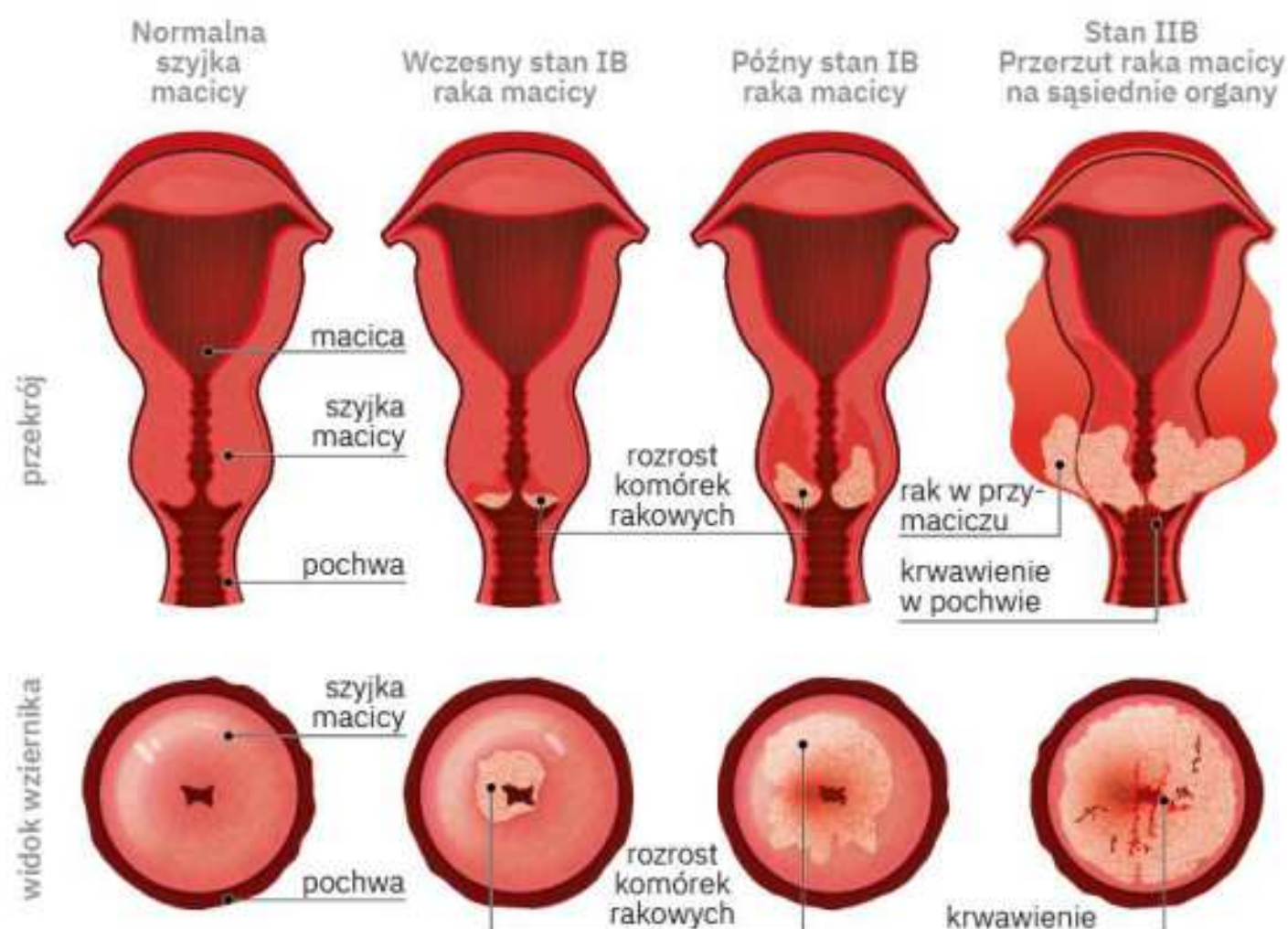
Choroba	Przyczyna	Przebieg choroby i leczenie
Zakażenie HPV	Wirus brodawczaka ludzkiego HPV (ang. <i>human papilloma virus</i>)	Powoduje powstawanie brodawek (tzw. kłykcin) na narządach płciowych. Niektóre szczepy są przyczyną raka szyjki macicy. Leczenie <u>interferonem</u> . Profilaktyka to stosowanie szczepień u dzieci i młodzieży przed rozpoczęciem współżycia seksualnego.
Rzeżączka	Bakteria <i>Neisseria gonorrhoeae</i> , dwoinka rzeżączki	Ropne zapalenie ceki moczowej u mężczyzn (a także jąder); u kobiet zakażenie dotyczy sromu, pochwy, szyjki macicy, jajowodów i jajników. Może prowadzić do zrośnięcia się jajowodów i bezpłodności. Powikłaniami rzeżączki są: zapalenie stawów, mięśnia sercowego, opon mózgowo-rdzeniowych. Leczenie antybiotykami.
Kłta (syfilis)	Bakteria <i>Treponema pallidum</i> , krętek błądy (ryc. X.4.1.)	Pierwsze objawy to owrzodzenie narządów płciowych i powiększenie węzłów chłonnych. Po cofnięciu się zmian, po ok. 4 miesiącach, następuje nawrót choroby w postaci uogólnionej wysypki, owrzodzenia jamy ustnej i dróg rodnych. Po latach pojawiają się zmiany wielonarządowe (m.in. na skórze, kościach, w układzie nerwowym). Bakterie przenikają przez łożysko i mogą prowadzić do uszkodzenia płodu. Leczenie najczęściej <u>penicyliną</u> .
Chlamydia	Bakteria <i>Chlamydia trachomatis</i>	Powoduje stan zapalny narządów płciowych (m.in. szyjki macicy u kobiet i zapalenie cewki moczowej u mężczyzn). Leczenie antybiotykami.
Rzęsistkowica	Protista <i>Trichomonas vaginalis</i> rzęsistek pochwy	Powoduje zapalenie sromu i pochwy, upławy, bolesność. U mężczyzn przebiega bezobjawowo. Leczenie antybiotykami.
Grzybica	Drożdże <i>Candida albicans</i>	U kobiet podrażnienie, zaczerwienie, bolesność, upławy. U mężczyzn przebiega bezobjawowo. Leczenie lekami przeciwgrzybiczymi.
Opryszczka	Wirus <i>Herpes simplex 2</i> Wirus opryszczki	Często zakażenie bezobjawowe lub z owrzodzeniem narządów płciowych, choroba nawracająca i groźna dla płodu. Leczenie lekami przeciwwirusowymi, które łagodzą objawy.

Choroby nowotworowe układu rozrodczego

Odrębny problem stanowią **choroby nowotworowe** narządów płciowych. U mężczyzn są to najczęściej rak jądra i rak prostaty. **Rak jądra** o charakterze złośliwym stanowi ok. 1% nowotworów złośliwych u mężczyzn. Zazwyczaj dotyczy młodych mężczyzn, między 15. a 44. rokiem życia. Objawia się najczęściej jako bolesny guz w mosznie. Czynnikiem ryzyka są m.in. wnętrostwo i predyspozycje genetyczne. Profilaktyka polega na samobadaniu i wczesnym wykryciu zmian. Guzy usuwa się operacyjnie. **Rak prostaty** to częsta przyczyna śmierci mężczyzn po 50. roku życia. Podłożem tej choroby mogą być zmiany hormonalne lub zakażenia wirusowe. Wczesnymi objawami są bolesność przy oddawaniu moczu, pieczenie czy bóle w podbrzuszu. Wczesny rak prostaty nie daje żadnych objawów, zatem kluczowa w tym przypadku jest profilaktyka. Rak prostaty można wykryć za pomocą specjalistycznego badania krwi, co daje dużą szansę na wyleczenie.

Do najczęstszych nowotworów układu rozrodczego żeńskiego należy rak szyjki macicy i rak jajnika. **Rak jajnika** występujący u kobiet w wieku 20–45 lat zwykle ma charakter łagodny, natomiast złośliwy pojawia się w okresie pokwitania. Przez długi okres choroba rozwija się bezobjawowo, a nowotwór wykrywany jest dopiero w późnym stadium. Osoby z ryzykiem wystąpienia tego typu nowotworu powinny regularnie monitorować **markery nowotworowe** we krwi (CA 125 i CA 19–9), które pomagają wykryć chorobę na wczesnym etapie oraz podjąć stosowne leczenie. Ryzyko wystąpienia odmian dziedzicznych raka jajnika można określić na podstawie badań genetycznych.

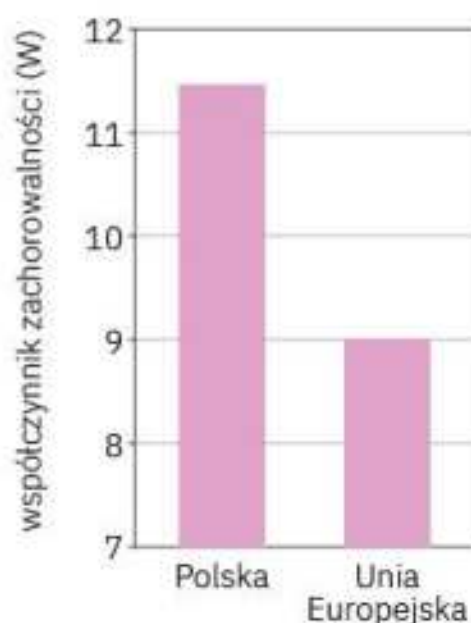
Rak szyjki macicy to jeden z najczęstszych nowotworów narządów płciowych u kobiet w Polsce. Jest zbyt późno wykrywany. Rozwija się w wyniku uszkodzenia komórek nabłonkowych szyjki macicy (ryc. X.4.2.). Choroba jest prawie zawsze wywoływana przez wirusa brodawczaka ludzkiego (HPV, z ang. *human papilloma virus*). Wirus ten jest przenoszony drogą płciową, a zakażenia nim są dość powszechne. Większość zakażeń ulega samoistnemu wyleczeniu, ale niektóre powodują nieprawidłowości nabłonka i rozwój raka. Regularne badania ginekologiczne i cytologiczne, czyli rozmaz komórek pobranych z szyjki macicy, pozwalają na wykrycie raka we wczesnym stadium. Wyleczalność wynosi wówczas między 90% a 100%. Niestety, w Polsce wczesna wykrywalność raka szyjki macicy jest bardzo niska i u ponad 60% kobiet diagnozuje się go w zaawansowanym stadium, kiedy daje przerzuty do innych narządów (ryc. X.4.2.). Wówczas stosuje się leczenie chirurgiczne i chemioterapię, ale szanse na wyleczenie są małe. Podstawą profilaktyki raka szyjki macicy są badania ginekologiczne i cytologiczne (przynajmniej raz w roku). W Polsce dostępna jest szczepionka przeciwko wirusowi HPV, która zmniejsza ryzyko zachorowania na



Ryc. X.4.2. Rozwój raka szyjki macicy.

raka szyjki macicy o ponad 90%. Szczepionka, którą podaje się trzykrotnie, będzie najskuteczniejsza u osób, które nie rozpoczęły jeszcze współżycia seksualnego.

Ryc. X.4.3. Porównanie zachorowalności na raka szyjki macicy w Polsce i krajach UE.



PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień i omów trzy przykłady bakteryjnych chorób wenerycznych.
2. Wytłumacz, w jaki sposób można uniknąć chorób przenoszonych drogą płciową.
3. Wyjaśnij, jaka jest przyczyna znacznego odsetka zachorowań na raka szyjki macicy w Polsce. Omów działania profilaktyczne, jakie należy podjąć, aby zmniejszyć ryzyko zachorowania.

Podsumowanie działu

- choroby weneryczne to choroby przenoszone drogą płciową, których przyczyną są bakterie, wirusy i grzyby
- do najczęstszych chorób wenerycznych należą: rzeżączka, kiła, rzesistkowica, chlamydia i grzybica
- najczęstsze choroby nowotworowe to rak jądra i prostaty (u mężczyzn) oraz rak jajnika i szyjki macicy u kobiet
- rozpowszechnienie raka szyjki macicy w Polsce wynika ze zbyt późnego jego wykrywania
- przyczyną raka szyjki macicy jest wirus brodawczaka ludzkiego (HPV)
- szczepionka przeciwko HPV zmniejsza ryzyko zachorowania na raka szyjki macicy nawet o 90%

Słowniczek trudnych pojęć

Antybiotyk – naturalne związki produkowane przez mikroorganizmy (np. grzyby, bakterie) lub ich syntetyczne odpowiedniki, które w niskich stężeniach działają, hamując wzrost i podziały innych mikroorganizmów.

Antyoksydanty – związki, które w małych stężeniach zapobiegają utlenianiu substancji, np. witamina C czy E.

Badania przesiewowe – profilaktyczne badanie wykonywane w celu wykrycia i wczesnego leczenia chorób, co zapobiega poważnym następstwom tej choroby w przyszłości.

Białaczka – grupa nowotworów, związanych z nieprawidłowościami w układzie krwiotwórczym.

Bilirubina – barwnik żółciowy, który pochodzi z rozpadu krwinek czerwonych.

Biodostępność – dostępność biologiczna; ilość substancji lub składnika aktywnego, jaka z danej dawki dostaje się do obiegu komórkowego oraz szybkość wchłaniania tej substancji.

Biopsja – rodzaj zabiegu diagnostycznego polegającego na pobraniu materiału biologicznego z tkanek podejrzewanych o zmiany chorobowe w celu jego analizy.

Cewa nerwowa – zawiązek układu nerwowego powstający u strunowców (w tym ludzi), która rozwija się w mózgowie i rdzeń kręgowy.

Chemioterapia – jeden ze sposobów leczenia nowotworów, w którym podaje się choremu leki cytostatyczne. Zadaniem tych leków jest niszczenie komórek nowotworowych.

Demineralizacja – proces obniżania zawartości substancji mineralnych w tkance, najczęściej fosforu i wapnia; demineralizacja może prowadzić do poważnych chorób, m.in. do osteoporozy.

Demografia – dziedzina nauki zajmująca się badaniem społeczeństwa w kontekście przyrostu naturalnego, migracji, struktury społecznej (wiek, płeć, przynależność zawodowa, narodowość, wyznanie) oraz rozmieszczeniem przestrzennym.

Drugorzędowe cechy płciowe – zespół cech, które różnią kobietę i mężczyznę; rozwijają się pod wpływem hormonów płciowych i dotyczą m.in. różnic w proporcjach sylwetki, barwy głosu, owłosienia.

Dyfuzja – proces samoistnego mieszania się cząsteczek w ośrodku; zachodzi pod wpływem ruchów cieplnych lub dążenia do wyrównania stężeń.

Etniczna grupa – grupa ludzi, którą charakteryzuje zespół wspólnych cech: społecznych, kulturowych, narodowych oraz historycznych.

Farmakoterapia – sposób leczenia chorób przy użyciu leków w celu zwalczania choroby lub jej objawów.

Fotoreceptor – białka lub komórki pochłaniające światło i uruchamiające określoną reakcję fizjologiczną w organizmie, np. czopki i pręciki występujące w siatkówce oka.

Gluten – mieszanina białek roślinnych występujących w zbożach: pszenicy, życie, jęczmieniu i owsie; nadwrażliwość na

gluten jest przyczyną problemów zdrowotnych.

Hipoglikemia – niski poziom cukru we krwi.

Histamina – hormon tkankowy, który reguluje wydzielanie hormonów przedniego płata przysadki, pobudza funkcje wydzielnicze niektórych gruczołów oraz pośredniczy w reakcji alergicznej.

Immunoterapia – polega na sztucznym pobudzeniu, obniżeniu lub odbudowie naturalnej odporności organizmu w celach profilaktycznych i leczniczych; stosuje się ją w zapobieganiu rozwojowi chorób (poprzez szczepienia ochronne), leczeniu alergii, chorób autoimmunologicznych, przy przeszczepach i w leczeniu nowotworów.

Interferon – naturalne białko, którego zadaniem jest pobudzanie układu odpornościowego do walki z patogenami.

Inulina – polisacharyd, materiał zapasowy u roślin, składnik błonnika pokarmowego.

Inżynieria genetyczna – dziedzina nauki zajmująca się badaniem materiału genetycznego organizmów oraz jego modyfikacją w celu uzyskania pożądanego efektu lub produktu.

Kwasica – stan zwiększonej kwasowości krwi, w którym pH krwi spada poniżej normy; przyczyną jest zwiększona zawartość kwasów lub utrata zasad.

Lewatywa – zabieg medyczny polegający na wlewaniu przez odbył płynu do jelita grubego w celu jego opróżnienia z mas kałowych.

Lizozym – naturalne białko o właściwościach przeciwbakteryjnych.

Małogłowie – wrodzona wada rozwojowa, która prowadzi do zmniejszenia rozmiaru głowy i mózgu, powodująca upośledzenie umysłowe.

Metale ciężkie – umowne pojęcie określające pierwiastki używane w przemyśle, które są toksyczne dla człowieka lub środowiska; do metali ciężkich zaliczane są metale (np. rtęć, ołów, kadm), półmetale (np. arsen), a nawet niemetale (selen).

Morfologia – podstawowe, diagnostyczne badanie krwi, polegające na ilościowej i jakościowej ocenie występujących w niej elementów morfotycznych.

Niedokrwistość – stan chorobowy, w którym dochodzi do spadku stężenia hemoglobiny, liczby krwinek czerwonych poniżej normy; najczęstszą postacią jest niedokrwistość związana z niedoborem żelaza.

Nosiciel – człowiek lub zwierzę, u którego po chorobie zakaźnej lub w wyniku bezobjawowego zakażenia utrzymuje się obecność czynnika zakaźnego mimo braku objawów chorobowych i który może stać się źródłem tej choroby dla innych.

Osmoza – dyfuzja rozpuszczalnika przez błonę półprzepuszczalną rozdzielającą dwa roztwory o różnym stężeniu; przenikanie zachodzi z roztworu o niższym stężeniu substancji rozpuszczonej do roztworu o stężeniu wyższym, prowadząc do wyrównania stężeń obu roztworów.

Osteoporoza – stan chorobowy związany z postępującym ubytkiem masy kostnej,

osłabieniem struktury kości oraz zwiększoną podatnością na złamania.

Pektyny – polisacharydy występujące w ścianach komórkowych roślin; składnik błonnika pokarmowego.

Penicylina – antybiotyk pozyskiwany z grzyba *Penicillium* o właściwościach przeciwbakteryjnych.

Perystaltyka – rytmiczne skurcze mięśni przewodu pokarmowego prowadzące do przesuwania się treści pokarmowej.

Profilaktyka – działania mające na celu zapobieganie chorobom poprzez ich wczesne wykrycie i leczenie.

Promieniowanie rentgenowskie – rodzaj promieniowania elektromagnetycznego, którego długość fali mieści się w zakresie od 10 pm do 10 nm, czyli pomiędzy ultrafioletem i promieniowaniem gamma.

Psychoterapia – zespół metod leczenia zaburzeń i problemów natury psychicznej; opiera się regularnym, bezpośrednim kontakcie lekarza psychiatry z pacjentem (indywidualnie lub w grupie); może być samodzielną metodą leczenia lub uzupełnioną o leczenie farmakologiczne.

Receptor – wyspecjalizowane białka, komórki lub narządy zmysłowe odbierające informacje z otoczenia.

Suplementy diety – produkty spożywcze, których celem jest uzupełnienie diety; może być źródłem witamin, składników mineralnych lub innych odżywczych substancji.

Szkorbut – choroba wielonarządowa, wywołana niedoborem kwasu askorbiny w pożywieniu.

Terapia genowa – metoda leczenia, która polega na wprowadzeniu do komórek ciała prawidłowych wersji genów lub wyciszeniu genów zbyt aktywnych, które są odpowiedzialne za wystąpienie choroby.

Toksyna – trucizny organiczne wytwarzane przez drobnoustroje, rośliny lub zwierzęta.

Wnętrostwo – wada rozwojowa u noworodków, która polega na występowaniu jądra w niewłaściwym miejscu, np. w pachwinie lub jamie brzusznej.

Wodogłowie – nabyte lub wrodzone zwiększenie objętości płynu mózgowo-rdzeniowego w komorach mózgu; może prowadzić do uszkodzenia mózgu, utraty wzroku, a nawet śmierci.

Zator – nagłe zamknięcie światła naczynia tętniczego przez czop, który może być zakrzepem, blaszką miażdżycową, cząsteczkami tłuszczu czy fragmentami tkanki nowotworowej; zator tętnicy prowadzi do zawału.

Żyłaki – wydłużenie i poszerzenie żyły zwykle na nogach; podłożem są genetycznie uwarunkowane nieprawidłowości zastawek żylnych lub zaburzenia ściany żył.

Indeks

A

aglutynacja 108
agranulocyty 22
AIDS 78
akomodacja 159
aktyna 24
albuminy 20
alergen 77
alergia 77
alkoholizm 153
aminokwasy egzogenne 38
amniopunkcja 212
anaboliki 185
analiza moczu 123
angioplastyka 106, 112
anoreksja 61
antygen 68
astma 89
astygmatyzm 161
autoagresja 76
autoantygeny 74
autonomiczny układ nerwowy 149
azbest 87

B

bazofile 22
belecзки kostne 18
bilirubina 124
blaszki kostne 18
błona podstawna 8
błonnik pokarmowy 40
błony płodowe 210
bodziec
 podprogowy 141
 progowy 141
bronchoskopia 90
bruzdkowanie 208
bulimia 61

C

cewka moczowa 119
chemoreceptory 157
chlamydia 215
chondroblasty 16
chondrocyty 16
chondroklasty 16
chondron 16
chondryna 16
choroba
 Alzheimera 154
 autoimmunizacyjna 76
 dekompresyjna 96

 hemolityczna 77
 nowotworowa 75
 Parkinsona 154
 weneryczna 214
chrząstka szklista 172
ciała ketonowe 124
ciśnienie krwi 106
cukromocz 124
cukrzyca 136
cykl miesięczkowy 203, 205
czaszka 174
czopki 158

D

dalekowzroczność 160
daltonizm 163
dendryt 27
depresja 151
dializa otrzewnowa 126
doping 185
drobnoustroje 68
dwunastnica 52
dysk 175
dźwigacz 175

E

echokardiografia 105
eksteroreceptory 156
elektrokardiogram 104
emulgacja tłuszczów 54
endokrynologia 130
eozynofile 22
erytrocyty 21
erytropoetyna 123

F

fagocytoza 71
fałdy głosowe 83
faza
 folikularna 206
 lutealna 206
 martwicza 206
 miesięczkowa 205
 odbudowy 205
 owulacji 206
 wydzielnicza 205
fibryna 107
fibrynogen 20
filtracja 121
fotoreceptory 157

G

gałka oczna 157
gamety 198
gardło 51
gastroskopia 63
granulocyty 22
gruczoły dokrewne 130
grupa krwi 108
gruźlica 88
grypa 88
grzybica 215

H

hemodializa 126
hemoglobina 21, 92
hepatocyt 54
hiperpolaryzacja 141
hiperwitaminoza 42
HIV 78
homeostaza 35
hormony 131

I

immunoglobuliny 20
immunosupresja 80
implant ślimakowy 166
impuls nerwowy 140
interferon 22
interoreceptory 156
istota podstawowa 12

J

jajniki 203
jajowody 203
jama
 stawowa 172
 ustna 50
jamka kostna 18
jaskra 161
jądra 199
jelito cienkie 52
język 51

K

kamica nerkowa 125
kanał Haversa 18
kiła 215
kolonoskopia 64
konflikt serologiczny 76
kora mózgowa 142
kosmówka 211
kości
 długie 170
 krótkie 170
 płaskie 170
 różnokształtne 171

kręgosłup 175
kresomózgowie 142
krew 19
krótkowzroczność 160
krwinki
 białe 21
 czerwone 21
krwiobieg 100
krwimocz 125
krzepnięcie krwi 106
kubki smakowe 51

L

lekomania 153
lemocyty 29
leukocyty 21
limfa 23
limfocyty 22
listki zarodkowe 8

Ł

łożysko 209
łuk odruchowy 146
łyż 157

M

macica 203
makroelementy 44
maź stawowa 172
mechanoreceptory 157
melaniny 189
miazdżyca 111
miednica 178
międzymózgowie 143
migdałki 110
mikrobiom 53
mikroelementy 44
mikrokosmki 52
miofibryle 24
mioglobina 93
miozyna 24
moczowód 119
mocz pierwotny 121
monocyty 22
morfologia krwi 113
moszna 199
mózgoczaszka 174
mózgowie 142
mózdzek 143

N

nabłonek
 jednowarstwowy
 płaski 9
 sześcienny 9
 walcowaty 10

- wielorzędowy 10
- wielowarstwowy płaski 11
- naczynia
 - wieńcowe 102
 - włosowate 99
- nagłośnia 83
- narkomania 153
- narząd 31
- nasienie 200, 201
- nasieniowód 199
- nasierdzie 101
- naskórek 188
- nefron 119
- nerki 119
- neuron 27
- neuryt 27
- neutrofile 22
- niedobór odporności 78
- nienasycone kwasy tłuszczowe 39
- niewydolność nerek 126

O

- obrotnik 175
- obwodowy układ nerwowy 141, 144
- odporność
 - bierna 73
 - czynna 73
 - swoista 72
- odpowiedź
 - immunologiczna 70
 - nieswoista 70
- odruch 146
 - bezwarunkowy 146
 - warunkowy 146
- oko 157
- okres
 - płodowy 209
 - zarodkowy 208
- oksyhemoglobina 93
- omocznia 211
- ontogeneza 207
- oogeneza 204
- opryszka 215
- organizm 31
- osierdzie 101
- oskrzela 83
- osocze 20
- osseina 17
- osteoblasty 18
- osteocyt 18
- osteoklasty 18
- osteon 18
- ośrodek
 - głodu 58
 - sytości 58
 - oddechowy 86
- ośrodkowy układ nerwowy 141

- otyłość 58
- owodnia 210

P

- pamięć immunologiczna 72
- paznokcie 191
- pęcherz moczowy 119
- pęcherzyk żółciowy 54
- pierwiastki biogenne 44
- plamka
 - ślepa 158
 - żółta 158
- plemnik 201
- płyn mózgowo-rdzeniowy 144
- pochwa 203
- podwzgórze 133
- pojemność oddechowa 85
- poród 212
- potencjał czynnościowy 140
- prącie 199
- pręciki 158
- propioreceptory 156
- prostata 200
- prostowniki 180
- protrombina 107
- przeciwciężła 70
- przeszczep 127
- przysadka mózgowa 133

R

- rak
 - jajnika 216
 - jądra 216
 - płuc 89
 - prostaty 216
 - szyjki macicy 216
- rdzeń
 - kręgowy 143
 - przedłużony 143
- receptory 146, 156
 - czuciowe 193
- renina 123
- resorpcja 121
- rozstępy 189
- rozwój
 - postnatalny 207, 213
 - prenatalny 207
- rzeźączka 215
- rzęsistkowica 215

S

- sarkomer 181
- schizofrenia 155
- sekrecja 121

sen
 paradoksalny 155
 wolnofalowy 155
 serce 101
 siatkówka 158
 składniki odżywcze 38
 skóra 188
 skrzep 107
 smak 167
 soczewka 158
 sok żołądkowy 52
 spirometria 91
 sprzężenie zwrotne 35
 srom 202
 stawy 171
 stent 112
 struny głosowe 83
 surowica 20
 synapsa 28
 szkielet 170
 osiowy 173
 szpik kostny 19

Ś

ścięgno 180
 ślinianki 51
 śródbłonek 99
 śródmózgowie 143

T

terapia przeciwnowotworowa 75
 teratogeny 211
 termoreceptory 157
 tętnica 98
 tętno 106
 tkanka 8
 chrzęstna 16
 sprężysta 16
 szklista 16
 włóknista 17
 glejowa 29
 kostna 17
 gąbczasta 18
 zbita 18
 łączna 12
 oporowa 16
 właściwa 13
 mięśniowa 24
 gładka 26
 poprzecznie prążkowana serca 25
 poprzecznie prążkowana szkieletowa 24
 nabłonkowa 8
 nerwowa 27
 siateczkowata 15
 tłuszczowa 14
 właściwa
 wiotka 13

zbita 13
 zarodkowa 15
 tłuszcze pokarmowe 39
 transplantacja 79
 trawienie 52, 55
 trombina 107
 trombocyty 23
 trzewioczaszka 174
 trzustka 54

U

ucho 164
 środkowe 164
 wewnętrzne 164
 zewnętrzne 164
 udar mózgu 113
 układ
 krążenia 97
 krwionośny 97
 limfatyczny 97, 110
 mięśniowy 179
 pokarmowy 49
 wydalniczy 118
 ultrasonografia 63
 urografia 125
 utlenowanie 92

W

warstwa
 rogowa 188
 rozrodcza 189
 wazopresyna 123
 wątroba 54
 wchłanianie 56
 wdech 84
 węch 166
 węglowodany 40
 węzły chłonne 110
 witamina D 193
 witaminy 42
 włókna
 kolagenowe 12
 nerwowe 28
 retikulinowe 13
 sprężyste 12
 włosy 190
 wsierdzie 101
 wstrząs anafilaktyczny 77
 wydech 84
 wymiana gazowa 82, 92

Z

zaćma 163
 zakażenie HPV 215
 zapalenie płuc 88
 zawał 113

zez 161
zęby 50
zginacze 180
zwoje nerwowe 145
zygota 198

Ż

zebra
 prawdziwe 177
 rzekome 177
 wolne 177
żołądek 51
zuchwa 174
żyła 98