

Homeostaza

Wstęp

Homeostaza jest to zdolność utrzymywania dynamicznej równowagi środowiska, w którym zachodzą procesy biologiczne. Najczęściej pojęcie to jest odnoszone do równowagi płynów ustrojowych oraz temperatury. Jednak utrzymywanie homeostazy środowiska wewnętrznego to także kontrola ciśnienia osmotycznego, stężeń związków chemicznych w płynach ustrojowych, prężności gazów oddechowych, ciśnienia tętniczego krwi.

Praktycznie każdy parametr w żywym organizmie jest kontrolowany a przekroczenie granic zarówno w górę jak i w dół uruchamia mechanizmy korygujące.

Człowiek egzystuje w środowisku, którego warunki fizyko-chemiczne nie sprzyjają przeżyciu. Organizm jest od niego odgradzony tzw. powierzchniami kontaktu między środowiskiem zewnętrznym a wewnętrznym. Są to skóra, płuca, przewód pokarmowy, nerki.

Zlokalizowane są w nich wyspecjalizowane struktury, które:

- umożliwiają kontrolę wymiany materii i energii
- otrzymują informacje o zmiennych warunkach otoczenia, które wykorzystywane są do utrzymania homeostazy,
- odbierają informacje z otoczenia kształtujące różne formy działania

Jednocześnie struktury te zapewniają nienaruszalność biologiczną i integralność organizmu: nie pozwalają na wniknięcie obcych elementów biologicznych (komórki i białka) – strawienie, gdy jednak takie ciała wnikną, uruchamiają się mechanizmy ich niszczenia zarówno swoiste jak i nieswoiste.

W 1878 Claude Bernard fizjolog francuski, uważany za ojca nowoczesnej fizjologii stwierdził : ” stałość środowiska wewnętrznego jest warunkiem swobodnego i niezależnego życia ” oraz, że ” najważniejsze funkcje organizmu to funkcje regulacyjne ponieważ mimo ciągłych zmian środowiska umożliwiają przetrwanie organizmu ”

W latach dwudziestych XX wieku amerykański fizjolog Walter Cannon wprowadził pojęcie ” homeostaza ” (z greki homoios = równy, jednakowy + statos = stałość) jako określenie stałego stanu równowagi środowiska wewnętrznego organizmu, np. składu krwi, temperatury itp. przez odpowiednią koordynację i regulację procesów życiowych. Regulacja ta zachodzi na bazie sprzężeń zwrotnych typu ujemnego są one podstawą prawidłowego funkcjonowania organizmów żywych czyli zdrowia

W toku ewolucji powstały najpierw jednokomórkowe formy życia. Organizmy te przebywając w praoceanie, w którym powstały, wytworzyły cały szereg mechanizmów zapewniających stałość środowiska wewnętrznego. Należą do nich układy kanałów jonowych, różnego typu przENOŚNIKÓW i układów transportujących przez błonę komórkową. Zapewniały one możliwość pozyskiwania potrzebnych do życia związków jak i usuwania zbędnych produktów do otoczenia.

Podstawą utrzymania homeostazy jest zbilansowane zapotrzebowanie energetyczne organizmu!!!!!!

W WARUNKACH UTRZYMYWANIA HOMEOSTAZY WSZELKIE PROCESY ZACHODZĄCE W ORGANIZMIE ZACHODZĄ PRZY NAJMNIEJSZYM ZAPOTRZEBOWANIU NA ENERGIĘ

Najważniejsze parametry wewnętrznego środowiska organizmu:

- temperatura ciała
- pH krwi i płynów ustrojowych
- ciśnienie osmotyczne
- objętość płynów ustrojowych
- stężenie związków chemicznych w płynach ustrojowych
- ciśnienie tętnicze krwi
- ciśnienie parcjalne tlenu i dwutlenku węgla we krwi

Kontrola wymienionych parametrów odbywa się poprzez receptory (głównie chemoreceptory), które informacje o wartości określonego parametru przekazują do punktów odbiorczych, gdzie dokonuje się porównanie wartości wykrytej ze stałą wartością prawidłową (tzw. punktem nastawczym) lub, co zdarza się częściej, z jej przedziałami akceptowalnymi. Jeśli aktualny stan parametru jest zbyt wysoki lub zbyt niski, centrum integrujące wymusza na efektorach odpowiedź odpowiednią do sytuacji.

Każda z informacji docierających do ośrodków analitycznych musi być odpowiednio zarejestrowana.

Koordinacja funkcjonowania milionów komórek budujących ciało ludzkie musi zachodzić sprawnie i szybko.

Jest to możliwe dzięki współdziałaniu układu nerwowego, hormonalnego i immunologicznego.

Całość współzależności zachodzących pomiędzy tymi trzema układami określa się mianem sieci neuro-immuno-endokrynowej.

Przekazywanie informacji ze strony układu nerwowego odbywa się za pomocą przekaźników chemicznych stymulowanych impulsami elektrycznymi.

Pozostałe układy również wydzielają właściwe sobie związki modulatorowe.

Ogólnie rzecz biorąc zjawisko polegające na przekazywaniu informacji z jednej komórki do innej za pomocą związków chemicznych nazywamy sekrecją. Drogi, za pomocą których owe związki się przemieszczają nazywane są kanałami informacji.

Z fizjologicznego punktu widzenia rolę kanału informacji może spełniać połączenie między komórkami, włókno nerwowe, czy naczynie krwionośne, w którym płynie krew niosąca określone hormony i dostarczająca je do tkanek docelowych.

Mechanizmy utrzymania homeostazy

- fizjologiczne (np. zwiększenie częstotliwości skurczów mięśni w celu podwyższenia temperatury)
- behawioralne (np. wyjście z cienia, w tym samym celu)

Fizjologiczne mechanizmy opierają się na sprzężeniu zwrotnym (ang. feedback):

❖ UJEMNYM

w którym odpowiedź wpływa hamująco na bodziec wyzwalający np zwiększone stężenie substancji, której syntezą kieruje hormon, wpływa na zmniejszenie wydzielania tego hormonu (hormony tarczycy są produkowane pod wpływem TSH- hormon tyreotropowy; wzrost stężenia hormonów tarczycy T3 i T4 powoduje zmniejszone wydzielanie TSH przez przysadkę).

❖ DODATNIM

w którym odpowiedź wpływa pobudzająco na bodziec wyzwalający. Zachodzi wtedy, gdy zwiększone stężenie substancji, której syntezą steruje hormon, wpływa na zwiększenie wydzielania tego hormonu. Powoduje to nadmierne zużycie organizmu, w związku z tym sprzężenia dodatnie nie występują często.

Prawidłowe funkcjonowanie organizmu jako całości jest efektem pracy i współpracy wszystkich elementów składowych organizmu.

Zaburzenie stanu równowagi dynamicznej (homeostazy) może być spowodowane różnymi czynnikami:

- Wadliwą budową narządów,
- Czynniki genetycznymi,
- Chorobami spowodowanymi np. skażeniem środowiska,
- Czynniki biologicznymi, np. pasożytami, drobnoustrojami chorobotwórczymi,
- Nieprawidłowym trybem życia,
- Niewłaściwym odżywianiem się.

Mechanizmy biorące udział w utrzymaniu homeostazy komórkowej

Kanały jonowe

Ze względu na rodzaj czynnika aktywującego (otwierającego lub zmykającego) dzielimy na trzy grupy:

1. Kanały sterowane napięciem (potencjałem elektrycznym)
2. Kanały sterowane czynnikiem chemicznym (ligandem)
3. Kanały sterowane czynnikiem mechanicznym

Rodzaje transportów przez błonę komórki

1. Dyfuzja i dyfuzja ułatwiona
2. Transport aktywny
3. Osmoza
4. Filtracja
5. Transport masywny
6. Fagocytoza, pinocytoza, transcytoza

Kiedy powstawać zaczęły organizmy wielokomórkowe pojawił się problem dostępu głębiej położonych komórek do otaczającego środowiska. W związku z tym organizmy wielokomórkowe zaanektowały część płynu z otaczającego je środowiska i wykorzystują go do wymian międzykomórkowych. W ten sposób z płynu znajdującego się w organizmie - Całkowita Woda Ustrojowa (TBW – Total Body Water) powstały dwa zasadnicze przedziały wodne występujące w każdym żywym organizmie. Płyn zewnątrzkomórkowy (ECF – extra cellular fluid) i wewnątrzkomórkowy (ICF – intra cellular fluid).

W miarę rozwoju organizmów wielokomórkowych możliwości wymiany międzykomórkowe za pośrednictwem płynu otaczającego komórki stały się niewystarczające i dlatego część płynu zewnątrzkomórkowego została zamknięta w systemie naczyniowym. Powstał w ten sposób układ krążenia – niezwykle sprawny, szybki i wydajny system transportowy. Umożliwia on utrzymywanie stałości środowiska wewnętrznego w bardzo szerokich granicach zmian otaczającego środowiska zewnętrznego.

Homeostaza płynów ustrojowych

Skład organizmu (w % masy ciała)

18 - białka
7 - składniki mineralne
+ 15 - tłuszcze

= 40 - substancje stałe

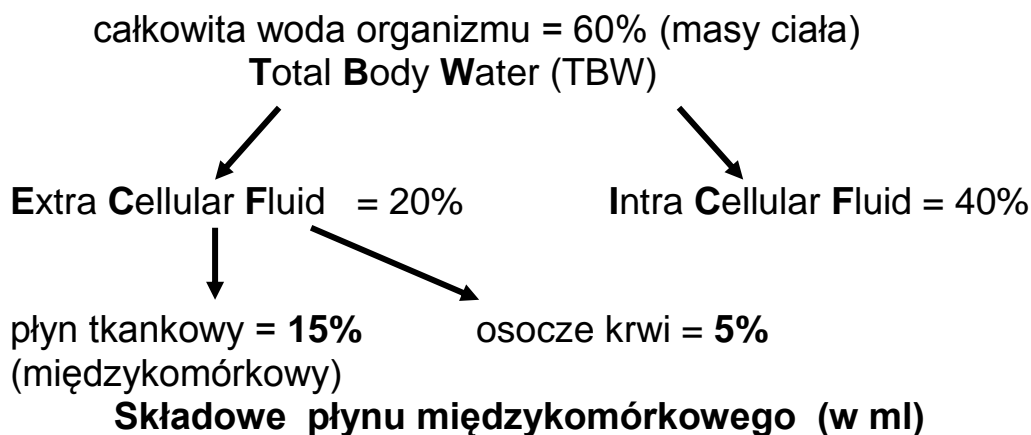
+ 60 - woda

= 100% masy ciała

Zawartość wody ustrojowej zależnie od płci i wieku (w % masy ciała).

Wiek	Mężczyźni	Kobiety
10 – 18 lat	59	57
19 – 40	61	51
40 – 60	55	47
powyżej 60	52	46

Przedziały wodne organizmu



płyn mózgowo-rdzeniowy	- 550
ślina	- 1500
sok żołądkowy	- 2500
sok trzustkowy	- 1500
żółć	- 500
chłonka	- 2000 – 4000

płyny surowicze w osierdziu, jamie opłucnowej, otrzewnowej, w stawach, pot, ciecz wodnista w komorze przedniej oka, sok jelitowy, endolimfa w uchu wewnętrznym...

Mechanizmy regulujące gospodarkę wodno - elektrolitową organizmu

1. ADH (hormon antydiuretyczny - wazopresyna)
2. układ RAA (Renina – Angiotensyna – Aldosteron)
3. ANF (czynnik natriuretyczny, ANP)
4. ośrodek pragnienia
5. urodilatyny (działanie podobne do ANF)
6. dopomina , adenozylna
7. prostaglandyny PGI, PGE₂

Regulacja wydzielania ADH

+ Czynniki pobudzające wydzielanie ADH

wzrost ciśnienia osmotycznego osocza i płynu mózgowo - rdzeniowego o 1–2% (pobudzenie osmodetektorów podwzgórzowych)

obniżenie ciśnienia tętniczego i objętości krwi o 5-10% (pobudzenie receptorów objętościowych w przedsionkach i baroreceptorów tętniczych)

angiotensyna
prostaglandyny
nikotyna
pobudzenie OUN podczas reakcji stresowej

– Czynniki hamujące wydzielanie ADH

obniżenie ciśnienia osmotycznego, wzrost objętości krwi
alkohol

Ośrodek pragnienia

Skupisko neuronów w podwzgórzu, które pobudzone przez wzrost ciśnienia osmotycznego płynu mózgowo-rdzeniowego

1. wywołują aktywność psychosomatyczną organizmu polegającą na potrzebie poszukiwaniu i przyjmowaniu wody
2. pobudzony ośrodek pragnienia powoduje uwalnianie ADH
czynnikami pobudzającym jest
 - wzrost ciśnienia osmotycznego ECF oraz
 - obecność angiotensyny II

Ośrodek pragnienia sprzężony jest z ośrodkami termoregulacji, sytości i głodu. Pobudzony ośrodek termoregulacji, pobudza ośrodek pragnienia i sytości, hamuje ośrodek głodu

Układ RAA (Renina – Angiotensyna – Aldosteron)

Układ RAA jest kluczowym mechanizmem stojącym na straży stałości gospodarki wodno-elektrolitowej. Czynnikiem bezpośrednio uruchamiającym mechanizm RAA jest renina. Jest to proteza wydzielana przez aparat przykłębkowy nerki zlokalizowany w miejscu styku tętniczki doprowadzającej i kanalika dystalnego. Zbudowany jest z dwóch zasadniczych elementów.

Jednym z nich jest mechanizm baroreceptorowy, który powoduje zwiększenie wydzielania reniny w przypadku zmniejszenia ciśnienia w tętnicy doprowadzającej.

Kolejnym detektorem regulującym wydzielanie reniny jest "plamka gęsta" - zmodyfikowane komórki nabłonka kanalika dystalnego. Wydzielanie reniny jest odwrotnie proporcjonalne do ilości sodu docierającego do kanalika dystalnego.

Zwiększenie ilości wydzielanej reniny obserwujemy także w stanie wzmożonej aktywności układu współczulnego.

Uwalniana renina odłącza od krążącego we krwi angiotensynogenu (produkowanego przez wątrobę) decapeptyd Angiotensynę I, która następnie pod wpływem enzymu konwertującego przechodzi w aktywną biologicznie postać Angiotensynę II i dalej w Angiotensynę III. Pod wpływem angiotensyny II następuje silne zwężenie naczyń krwionośnych, wydzielanie ADH i katecholamin. Angiotensyna III głównie pobudza produkcję i sekrecję aldosteronu z kory nadnerczy. Dochodzi do retencji sodu i wody, zwężenia naczyń krwionośnych i zwiększenia pracy serca. W efekcie obserwujemy wzrost wypełnienia łożyska naczyniowego i ciśnienia tętniczego krwi.

Izotonia

Ciśnienie osmotyczne, osmolarność, osmolalność, ciśnienie onkotyczne.

Osmolarność - stężenie czynnych osmotycznie cząstek nieprzenikających przez błony komórkowe bez względu na to o jakie substancje czy mieszaniny chodzi (sól, chlorek sodu, glukoza). Jednostką jest Osm / l

Osmolalność - wyrażana jest na kg wody Osm / kg

Ciśnienie osmotyczne w płynach ustrojowych jest jednakowe i wynosi 280 – 300 mosm/l i w ECF zależy głównie od ilości jonów Na

- Izotonia - osmolalność roztworu taka jak osocza
- Hypertonía - osmolalność wyższa niż osocza
- Hipotonia - osmolalność niższa niż osocza

Ciśnienie onkotyczne - (koloidoosmotyczne) ciśnienie osmotyczne wywierane przez drobnocząsteczkowe białka osocza krwi (albuminy)

Utrzymanie toniczności ECF zależy głównie od ilości wody w organizmie.

Głównym czynnikiem regulującym ilość wody w organizmie jest

ADH (wazopresyna) oraz ośrodek pragnienia

Izowolemia

Izowolemia – (stała objętości ECF) – zależy od ilości substancji osmotycznie czynnych w płynie zewnątrzkomórkowym.

Główną rolę w utrzymaniu tego najważniejszego parametru homeo- statycznego pełnią jony Na również jony Cl, który podąża za sodem

Wiodącą rolę w utrzymaniu izowolemii pełni układ RAA

Składy jonowe płynów ustrojowych w mEq/l

1. Płyn zewnątrzkomórkowy ECF (płyn mózgowo-rdzeniowy)

kationy +		aniony -	
Na	143	HCO ₃	27
K	4	Cl	117
Ca	5	HPO ₄	2
Mg	3	SO ₄	1
		kw. org.	6
		białka	2
-----		-----	
155	=	155	

2. Osocze krwi

kationy +		aniony -	
Na	152	HCO ₃	27
K	5	Cl	113
Ca	5	HPO ₄	2
Mg	3	SO ₄	1
		kw. org.	6
		białka	16
-----		-----	
165	=	165	

3. Płyn wewnątrzkomórkowy ICF

kationy +		aniony -	
Na	14	HCO ₃	10
K	157	PO ₄	113
Mg	26	białka	74
-----		-----	
197	=	197	

Izohydia

Norma pH krwi 7,4 +/- 0,05

pH roztworu wyraża logarytm dziesiętny odwrotności stężenia jonów H⁺

Człowiek może funkcjonować przy wartościach pH 7,0 – 7,7

Źródła jonów H⁺ :

1. CO₂ z procesów metabolicznych 12500 mEq
2. Białka ok. 150 mEq
3. Pracujące mięśnie szkieletowe
4. Ketokwasy
5. Sole zakwaszające
6. Choroby nerek i płuc

Bufory krwi

1. Bufor wodorowęglanowy (węglan/wodorowęglan)
2. Hemoglobinowy (hemoglobina/oksyhemoglobina)
3. Fosforanowy (fosforan jednosodowy/dwusodowy)
4. Białczanowy (białka dysocjujące z oddaniem jonów wodoru lub grup hydroksylowych)

Termoregulacja

Powstanie organizmów stałocieplnych należy do największych osiągnięć ewolucji. Organizmy te uzyskały, niezwykle cenną w walce o przetrwanie, niezależność od warunków termicznych otaczającego je środowiska.

Zaletą tą pociągnęła jednak za sobą konieczność wykształcenia układów utrzymujących temperaturę ciała na stałym poziomie, co odbywa się przez ciągłe i precyzyjne bilansowanie produkcji, akumulacji oraz utraty ciepła.

Zmiany przekraczające o 4°C wartość prawidłową prowadzą do uszkodzenia struktur, zaburzeń aktywności enzymów i reakcji chemicznych zachodzących w organizmie.

Szczególnie wrażliwy na zmiany temperatury jest M Ó Z G

Utrzymywanie stałej temperatury ciała decyduje o sprawności metabolicznej organizmu. Wynika to z faktu, że aktywność enzymów w przedziale od 5°C do 40°C jest wprost proporcjonalna do temperatury.

z jednej strony obniżanie temperatury ciała - hamuje aktywność enzymów a więc intensywność metabolizmu, z drugiej, podwyższenie temperatury - zwłaszcza długotrwałe, może nieść dla organizmu fatalne skutki z powodu wyczerpania zasobów metabolicznych a nawet inaktywacji enzymów.

Podstawowe elementy układu termoregulacji

1. Termodetektory (podwzgórzowe) i termoreceptory (obwodowe) ciepła i zimna
2. Ośrodek termoregulacji
3. Efektory termoregulacji fizycznej: układ krążenia i gruczoły potowe
4. Efektory termoregulacji chemicznej: mięśnie szkieletowe, tkanka tłuszczowa, wątroba

Mechanizmy oddawania ciepła:

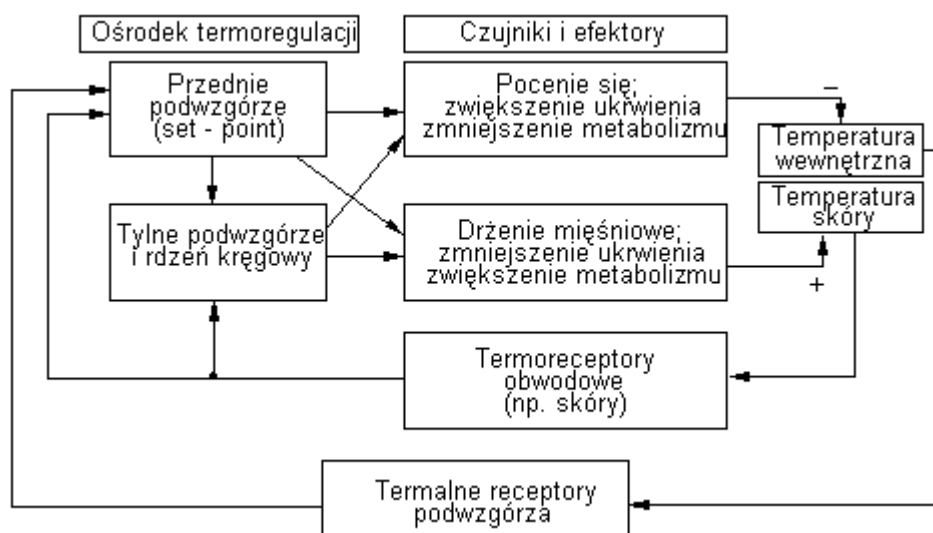
promieniowanie podczerwone
konwekcja
przewodzenie
parowanie (1 litr potu – utrata 2428 J, 580 kcal)

2. Udział narządów w masie ciała i wytwarzaniu ciepła (w %)

	masa ciała	spoczynek	wysiłek
Skóra i mięśnie	56	18	90
Trzewia	34	56	8
Mózg	2	16	1
Pozostałe	8	10	1

Termoregulacja organizmu a diagnostyka termiczna

Człowiek, tak jak wszystkie ssaki i ptaki, jest organizmem stałocieplnym. Temperatura wnętrza ciała ludzkiego, utożsamiana z temperaturą przedniego podwzgórza mózgu, jest mniej więcej stała i zwykle mieści się w przedziale 36,8 - 37°C. Jest to warunkowane wieloma czynnikami. Procesy te są szczegółowo opisane w podręcznikach fizjologii i tłumaczone istnieniem systemu homeostazy cieplnej kontrolowanej przez centralny układ nerwowy. W czasie normalnego działania zdrowego organizmu obserwuje się dobowy cykl zmian temperatury na poziomie około $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ wokół temperatury średniej. Temperatura nieznacznie spada w stanach obniżonego metabolizmu, np. snu czy długotrwałego unieruchomienia i wzrasta w związku ze wzmożonym metabolizmem, np. wywołanym wysiłkiem fizycznym. Tak więc dzięki procesowi metabolizmu ciało ludzkie jest źródłem ciepła, równocześnie jednak podlega wpływom zewnętrznym. Równowaga między temperaturą organizmu i otoczenia uwarunkowana jest pracą skomplikowanego systemu regulacji temperatury, opisanego jako układ ze sprzężeniem zwrotnym. Zasada działania tego układu jest zilustrowana na schemacie funkcjonalnym, rys. 1.1. Na powierzchni skóry znajdują się liczne receptory ciepła i zimna, które powodują takie reakcje obronne przy działaniu niskich temperatur jak napięcie i drżenie mięśni, zmiany ukrwienia, szczególnie naczyń przypowierzchniowych, widoczne w postaci zsinienia i tzw. "gęsiej skórki", jak i nie widoczny zewnętrznie wzrost metabolizmu. Przy nadmiernym wzroście temperatury wewnętrznej następuje z kolei rozszerzenie naczyń krwionośnych, widoczne w postaci przekrwienia, pocenie się, czy niewidoczne obniżenie metabolizmu. Temperatura jest stabilizowana dzięki pracy przedniego podwzgórza, gdzie zakodowana jest specyficzna jej wartość (set point). Sensory skóry reagują na obniżenie temperatury (poniżej 34 °C) natomiast sensory przedniego podwzgórza reagują na podwyższenie temperatury powyżej 37°C. Przekroczenie "nastawionego" progu powoduje generację impulsów odbieranych przez podwzgórze.



Rys. 1.1. System termoregulacji człowieka

Liczba generowanych impulsów zależy od stanu termalnego "detektora" i rośnie ze wzrostem różnicy pomiędzy "nastawą - set point" a wartością "mierzoną". Zależy też od szybkości obserwowanych zmian temperatury. Reakcja układu następuje w momencie braku zrównoważenia sygnałów "ciepła" i "zimna". Czas reakcji na bodziec termiczny zależy od charakteru bodźca, lokalnego czy globalnego i wynosi od minut do godzin. Długookresowe zmiany klimatyczne są kompensowane zmianami metabolizmu, które mogą trwać nawet parę tygodni. Dodatkowo wpływ na proces termoregulacji ma reakcja człowieka, np. poprzez dostosowanie ubrania do warunków pogodowych.

W niektórych wypadkach praca systemu zachowania równowagi cieplnej może zostać zaburzona. Ma to miejsce w czasie zaatakowania organizmu przez chorobę i może prowadzić do globalnego lub lokalnego obniżenia lub wzrostu temperatury. Informacja o wartości temperatury i jej rozkładzie posiada zatem istotną wartość diagnostyczną. Przykładowo pojawienie się w organizmie substancji tzw. pirogennych (pirogen egzogenny), np. toksyn lipopolisacharydowych, będących m.in. produktem wirusa grypy, powoduje podwyższenie wartości "set point". Zakładając, że działanie takich substancji ma charakter skokowy i przyjmując, że system termoregulacji organizmu jest systemem pierwszego rzędu (jest opisany równaniem różniczkowym pierwszego stopnia) można ocenić stałą czasową szybkości reakcji typowego organizmu na około 3 godziny. W przypadku lokalnego procesu, np. rozwijającego się procesu zapalnego lub martwiczego, wywołanego np. zatorem krwi, reakcja układu termoregulacji może być znacznie szybsza, jednak zazwyczaj nie krótsza niż minuty. Abstrahując od przypadków ogólnego zaatakowania organizmu przez chorobę i podwyższenia temperatury, można powiedzieć, że w miejscach o metabolizmie zwiększonym temperatura jest wyższa, a w miejscach o metabolizmie obniżonym niższa. Dlatego skóra pokrywająca miejsca z dużą koncentracją tkanki naczyniowej jest cieplejsza, a w okolicach takich jak kłykiec, czy kostki nóg zmniejszona. Tkanka z infekcją, żyłaki, krwiaki, stłuczenia, zapalenia, złamania i wysięki wykazują podwyższoną temperaturę. Stwierdzono, że miejsca zaatakowane przez nowotwory złośliwe mają podwyższoną temperaturę o około 2°C, a przy nowotworach łagodnych o około 0,5°C. Także skóra w okolicach łóżyska kobiety ciężarnej jest cieplejsza. Inne schorzenia, jak np.: ciężkie zapalenie żył, choroba Bürgera lub zgorzel powodują obniżenie temperatury.

Reasumując, zarówno wartość temperatury jak i szybkość jej zmian, a także lokalne zmiany temperatury niosą informację diagnostyczną. Istotne są zmiany obserwowane zarówno przy wzroście temperatury, charakteryzującym zwiększony metabolizm (nowotwory, urazy, stany zapalne) jak i przy obniżaniu temperatury, spowodowanym upośledzeniem przepływu krwi, martwicą, itp. Dodatkowe informacje są zawarte w odpowiedzi na zewnętrzne pobudzenie cieplne i mogą świetnie charakteryzować właściwości cieplne tkanek, które są skorelowane z wieloma procesami fizjologicznymi. Nie należy jednak sugerować się subiektywnym odczuciem, gdyż np. chory ma malarię, pomimo podwyższonej temperatury, może trząść się z zimna.

We wszystkich przypadkach miejscowego obniżenia lub podwyższenia temperatury można w celach diagnostycznych stosować termograf. Wykonanie badania termograficznego musi być jednak zrealizowane z uwzględnieniem wpływu wielu czynników zewnętrznych jak i wewnętrznych.

Najważniejszymi zewnętrznymi przyczynami zmiany temperatury ciała są wpływy temperatury otoczenia, termiczne oddziaływanie ze źródłem ciepła (np. grzejnik, słońce), zmiany wskutek ruchów powietrza, wpływ izolacji (ubrania), straty na drodze promieniowania, konwekcji i przewodzenia. Wpływy wewnętrzne to metabolizm powodujący wydzielanie ciepła, oddziaływania organów wewnętrznych o podwyższonej temperaturze (np. po jedzeniu żołądek jest cieplejszy od sąsiednich organów), praca systemu regulacji temperatury, który niweluje powstałe różnice temperatur i wreszcie zmiany na skutek zaatakowania organizmu przez chorobę.

Pomiar temperatury ciała ludzkiego może być nieużyteczny z diagnostycznego punktu widzenia jeżeli większość czynników zakłócających nie będzie wyeliminowana lub kontrolowana. Praktycznie w termografii podczerwieni informację niesie temperatura skóry, która powinna obrazować zmiany zachodzące wewnątrz organizmu. Może to być jednak poważnie utrudnione w przypadku fizjologicznej izolacji cieplnej. Dlatego nie można obserwować zmian temperatury zewnętrznej, np. w przypadku raka płuc. Także tłuszcz poważnie utrudnia pomiar, choć udało się uzyskać dobre termogramy zjawisk zachodzących pod 10 cm warstwą tkanki tłuszczu. Włosy natomiast posiadają temperaturę otoczenia. Tkanki biologiczne mają prawie idealne właściwości emisyjne, stąd termografia podczerwieni jest metodą chętnie stosowaną do określania rozkładów temperatury, ważnych w diagnostyce medycznej.

Rola układu krążenia w homeostazie

- Zapewnienie ciągłego przepływu przez naczynia włosowate wszystkich tkanek i narządów
- Warunkowanie dyfuzji przez ścianę kapilar składników osocza i płynu tkankowego
- Zapewnienie ustawicznej wymiany składników między osoczem a płynem tkankowym

Rola układu oddechowego w homeostazie

- Utrzymanie stałości składu gazowego płynów ustrojowych
- Dostosowanie częstości i głębokości oddechów do stopnia metabolizmu komórkowego
-

Rola układu pokarmowego w homeostazie

- Pobieranie z zewnątrz i przyswajanie wody, soli mineralnych, składników budulcowych i odżywczych
- Trawienie, wchłanianie, wydalanie
- Magazynowanie (glikogen, tkanka tłuszczowa) i uwalnianie materiałów budulcowych i energetycznych

Rola układu hormonalnego w homeostazie

- Przekazniki informacji
- Kontrola i integracja wielu funkcji organizmu (rozmnażanie, wzrost, metabolizm..)
- Udział w homeostazie wodno-elektrolitowej

Rola układu moczowego w homeostazie

- Proces ultrafiltracji kłębuszkowej
- Zagęszczanie ultra przesącza i zmiana jego składu
- Tworzenie moczu ostatecznego

Rola układu mięśniowo- szkieletowego w homeostazie

- Poruszanie się, unikanie szkodliwych czynników, poszukiwanie i pobieranie pożywienia
- termoregulacja

Rola układu nerwowego w homeostazie

Informacja przekazywana drogą dośrodkową-analiza w ośrodku-informacja drogą odśrodkowa do efektora
kontrola na każdym poziomie organizacji

Homois – równy, podobny; *stasis* – trwanie (z jęz. greckiego), czyli homeostaza – oznacza stałość środowiska wewnętrznego organizmu, m.in. stężenia osmotycznego, temperatury czy objętości płynów ustrojowych. Jeżeli równowaga jest zachowana, organizm jest zdrowy i bardziej odporny na wszelkie choroby.

Homeostazę zapewnia zaopatrzenie komórek organizmu we wszystkie niezbędne substancje (np. aminokwasy, witaminy, kwasy tłuszczowe, pierwiastki śladowe), z których organizm sam buduje struktury niezbędne do niezakłóconego funkcjonowania.

Dobry stan zdrowia wymaga zachowania idealnego stanu równowagi organizmu (homeostazy) oraz sprawnych mechanizmów adaptacyjnych do zmieniających się warunków życia. Zasadniczą rolę w nich odgrywa układ nerwowy i gruczoły wydzielania wewnętrznego.

Sprzężenie zwrotne

Homeostaza jest możliwa dzięki mechanizmom dostosowawczym działającym na zasadzie sprzężenia zwrotnego. Jego zadaniem jest utrzymanie danej wartości jakiegoś parametru na odpowiednim poziomie (stałym lub w granicy przyjęcia za normalny).

Mechanizmy dostosowawcze to dostosowanie się organizmu do sytuacji spowodowanej czynnikami zewnętrznymi, np. upał pobudza receptory zawarte w skórze, które wysyłają sygnał do mózgu, a efektor w formie potu ochładza nadmiernie nagrzaną powierzchnię skóry, chroniąc ją. To termoregulacja, jeden ze sposobów kontroli stanu płynów zewnątrz- i wewnątrzkomórkowych.

Ważne parametry

Istotą homeostazy jest równowaga między płynami zewnątrzkomórkowymi i wewnątrzkomórkowymi. By to osiągnąć, konieczne jest kontrolowanie ważnych dla

organizmu parametrów, np. temperatury ciała, ciśnienia tętniczego krwi czy objętości płynów ustrojowych. Kontrola ta odbywa się za pośrednictwem receptorów.

Receptor i interpretator

Kontrolą najważniejszych parametrów krwi zajmują się receptory. Od receptora informacja o wartości danego parametru wędruje do interpretatora, który jest zlokalizowany w obrębie ośrodkowego układu nerwowego. Zadaniem interpretatora jest określenie, czy dana wartość parametru jest zgodna z wartością prawidłową. Jeśli tak nie jest, interpretator wysyła impuls do efektor, aby ten wygenerował odpowiednią do danej sytuacji odpowiedź. W ten sposób działa np. mechanizm kontrolujący zawartość tlenu we krwi. W aorcie znajdują się receptory, które reagują na spadek zawartości tlenu we krwi: „informują” ośrodek oddechowy, który generuje impuls skierowany do mięśni uczestniczących w oddychaniu.

Zaburzenia

Zachwiania homeostazy powodują zarówno czynniki zewnętrzne, np. skażenie środowiska naturalnego, jak i czynniki wewnętrzne, np. składniki pożywienia (lektyny, alergeny pokarmowe), leki (szczególnie hormony i antybiotyki), stres.

W wypadkach naruszenia homeostazy wskazane są suplementy diety uzupełniające np. niedobory pierwiastków czy regulujące ciśnienie krwi.

Profilaktyczne biochemiczne badanie krwi, kontrola ciśnienia tętniczego – to tylko niektóre możliwości sprawdzenia, czy homeostaza naszego organizmu nie jest zachwiana.

Pojęcie homeostazy wprowadzone zostało przez żyjącego na przełomie XIX i XX stulecia Waltera Cannon – amerykańskiego psychologa oraz neurologa.

Wszelkie poważne zaburzenia homeostazy organizmu skutkują stanami chorobowymi.

Cukrzyca związana jest z zaburzeniami w mechanizmie regulującym stężenie cukru we krwi, a np. osteoporoza z zaburzeniami w gospodarce wapniowej.

1. Mechanizmy dostosowawcze

Mechanizmy dostosowawcze to dostosowanie się organizmu do danej sytuacji spowodowanymi czynnikami zewnętrznymi, np. upał- pobudza jako bodziec receptory zawarte w skórze (mechanoreceptory) wysyła sygnał do mózgu, po czym efektor w tym momencie w formie potu ochładza nadmiernie nagrzaną powierzchnię skóry, chroniąc ją. W ten sposób zaistniała termoregulacja. Stanowi ona jeden ze sposobów kontroli stanu płynów zewnątrz- jak też wewnątrzkomórkowych, które odbywają się dzięki receptorom, głównie chemoreceptorom, informacje o stanie określonego parametru są przekazywane drogą impulsów nerwowych do interpretatora, gdzie dokonywane jest zestawienie danej informacji z wartością prawidłową- stałą (tzw. punkt nastawczy) lub, co zdarza się częściej, z jej przedziałami akceptowalnymi. Gdy aktualny stan jest zbyt niski, bądź zbyt wysoki wywołana jest odpowiedź poprzez efektor przystosowująca do zaistniałej okoliczności. Poza temperaturą ciała ma wpływ również na pH krwi, ciśnienie osmotyczne, objętość płynów ustrojowych, stężenie związków chemicznych w płynach ustrojowych, ciśnienie tętnicze krwi, ciśnienie parcjalne tlenu i dwutlenku węgla we krwi.

pH krwi

pH krwi wynosi około 7,35- 7, 45 dla większości procesów przemiany materii, a wyrażamy to jako równowaga kwasowo- zasadowa- warunkuje prawidłowy przebieg procesów życiowych przez odpowiednie pH i swoisty stosunek kationów i anionów w płynach ustrojowych. Produkty, które powstają podczas przemiany materii to głównie kwasy, więc ustrój jest zakwaszony. Wydalanie kwasów i zasad odbywa się dzięki nerkom, kwasu węglowego (utlenianie węglowodanów, tłuszczów i białek) przez płuca przy procesie oddychania. Związki fosforu są metabolizowane do kwasu fosforowego, a jeśli przemiana węglowodanów nie przebiega do końca powstaje kwas mlekowy (głodzenia, nadmierny wysiłek fizyczny, niecałkowite spalanie lipidów, zbyt duża ilość tłuszczu przy jednoczesnym braku wodorowęglanów). Zasady tworzą związki jedno- lub dwuwartościowych metali. Jeśli nadmiar jonów nie zostanie zbuforowany na miejscu powstania, pH zostanie naruszone, co wywoła kolejną sytuację potrzebną przejścia sytuacji przez centrum integrujące, a ono z kolei wymusza na efektorze odpowiedź.

Ciśnienie osmotyczne

„Osmoza to specyficzny typ dyfuzji cząsteczek wody (rozpuszczalnika) przez półprzepuszczalną błonę komórkową rozdzielającą roztwory o różnych stężeniach; kierunek przepływu (transportu) jest więc od roztworu o mniejszym stężeniu (albo od czystego rozpuszczalnika) do roztworu o stężeniu większym”- zdefiniowanie ułatwi wyjaśnienie pojęcia ciśnienia osmotycznego, zatem ciśnienie osmotyczne to różne wywieranie ciśnień na półprzepuszczalną membranę (błonę komórki), co też się wiąże z zawartością wody w organizmie.

Płyny ustrojowe

Płyny ustrojowe występują w komórkach i pozakomórkowych przestrzeniach, w szczególności w układzie limfatycznym, który w przeciwieństwie do układu krwionośnego jest układem otwartym i chroni nasz organizm przed drobnoustrojami, poza tym uczestniczy w wymianie składników między komórkami, a krwią. Do układu limfatycznego należą: grasicca, szpik kostny, węzły chłonne, śledziona, migdałki, kępkki Peyera. Dzięki układowi limfatycznemu nasz organizm ma pewną odporność, a broniąc się przed wirusami i innymi czynnikami infekcyjnymi wytwarza:

- bariery anatomiczno- fizjologiczne (ciągłość skóry, błony śluzowe)
- bariery immunologiczne (mechanizm obrony hormonalnej i komórkowej)

Celem reakcji odpornościowych jest antygen (substancja wielkocząsteczkowa, po jej wnikięciu do organizmu jest wywołana reakcja immunologiczna, po czym następuje wytworzenie przeciwciał).

Do płynów ustrojowych należy również krew (rodzaj tkanki łącznej) z elementami morfologicznymi wraz z osoczem i płynie w zamkniętym układzie krwionośnym. Rola osocza:

- procesy odpornościowe
- udział w procesie krzepnięcia krwi
- utrzymywanie stałego pH
- utrzymywanie stałej temperatury ustroju
- utrzymywanie stałego ciśnienia osmotycznego
- rozprowadzanie po organizmie niezbędnych elementów
- odprowadzanie szkodliwych produktów
- uczestniczenie w transporcie CO₂

Podczas wysiłku fizycznego (np. sportowcy) przez proces wydalania potu narażają się na ubytek wody z organizmu oraz płynów ustrojowych, co prowadzi do zaburzenia gospodarki wodno- elektrolitowej. Wskutek tego mogą nastąpić skutki: 1% względem masy ciała- wzrost temperatury; 2% zakłócenia regulacji temperatury ciała oraz procesów metabolicznych; 3% obniżenie wytrzymałości i wydajności fizycznej; 4-6% kurczenie mięśni; powyżej 6% nawet śmierć, dlatego też trzeba uzupełniać płyny w organizmie, bo sam nie zawsze sobie poradzi. Możemy to uczynić za pomocą płynów izotonicznych, hipertonicznych, hipotonicznych.

Ciśnienie tętnicze

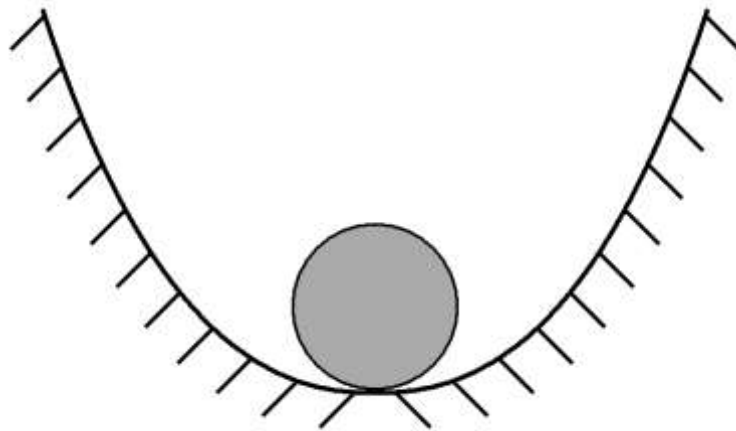
Ciśnienie tętnicze to ciśnienie wywierane przez krew na ścianki tętnicze, czyli ciśnienie krwi w największych tętnicach, np. ramieniu. To ciśnienie ulega zmianom: krótkookresowym (obręb cyklu pracy serca) , średniookresowym (zależne od różnych czynników, m. in. Zażywanie używek, pora dnia, emocje, aktywność), długookresowym (stan zdrowia i wiek). Zdrowy, dorosły człowiek powinien mieć ciśnienie od ok. 90 do 135 mmHg w chwili skurczu serca, czyli najwyższe, a w chwili rozkurczu (najniższe) od ok. 50 do 90 mmHg.

Ciśnienie parcjalne

Ciśnienie parcjalne- różnica gazu po obu stronach błony pęcherzykowo- włośniczkowej. Jedynie w pęcherzykach płucnych zachodzi wymiana gazów i właśnie tam przeprowadzana jest dyfuzja, organizm jest zaopatrywany w O_2 i usuwany jest z niego CO_2 , proces ten przebiega według zgodności z różnicą ciśnień parcjalnych gazów (z gradientem ciśnień). Tlen z pęcherzyków (100 mm Hg) przechodzi do krwi o mniejszym ciśnieniu (40 mm Hg) w tętnicy płucnej. Ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla (46 mm Hg) jest większe od powietrza pęcherzykowego (40 mm Hg), więc dwutlenek węgla dyfundują, to oznacza, że poruszają się w przeciwnym kierunku niż tlen- z osocza krwi i krwinek czerwonych do pęcherzyków.

1. Ujemne sprzężenie zwrotne

Działanie na zasadzie ujemnego sprzężenia zwrotnego zostało przedstawione powyżej przez zamknięte i otwarte układy. Sprzężenie zwrotne ujemne jest fundamentalnym mechanizmem samoregulacyjnym. Jego zadaniem jest utrzymanie danej wartości jakiegoś parametru na odpowiednim poziomie (stałym lub w granicy przyjęcia za normalnym- tu: hormony, pH krwi, stężenie płynów ustrojowych itd.).



Wyrażone fizycznie:

„Mówiąc obrazowo: wartość parametru sprzężonego ujemnie zachowuje się jak niewielka kulka na dnie półkulistego zagłębienia: każde wytrącenie jej z równowagi powoduje powtórne staczanie się w kierunku najniższego punktu, pośrodku zagłębienia. W przypadku sprzężenia zwrotnego ujemnego wartość parametru oscyluje więc wokół wartości zadanej. Jest to więc model równowagi trwałej.”