

11. ●

KWASY TŁUSZCZOWE I IKOZANOIDY

Iwona Żak, Izabela Szottysek-Bołdys

Kwasy tłuszczowe pełnią funkcję strukturalno-budulcową w błonach biologicznych jako składniki fosfolipidów i glikolipidów. Pełnią funkcję zapasową jako składniki obojętnych triacylogliceroli gromadzonych w adipocytach tkanki tłuszczowej u zwierząt. Kwasy tłuszczowe uczestniczą w kowalencyjnej modyfikacji białek, szczególnie kwas mirystynowy i palmitynowy. W zmodyfikowanych białkach kwasy tłuszczowe mogą pełnić rolę hydrofobowej kotwicy, która umiejscawia białko we właściwym położeniu w błonie. Funkcję materiału energetycznego pełnią wolne kwasy tłuszczowe (WTK) uwalniane z triacylogliceroli. Wolne kwasy tłuszczowe w połączeniu z albuminami osocza krążą wraz z krwią po całym organizmie, docierając do komórek większości tkanek i narządów, w tym do mięśnia sercowego. Pochodne dwudziestowęglowych kwasów tłuszczowych pełnią funkcję hormonów tkankowych o krótkim okresie półtrwania.

Nazewnictwo

Kwasy tłuszczowe mają nazwy systematyczne, jednak nadal powszechnie używane są również nazwy zwyczajowe (tab. 1–3). Nazwę systematyczną tworzy się od nazwy wyjściowego węglowodoru, do której dodaje się określenie kwas i końcówkę –owy. Dzięki temu kwasy nasycone mają końcówkę –anowy np. kwas oktadekanowy, natomiast kwasy nienasycone z wiązaniami podwójnymi mają końcówkę –enowy, np. kwas oktadekenowy.

Nazwy form anionowych soli lub estrów tworzy się od nazwy wyjściowego węglowodoru, do której dodaje się końcówkę –ian, np. oktadekanian. Ogólny termin „acyl” oznacza resztę pozbawioną grupy –OH z funkcyjnej grupy kwasowej dowolnego kwasu tłuszczowego.

Liczbę atomów węgla i liczbę podwójnych wiązań w kwasie tłuszczowym przedstawia się za pomocą umownych skrótów, np. 18:0 oznacza, że kwas zawiera 18 atomów węgla i brak w nim wiązań podwójnych, a skrót 18:3 oznacza kwas z 18 atomami węgla i trzema wiązaniami podwójnymi. Atomy węgla w kwasach tłuszczowych można numerować liczbami arabskimi lub alfabetem greckim. Numeracja liczbowa zaczyna się zawsze od węgla grupy karboksylowej, który jest atomem C numer 1. Stosując alfabet grecki, węgiel grupy karboksylowej nie jest oznakowany, następny atom węgla (C2) to – α , C3 – β , C4 – γ , itd. Atomy węgla, poczynając od grupy metylowej (czyli od końca łańcucha alifatycznego), są oznakowane omega (ω).

Położenie wiązania podwójnego przedstawia się, stosując symbol Δ^n , gdzie indeks „n” to pierwszy atom węgla, przy którym znajduje się wiązanie podwójne, np. $\Delta^{9,12,15}$ oznacza, że wiązania podwójne znajdują się między C9 a C10 i między C12 a C13 i między C15 a C16. Położenie wiązań podwójnych określa się nie tylko w stosunku do grupy karboksylowej, lecz również do przeciwległego końca łańcucha, na którym znajduje się grupa metylowa $-\text{CH}_3$. Pozycja podwójnego wiązania jest w tym przypadku oznakowana omega (ω). Pozycja omega oznacza [n minus x], gdzie „n” jest liczbą atomów węgla w łańcuchu, tj. lokatem terminalnej grupy metylowej, natomiast „x” jest lokatem podwójnego wiązania najbliższego grupie metylowej. Ta alternatywna terminologia wyznacza przynależność kwasów tłuszczowych wielonienasyconych do rodzin omega, np. kwas 18:3, $\Delta^{9,12,15}$ jest $\omega 3$, gdyż n=18, i x=15.

Struktura i właściwości kwasów tłuszczowych

Kwasy tłuszczowe są monokarboksylowymi kwasami o łańcuchach węglowodorowych (alifatycznych), zbudowanych z różnej liczby atomów węgla, od 4 do ponad 30. W tłuszczach naturalnych wykryto ponad 70 różnych kwasów, przy czym najczęściej występują kwasy tłuszczowe, zawierające 16, 18 i 20 atomów węgla. Naturalne kwasy tłuszczowe mają zwykle parzystą liczbę atomów węgla oraz nierozgałęzione łańcuchy alifatyczne. Wyjątkowy pod tym względem, rozgałęzionym i o nieparzystej liczbie atomów węgla jest kwas izowalerianowy, który w dużej ilości występuje w tranie.

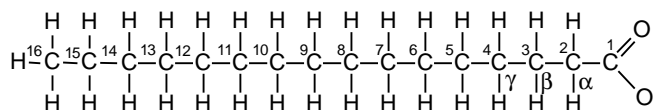
Ze względu na liczbę atomów węgla w łańcuchu, kwasy tłuszczowe dzieli się na: krótko- (< 6 atomów węgla), średnio- (8–14 atomów węgla) i długołańcuchowe (od 16 atomów węgla). Kwasy zawierające ponad 10 atomów węgla są wyższymi kwasami tłuszczowymi. Wyższe kwasy tłuszczowe nie przechodzą przez błonę wewnętrzną mitochondrialną, natomiast niższe kwasy tłuszczowe zdolne są do przechodzenia przez błony. Przenośnikiem wyższych kwasów tłuszczowych przez błonę mitochondrialną jest karnityna.

Łańcuch węglowodorowy kwasu tłuszczowego ma charakter hydrofobowy, tym silniejszy, im jest dłuższy. Grupa karboksylowa kwasu tłuszczowego jest po-

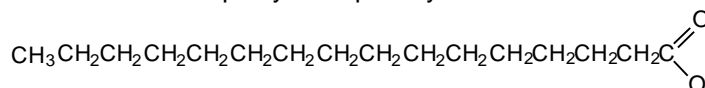
larna, wykazuje powinowactwo do wody. Wartość pK kwasu wynosi 4–5, dlatego w fizjologicznych warunkach pod względem pH kwasy tłuszczowe występują w formie zjonizowanej, anionowej.

Kwasy tłuszczowe nasycone

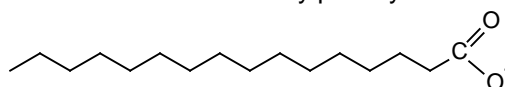
Kwasy tłuszczowe nasycone mają wszystkie atomy węgla w łańcuchu nasycone atomami wodoru, opisuje je wzór empiryczny $C_nH_{2n}O_2$ lub ogólny wzór strukturalny $CH_3(CH_2)_nCOOH$, gdzie „n” jest liczbą parzystą (tab. 1). Pełne wzory strukturalne kwasów tłuszczowych długołańcuchowych są uciążliwe w pisaniu i zajmują dużo miejsca.



pełny wzór palmitynianu



wzór skondensowany palmitynianu



wzór kreskowy palmitynianu

Powszechnie używa się wzorów skondensowanych i kreskowych. We wzorach kreskowych pomija się symbole atomów węgla i wodoru, które umownie znajdują się w punktach łączenia się poszczególnych odcinków linii łamanych przedstawiających szkielet węglowy.

Kwasy tłuszczowe krótkołańcuchowe i średniołańcuchowy kwas kaprylowy są substancjami płynnymi w temperaturze pokojowej, rozpuszczalnymi w wodzie, są lotne z parą wodną i charakteryzują się nieprzyjemnym zapachem zjełczałego tłuszczu.

Kwasy tłuszczowe, zawierające ponad 10 atomów węgla w łańcuchu, są substancjami stałymi, nierozpuszczalnymi w wodzie, lecz w rozpuszczalnikach hydrofobowych, są nielotne i nie posiadają charakterystycznego zapachu. Temperatura topnienia kwasów tłuszczowych nasyconych wzrasta wraz ze zwiększaniem długości łańcucha alifatycznego kwasu tłuszczowego.

Sole kwasów tłuszczowych, czyli mydła z metalami alkalicznymi są dobrze rozpuszczalne w wodzie, natomiast sole magnezowe i wapniowe prawie nierozpuszczalne.

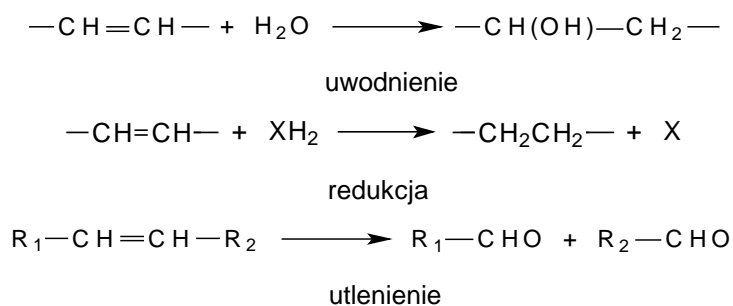
Kwasy tłuszczowe nienasycone

Kwasy tłuszczowe nienasycone mogą zawierać pojedyncze wiązanie podwójne w cząsteczce, są to kwasy tłuszczowe jednonienasycone, czyli monoenowe, które opisuje wzór empiryczny $C_nH_{2n-2}O_2$ (tab. 2).

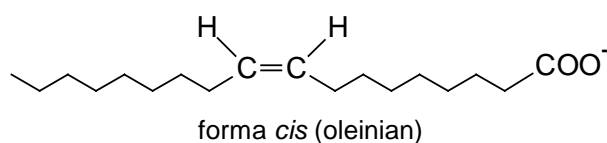
Kwasy zawierające wiele wiązań podwójnych, czyli 2, 3, 4, 5 lub 6 nazywa się wielonienasyconymi lub polienowymi (tab. 3). Wiązania podwójne w wielonienasyconych kwasach tłuszczowych są prawie zawsze oddzielone przez co najmniej jedną grupę metylenową, czyli nie są sprzężone.

Kwasy tłuszczowe nienasycone mają niższe temperatury topnienia od odpowiadających im kwasów tłuszczowych nasyconych, dlatego w większości są substancjami płynnymi w temperaturze pokojowej.

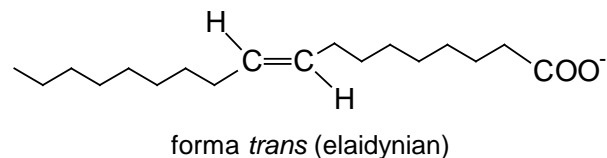
Charakterystycznymi reakcjami, którym ulegają kwasy tłuszczowe nienasycone, są reakcje uwodnienia, redukcji i utlenienia:



Ze względu na obecność podwójnego wiązania kwasy tłuszczowe nienasycone mogą występować w dwóch formach stereoisomerycznych, *cis* i *trans*.

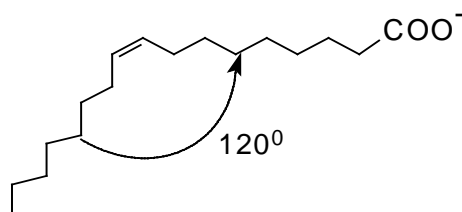


Kwas tłuszczowy jest odmiany *cis*, gdy podstawniki, czyli oba fragmenty łańcucha, położone są po tej samej stronie płaszczyzny wiązania podwójnego.



Kwas tłuszczowy jest odmianą *trans*, gdy podstawniki położone są po różnych stronach płaszczyzny wiązania podwójnego.

W naturalnych kwasach tłuszczowych powszechna jest konfiguracja *cis*, która powoduje wygięcie łańcucha węglowodorowego w miejscu podwójnego wiązania o 120° . Ma to znaczenie dla cząsteczkowego upakowania dwuwarstwy lipidowej błon biologicznych.



Formy *trans* kwasów tłuszczowych mają łańcuch rozciągnięty o tej samej konfiguracji, jak łańcuchy kwasów nasyconych. W niektórych tłuszczach wykryto kwas *trans*-walcynowy i kwas elaidynowy. Występują one w tłuszczach roślinnych sztucznie utwardzonych, np. w margarynach oraz w znikomych ilościach w tłuszczach przeżuwaczy. U tych ostatnich wytwarzane są przez mikroorganizmy, żyjące w żwaczu przeżuwaczy. *Trans* kwasy tłuszczowe nienasycone mają wyższą temperaturę topnienia od swych odpowiednich form *cis*.

Długotrwałe spożywanie margaryny przez ludzi zwiększa zawartość kwasów *trans* w organizmie. W tkankach człowieka stwierdza się do 15% nienasyconych kwasów tłuszczowych o konfiguracji *trans*.

Kwas oleostearynowy posiada trzy skoniugowane wiązania podwójne o konfiguracji odpowiednio *cis-cis-trans*. Wyjątkowość tego kwasu tłuszczowego wynika dodatkowo z faktu, że jego wielokrotne wiązania podwójne są sprzężone, przeciwnie niż w innych kwasach tłuszczowych z wielokrotnymi wiązaniami podwójnymi.

Biologiczne znaczenie mają kwasy tłuszczowe wielonienasycone należące do rodzin omega-3 i omega-6.

Przedstawicielami rodziny omega-6 są: kwas linolowy i kwasy wielonienasycone, z niego powstające, czyli $\Delta^{6,9,12}$ - γ -linolenian, $\Delta^{8,11,14}$ -dihomo- γ -linolenian i $\Delta^{5,8,11,14}$ -arachidonian. Kwas arachidonowy stanowi 5–15% wszystkich kwasów tłuszczowych w fosfolipidach błonowych ssaków.

Przedstawicielami rodziny omega-3 są: kwas α -linolenowy i kwasy wielonienasycone z niego powstające, czyli $\Delta^{5,8,11,14,17}$ -ikozapentaenian i $\Delta^{7,10,13,16,19}$ – dokozapentaenian i $\Delta^{4,7,10,13,16,19}$ – dokozaheksaenian. Kwas dokozaheksaenowy występuje w dużych ilościach w korze mózgu, w siatkówce, jądrach i spermie. Ten sposób klasyfikowania kwasów tłuszczowych ma znaczenie przy omawianiu ich biosyntezy, ponieważ wydłużanie łańcucha alifatycznego, skutkiem dodawania atomów węgla, które następuje od strony grupy karboksylowej, nie zmienia rodziny ω , do której przynależy kwas nienasycony.

Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe

W organizmach ssaków mogą być wytwarzane tylko te kwasy nienasycone, w których wiązanie podwójne położone jest w pozycji ω -9. Natomiast kwasy linołowy (ω -6) i α -linolenowy (ω -3) nie mogą być syntetyzowane w organizmie człowieka, dlatego należą do niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT), czyli egzogennych kwasów tłuszczowych i muszą być dostarczane z pożywieniem. Niektórzy zaliczają je do witamin, uważając, że zespół wielonienasyconych kwasów tłuszczowych to witamina F. Dzielne zapotrzebowanie dorosłego człowieka na kwas linołowy wynosi około 10 g, jest zatem na tyle duże, że należy egzogenne kwasy tłuszczowe raczej traktować jako podstawowe składniki odżywcze, a nie witaminę. Przy zbyt niskiej podaży kwasu linołowego niezbędny jest również kwas arachidonowy, będący jego pochodną. Przy niedoborach egzogennych kwasów tłuszczowych dochodzi do ich zastępowania w fosfolipidach błonowych przez endogenne polienowe kwasy tłuszczowe z rodziny ω -9, np. 20:3 Δ ^{5,8,11}.

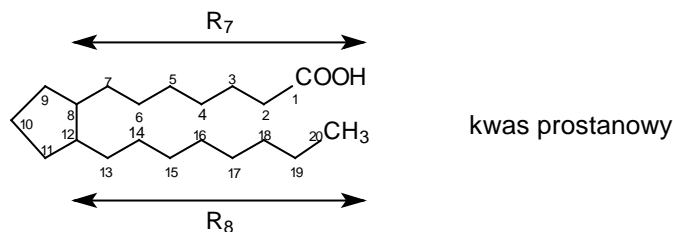
Źródłem NNKT są oleje roślinne, m.in. kukurydziany, sojowy, lniany, arachidowy, olej z wiesiołka oraz fosfolipidy zwierzęce. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe rodziny omega-3 z 5 i 6 wiązaniami podwójnymi występują w dużych ilościach w olejach z ryb, m.in. w tranie z dorszy. Wzbogacanie diety w oleje rybne prowadzi do zastępowania kwasu arachidonowego (ω -6) w złożonych lipidach kwasem ikozapentaenowym i dokozaheksaenowym (ω -3).

Egzogenne kwasy tłuszczowe realizują swe funkcje strukturalne, gdy występują w glicerolofosfolipidach błonowych w pozycji *sn*-2. Ich znaczenie biologiczne sprządza się również do roli w syntezie prostanoidów i leukotrienów.

PROSTANOIDY I LEUKOTRIENY

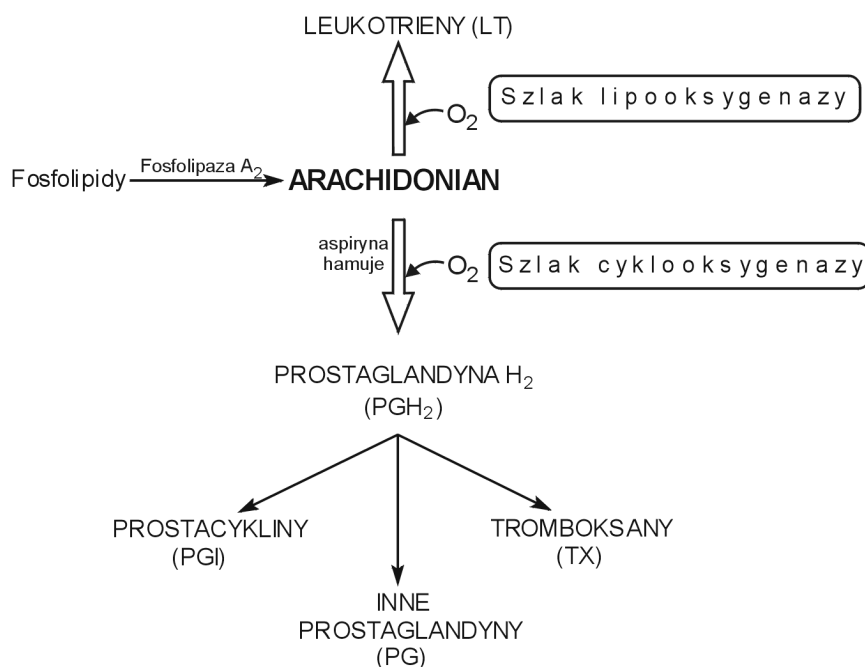
Prostanoidy i leukotrieny są pochodnymi 20 węglowych kwasów wielonienasyconych, głównie arachidonianu, dlatego należą do ikozanoidów. Pełnią rolę lokalnych hormonów o bardzo krótkim okresie półtrwania. Zwykle działają w pobliżu miejsc swego powstawania.

Prostanoidy powstają w szlaku cyklooksygenazy, który prowadzi do cyklizacji środkowej części łańcucha (między C8 a C12) kwasu tłuszczowego z utworzeniem pierścienia cyklopentanowego. Początkowo powstają nadtlarki prostaglandyn (PGG₂ i PGH₂), a z tego ostatniego pozostałe prostanoidy. Aspiryna hamuje szlak cyklooksygenazy, ponieważ jest nieodwracalnym inhibitorem syntazy prostaglandynowej, którą acetyluje. Do prostanoidów należą prostaglandyny (PG), prostacykliny (PGI) i tromboksany (TX), mające podstawową strukturę kwasu prostanowego, z czego wywodzi się ich nazwa.



kwasy prostanowe

W obrębie kwasu prostanowego można wyróżnić pierścień cyklopentanowy i dwa łańcuchy alifatyczne (R), utworzone z siedmiu atomów węgla (R₇) i ośmiu atomów węgla (R₈).

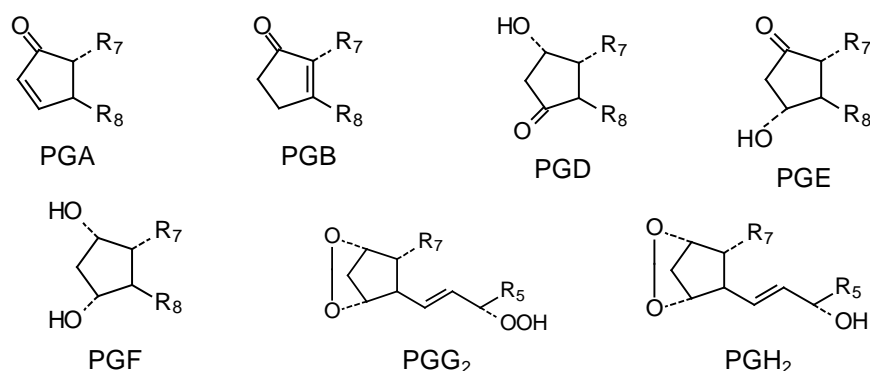


Szlaki przemian arachidonianu do prostanoidów i leukotrientów

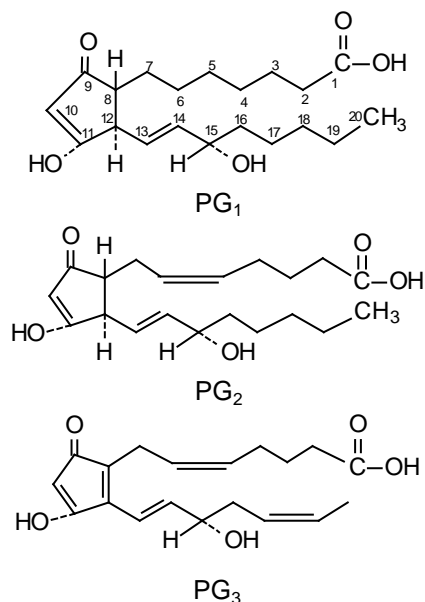
Prostaglandyny

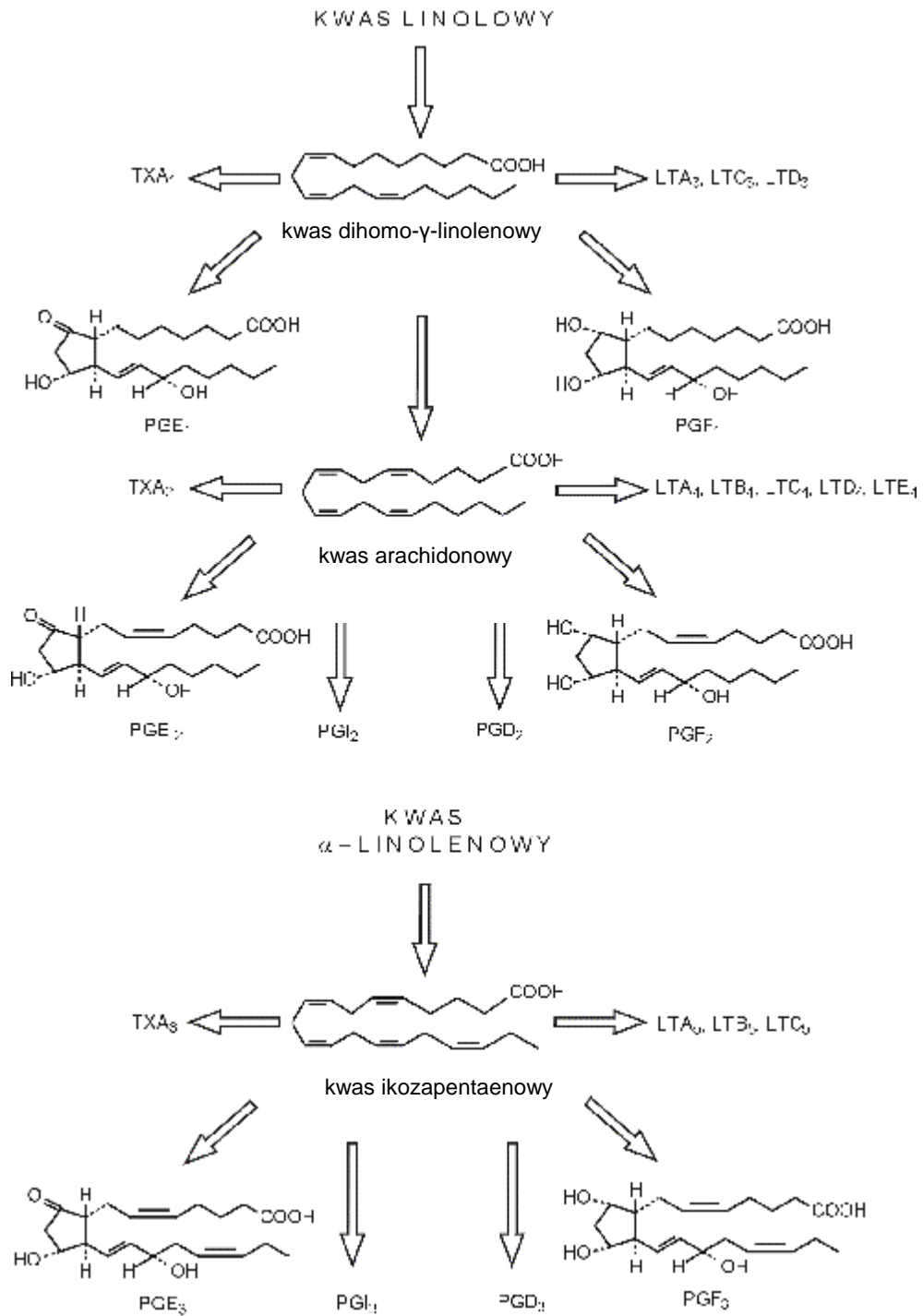
Prostaglandyny są syntetyzowane i wydzielane przez niemal wszystkie komórki ssaków, z wyjątkiem erytrocytów. W odróżnieniu od tradycyjnych hormonów, ich synteza nie jest ograniczona do wyspecjalizowanych komórek. Prostaglandyny wydzielane są bezpośrednio po wytworzeniu i nie są magazynowane w komórkach.

Poszczególne typy prostaglandyn oznacza się symbolami od A do H. Różnią się między sobą grupami funkcyjnymi (ketonową i hydroksylową), ich położeniem lub położeniem wiązania podwójnego w pierścieniu cyklopentanowym, np. prostaglandyny E mają przy C9 grupę ketonową, a prostaglandyny F – grupę hydroksylową w tej pozycji. Prostaglandyny A różnią się od B położeniem wiązania podwójnego, natomiast obie mają grupę ketonową w pozycji C9 pierścienia cyklopentanowego. Prostaglandyny G i H są endoperoksydami, czyli cyklicznymi nadtlenkami, różnią się tym, że PGG ma przy atomie węgla C15 łańcucha alifatycznego (R8) przyłączoną grupę wodoronadtlenkową, natomiast PGH w tej pozycji posiada grupę hydroksylową.



W zależności od liczby wiązań podwójnych, znajdujących się w łańcuchach alifatycznych, poza pierścieniem cyklopentanowym, wyróżnia się trzy serie prostaglandyn PG₁, PG₂ i PG₃. Wartości indeksów dolnych wskazują na liczbę wiązań podwójnych w łańcuchach alifatycznych prostaglandyn.





Poszczególne serie prostaglandyn powstają z trzech różnych egzogennych kwasów tłuszczowych nienasyconych. Kwas dihomo- γ -linolenowy, powstający z kwasu linolowego, jest prekursorem prostaglandyn serii PG₁.

Drugi produkt przemian kwasu linolowego, kwas arachidonowy, jest prekursorem prostaglandyn serii PG₂. Kwas ikozapentaenowy, powstający z kwasu α -linolenowego, jest prekursorem prostaglandyn serii PG₃.

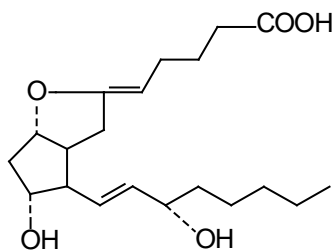
Prostaglandyny mają różnorodne działanie biologiczne, m.in. stymulują stany zapalne, kontrolują transport jonów przez błony, modulują przekazywanie impulsów nerwowych przez synapsy oraz indukują sen. Wpływają na cyklazę adenylnową w tkance tłuszczowej, hamując powstawanie cAMP, działają antagoniście do adrenaliny, a w innych tkankach, np. w płucach, tarczycy, zwiększają stężenie cAMP.

Prostaglandyny (w ilościach 1 ng/ml) modulują funkcjonowanie mięśni gładkich, szczególnie macicy. Działanie różnych prostaglandyn na mięśnie gładkie często jest przeciwstawne, np. prostaglandyny F stymulują skurcz, a prostaglandyny A i E stymulują rozkurcz mięśni gładkich. Równowaga między nimi odpowiedzialna jest za utrzymanie odpowiedniego napięcia mięśni gładkich. Stymulujące działanie PGF na skurcze mięśni gładkich, np. macicy, ma szczególne znaczenie w akcji porodowej.

Rozkurczowe działanie PGA prowadzi do rozszerzenia drobnych tętniczek obwodowych, natomiast PGE rozkurcza mięśnie gładkie, szczególnie oskrzeli.

Prostacykliny

Prostacykliny (PGI) są syntetyzowane przez komórki śródbłonna naczyń krwionośnych i silnie hamują agregację płytek krwi.

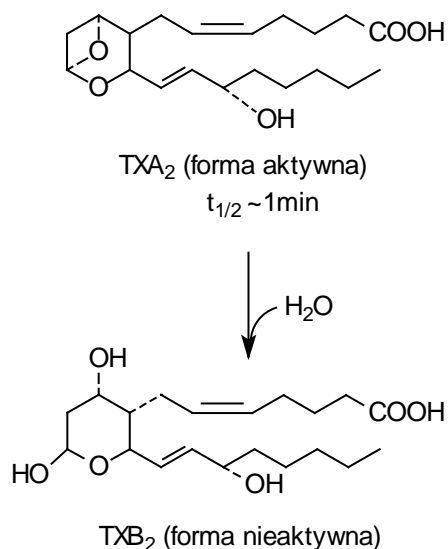


prostacyklina (PGI₂)

PGI₂ i PGI₃ mają jednakowo silne działanie przeciwapagacyjne płytek krwi.

Tromboksany

Tromboksany (TX) powstają w płytkach krwi. W swej strukturze mają pierścień oksanowy, będący pochodną pierścienia cyklopentanowego. Okres półtrwania aktywnej formy tromboksanu wynosi około 1 min, po czym przekształcany jest w formę nieaktywną.

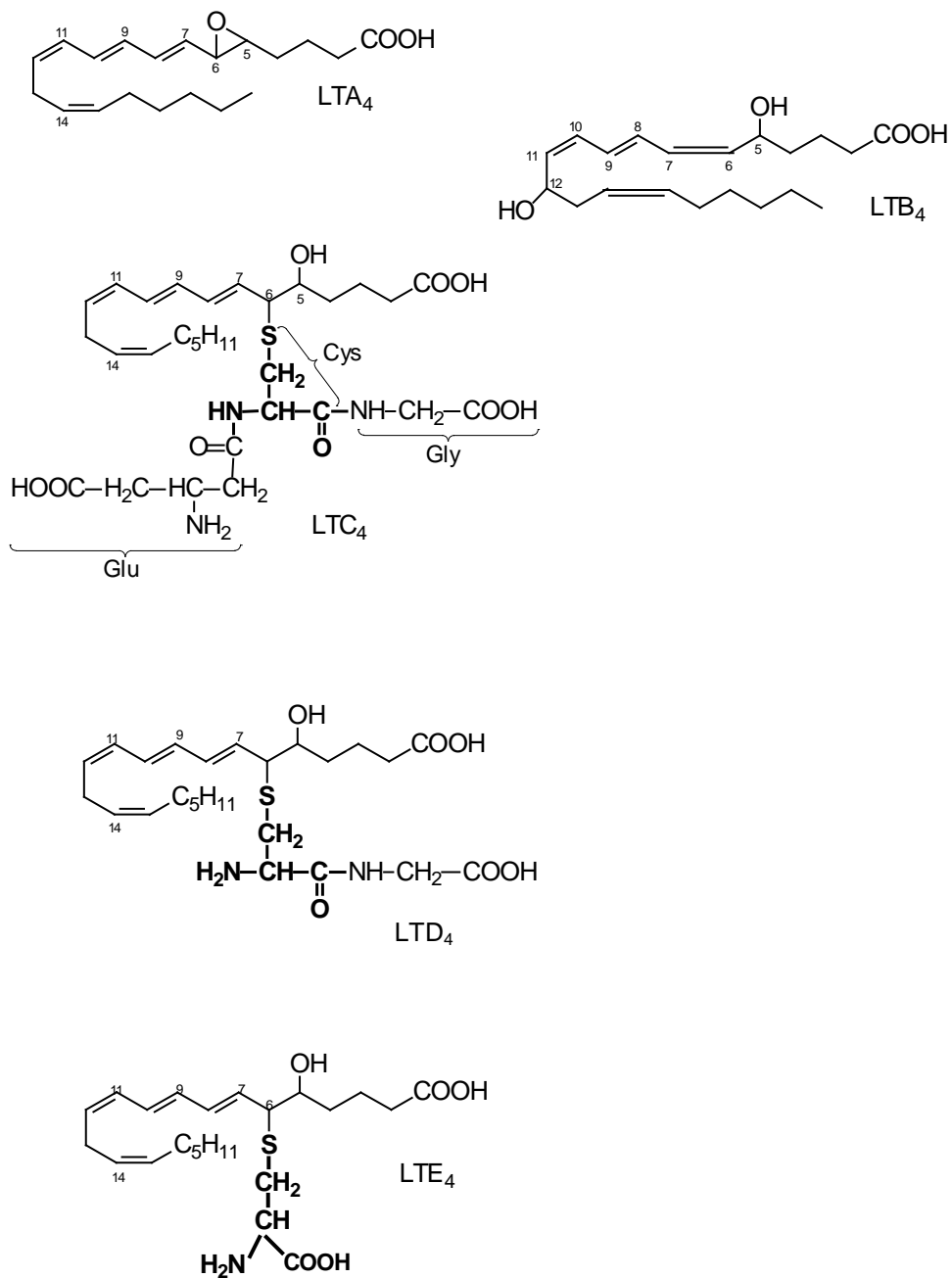


Działanie biologiczne tromboksanów polega na pobudzeniu agregacji płytek krwi i silnym obkurczaniu małych naczyń krwionośnych. Tromboksan TXA₃ jest słabszym czynnikiem agregującym płytki krwi niż TXA₂. Z punktu widzenia prewencji chorób niedokrwiennych serca, korzystne jest spożywanie olejów rybich, bogatych w kwas ikozapentaenowy ($\omega 3$), będącego prekursorem syntezy korzystnych prostanoidów serii 3 (PGI₃ i TXA₃) o przeważającym działaniu przeciwaagregacyjnym.

Leukotrieny

Leukotrieny (LT) powstają z 20 węglowych kwasów polienowych w szlaku lipooksygenazy, w odpowiedzi na bodźce immunologiczne i nieimmunologiczne. Lipooksygenazy katalizują przyłączenie tlenu do atomu węgla w pozycjach 5, 12 i 15 kwasu arachidonowego, powodując powstanie hydroperoksydów (HPETE). Jedynie 5-lipooksygenaza uczestniczy w powstawaniu leukotrienów. Leukotrieny nie należą do prostanoidów, ponieważ nie mają struktury kwasu prostanowego.

W swej strukturze zawierają natomiast układ trzech sprzężonych wiązań podwójnych, o czym informuje ich nazwa. Początkowo izolowano je z leukocytów, dlatego też tak zostały nazwane.



Macierzystym leukotrienem jest LTA₄. Natomiast leukotrieny LTB₄ i LTC₄ powstają z LTA₄. Leukotrien LTB₄ bierze udział w regulacji funkcji neutrofilów i eozynofili, pośrednicząc w ich chemotaksji. Uczestniczy w stymulacji cykazy

adenylanowej oraz pobudza granulocyty do degranulacji i uwalniania lizosomalnych enzymów hydrolitycznych. Przeciwnie, leukotrieny LTC₄, LTD₄ i LTE₄ są czynnikami humoralnymi, które pobudzają skurcze mięśni gładkich, w stopniu nawet 1000-krotnie wyższym niż kurczą mięśnie oskrzeli, np. histamina lub niektóre prostaglandyny. W reakcjach katalizowanych przez enzymy w osoczu LTC₄ jest szybko przekształcany do LTD₄, dzięki usunięciu reszt kwasu glutaminowego. Następnie LTD₄ powoli zostaje przekształcony do LTE₄, skutkiem usunięcia reszty glicyny. Tiopeptydy LTC₄, LTD₄ i LTE₄ składają się na wolno reagujące substancje anafilaksji (SRS-A). Substancje te są przyczyną powolnego rozwijania skurczu o przedłużonym charakterze mięśni gładkich dróg oddechowych i żołądkowo-jelitowych. W organizmie leukotrieny utrzymują się przez 4 godziny.

Tabela 1. Kwasy tłuszczowe nasycone

NAZWY I SYMBOLE KWASÓW NASYCONYCH				
Symbol numeryczny	Struktura $\text{H}_3\text{C}-(\text{R})-\text{COOH}$	Nazwa systematyczna kwas	Nazwa zwyczajowa kwas	Występowanie
4:0	$-(\text{CH}_2)_2-$	butanowy	masłowy	masło
5:0	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{CHCH}_2- \end{array}$	pentanowy	izowalerianowy	tran
6:0	$-(\text{CH}_2)_4-$	heksanowy	kapronowy	orzech kokosowy i w niewielkich ilościach w różnych tłuszczach
8:0	$-(\text{CH}_2)_6-$	oktanowy	kaprylowy	orzech kokosowy i w niewielkich ilościach w różnych tłuszczach
10:0	$-(\text{CH}_2)_8-$	dekanowy	kaprynowy	orzech kokosowy i w niewielkich ilościach w różnych tłuszczach
12:0	$-(\text{CH}_2)_{10}-$	dodekanowy	laurynowy	olej palmowy, olbrot
14:0	$-(\text{CH}_2)_{12}-$	tetradekanowy	mirystynowy	w różnych tłuszczach, olbrocie, niektórych białkach
16:0	$-(\text{CH}_2)_{14}-$	heksadekanowy	palmitynowy	we wszystkich tłuszczach stanowi od kilku do 50%, najwięcej w zwierzęcych tłuszczach
18:0	$-(\text{CH}_2)_{16}-$	oktadekanowy	stearynowy	najwięcej w zwierzęcych tłuszczach
20:0	$-(\text{CH}_2)_{18}-$	ikozanowy ^{a)}	arachidowy	orzeszki ziemne
22:0	$-(\text{CH}_2)_{20}-$	dekozanowy	behenowy	orzeszki ziemne, nasiona rzepaku
24:0	$-(\text{CH}_2)_{22}-$	tetrakozanowy	lignocerynowy	w fosfolipidach: sfingomielinie
26:0	$-(\text{CH}_2)_{24}-$	heksakozanowy	cerotynowy	wosk lniany, pszczele
28:0	$-(\text{CH}_2)_{26}-$	oktakozanowy	montanowy	wosk montanowy

a) Dawniej „eikozanowy

a) dawniej eikozenowy

Tabela 2. Kwasy tłuszczowe monoenowe

NAZWY I SYMBOLE KWASÓW JEDNONIENASYCONYCH					
Symbol numeryczny	Rodzina omega	Struktura $H_3C-(R)-COOH$	Nazwa systematyczna kwas	Nazwa zwyczajowa kwas	Występowanie
4:1	ω 2	$-CH=CH-$	butenowy	krotonowy	olej krotonowy
12:1	ω 8	$-(CH_2)_6CH=CH(CH_2)_2-$	Δ^4 -dodekenowy	linderowy	nasiona niektórych roślin
14:1	ω 5	$-(CH_2)_3CH=CH(CH_2)_7-$	<i>cis</i> - Δ^9 -tetradekenowy	mirystoleinowy	tłuszcz zwierząt morskich
16:1	ω 7	$-(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7-$	<i>cis</i> - Δ^9 -heksadekenowy	palmitoleinowy	większość tłuszczu, również zwierząt morskich
18:1	ω 12	$-(CH_2)_{10}CH=CH(CH_2)_4-$	<i>cis</i> - Δ^6 -oktadekenowy	petroselinowy	rośliny baldaszkowate
18:1	ω 9	$-(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7-$	<i>cis</i> - Δ^9 -oktadekenowy	oleinowy	wszystkie tłuszcze
18:1	ω 9	$-(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7-$	<i>trans</i> - Δ^9 -oktadekenowy	elaidynowy	nienaturalny
18:1	ω 6	$-(CH_2)_4CH=CH(CH_2)_{10}-$	<i>trans</i> - Δ^{12} -oktadekenowy	wakceny	tłuszcz przeżuwaczy, margaryna
20:1	ω 9	$-(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_9-$	<i>cis</i> - Δ^{11} -iکوzenowy ^{a)}	—	tłuszcz zwierząt morskich, nasiona rzepaku
22:1	ω 9	$-(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_{11}-$	<i>cis</i> - Δ^{13} -dokozenowy	erukowy	nasiona rzepaku
22:1	ω 9	$-(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_{11}-$	<i>trans</i> - Δ^{13} -dokozenowy	brasydynowy	tłuszcz zwierząt morskich
24:1	ω 9	$-(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_{13}-$	<i>cis</i> - Δ^{15} -tetrakozenowy	nerwonowy	w fosfolipidach: sfingomielinie, cerebrozydach

Tabela 3. Kwasy tłuszczowe polienowe

NAZWY I SYMBOLE KWASÓW WIELONIENASYCONYCH				
Symbol numeryczny	Rodzina omega	Struktura $H_3C-(R)-COOH$	Nazwa systematyczna kwas	Nazwa zwyczajowa kwas
18:2	ω 6	$-(CH_2)_3(CH_2CH=CH)_2(CH_2)_7-$	<i>cis, cis</i> $\Delta^{9,12}$ -oktadekadienowy	linolowy
18:3	ω 3	$-(CH_2CH=CH)_3(CH_2)_7-$	<i>all cis</i> $\Delta^{9,12,15}$ -oktadekatrienowy	α -linolenowy
18:3	ω 6	$-(CH_2)_3(CH_2CH=CH)_3(CH_2)_4-$	<i>all cis</i> $\Delta^{6,9,12}$ -oktadekatrienowy	γ -linolenowy
18:3	ω 5	$-(CH_2)_3(CH=CH)_3(CH_2)_7-$	<i>cis, cis, trans</i> - $\Delta^{9,11,13}$ -oktadekatrienowy	oleostearynowy
20:2	ω 9	$-(CH_2)_6(CH_2CH=CH)_2(CH_2)_6-$	<i>cis, cis</i> - $\Delta^{8,11}$ -ikozadienowy ^{a)}	————
20:3	ω 9	$-(CH_2)_6(CH_2CH=CH)_3(CH_2)_3-$	<i>all cis</i> - $\Delta^{5,8,11}$ -ikozatrienowy ^{a)}	————
20:3	ω 6	$-(CH_2)_3(CH_2CH=CH)_3(CH_2)_6-$	<i>all cis</i> - $\Delta^{8,11,14}$ -ikozatrienowy ^{a)}	dihomo- γ -linolenowy
20:4	ω 6	$-(CH_2)_3(CH_2CH=CH)_4(CH_2)_3-$	<i>all cis</i> - $\Delta^{5,8,11,14}$ -ikozatetraenowy ^{a)}	arachidonowy
20:5	ω 3	$-(CH_2CH=CH)_5(CH_2)_3-$	<i>all cis</i> - $\Delta^{5,8,11,14,17}$ -ikozapentaenowy ^{a)}	tymnodonowy
22:5	ω 3	$-(CH_2CH=CH)_5(CH_2)_5-$	<i>all cis</i> - $\Delta^{7,10,13,16,19}$ -dokozapentaenowy	klupanodonowy
22:6	ω 3	$-(CH_2CH=CH)_6(CH_2)_2-$	<i>all cis</i> - $\Delta^{4,7,10,13,16,19}$ -dokozaheksaenowy	cerwonowy

^{a)} Dawniej „eikoza”