

# A zsírok táplálkozás-élettani hatásai, valamint a sporttáplálkozásban betöltött szerepük

## The nutritional and physiological effect of fats, their influences on sports nutrition



Szerzők/Authors:  
**Dr. habil. Fritz Péter**  
egyetemi docens/  
**Péter Fritz Dr. habil.**  
associate professor  
Egészségtudományi vezető/  
Health Sciences Leader:  
Ferencvárosi Torna Club,  
Scitec Institute for Sport  
Performance, Miskolci  
Egyetem/ University of  
Miskolc  
Email: pfritz@hotmail.hu.  
Főbb kutatási terület:  
sporttáplálkozás, rekreáció  
Main areas of research: sports  
nutrition, recreation



**Ignits Dóra/Dóra Ignits**  
Sportdietitian: Scitec Institute  
for Sport Performance  
Email: dori.ignits@gmail.com



**Katona Sára/Sára Katona**  
Sportdietitian: Scitec Institute  
for Sport Performance  
Email:  
sarahann008@gmail.com

### ÖSSZEFOGLALÁS



A zsírok többek között energiát biztosítanak és számos alapvető élettani mechanizmusban is vesznek részt. Az étrendi zsírokat a bennük található kettős kötések alapján csoportosítjuk összefoglaló cikkünkben. A telített zsírsavakban nem található kettős kötés (SFA), míg az egyszerűen telítetlen zsírsavakban egy (MUFA), a többszörösen telítetlen zsírsavakban (PUFA) több kettős is előfordulhat. Az ajánlások szerint célszerű a zsírokból történő energiát 1/3 arányban SFA-ból, 1/3 arányban MUFA-ból és 1/3 arányban PUFA-ból fedezni, de a telített zsírok bevitelét érdemes csökkenteni, amennyire csak lehetséges. Az omega-3 zsírsavak csökkentik a szív- és érrendszer kockázatát azáltal, hogy csökkentik a vér trigliceridszintjét, a plakk-képződést és a vérnyomást, továbbá a sportteljesítményre is pozitívan hatnak. A sportolónak szánt zsírbeviteli ajánlások az energiabevitel százalékos megoszlását tekintve megegyeznek a nem sportolóknak szánt iránymutatásokkal. A zsírbevitel túlzott mértékű csökkentése sportolók esetében gyakran előfordul, azonban a tartósan 20 energia% alatti zsírbevitel többek között a zsírban oldódó vitaminok és esszenciális zsírsavak hiányához vezet. A ketogén étrend magas zsír-, mérsékelt fehérje- és nagyon alacsony szénhidrátbevitelt jelent. Szénhidrát hiányában a glükóz endogéntermelése nem képes lépést tartani a szervezet szükségleteivel, és a ketogenezis megkezdődik, hogy alternatív energiaforrást nyerjen a szervezet ketontestek formájában.

**Kulcsszavak magyarul:** étrendi zsírok, sportteljesítmény, telítetlen zsírsavak, ketogén étrend

### ABSTRACT



Fats are providing energy and they also participate in several fundamental physiological mechanisms. In our summary the dietary fats are grouped according to the double bonds they contain. Double bonding isn't found in saturated fatty acids (SFA), the monounsaturated fatty acids (MUFA) are containing one, the polyunsaturated acids (PUFA) two or more double bonds. According to the recommendations, it is practical to cover the energy deriving from fats by using 1/3 proportion from SFA, 1/3 from MUFA and 1/3 from PUFA, but the reduction of saturated acids intake is suggested, as possible. The omega-3 fatty acids are able to reduce the risk of cardiovascular diseases by reducing the triglyceride level in blood, the plaque formation and blood-pressure, furthermore they have positive effect on sport performance. The fat intake recommendations for athletes regarding the percentage of energy demand correspond to the guidelines made for non-athletes. The excessive reduction of fat intake also often happens to athletes for weight loss or body composition enhancement; however, permanently keeping the fat income under 20 energy% can lead to the deficiency of fat-soluble vitamins and essential fatty acids. Ketogenic diet means high fat, moderate protein and very low carbohydrate intake. In the absence of carbohydrates, the endogenous production of glucose cannot keep up with the body's needs, and the ketogenesis begins so that the body could gain an alternative source of energy in the form of ketone bodies. **Keywords:** fat, sport performance, unsaturated fatty acid, ketogenic diet

### Élettani funkciók

A zsírok szükséges alkotóelemei a kiegyensúlyozott táplálkozásnak, hiszen amellett, hogy energiát biztosítanak, számos alapvető élettani mechanizmusban is részt vesznek. Az étrendi zsírok vagy lipidek alatt értjük a triglicerideket, fosfolipideket és a koleszterint is. Azon szerves molekuláknak az összességét hívjuk lipideknek, amelyek fizikai tulajdonságaikat tekintve legalább részben hidrofóbok. Szerkezetük jelentősen különbözik egymástól. A többi óriásmolekula-csoporttól eltérően nem alkotnak polimereket. Biokémiai szempontból zsírsavnak tekintünk minden olyan karbonsavat, mely a lipidekben előfordul. Az emlősökben gyakran előforduló természetes zsírsavak száma tíz körülire tehető. Ezzel szemben az egész élővilágban körülbelül 100-féle zsírsav található meg. A szervezetben a zsírsavak szabad állapotban nagyon kis koncentrációban vannak jelen, leggyakrabban különböző fehérjékhez kapcsolódnak. Nagy mennyiségben találhatóak a neutrális zsírokból, olajokban, foszfo- és glikolipidekben, valamint viaszokban (Mandl, 2006).

Éhezéskor, valamint szimpatikus idegrendszeri hatásokra olyan hormonok elválasztására kerül sor, melyek aktiválják a zsírsejtet zsírbontó enzimét, így a zsírsavak felszabadulnak a trigliceridekből. Ennek a folyamatnak a neve a lipolízis. A zsírsavak oxidációja jelentős energiafelszabadulással jár, hiszen 1 g triglicerid 40 kJ energiát jelent. Túltápláláskor a zsírsavak triglicerid formájában történő deponálásához vezet a zsírszövetben.

### Physiological functions

Fats are the necessary components of a balanced diet as in addition to providing energy, they also participate in several fundamental physiological mechanisms. Dietary fats or lipids are triglycerides, phospholipids and cholesterol. All the molecules which are at least partly hydrophobic in terms of their physical characteristics are called lipids. Their structure can significantly differ from one another. Unlike other macromolecular groups, they do not form polymers. In a biochemical aspect, every carboxylic acid which appears in lipids is considered fatty acid. The number of natural fatty acids regularly found in mammals can be estimated at around ten. However, in the whole wildlife, about 100 types of fatty acids can be found. In free state, fatty acids are present at a very low concentration in the body, and most often they are bound to different proteins. They can be found in large quantities in fats, oils, phospholipids and glycolipids as well as in wax (Mandl, 2006).

During starvation and the effects of sympathetic nervous system, the hormones which activate the lipolytic enzyme of fatty acids are separated, thus the fatty acids will be released from the triglycerides. This process is called lipolysis. The oxidation of fatty acids generates a significant energy release, since 1g triglyceride means 40 kJ of energy. During overnutrition, it leads to the deposition of the fatty acids in the adipose tissue in the form of triglycerides. This state leads to fat accumulation

Ez az állapot a zsírszövet felszaporodásához – elhízáshoz vezet, mely számos betegség kockázati tényezője.

Számos egyéb vegyület alkotásában vesznek részt a lipidek, többek között a sejtmembrán alkotóelemei (foszfo- és glikolipidek), szterinek (koleszterin, koleszterol), terpének és származékaik (karotinoidok, klorofill, növényi „illó olajok”), epesavak, szteroid hormonok (tesztoszteron, ösztrogén, kortikoszteroidok), és prosztaglandinok (Mandl, 2006).

## Étrendi zsírok

Az étrendi zsírokat leggyakrabban a bennük található kettős kötések alapján csoportosítjuk. A telített zsírsavakban nem található kettős kötés (SFA), míg az egyszerűen telítetlen zsírsavakban egy (MUFA), a többszörösen telítetlen zsírsavakban (PUFA) több kettős is előfordulhat. Ezek a kettős kötések cisz, illetve trans formában is előfordulhatnak, azonban leggyakrabban a cisz konfiguráció jellemző az étrendi zsírsavakra (EFSA, 2017).

A beviteli ajánlásokat szeparáltan is meg szokták adni a különböző zsírsavakra, valamint a transzzsírokat. Ennek okán a többszörösen telítetlen zsírokat további kategóriákra osztják: omega-6 zsírsavak, omega-3 zsírsavak, és hosszú láncú omega-3 zsírsavak (20-nál nagyobb szénatomszámú zsírsavak). Az ajánlások szerint célszerű a zsírokból történő energiát 1/3 arányban SFA-ból, 1/3 arányban MUFA-ból és 1/3 arányban PUFA-ból fedezni (Position of the American Dietetic Association; 2009).

## Teljes zsírbevitel

A zsírok fontos szerepet játszanak a zsírban oldódó vitaminok felszívódásában (A, D, E és K-vitamin) és fontos forrásai az esszenciális zsíroknak, melyet szervezetünk nem képes előállítani, így többek között ezért is fontos, hogy bevitelük megfelelő mennyiségű legyen. Az ajánlottnál magasabb zsírbevitel csökkenti az inzulinérzékenységet, és növelheti a szív- és érbetegségek kialakulásának kockázatát. Az ajánlott napi energiabevitel minimum 20E%–, maximum 35E%–t kell, hogy fedezzék, mely egy 2000 kcal-ás étrend esetében, egy 70 kilogrammos egyénnél minimum 0,6 g/ttkg, maximum 1,1 g/ttkg zsírbevitelt jelent (EFSA, 2017).

## Telített zsírsavak (SFA)

A telített zsírsavak (pl. palmitinsav, sztearinsav, vajsav stb.) előállítására képes a szervezetünk, így nem szükséges táplálékkal bevinni őket. Pozitív, dóziszfüggő kapcsolatot véltek felfedezni a telített zsírbevitel és a vér LDL koleszterin szintje között, mikor szénhidrátokkal hasonlították össze. A nagy mennyiségben telített zsírokat tartalmazó ételek fogyasztásának csökkentése, illetve omega-6 tartamú zsírsavakra történő cseréje csökkenti a szív- és érbetegségek kialakulásának kockázatát. A legújabb ajánlásoknak megfelelően amennyire csak lehetséges, csökkentsük a bevitelüket, melyek állati eredetű termékekben fordulnak elő legnagyobb mennyiségben (EFSA, 2017).

## Egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFA)

Az egyszerűen telítetlen zsírsavakat (palmitinolajsav, olajsav, nervonsav) szintén képes előállítani a szervezetünk, így nem nélkülözhetetlen összetevői az étrendnek. Nem találtak összefüggéseket annak kapcsán, hogy megelőző hatásuk lenne a táplálkozással összefüggő betegségek szempontjából (EFSA, 2017).

## Omega-6 zsírsavak (PUFA)

A többszörösen telítetlen omega-6 zsírsavakat (linolsav) nem képes a szervezet előállítani, így esszenciálisnak minősülnek. Az arachidonsavat képes szervezetünk szintetizálni linolsavból, így nem tekinthető esszenciálisnak, viszont meghatározó szerepet játszik a szervezet metabolikus állandóságában. Pozitív, dóziszfüggő kapcsolat feltételezhető a bevitt omega-6 zsírok és a HDL koleszterinszint között. Legfontosabb omega-6 források: pálmaolaj, napraforgóolaj, repceolaj, szójaolaj, szárnyasok, olajos magvak, tojás, gabonafélék... stb. (EFSA, 2017).

## Omega-3 zsírsavak (PUFA)

Az omega-3 zsírok családjába tartozik az alfa-linolénsav (ALA), eikosaopentaénsav (EPA), és dokozaheksaénsav (DHA), melyek szintén esszenciális zsírsavaknak számítanak, hiszen a szervezet nem képes előállításukra, és nélkülözhetetlenek a metabolikus egyen-

and overweight, which are the risk factors of many diseases.

Lipids also participate in the formation of several other compounds such as the components of the cell membrane (phospholipids and glycolipids), sterols (cholesterol), terpenes and their derivatives (carotenoids, chlorophyll, vegetable „essential oils”) bile acids, steroid hormones (testosterone, oestrogen, corticosteroids) and prostaglandins (Mandl, 2006).

## Dietary fats

Most frequently the dietary fats are grouped according to the double bonds they contain. In the saturated fatty acids (SFA) no double bond can be found, while in the monounsaturated fatty acids (MUFA) there can be one, in the polyunsaturated fatty acids (PUFA) there can be several double bonds. These double bonds can appear in cis or trans form; however, cis configuration is more peculiar to the dietary acids (EFSA, 2017).

The intake recommendations are also given separately for the different fatty acids and trans fats. Therefore, monounsaturated fatty acids are divided into further categories: omega-6 fatty acids, omega-3 fatty acids and long-chain omega-3 (fatty acids with more than 20 carbons). According to the recommendations, it is practical to cover the energy deriving from fats by using 1/3 proportion from SFA, 1/3 from MUFA and 1/3 from PUFA (Position of the American Dietetic Association; 2009).

## Total fat intake

Fats play an important role in the absorption of fat-soluble vitamins (vitamins A, D, E and K), and they are important sources of essential fats which our body cannot produce, thus amongst other things, this is why it is important to intake the appropriate amount of them. A higher than recommended fat intake reduces the insulin sensitivity and increases the risk of developing cardiovascular diseases. They should cover minimum 20E% and maximum 35E% of the recommended daily energy intake, which means minimum 0.6g/kg bw, maximum 1.1g/kg bw fat intake for a 70-kg individual in case of a 2000 calorie diet. (EFSA, 2017).

## Saturated fatty acids (SFA)

Our organism is capable of producing saturated fatty acids (e.g. palmitic acid, stearic acid, butyric acid, etc.), thus it is not necessary to intake them with food. A positive dose-based connection was assumed to be discovered between the intake of saturated fats and LDL-cholesterol level of blood when they were compared with carbohydrates. The reduction of the consumption of food containing saturated fatty acids in large quantities, or replacing them with omega-6 fatty acids reduces the risk of developing cardiovascular diseases. In compliance with the newest recommendations, we should reduce their intake—they appear in the largest quantities in products of animal origin—as much as possible (EFSA, 2017).

## Monounsaturated fatty acids (MUFA)

Our body is also able to produce monounsaturated fatty acids (palmitoleic acid, oleic acid, nervonic acid), thus they are not essential components of the diet. No connection has been found on whether they would have preventive effect relating to diet-related diseases or not.

## Omega-6 fatty acids (PUFA)

The polyunsaturated omega-6 fatty acids (linoleic acid) cannot be produced by the body, thus they are considered essential. Our body is able to synthesise arachidonic acid from linoleic acid, therefore, it is not considered essential but plays a key role in the metabolic stability of the body. A positive, dose-dependent connection can be assumed between the omega-6 fatty acids consumed and HDL-cholesterol level. The most important omega-6 resources are: palm oil, sunflower oil, rapeseed oil, poultry, oil seeds, egg, cereals, etc. (EFSA, 2017).

## Omega-3 fatty acids (PUFA)

The family of omega-3 fatty acids includes alpha-linolenic acid (ALA), eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA), which are also essential fatty acids, as the body cannot

súlyhoz. Képesek csökkenteni a szív- és érbetegségek kockázatát azáltal, hogy csökkentik a vér trigliceridszintjét, plakk-képződést és a vérnyomást. Továbbá gyulladásgátló hatásuk van, közrejátszanak az immunrendszer megfelelő működésében, és a sportteljesítményre is pozitívan hatnak. Napi 250 mg EPA és DHA, vagy heti 2 alkalommal történő halfogyasztás sikeres lehet a primer prevencióban egészséges egyéneknél. A DHA fő forrásai a tengeri halak és a tenger gyümölcsei. A szervezet képes előállítani EPA-t és DHA-t az ALA-ból, viszont nagyon kis mennyiségben (EPA ~8%, DHA ~0,5%), így önmagában az ALA fogyasztás nem képes számottevő emelkedést okozni a vér DHA szintjében. Fő ALA források: lenmag, chia mag, kendermag, dió. Kizárólag növényi étrendet folytatók esetében kiemelt figyelmet kell fordítani a megfelelő omega-3 ellátottságra (Rogerson, 2017).

## Transzsírsavak

A transzsírsavak előállítására nem képes a szervezetünk, illetve nincs is szükségünk fogyasztásukra. A rendelkezésre álló adatok azt mutatják, hogy a kérődző állatokból származó transzsírsavak ellenőrzött hatást gyakorolnak a vérzsírparaméterekre, mint az élelmiszeripari gyártás során keletkezett veriók abban az esetben, ha azonos mennyiségben fogyasztják őket. Prospektív, kohorsz tanulmányok azt mutatták, hogy a magasabb transzsírsavbevitel és a nagyobb szív- és érbetegség-kockázat között pozitív kapcsolat áll fenn. Ennek kapcsán megállapítottak egy olyan maximális határértéket (<1% a teljes energiabevitelenek, illetve a lehetőségek szerinti legalacsonyabb bevitel), mellyel csökkenteni lehet a transzsírsavak bevitelét, ugyanakkor nem sérül az esszenciális tápanyagok mennyisége (EFSA, 2017). Továbbá olyan kampányokat és politikai intézkedéseket vezettek be, melyekkel az élelmiszergyártókat és éttermeket arra ösztönözték, hogy csökkentsék az élelmiszerek transzsírsavtartalmát azáltal, hogy alternatív zsírokra cserélik. Azonban ezt jellemzően telített zsírokkal oldják meg (pálmazsír, kókuszzsír), így növekedni fog az adott élelmiszer telítettzsír-sav-tartalma (Mozaffarian et al. 2010). A nemzetközi ajánlásoknak megfelelően amennyire csak lehetséges, csökkentsük a bevitelüket (EFSA, 2017).

## Koleszterin

A koleszterin a sejtek plazmamembránjában fordul elő jelentős mennyiségben, de sok található a vörösvértest-membránban és a mielinhüvelyben is. Szerkezeti tulajdonságainál fogva a membránfluiditást befolyásolja: a fluid membránokat merevít, a túl viszkózus membránok „befagyását” viszont gátolja. Általános membránhatásán túlmenően a koleszterin egyes membránenzimek működésére is hat (Mandl, 2006). Előállítására képes az emberi szervezet, a legnagyobb hatással a telített zsírsavak fogyasztása van a vérplazma LDL koleszterin szintjére, mely között pozitív dózisfüggő összefüggés van. A legtöbb étrendi koleszterin olyan forrásokból származik, melyek szintén jelentős telítettzsír-sav-források, mint a tejtermékek és húskészítmények (EFSA, 2017).

## Zsírbeviteli ajánlások sportolóknak

A sportolóknak szánt zsírbeviteli ajánlások megegyeznek a nem sportolóknak szánt iránymutatókkal, természetesen az egyéni szükségleteket, sportcélakat és a szükséges testösszetétel-változtatásokat figyelembe véve. Általában ajánlott, hogy a sportolók átlagos mennyiségű zsírt (napi energiabevitelük körülbelül 30%-át) fogyasztanak, azonban rendszeres nagy intenzitású edzés mellett a napi energiaigény legfeljebb 50%-ig biztonsággal növelhető a zsírbevitel. Kutatások bizonyítják, hogy emelt zsírbevitel mellett magasabb a vérben lévő tesztoszteron koncentrációja, mint alacsonyabb zsírbevitel esetén (Kreider et al. 2010), mely anabolikus hatása lévén fokozza az izomfehérje-szintézist.

A testzsír csökkentése esetén azonban ajánlott a zsírbevitelt is mérsékelni, napi 0,5-1 g/testtömegkilogramm/zsír fogyasztani. Ennek oka az, hogy egyes testzsír-csökkentést vizsgáló tanulmányok azt mutatják, hogy azok a sportolók a leg sikeresebbek a testtömegcsökkenés és a fogyás fenntartásában, akik kevesebb mint napi 40 g zsírt fogyasztanak (Kreider et al. 2010), azonban frissebb kutatások szerint a különböző tápanyagok megszorításán alapuló diéták (alacsony zsírtartalmú/alacsony szénhidráttartalmú/ketogén) egyaránt hatásosak lehetnek a testösszetétel kedvezőbb irányba történő változtatásában, amennyiben a kalóriadeficit fennáll (Aragon et al. 2017). A zsírbevitel túlzott mértékű csökkentése sportolók esetében is gyakran előfordul

produce them and they are indispensable for the metabolic stability. They are able to reduce the risk of cardiovascular diseases by reducing the triglyceride level in blood, the plaque formation and blood-pressure. Furthermore, they are anti-inflammatory, contribute to the normal function of the immune system, and they also have positive effect on the sport performance. Consuming 250 mg of EPA and DHA per day, or fish twice per week can be successful for healthy individuals in primary prevention. The main sources of DHA are fish and seafood. The body can produce EPA and DHA from ALA but only in a very small amount (EPA ~8%, DHA ~0.5%), thus the sole consumption of ALA cannot cause a substantial increase in the DHL level of blood. Main ALA sources are: linseed, chia seed, hemp seed and walnut. Those having only vegetarian diet must pay particular attention to the appropriate omega-3 supply (Rogerson, 2017).

## Trans fatty acids

Our body cannot produce trans fatty acids, and we do not need to consume them. The available data shows that trans fatty acids derived from ruminants have opposite effect on the blood lipids parameters than those versions produced by the food industry if they are consumed in the same quantity. Prospective cohort studies show that there is a positive connection between the higher income of trans fatty acids and the higher risk of cardiovascular diseases. In that regard, a maximum limit (<1% of the total energy income or the lowest intake where possible) was determined, by which the intake of trans fatty acids can be reduced while the amount of essential nutrients is not affected (EFSA, 2017). Furthermore, campaigns and political measures were introduced which encouraged the food producers and the restaurants to reduce the trans fatty acid content of food by replacing them to alternative fats. However, it is usually solved by using saturated fats, thus the saturated fatty acid content of the given food will increase (Mozaffarian et al. 2010). In compliance with the international recommendations, we should reduce their consumption as much as possible (EFSA, 2017).

## Cholesterol

Cholesterol appears in significant quantities in the plasma membrane of cells, but a lot of them can also be found in the erythrocyte membrane and myelin sheath. Due to its structural properties, it influences the membrane fluidity: the fluid stiffens membranes but prevents the membranes that is too viscous from “freezing”. In addition to its general effect on the membrane, cholesterol also affects the function of membrane enzymes. The human body is able to produce it; the consumption of saturated fatty acids has the greatest impact on the LDL-cholesterol level between which there is a positive dose-based correlation. Most dietary cholesterol originates from sources that are also significant sources of saturated fatty acids such as dairy products and meat products (EFSA, 2017).

## Fat Intake Recommendations for athletes

The fat intake recommendations correspond to the guidelines made for non-athletes, but naturally they take into account the individual needs, the sports purposes and the necessary body composition changes. It is usually recommended the athletes to consume an average quantity of fats (about 30% of their daily energy intake); however, with regular and high-intensity training, the fat intake can be safely increased by the maximum of 50% of the daily energy demand. The research proves that in case of increased fat intake, the testosterone concentration in the blood is higher than in case of lower fat intake (Kreider et al. 2010), which enhances the muscle protein synthesis by its anabolic effect.

However, for the reduction of body fat, it is recommended to reduce the fat intake as well, and consume 0,5-1 g/kg body weight/day of fat. The reason for this is that studies on body fat reduction indicate that those athletes are the most successful in the maintenance of body fat reduction and weight loss, who consume less than 40g of fat per day (Kreider et al. 2010); however, according to recent research, diets based on the restraint of different nutrients (low-fat / low-carbohydrate / ketogenic diet) can also be effective in the favourable change of body composition, if a caloric deficit persists (Aragon et al. 2017). The excessive reduction of fat intake also often happens to athletes



testsúlycsökkentés vagy testösszetétel-javítás céljából, azonban a tartósan 20 energia% alatti zsírbevitel többek között a zsírban oldódó vitaminok és esszenciális zsírsavak hiányához vezet (Thomas et al. 2016).

## Ketogén étrend

A ketogén étrend magas zsír-, mérsékelt fehérje- és nagyon alacsony szénhidrátbevitelt jelent. Az étkezési makronutriensek körülbelül 55-60%-a zsír, 30-35%-a fehérje és 5-10%-a szénhidrát. Szemléletesen egy 2000 kcal energiataralmú ketogén étrendben a szénhidrátok mennyisége napi 20-50 g között mozog (Masood & Uppaluri, 2018).

Alapvetően a szervezet elsődleges energiaforrásai a szénhidrátok, azonban, ha nincs elegendő belőlük, az inzulinszekréció jelentősen csökken, és a szervezet katabolikus állapotba kerül. Ilyenkor két metabolikus folyamat lép fel: glükoneogenezis és ketogenezis. Szénhidrát hiányában a glükóz endogéntermelése nem képes lépést tartani a szervezet szükségleteivel, és a ketogenezis megkezdődik, hogy alternatív energiaforrást nyerjen a szervezet ketontestek formájában. A ketontestek a glükózt, mint elsődleges energiaforrást helyettesítik. Az alacsony vércukorszint miatt fellépő ketogenezis során az inzulinkiválasztás ingere is alacsony, ami jelentősen csökkenti a zsír és a glükóz tárolására irányuló ingereket. A zsírsavak acetoacetáttá metabolizálódnak, amelyek később béta-hidroxi-butiráttá és acetonná alakulnak. Ezt a metabolikus állapotot „táplálkozási ketózisnak” nevezzik, és ez mindaddig fennáll, amíg a szervezettől megfosztjuk a szénhidrátokat. A táplálkozási ketózis állapot meglehetősen biztonságosnak tekinthető, mivel a ketontesteket kis koncentrációban állítja elő a szervezet anélkül, hogy a vér pH-ja megváltozna. Ez az állapot nagyban különbözik a ketoacidózistól, mely egy életveszélyes állapot, ahol a ketontestek rendkívül nagyobb koncentrációban keletkeznek, így eltolva a vér pH-értékét a savas irányba (Masood & Uppaluri, 2018).

A testben szintetizált ketontestek könnyen felhasználhatók a szív, az izomszövet és a vesék energiatermelésére. A ketontestek átjutnak a vér-agy gáton is, hogy alternatív energiaforrást biztosítsanak az agy számára. A ketontestek termelése számos tényezőtől függ, mint az alapanyagcsere (BMR), a testtömegindex (BMI) és a testzsírszázalék (Masood & Uppaluri, 2018).

A ketontestek több adenozin-trifoszfátot termelnek a glükózhoz képest, néha „szuper üzemanyag” is nevezik. 100 gramm acetoacetát 9400 g ATP-t generál, és 100 g béta-hidroxi-butirát 10 500 gramm ATP-t eredményez; míg 100 gramm glükóz csak 8700 gramm ATP-t termel. Ez lehetővé teszi a szervezet számára a hatékony üzemanyag-termelés fenntartását még kalória-hiány esetén is (Masood & Uppaluri, 2018).

A ketogén étrend leggyakoribb és viszonylag rövid távú mellékhatásai közé tartozik például az émelygés, hányás, fejfájás, fáradtság, szédülés, álmatlanság és székrekedés, melyeket „keto influenza” néven említenek. Ezek a tünetek néhány nap alatt vagy néhány hét alatt elmúlnak. Hosszú távú káros hatások közé tartozhatnak a máj steatosisa, hypoproteinemia, vesekövek kialakulása, valamint vitamin- és ásványianyag-hiány. A ketogén étrend ellenjavallt pancreatitisben, májelégtelenségben, zsírsavcsere-zavarokban, primer karnitin hiányban, karnitin-palmitiltranszferáz-hiányban, karnitin-transzlokushányban, porphyriában vagy piruvát-kináz-hiányban (Masood & Uppaluri, 2018).

Számos tanulmány szerint a ketogén étrend testzsírcsökkenést eredményez, azonban ennek mikéntje még számos kérdést vet fel (Aragon et al. 2017). Bizonyított, hogy a ketogén étrend csökkenti a viscerális zsír mennyiségét, mely számos egészségügyi előnnyel jár, mindezt az izomtömeg megtartása mellett (Vargas et al. 2018). Ezek a testösszetétel-változások általában pozitívan hatnak a sportolók teljesítményére.

Vannak bátorító adatok arra vonatkozóan, hogy a ketogén étrend hasznos lehet bizonyos sportokban, ide tartoznak például a súlycsoportos és esztétikai, valamint az állóképességi sportok, viszont ez a terület számos további kutatást igényel (Paoli et al. 2015). A ketogén étrend ergogén hatása erősportokban jelenleg nem egyértelműen tisztázott, állóképességi sportoknál azonban számos pozitív hatásról számolnak be (Aragon et al. 2017).

Jelenleg kevés tanulmány foglalkozik a ketogén étrend hosszú távú hatásaival és következményeivel, azonban az effajta szigorú megszorításokon alapuló diétákat általában nehéz hosszú távon tartani.

for weight loss or body composition enhancement; however, permanently keeping the fat income under 20 energy% can lead to the deficiency of fat-soluble vitamins and essential fatty acids (Thomas et al. 2016).

## Ketogenic diet

Ketogenic diet means high fat, moderate protein and very low carbohydrate intake. The dietary macronutrients are about 55-60% of fat, 30-35% protein and 5-10% carbohydrate. As an illustration, in a 2000 kcal ketogenic diet the daily amount of carbohydrates is between 20 and 50g (Masood & Uppaluri, 2018).

Basically the body's primary sources of energy are the carbohydrates, but if there is not enough of them, the insulin secretion will reduce significantly and the body will get into a catabolic state. In such case, two metabolic processes will appear: gluconeogenesis and ketogenesis. In the absence of carbohydrates, the endogenous production of glucose cannot keep up with the body's needs, and the ketogenesis begins so that the body could gain an alternative source of energy in the form of ketone bodies. Ketone bodies substitute glucose as the primary source of energy. During ketogenesis resulting from low blood sugar levels the stimulus for insulin secretion is also low, which significantly reduces the stimuli for fat and glucose storage. The fatty acids metabolise for acetoacetate which will later transform into beta-hydroxybutyrate and acetone. This metabolic state is called dietary ketosis, and it will persist as long as we deprive the body from carbohydrates. The state of the dietary ketosis is considered quite safe, since the body produces the ketone bodies in small concentration without changing the blood pH. This state greatly differs from the ketoacidosis which is a life-threatening state where the ketone bodies are produced in an extremely greater concentration, thus changing the blood pH to become acidic (Masood & Uppaluri, 2018).

The ketone bodies synthesised in the body can be easily used for the energy production of the heart, muscle tissue and kidneys. The ketone bodies also pass through the blood-brain barrier in order to provide an alternative source of energy for the brain. The production of ketone bodies depends on several factors such as the basal metabolism rate (BMR), body mass index (BMI) and the body fat percentage (Masood & Uppaluri, 2018).

The ketone bodies produces more adenosine triphosphate than glucose, they are sometimes called “super fuels” as well. 100 grams of acetoacetate produces 9400 g ATP, and 100 g beta-hydroxybutyrate generates 10,500 grams of acetoacetate; while 100 grams of glucose produces only 8,700 grams of ATP. This enables the body to maintain the effective fuel production even in the case of caloric deficit (Masood & Uppaluri, 2018).

The most frequent and relatively short-term side effects of ketogenic diet include nausea, vomit, headache, fatigue, dizziness, insomnia and constipation, which are referred to as “keto flu”. These symptoms will subside in few days or weeks. The long-term side effects include hepatic steatosis, formation of kidney stones as well as vitamin and mineral deficiency. The ketogenic diet is contraindicated for those suffering from pancreatitis, hepatic impairment, lipid metabolism disorders, primary carnitine deficiency, carnitine palmitoyltransferase deficiency, carnitine translocase deficiency, porphyria or pyruvate kinase deficiency (Masood & Uppaluri, 2018).

According to several studies the ketogenic diet results in body fat reduction; however, the manner of this raises several questions (Aragon et al. 2017). It is proven that the ketogenic diet reduces the amount of visceral fat which has several health benefits while maintaining the muscle mass (Vargas et al. 2018). The body composition changes usually have positive effects on the performance of the athletes.

There are encouraging data proving that the ketogenic diet can be useful in certain sports including weight category and aesthetic sports as well as endurance sports; on the other hand, this field requires further research (Paoli et al. 2015). The effect of ketogenic diet in power sports has not been clearly defined yet, but in endurance sports, many positive effects have been reported (Aragon et al. 2017).

Currently only few studies deals with the long-term effects and consequences of the ketogenic diet; however, a diet based on this kind of strict restraints is hard to be kept in long term.

Aragon, A. A., Schoenfeld, B. J., Wildman, R., Kleiner, S., VanDusseldorp, T., Taylor, L., ... Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 16. <http://doi.org/10.1186/s12970-017-0174-y>

EFSA (European Food Safety Authority), (2017): Dietary reference values for nutrients: Summary report. EFSA supporting publication 2017:e15121. 92 pp. DOI:10.2903/sp.efsa.2017.e15121

Dr. Mandl József (2006): Biokémia. Semmelweis Kiadó, Budapest  
Kreider, R. B., Wilborn, C.D., Taylor, L., ... Antonio, J. (2010): ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 7: 7. doi: 10.1186/1550-2783-7-7

Masood, W. & Uppaluri, K. R. (2018): Ketogenic Diet. Campbell University

Mozaffarian, D., Jacobson, M.F., & Greenstein, J.S. (2010): Food reformulations to reduce trans fatty acids. *The New England Journal of Medicine*. 362:2037-2039. DOI: 10.1056/NEJMc1001841

Paoli, A., Antonio & Bianco, Antonino & Grimaldi, Keith. (2015). The Ketogenic Diet and Sport: A Possible Marriage? *Exercise and Sport Sciences Reviews* Vol. 43. No. 3, pp. 153Y162 10.1249/JES.0000000000000050.

Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine (2009). Nutrition and athletic performance. *Journal of American Dietetic Association*

Rogerson, D. (2017): Vegan diets: practical advice for athletes and exercisers. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 14(36). DOI: 10.1186/s12970-017-0192-9

Thomas, D., T., Erdman, K., A., Burke, L., M. (2016): Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of The Academy of Nutrition and Dietetics*. 2016 Mar; 116(3):501-528. doi: 10.1016/j.jand.2015.12.006.

Vargas, S., Romance, R., Petro, J., L., Bonilla, D., A., Galancho, I., Espinar, S., Kreider, R., B., Benítez-Porres, J. (2018). *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2018 15:31. DOI:10.1186/s12970-018-0236-9

Aragon, A. A., Schoenfeld, B. J., Wildman, R., Kleiner, S., VanDusseldorp, T., Taylor, L., ... Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 16. <http://doi.org/10.1186/s12970-017-0174-y>

EFSA (European Food Safety Authority), (2017): Dietary reference values for nutrients: Summary report. EFSA supporting publication 2017:e15121. 92 pp. DOI:10.2903/sp.efsa.2017.e15121

Dr. Mandl József (2006): Biokémia. Semmelweis Kiadó, Budapest  
Kreider, R. B., Wilborn, C.D., Taylor, L., ... Antonio, J. (2010): ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 7: 7. doi: 10.1186/1550-2783-7-7

Masood, W. & Uppaluri, K. R. (2018): Ketogenic Diet. Campbell University

Mozaffarian, D., Jacobson, M.F., & Greenstein, J.S. (2010): Food reformulations to reduce trans fatty acids. *The New England Journal of Medicine*. 362:2037-2039. DOI: 10.1056/NEJMc1001841

Paoli, A., Antonio & Bianco, Antonino & Grimaldi, Keith. (2015). The Ketogenic Diet and Sport: A Possible Marriage? *Exercise and Sport Sciences Reviews* Vol. 43. No. 3, pp. 153Y162 10.1249/JES.0000000000000050.

Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine (2009). Nutrition and athletic performance. *Journal of American Dietetic Association*

Rogerson, D. (2017): Vegan diets: practical advice for athletes and exercisers. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 14(36). DOI: 10.1186/s12970-017-0192-9

Thomas, D., T., Erdman, K., A., Burke, L., M. (2016): Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of The Academy of Nutrition and Dietetics*. 2016 Mar; 116(3):501-528. doi: 10.1016/j.jand.2015.12.006.

Vargas, S., Romance, R., Petro, J., L., Bonilla, D., A., Galancho, I., Espinar, S., Kreider, R., B., Benítez-Porres, J. (2018). *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2018 15:31. DOI:10.1186/s12970-018-0236-9



FRADI SHOP - GROUPAMA ARÉNA

1091, Budapest, Üllői út 129. | +361 455 2396 | [fradishop@fradi.hu](mailto:fradishop@fradi.hu) | [shop.fradi.hu](http://shop.fradi.hu)

NYITVA TARTÁS:

Hétfő-Szombat: 10:00-19:00 | Vasárnap: ZÁRVA