

Modul cím:

**MEDICINÁLIS ALAPISMERETEK – BIOKÉMIA –
LIPIDEK ANYAGCSERÉJE**

1. kulcsszó cím: A lipidek szerepe az emberi szervezetben

Tartalék energiaforrás, membránstruktúra alkotása, mechanikai védelem, hőszigetelés, szteroid-hormonok képzése, zsírban oldódó vitaminok szintézise. **G001**

Szervezetünk a zsírsavakat trigliceridekformájában raktározza el, melyek legnagyobb mennyiségben a májban és a zsírszövetben képződnek. Egy átlagos férfi teste mintegy 10 kg trigliceridet, vagy zsírt tartalmaz. A nők esetén ez kb. 14 kg.

Pasztázó elektronmikroszkópos kép egy gömbölyű zsírsejtről, amely alatt egy kapilláris ér húzódik. A zsírsejtet kollagén rostok hálózják be. **G002**

Elektron mikroszkópos felvétel egy zsírsejtről, amelyben főleg triglicerideket tartalmazó lipidcseppek (sötét területek) láthatók. **G003**

A lipidcseppek a zsírsejt 'üzemanyag tankjai'. A triglicerideket egy foszfolipid monolayer határol, melynek hidrofób része a trigliceridekkel érintkezik, poláros feji része a citoszól felé néz. A foszfolipid burok felszínén perilipin fehérjék korlátozzák az átjárhatóságot. **G004**

A zsírsejtek legfontosabb feladata a zsír (trigliceridek) raktározása, illetve annak szükség szerinti mobilizációja.

A trigliceridek szintéziséhez a glicerin aktív alakja szükséges - *glicerin-3-foszfát*.

A májban a glükóz mellett glicerinből is képződhet glicerin-3-foszfát. **G005**

A zsírsavakat is aktív állapotba kell hozni, amelynek során ATP segítségével egy koenzimA-hoz (CoA) kötődnek - acil-CoA jön létre. A reakciót az endoplazmatikus retikulum, illetve a mitokondrium külső membránjában található acil-CoA-szintetáz enzim katalizálja. **G006**

Az aktivált komponensekből diacil-glicerin-3-foszfát, majd végül triglicerid keletkezik. **G007**

A foszforil-csoport lehasításával (foszfatáz) lehetőség nyílik egy harmadik aktivált zsírsav megkötésére. A triacil-glicerin, vagyis triglicerid képződését az endoplazmatikus retikulum membránjára

nak triacil-glicerín-szintáz nevű komplexe végzi. **G008**

2. kulcsszó cím: A zsírsavak mobilizálása – Lipolízis

A raktározott zsírsavakhoz a szervezet a lipidek bontásával jut hozzá - ezt a folyamatot nevezzük lipolízisnek. A trigliceridekből a lipáz nevű enzim glicerint és szabad zsírsavat állít elő.

A glicerinből a májban glicerín-3-foszfát képződik, amelyből vagy újra triglicerid lesz, vagy dihidrox-aceton- foszfáton keresztül belép a glikolízisbe. A zsírsavak pedig, mint energiaforrás a vérkeringés útján jutnak el a szervekhez. **G009**

A lipolízis hormonális szabályozás alatt áll: adrenalin, noradrenalin, glukagon, ACTH elősegíti , míg az inzulin gátolja a trigliceridek bontását.

Fizikai aktivitás hatására a lipolízis folyamata felgyorsul. Mint az ábrán is jól látszik, 15 perccel a munkavégzés megkezdése után már jelentős mértékben lecsökken a trigliceridek bontása, aminek hátterében a b- adrenerg receptorok deszenzitizációja áll. **G010**

3. kulcsszó cím: Mi történik a lipolízis termékeivel?

A zsírsejtekből mobilizált zsírsavak a keringési rendszerbe jutva egy albumin nevű fehérjéhez kötődve szállítódnak a szervekhez.

A glicerín a májba szállítódva glicerín-3-foszfáton keresztül dihidrox-aceton-foszfáttá alakul - további útja vagy a glikolízis vagy a glükoneogenezis.

A szervek különböző mértékben hasznosítják a zsírsavakat – a harántcsíktolt izom és a szívizom számára jelentős energiaforrás.

A szabad zsírsavakból a mitokondriumban a b- oxidáció során acetyl-CoA-k (két szénatomos aktív ecetsavak) képződnek.

1. képernyő cím: A zsírsavak mozgása a célszervek között

Izommunka vagy éhezés hatására a zsírszövetben raktározott trigliceridek glicerínre és zsírsavakra bomlanak, és a keringésbe kerülnek. A zsírsavak albuminhoz kötődve szállítódnak a célszervekhez, mint pl. az agy vagy a máj, ahol mint energiaforrás igen fontosak. A glicerín a májba jutva glükózzá alakul. Az izomrostokban található myocelluláris trigliceridek hidrolízise is hozzájárul az energia előállításához. **G011 G012**

2. képernyő cím: A zsírsavak lebontása

A zsírsavak a sejtek mitokondriumaiban a β -oxidáció során bomlanak le több lépésben.

A sejtbe került zsírsav koenzimA-hoz kötődve aktiválódik. Az oxidáció minden körében két szénatommal rövidül a zsírsav, miközben egy *acetyl-CoA* mellett egy *NADH* és *FADH₂* képződik. **G013**

A palmitinsav esetén a β -oxidáció folyamata 7-szer játszódik le, melynek során 8 *acetyl-CoA*, 7 *NADH* és 7 *FADH₂* keletkezik. Az *acetyl-CoA*-k a citrátkörbe kerülnek. G014

3. képernyő cím: A plazma zsírsavtartalmának változása fizikai terhelés során

A fizikai terhelés intenzitásának a mértéke befolyásolja a plazma zsírsav koncentrációját.

1. Alacsony intenzitás esetén emelkedik a plazma zsírsavszintje, mivel az izmok alacsony zsírsavigényével szemben a zsírszövetben magas a lipolízis mértéke.
2. Mérsékelt intenzitású terheléskor kezdetben csökken a zsírsavak koncentrációja, mert bomlásuk gyorsabb, mint a lipolízis hormonális stimulációja. Azonban hosszú idejű aktivitás esetén a lipolízis felgyorsul, így a plazma zsírsavszintje jelentősen megnő.
3. Erős igénybevétel esetén a zsírsavak koncentrációjának csökkenése a zsírszövetben kialakuló vazokonstriktió következménye. **G015**

4. kulcsszó cím: Lipoproteinek

A vérben keringő triglicerideknek és koleszterinnek, illetve észtereinek szállítását a lipoproteinek végzik.

A trigliceridek és a koleszterin-észterek hidrofób tulajdonságuk miatt nem fordulnak elő szabad formában a plazmában, hanem fehérjékből (apoproteinek) és foszfolipidekből álló burokbá csomagolódnak. **G016**

A lipoproteineknek több csoportja van: VLDL, LDL, HDL, kilomikron. **G017**

A táplálékkal felvett lipideket a kilomikron szállítja el a bélből a nyirokereken keresztül. A lipidek mintegy 95%-a triglicerid. **G018**

A koleszterint, és annak észtereit az LDL (Low- Density-Lipoprotein) viszi a keringési rendszerben. Azok a sejtek tudják felvenni a koleszterint a keringésből, amelyek rendelkeznek LDL- receptorokkal. **G019**

1. képernyő cím: A trigliceridek és a koleszterin szállítása

A vérben keringő koleszterin egy részét a HDL (High- Density-Lipoprotein) a májba szállítja, ahol vagy epesav képződik belőle és formájában elhagyja a szervezetet, vagy beépül a VLDL-be (Very-Low-Density-Lipoprotein). Ezért szokták a HDL formát „jó” koleszterinnek nevezni, szemben az LDL „rossz” koleszterinjével. **G020**

Ha a keringési rendszerben a normálnál nagyobb mennyiségű lipid van jelen, akkor annak következménye atherosclerosis, trombózis, szívinfarktus lesz. A **G021** egy normális, és egy elzárt artéria látható. Az ér lumenének mintegy 80%-a van eltömődve zsírok által, akadályozva a normális vérkeringést.

2. képernyő cím: A plazma lipidszintjének változása fizikai terhelés után

Izommunka után a plazma HDL koleszterin- és trigliceridszintje ellentétes irányban változik. Míg a HDL koncentrációja nő, addig a triglicerideké csökken, majd néhány nap múlva visszatér az eredeti értékre. **G022**

5. kulcsszó cím: Ketontestek képződése

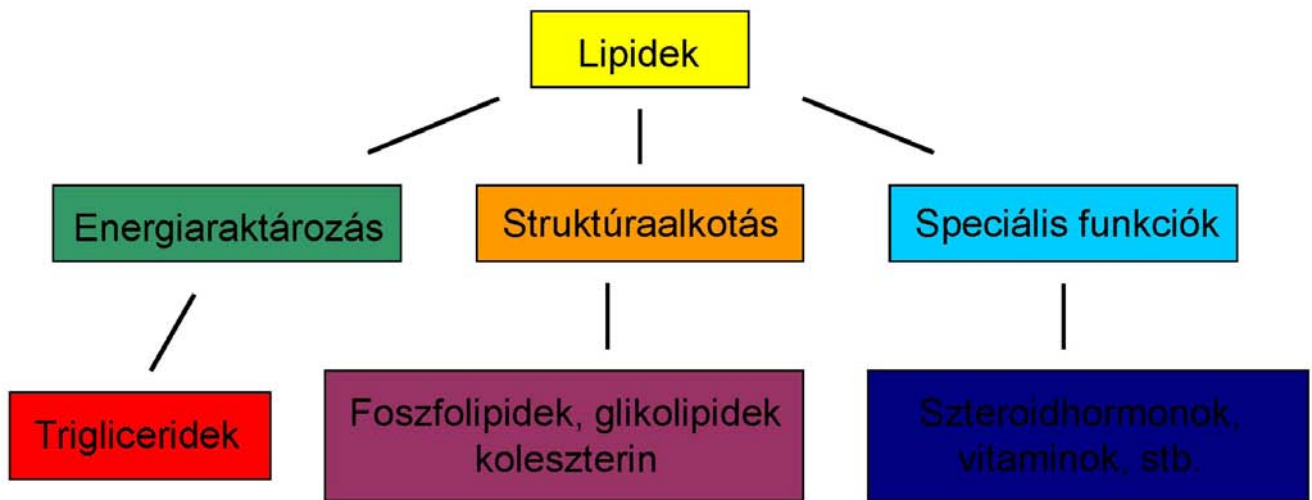
A β -oxidáció során keletkezett acetyl-CoA a citrátkörbe kerül.

A májban azonban acetyl-CoA-ból vízoldékony molekulák, ketontestek is képződnek, melyek a különböző szervekben (pl. izom) energiaforrássul szolgálnak. A ketontestek keletkezésének kiindulási és végtermékei. A szintézis köztes produktumait a két kék nyíl helyettesíti. **G023**

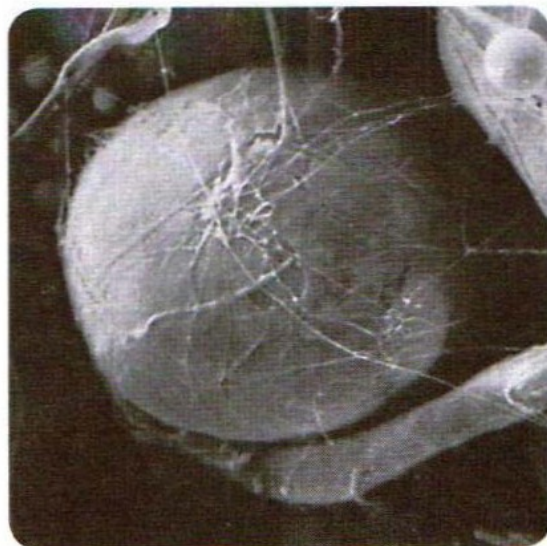
Elegendő szénhidrát mellett is képződnek ketontestek a májban. Fizikai aktivitás, éhezés esetén csökken a szénhidrátok mennyisége, ami beindítja a glükoneogenezis folyamatát. Ilyenkor a glükóz pótlására az oxalacetát egy része használandó el, viszont így nem marad belőle elegendő mennyiség ahhoz, hogy a zsírsavakból keletkezett acetyl-CoA a citrátkörbe tudjon lépni. Következménye a ketontestek felhalmozódása lesz. **G024 G025**

Képgyűjtemény:

- G001

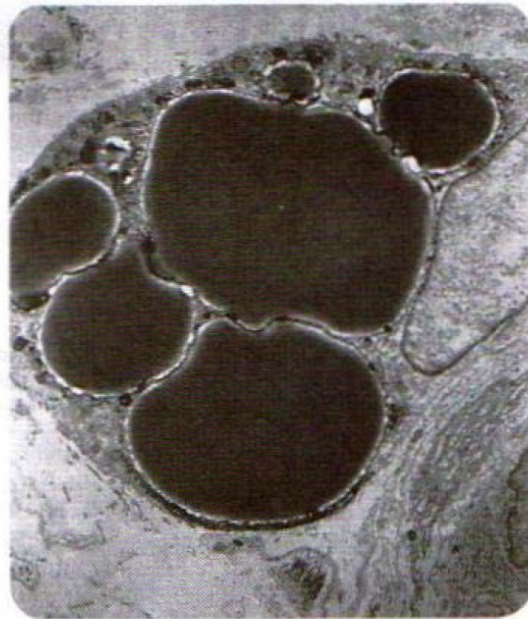


- G002



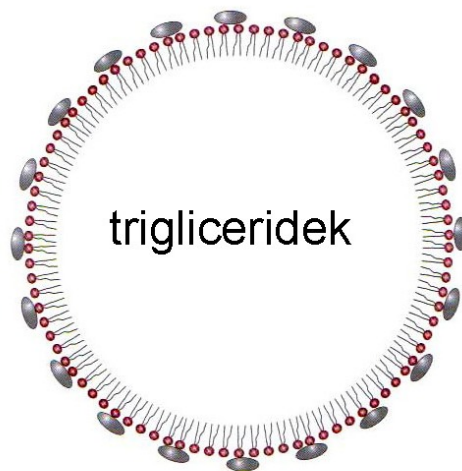
Pásztázó elektronmikroszkópos kép egy gömbölyű zsírsejtről

- **G003**



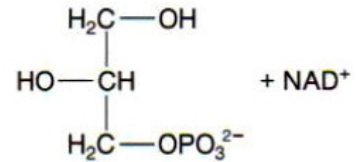
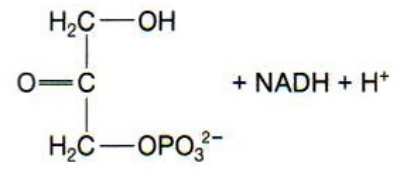
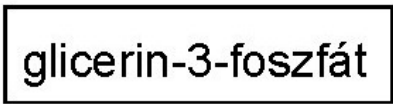
Elektron mikroszkópos felvétel egy zsírsejtről

- **G004**

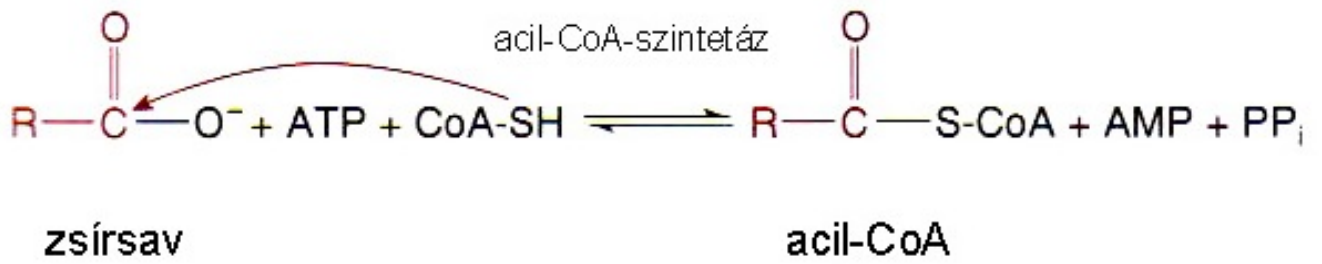


Lipidcsepp

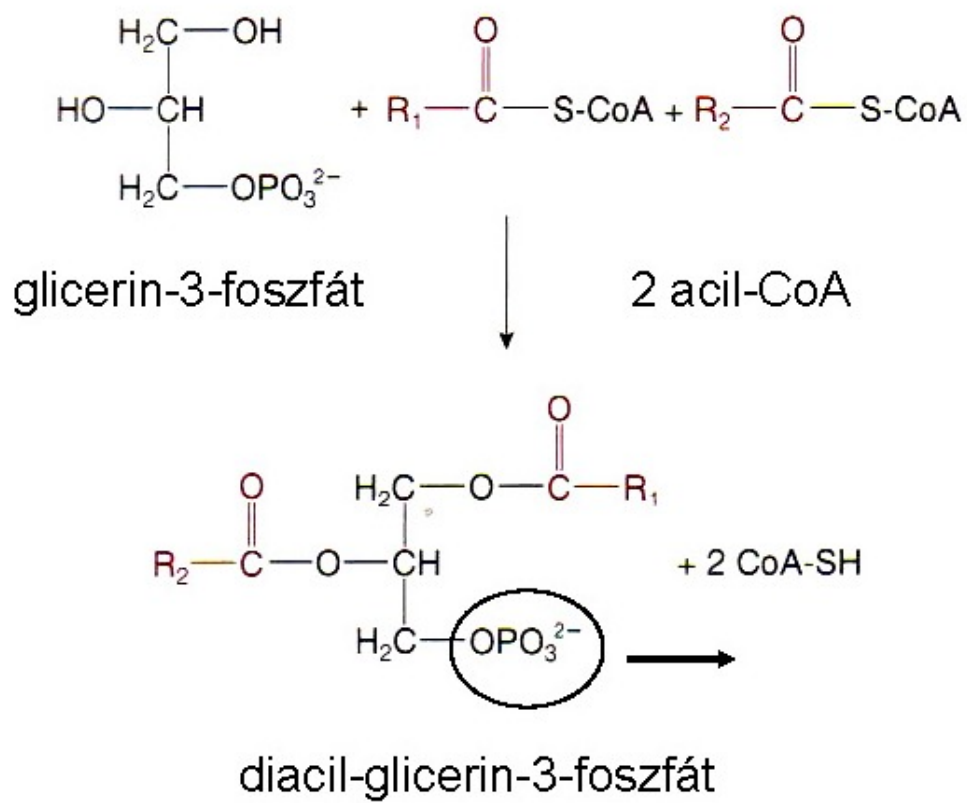
- G005



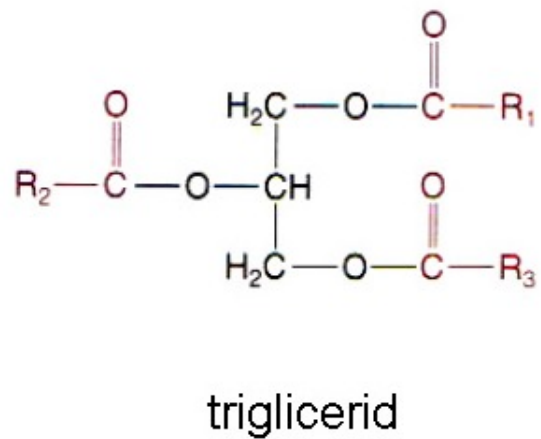
- G006



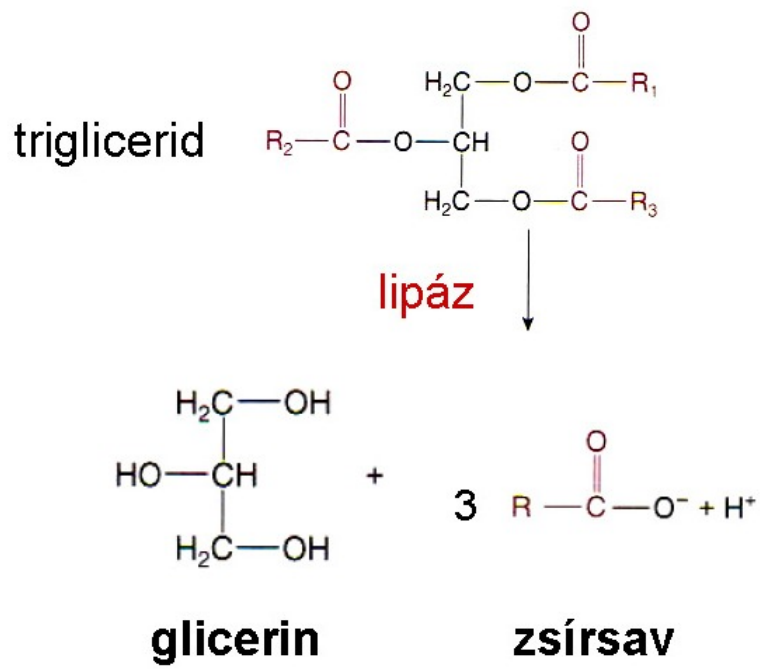
- G007



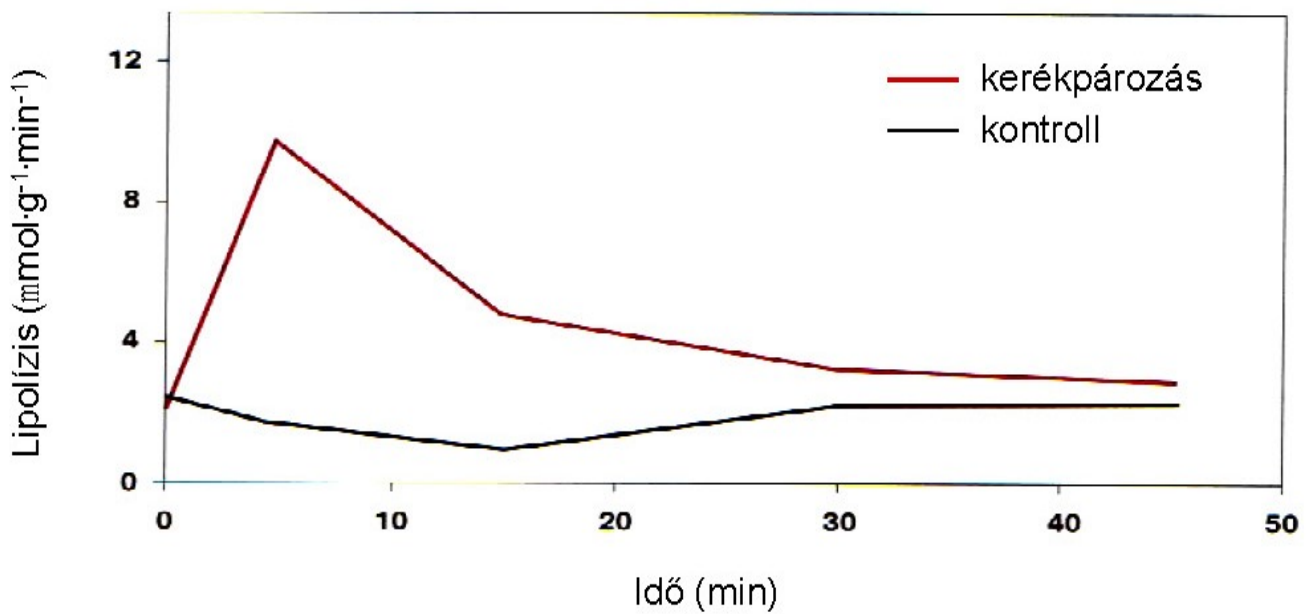
- G008



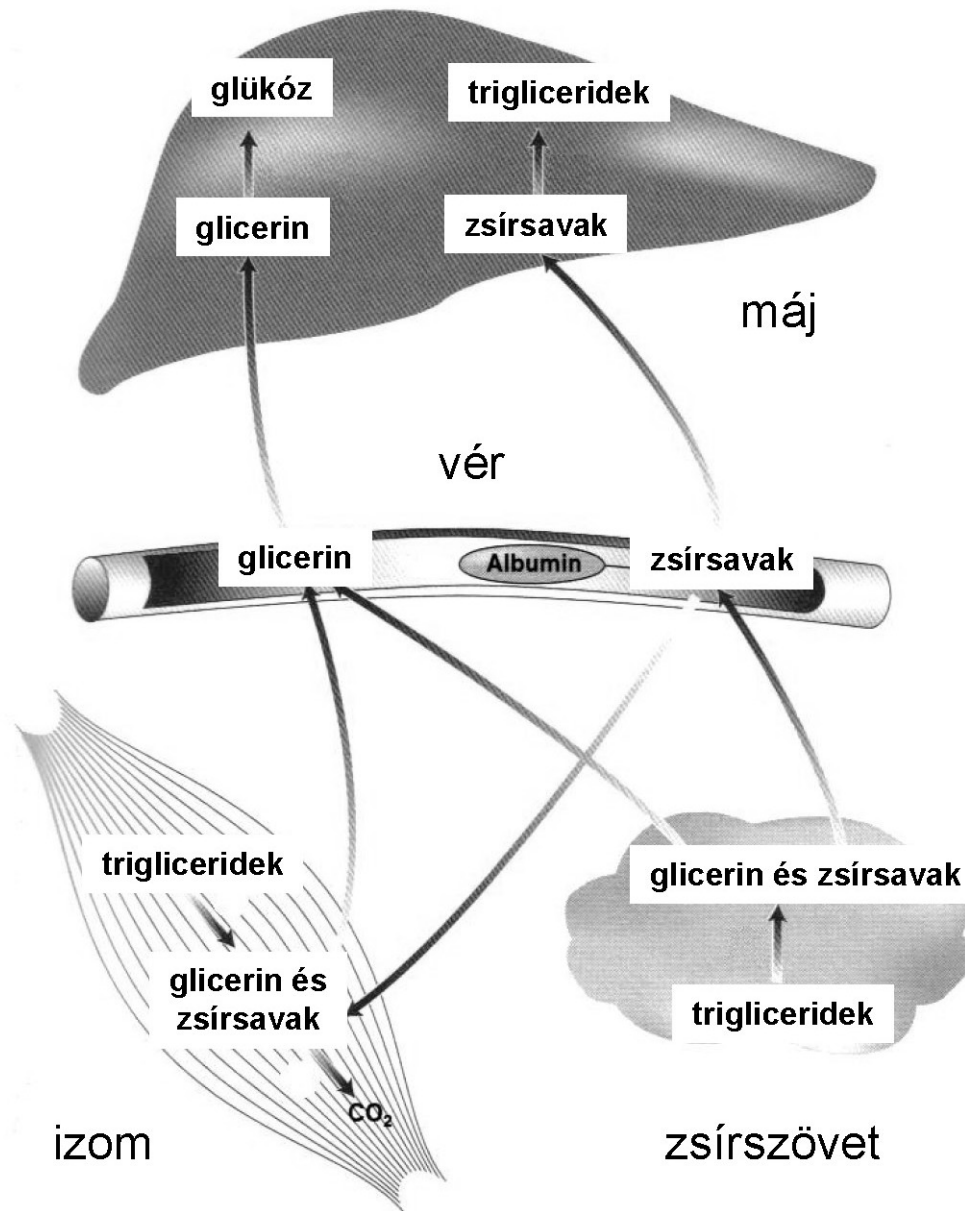
• G009



• G010

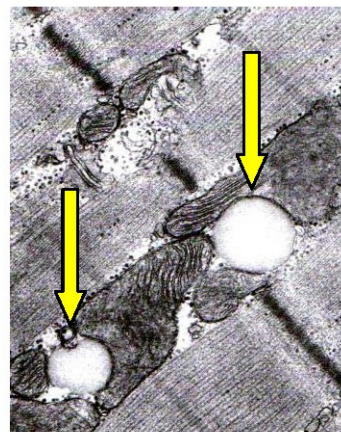


- G011

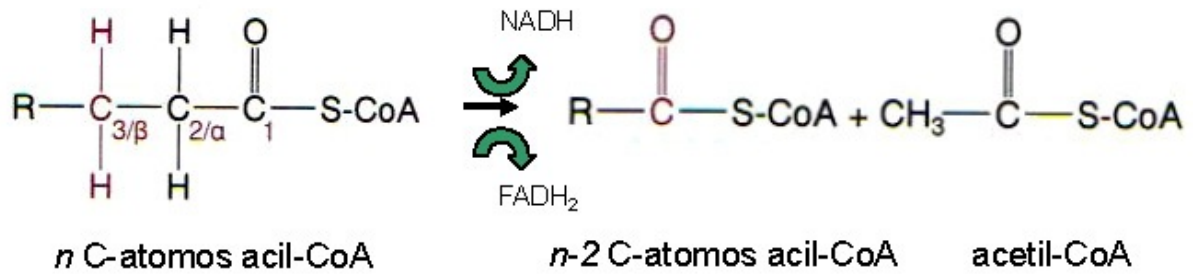


- G012

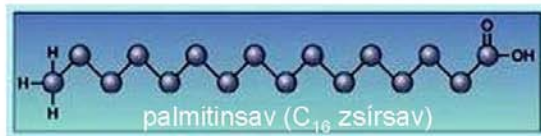
Két lipidcsepp (↓)
egy izomrostban



• G013



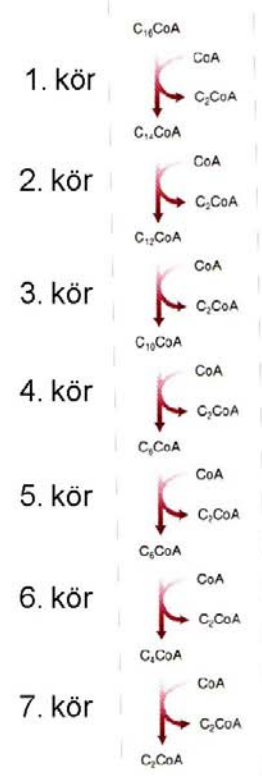
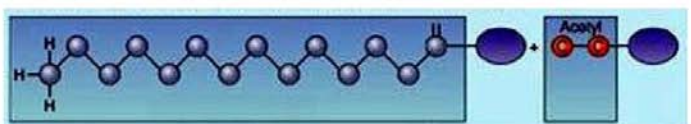
• G014



koenzim-A → aktiválódás

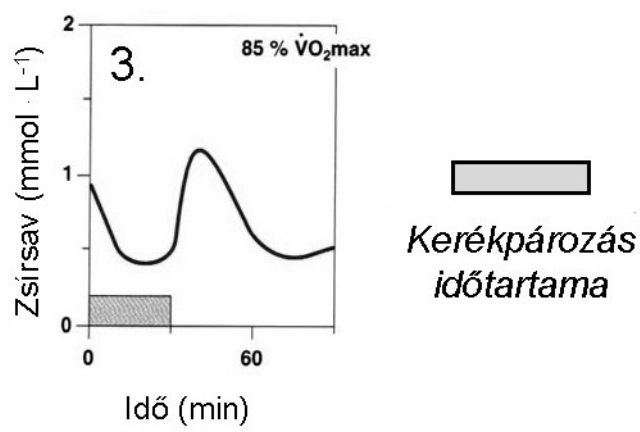
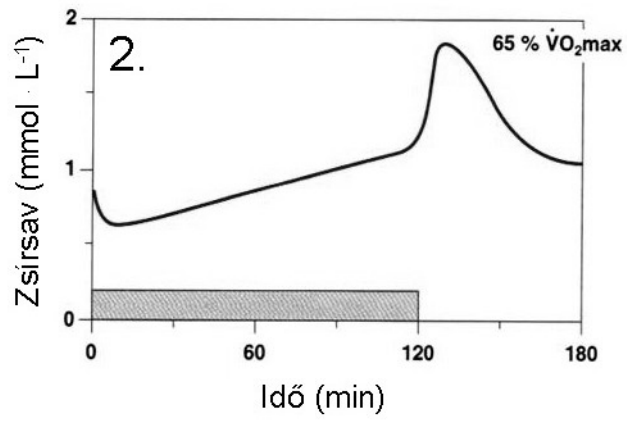
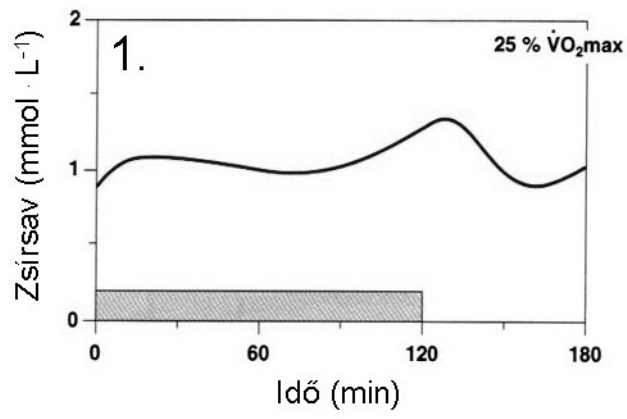


koenzim-A → ATP

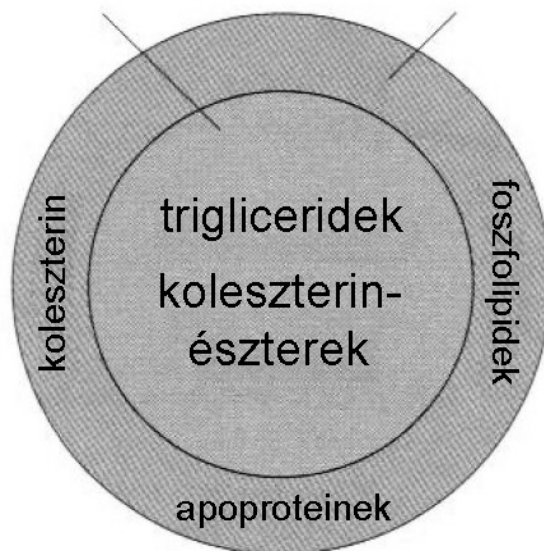


A palmitinsav (C16 zsírsav) b-oxidációja

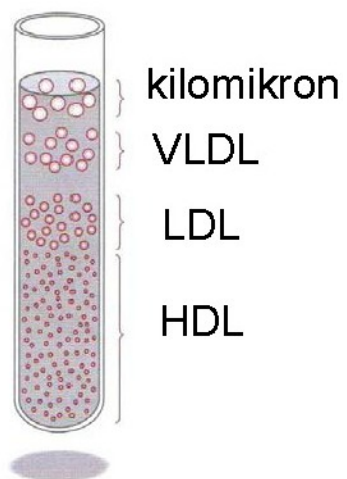
• G015



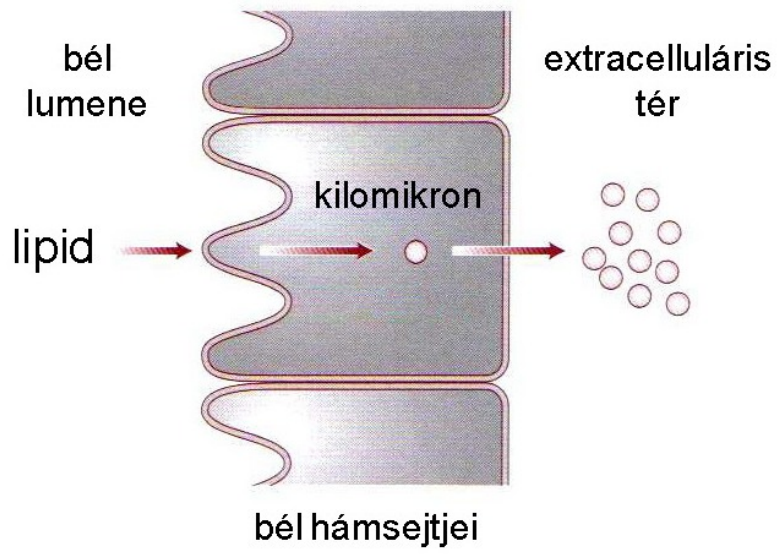
hidrofób belső rész hidrophil burok



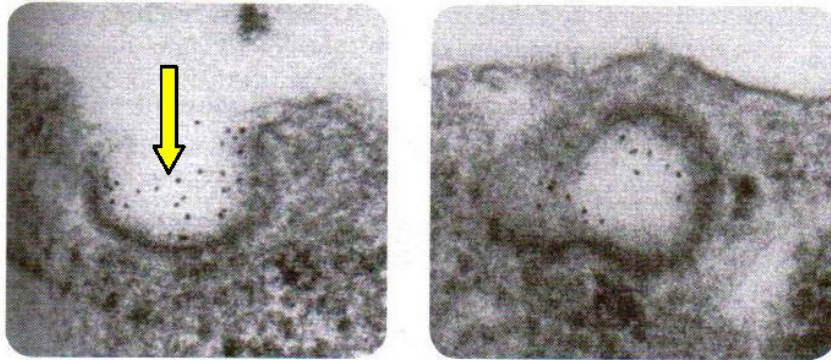
- G017



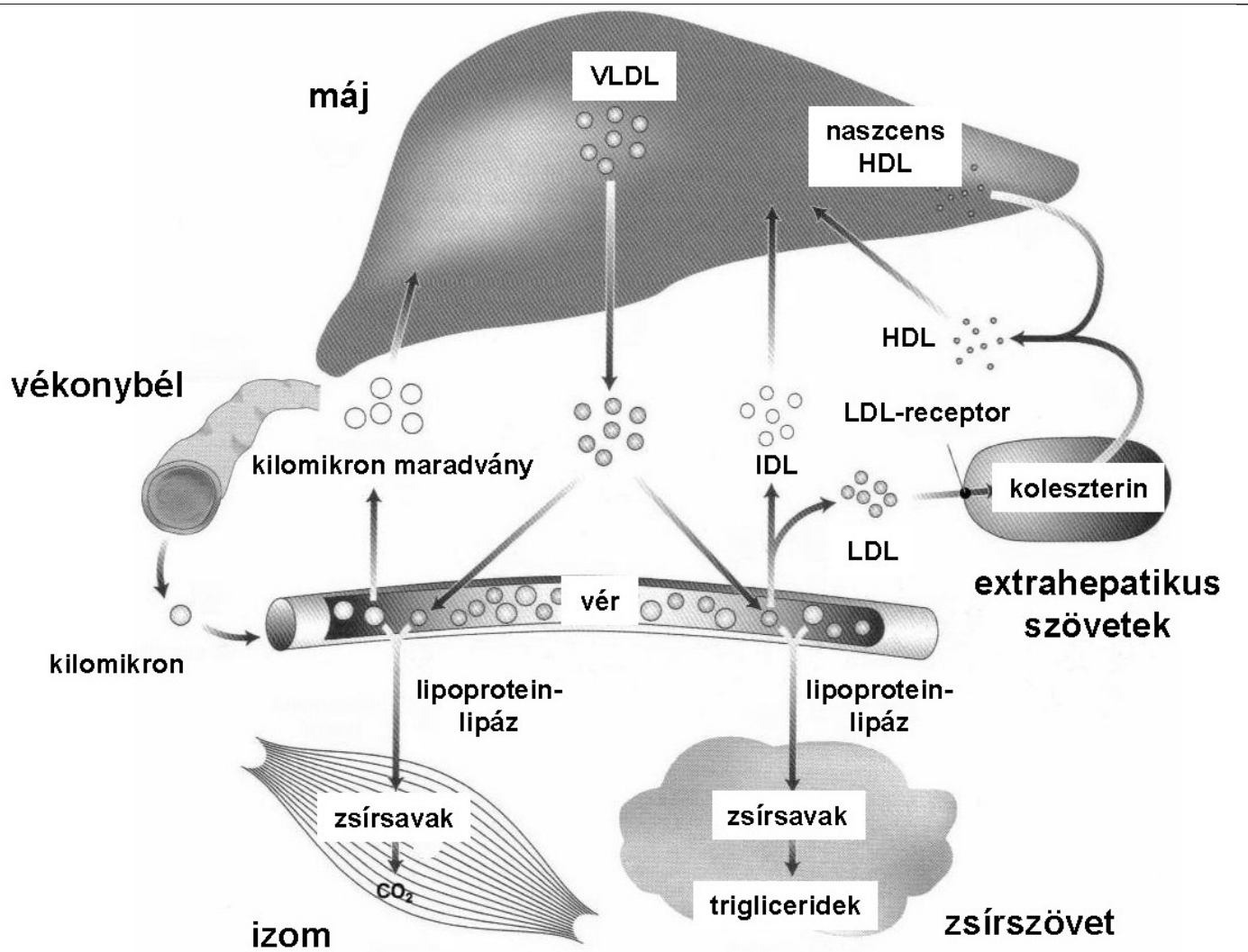
- G018



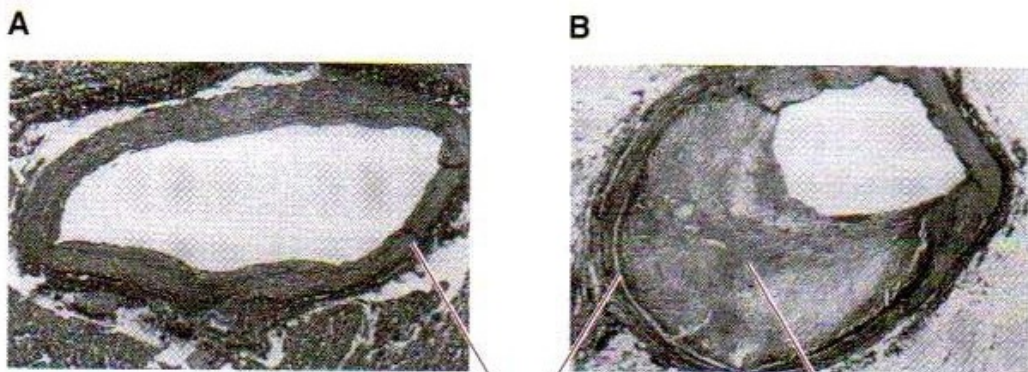
- G019



- G020

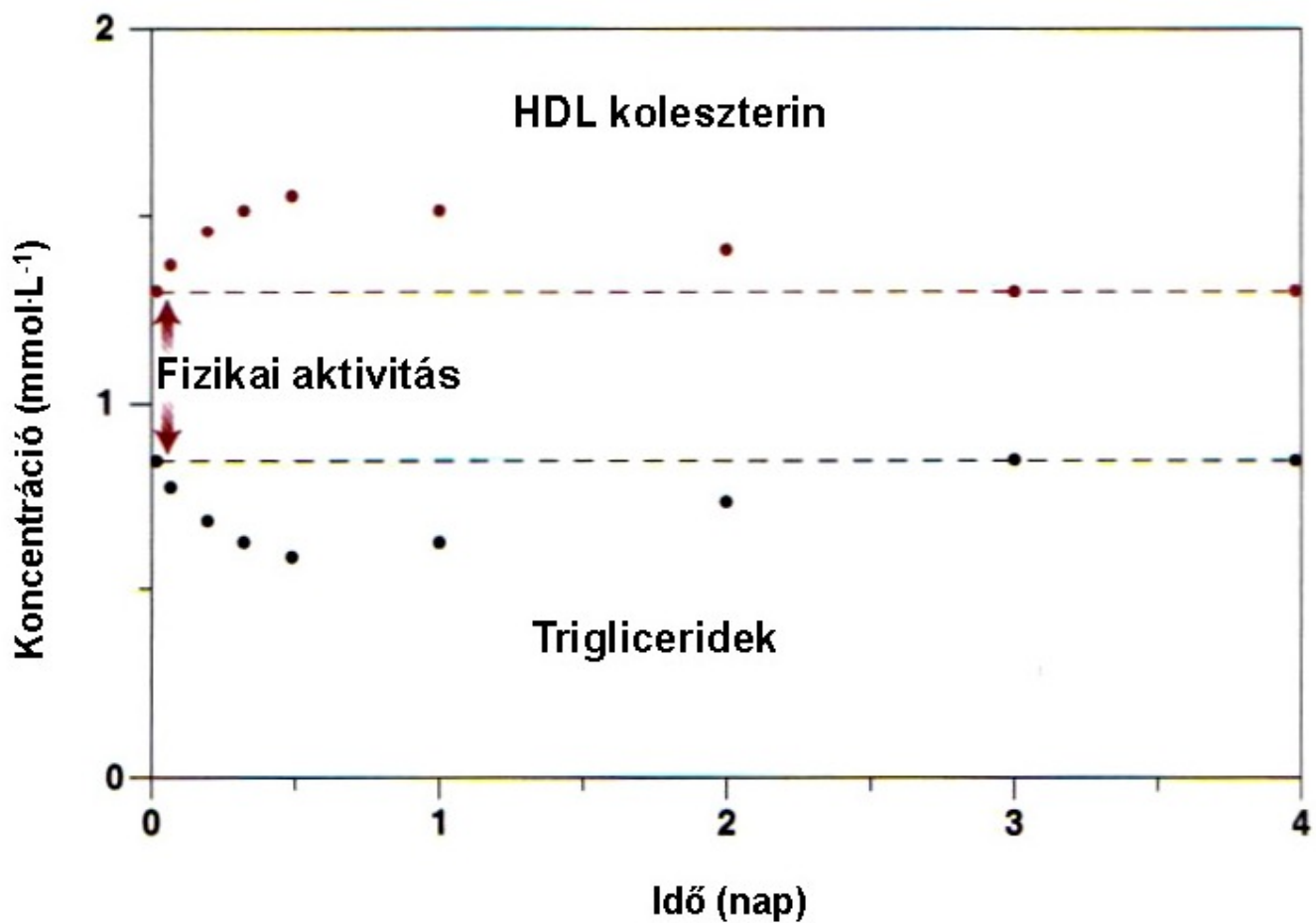


- G021

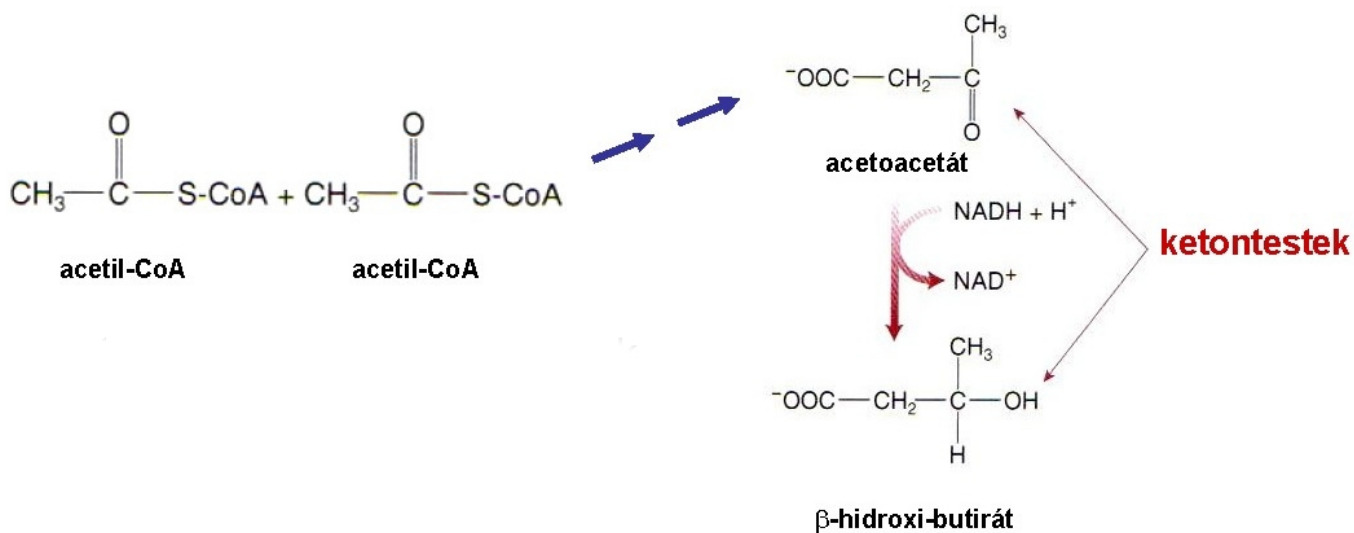


érfal atherosclerotikus plakk

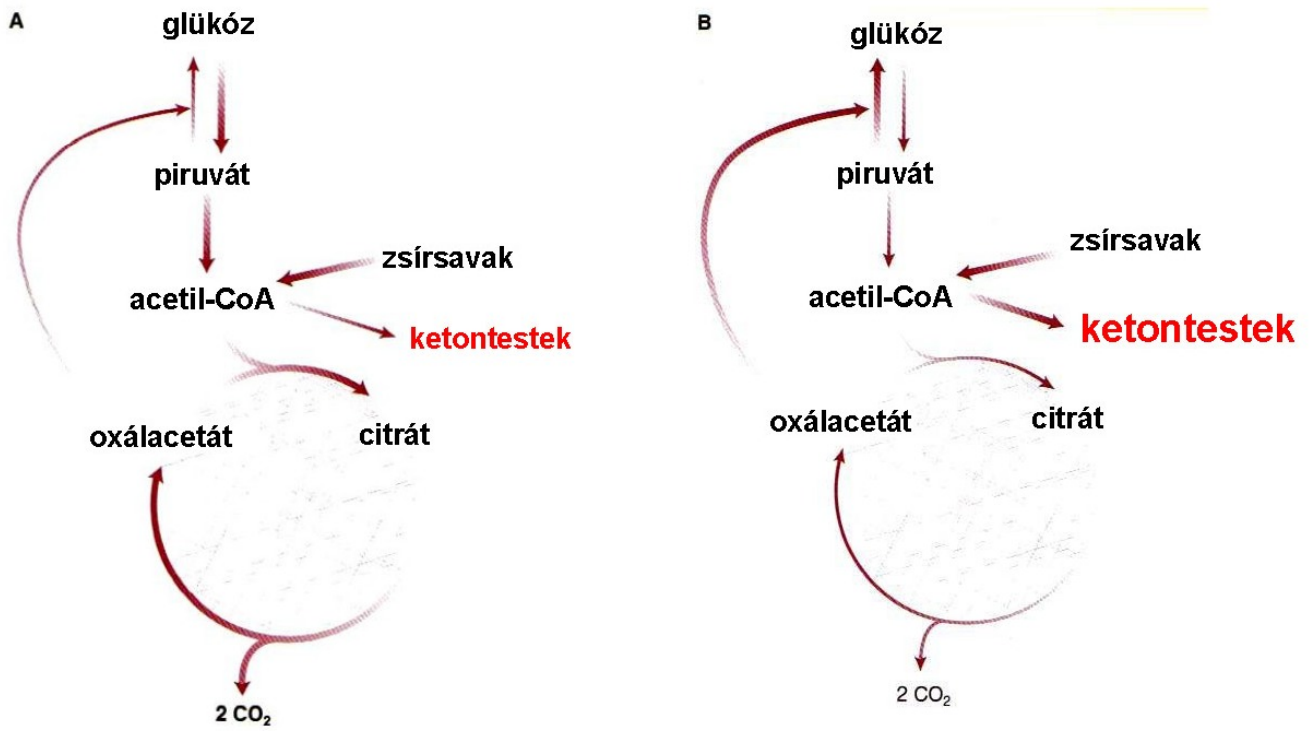
- G022



• G023



• G024



• G025

