

Az omega-3 zsírsav étrend-kiegészítés kedvező hatásai sportolóknál

**Kiss Orsolya,
Sydó Nóra,
Merkely Béla**

Semmelweis Egyetem,
Városmajori Szív- és
Érgyógyászati Klinika, Budapest

Levelezési cím:
Dr. Kiss Orsolya
1122 Budapest, Városmajor u. 68.
E-mail: dr.orsolya.kiss@gmail.com

Az omega-3 zsírsavak alkalmazását elsősorban miokardiális infarktust követően, illetve hypertriglyceridaemiában ajánlják, de számos előnyös tulajdonságuk alapján felmerül alkalmazási körük kiszélesítése. E kedvező hatások egy részét sportolóknál is igazolták, míg másokat sportolóknál ezidáig nem tanulmányoztak, bár feltételezhető érvényesülésük az ő esetükben is. Az omega-3 zsírsavak kardiovaszkuláris protektív hatása a lipidmetabolizmusra kifejtett kedvező hatások mellett antiinflammatorikus és immunmodulátor, valamint trombocita-aggregáció-gátló effektusuknak is köszönhető. E hatások előnyösek a sporttevékenységgel kapcsolatos trauma, gyulladás és trombotikus folyamatok kivédésében is. Az omega-3 zsírsavak kardiovaszkuláris rizikócsökkentő hatásához sportolóknál is hozzájárulhatnak a vérnyomáscsökkentő, szívfrekvencia-csökkentő, valamint szívfrekvencia-variabilitást növelő hatások. Antiaritmiás hatásokról számos, látszólag ellentmondó adat jelent meg, helyiük az aritmia-prevencióban csak további nagy vizsgálatok eredményei alapján meghatározható. Az omega-3 zsírsavak pozitív kardiális hemodinamikai hatásai, a szív oxigénellátásának növelése, a diasztolés funkció javítása, valamint a légzésfunkció javítása, a terhelés indukálta bronchokonstriktio csökkentése, továbbá a kedvező központi idegrendszeri hatások alapján feltételezhető azok pozitív hatása a sportteljesítményre is, bár ilyen irányban további vizsgálatokra van szükség. A fentiek alapján megfontolandó megfelelő tisztaságú omega-3 zsírsav-készítmények alkalmazása a magyar sportolók táplálék-kiegészítő diétájában elsősorban kardiovaszkuláris prevenció és a sportterhelés káros hatásainak csökkentése céljából.

Favourable effects of omega-3 fatty acid dietary supplementation in athletes

The use of omega-3 fatty acids is mainly recommended following myocardial infarction and in hypertriglyceridemia, but a number of positive effects raise the extension of their clinical application. A part of these favorable effects has also been proven in athletes, others – although presumably also evolve – has not been investigated in them. The cardiovascular preventive effects of omega-3 fatty acids are mainly due to their favorable impact on lipid metabolism as well as anti-inflammatory, immune modulatory and antithrombotic action. These effects are also beneficial in cases of trauma, inflammation and thrombotic processes during sport activity. The anti-hypertensive, negative chronotropic and heart rate variability increasing effects are also important factors of cardiovascular risk reduction due to omega-3 fatty acid intake, either in athletes. Considering the conflicting results on the anti-arrhythmic effects of PUFA, the determination of their place in arrhythmia prevention needs further investigation. Based on the positive cardiac hemodynamic effects of omega-3 fatty acids, such as increase of cardiac oxygen supply and improvement of the diastolic function as well as improvement of pulmonary variables, decrease of exercise-induced bronchoconstriction and beneficial effects on the central nervous system, omega-3 fatty acids may exert beneficial effects on athletic performance. However, this needs further examination. Due to the above mentioned positive effects, the recommendation of omega-3 fatty acid dietary supplementation to Hungarian athletes for cardiovascular prevention and for the reduction of the detrimental effects of sport activity is considerable.

Kulcsszavak:

sportoló, táplálék-kiegészítők,
omega-3 zsírsavak

Keywords:

athlete, nutrition,
omega-3 fatty acids

Az omega-3 többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) mint étrend-kiegészítők alkalmazását elsősorban posztinfarktusos állapotban, illetve dyslipidaemiában ajánlják. Az utóbbi évek széles körű kutatásai során a PUFA számos olyan kedvező hatására derült fény, melyek alapján felmerülhet alkalmazási körük kiszélesítése, pl. élsportolók táplálék-kiegészítéseként (1, 2).

Kedvező hatások a lipidmetabolizmusra

Bár a fizikai aktivitás a lipidprofilra kedvező hatást fejt ki, 35 év feletti sportolóknál a hirtelen szívhalál leggyakoribb oka a koronária-ateroszklerózis. A PUFA étrend-kiegészítés antiateroszklerotikus hatásának alapja az apo-CIII koncentráció és a lipoprotein-lipáz-termelés csökkenése, a plazma triglicerid, VLDL-koleszterin és VLDL-triglicerid-koncentráció csökkenése, a HDL-koleszterinszint növekedése és a sejtmembrán foszfolipid összetételének változása (2).

Vérnyomáscsökkentő hatások

Az omega-3 zsírsavak a prosztaglandinok és leukotriének termelésének szabályozásán, az endotheliális NO-termelés fokozásán, a RAAS-rendszerre és a simaizomsejt-növekedésre kifejtett gátláson keresztül fejthetik ki vérnyomáscsökkentő hatásukat, amelyet számos kontrollált klinikai vizsgálat és ezek metaanalízise is igazolt (1, 3, 4). A PUFA adása sportolóknál is kedvező hatással lehet a vérnyomásra. Egy tanulmányban a diéta 6 hetes kiegészítése omega-3 zsírsavakkal (5 g/nap) növelte a ritmikus tréning következtében kialakuló a. brachialis tágulatot, véráramlást és konduktanciát (5). Egy prospektív, randomizált, kettős vak vizsgálatban pedig halolaj (6 g/nap) 5 hetes adása élsportoló futballistáknak alacsonyabb nyugalmi diasztolés vérnyomást eredményezett a napraforgóolajat kapó csoportéhoz képest (6).

Pozitív kardiális hemodinamikai hatások

A sporttevékenység szempontjából különösen fontos, hogy a PUFA bevétele számos pozitív hatással bírhat a szív teljesítményére. Javítja a diasztolés funkciót és így növeli a verővolumen, amely hatás elsősorban a későbbiekben részletezett szívfrekvencia-csökkentő hatáson és a diasztolés telődési idő növelésén keresztül valósulhat meg. A pozitív hemodinamikai hatásokban szerepet játszhat a szív oxigénellátásának növelése is. Egy prospektív, randomizált vizsgálatban 8 hetes halolaj-fogyasztás (8 g/nap) biciklistákban csökkentette a szívfrekvenciát, a szívfrekvenciából és a szisztolés vérnyo-

másból kalkulált, a miokardiális oxigénfogyasztást indirekt módon jellemző „rate pressure product”-ot, valamint a teljes test oxigénfogyasztást (7). Egy másik randomizált vizsgálatban pedig hathetes PUFA-gazdag diéta (5 g/nap) egészséges önkéntesekben csökkentette a nyugalmi artériás középnyomást és növelte a közepes dinamikus terhelés hatására bekövetkező verőtérfoogat és perctérfoogat növekedést (8).

A szívfrekvencia csökkentése és a szívfrekvencia-variabilitás (HRV) növelése

Az omega-3 zsírsavak a sporttevékenységhez hasonlóan kedvező szívfrekvencia, illetve HRV-változásokat idéznek elő. A szív autonóm szabályozó mechanizmusaira kifejtett hatásukat magyarázhatja a PUFA magas koncentrációja a központi idegrendszerben és beépülése a szinaptikus membránba, valamint közvetlen megjelenése a szívizomzatban is. Több vizsgálat is kimutatta a PUFA szívfrekvencia-csökkentő hatását sportolóknál. Biciklistákban egy prospektív, randomizált vizsgálatban 8 hetes halolajfogyasztás (8 g/nap) csökkentette a nyugalmi és a terheléses szívfrekvenciát (7). A szubmaximális terhelés során kialakuló maximális szívfrekvencia csökkenését egy prospektív, randomizált, kettős vak vizsgálatban élsportoló futballistákban is igazolták halolaj (6 g/nap) 5 hetes adását követően (6). Számos irodalmi adat szerint a PUFA növeli a szívfrekvencia-variabilitást kardiovaszkuláris megbetegedésekben (9). Bár az omega-3 zsírsavak HRV-re kifejtett kedvező hatását egészséges felnőttekben és gyermekekben is igazolták (9), sportolóknál nem rendelkezünk erre vonatkozó irodalmi adatokkal. Elképzelhető, hogy az edzésterhelés és az omega-3 zsírsavak HRV-növelő hatása sportolóknál összeadódik.

Antiaritmiás hatás

Mind kísérletes, mind humán adatok utalnak arra, hogy az omega-3 zsírsavak antiaritmiás hatással bírnak, melyben szerepet játszhat az IK⁺-ra (delayed rectifying current) és az Ito-ra (transient outward current) kifejtett gátló hatás, a Na⁺-csatorna gátló hatás révén kifejtett membránstabilizáló effektus, valamint az L-típusú Ca⁺⁺-csatornákra kifejtett hatás révén az ic. Ca⁺⁺-túlterhelést gátló effektus is (10, 11). Intenzív sporttevékenység hatására megnő a paroxizmális pitvarfibrilláció (PF) valószínűsége. Számos kísérletes és néhány klinikai vizsgálat utal a hosszú távú PUFA-szedés preventív hatására a PF kialakulásával szemben. Egy közelmúltban megjelent randomizált vizsgálatban pl. az elektromos kardioverzió előtt megkezdett és azután is folytatott PUFA-szedés csökkentette a rekurrens PF fellépését (12). Az omega-3 zsírsavak klini-

kai hatását a PF vonatkozásában két, a közelmúltban megjelent metaanalízis vizsgálta. Az első analízis eredményei szerint az omega-3 zsírsavak nem fejtenek ki lényeges hatást a PF-prevenció vonatkozásában (13). Egy másik metaanalízis a PUFA adását effektívnek találta a posztoperatív PF primer prevenciójában, míg nem találta hatékonynak azt a PF-rekurrencia megelőzésében (14). Az élsportolók hirtelen szívhalál (HSZH) rizikója magasabb a kontroll populációéhoz képest (15). Az elmúlt években több, egészséges populáción, illetve koszorúér-betegeken végzett obszervációs és randomizált klinikai vizsgálat igazolta az omega-3 zsírsavak hirtelen halál rizikócsökkentő hatását. A GISSI prevenciós vizsgálatban PUFA adása posztinfarktusos betegeknek (850 mg/nap) csökkentette a hirtelen halál rizikóját (16). E posztinfarktusos betegekben fellépő hirtelen szívhalál rizikócsökkentő hatást egy metaanalízis is igazolta (17). A fentiekkel ellentétben néhány vizsgálat nem tudta igazolni a PUFA hirtelen szívhalál rizikócsökkentő hatását, illetve felvetette azok hirtelen szívhalál-rizikót fokozó hatásának lehetőségét is (18, 19). A hirtelen halál rizikócsökkentő hatásra, valamint kísérletes antiaritmias hatásra utaló adatok alapján számos klinikai tanulmány vizsgálta a PUFA antiaritmias hatását. Posztinfarktusos, diabéteszes betegekben pl. a PUFA csökkentette a kamrai ritmuszavarokkal kapcsolatos események gyakoriságát (21). Egy metaanalízis azonban nem találta effektívnek az omega-3 zsírsav terápiát az első kamrai tachycardia/kamrafibrilláció megjelenéséig eltelt idő megnövelésében kardioverter defibrillátorral élő betegekben (20).

Antiinflammatorikus és immunmodulátor hatások, a trombocitaaggregáció gátlása

Nagymértékű fizikai terhelés vagy trauma az izomzat sérülését, az izom mitokondriumok lipidmembránjában megnövekvő szuperoxid-gyök képződést és akut gyulladásos választ hoz létre. A gyulladásos állapotot tovább ronthatja a nyugati diétában nagy mennyiségben megtalálható omega-6 zsírsavak jelenléte (22). Egyes nagy fizikai megterheléssel járó sporttevékenységek (pl. maratonfutás, triatlon) hatására trombocita-aktiváció is fellép (23). A PUFA adása alkalmas lehet a fizikai terhelés fenti kedvezőtlen hatásainak ellensúlyozására, elsősorban az arachidonsav-termelés gátlásán, a prosztaglandin és leukotrién-termelés szabályozásán, a proinflammatorikus és immunmodulátor citokintermelés gátlásán, valamint a protrombotikus folyamatok gátlásán keresztül (1, 24, 25). Egészséges, edzett férfiakban PUFA 6 hetes adása (1,3 g/nap) mérsékelte a szuperoxid-dizmutáz aktivitás terhelés indukálta csökkenését, így antioxidáns hatásának bizonyult (26). Egy randomizált, kettős vak vizsgálatban egészséges, ed-

zetlen férfiak omega-3 zsírsavakat (1,8 g/nap) kapó csoportjában közvetlenül edzés után és 24-48 órával azt követően kevésbé emelkedett TNF- α , PGE2, IL-6, kreatin-kináz és myoglobin plazmaszinteket mértek, mint a kontrollcsoportban (25). Ugyanakkor egy másik vizsgálat eredményei szerint PUFA (2,4 g/nap) adása 6 héten át nem volt hatással a gyulladásos és immunparaméterek terhelés indukálta változásaira, valamint a teljesítményre biciklisták 3 napos intenzív edzésterhelését követően (27). Egyes vizsgálatok azt mutatják, hogy az omega-3 zsírsavak adása növeli a terheléssel összefüggő NO-képződést és oxidatív stresszt (28, 29), míg a PUFA kombinált adása flavonoidokkal és antioxidánsokkal hatékonynak bizonyult a terhelést követő izoprosztán-termelés csökkentésében (30).

A légzésfunkció javítása

Főként gyulladáscsökkentő és surfactant-termelés fokozó hatásuk révén az omega-3 zsírsavakat alkalmazzák krónikus tüdőbetegségben szenvedők étrend-kiegészítésére is. Az elhúzódó, nagy fizikai megterheléssel járó edzéseknek kitett sportolók fokozottan veszélyeztetettek felső légúti fertőzésekkel és ehhez társuló pulmonalis diszfunkcióval szemben. Továbbá, egyes sportágak művelése, pl. a birkózás terhelés indukálta bronchokonstrikció kialakulását idézheti elő. Egy randomizált, kettős vak, crossover vizsgálatban élsportolóknál a diéta 3 hetes kiegészítése PUFA-gazdag halolajjal (1 g/nap) arra hajlamos sportolóknál jelentősen csökkentette a terhelés indukálta bronchokonstrikciót (31, 32). Egy prospektív, randomizált vizsgálatban pedig fiatal birkózók 12 hetes intenzív edzés során omega-3 zsírsavakat (1 g/nap) kaptak, amely több légzésfunkciós paraméter (FEV1, FVC, VC, MVV, FEF25-75, FIV1) szignifikáns növekedését eredményezte a kontrollcsoportéhoz képest (33).

Központi idegrendszeri hatások

A PUFA adása a neuromoduláció, a szinaptogenezis, a szinaptikus plaszticitás és a szignál transzdukció befolyásolásán és a szinaptikus transzmisszióra kifejtett hatásokon keresztül kedvező központi idegrendszeri effektussal bírhat. A kognitív funkcióra és a hangulati állapotra kifejtett hatásai előnyösek lehetnek mind a sportolók koncentrációs képességének javításában, mind a rájuk nehezedő emocionális stressz kezelésében. Mivel irodalmi adatok szerint adásuk csökkentheti a traumás agykárosodás mértékét, egyes szerzők ajánlják rendszeres szedésüket az ilyen károsodás szempontjából fokozott rizikójú sportágak művelőinek (34). Egy prospektív, randomizált vizsgálatban PUFA 21 napos (2,25 g/nap) adása karatésoknak csökkentette a reakcióidőt, és tartósan javította a hangulati állapotot (35).

Az omega-3 zsírsavak hatása a sportteljesítményre

A fentiekben felsorolt kedvező hatások mellett a PUFA közvetlenül az izomzatban kifejtett hatásai, így az acetilkolin-szenzitivitás növelése, valamint a neuromuszkuláris junkcióban kifejtett szinaptikus transzmisszió facilitáló hatása is szerepet játszhat a sportoló teljesítményének növelésében. Egy közelmúltban ismertetett tanulmány igazolta 8 hetes PUFA adás (3,36 g/nap) protein-anabolizmus növelő hatását egészséges önkéntesek izomzatán hyperinsulinaemia-hyperaminoacidaemia során (36). Az omega-3 zsírsavak közvetlenül a sportteljesítményre kifejtett hatását ezidáig mindössze néhány tanulmány vizsgálta. Egy férfi focistákon végzett 10 hetes vizsgálat nem igazolta a PUFA-kiegészítés (2,64 g/nap) kedvező hatását a maximális aerob kapacitásra, az anaerob küszöbre és a futásteljesítményre (37). Ugyanakkor idősebb egészséges nőknél 3-5 hónapos erőedzésprogram során kimutatták a PUFA (2 g/nap) funkcionális kapacitás növelő, valamint maximális akaratlagos izometriás kontrakció és elektromiográfiás aktivitás fokozó hatását a térd és a talp izomzatán (38).

Megbeszélés

Az étrend kiegészítése omega-3 zsírsavak adásával tehát számos, irodalmi adatokkal alátámasztott kedvező hatással bír mind a primer, mind a szekunder kardiovaszkuláris prevenció tekintetében. E kedvező hatások egy részét sportolókon végzett vizsgálatok is igazolják, míg más hatásait sportolóknál ezidáig nem vizsgálták, de okkal feltételezhetjük azok érvényesülését az ő esetükben is.

Az iszkémiás szívbetegség ismert rizikófaktorai mellett sportolóknál a terhelés alatt megnövekedett pulzusszám és vérnyomás, a terhelés indukálta koronária spazmus, a diasztolés idő rövidülése miatti csökkent koronária-perfúzió és a myocardium megnövekedett oxigénigénye is miokardiális iszkémiához vezethet. A PUFA kardiovaszkuláris protektív hatása a lipidmetabolizmusra kifejtett kedvező hatások mellett antiinflammatorikus és immunmodulátor, valamint trombocitaaggregáció-gátló effektusuknak is köszönhető. E hatások előnyösek a sporttevékenységgel kapcsolatos trauma, gyulladás és trombotikus folyamatok kivédésében is. Az omega-3 zsírsavak kardiovaszkuláris rizikócsökkentő hatásához sportolóknál is hozzájárulhatnak a vérnyomáscsökkentő, szívfrekvencia-csökkentő, valamint HRV-növelő hatások. A PUFA antiaritmias hatásáról megjelent, látszólag ellentmondó eredmények feltehetően azok elektrofiziológiai hatásának – más antiaritmias szerekhez hasonló – dózistól, szubsztráttól és

alapbetegségtől való függéséből adódnak, helyük az aritmiaprevencióban csak további nagy betegcsoportokon végzett, megfelelően tervezett és kivitelezett, összehalálozás és hirtelen halál végpontú randomizált vizsgálatok eredményei alapján meghatározható (11, 39, 40).

A PUFA pozitív kardiális hemodinamikai hatásai, a szív oxigénellátásának növelése, a diasztolés funkció javítása, valamint a légzésfunkció javítása, a terhelés indukálta bronchokonstrikció csökkentése, továbbá a kedvező központi idegrendszeri hatások alapján feltételezhető azok kedvező hatása a sportteljesítményre is, bár a rendelkezésre álló kevés irodalmi adat ezt egyértelműen nem bizonyítja. Ilyen irányban mindenképpen további vizsgálatokra van szükség.

Nemcsak a fogyasztott hal mennyisége, de típusa és elkészítési módja és a felszívódásban mutatkozó nagy egyéni különbségek is nagymértékben meghatározzák a bevitt PUFA-mennyiséget (11, 41). A gyári PUFA-készítmények az alapanyagtól, a biológiai hozzáférhetőségtől függően szintén eltérő hatásokat fejthetnek ki. A kedvező hatások elmaradásában szerepet játszhat a nem kellően tiszta halak vagy halolaj-készítmények fogyasztása. Csökkentheti a PUFA kedvező hatásait az egyes halakat nagymértékben szennyező higany is (42). Az omega-3 zsírsav szedéssel kapcsolatosan néhány tanulmányban megfigyelt szabadgyök-szint növekedésében pedig szerepet játszhat egyes PUFA-készítmények nagyfokú szennyezettsége a peroxidszint emelkedését okozó citotoxikus aldehidekkel (43). Mindezek alapján csak mérsékelt mennyiségű párolt vagy sült friss hal, vagy nagy tisztaságú, oxidációs termékektől és lipidoldékony szerves szennyeződésektől mentes omega-3 készítmények rendszeres szedése ajánlható.

A PUFA kedvező hatásairól napvilágot látott irodalmi adatok alapján egyes országokban már egyre nagyobb százalékban alkalmazzák azokat a sportolók körében is. Svédországban már 1997-ben létrehoztak egy, az élsportolók optimális diétájának és edzésprogramjának kialakítását, egészségi állapotának szoros követését célzó programot (24). E programban sportterheléstől függő mennyiségű napi omega-3 zsírsav mennyiség bevitelét alkalmazták (szabadidő-sportolók: 1-2 g/nap, élsportolók: 6-8 g/nap). Egy, valamennyi norvég élsportolón végzett vizsgálat szerint már 2003-ban az élsportolók 19%-a alkalmazott PUFA étrend-kiegészítést (44). Egy finn olimpikekonokon a közelmúltban végzett keresztmetszeti vizsgálat eredményei szerint a sportolók PUFA fogyasztása a 2002-ben regisztrált 11%-ról 2009-re 19%-ra növekedett (45). Közülük a legnagyobb százalékban az erőnléti sportolók fogyasztottak omega-3 zsírsavakat (2002: 21%, 2009: 24%). Egy ír sportolókon végzett vizsgálat szerint pedig 2009-ben a sportolók 33%-a használt halolajat étrend-kiegészítésként (46). Magyarországon is

többféle, sportolóknak ajánlott készítmény tartalmaz omega-3 zsírsavakat különböző összetételben, amelyeket számos magyar sportoló rendszeresen fogyaszt is. Ugyanakkor nem rendelkezünk átfogó adatokkal sportolóink táplálék-kiegészítő fogyasztásáról, így PUFA beviteléről sem. Továbbá, nincs egységes ajánlásunk a sportolóknak javasolható táplálék-kiegészítők, így a PUFA minőségére és mennyiségére vonatkozóan sem.

Következtetések

A fentiekben összefoglaltak alapján megfontolandó megfelelő tisztaságú PUFA-készítmények alkalmazása a magyar sportolók táplálék-kiegészítő diétájában kardiovaszkuláris prevenció és a sportterhelés káros hatásainak csökkentése céljából. Az omega-3 zsírsavak sportteljesítményre kifejtett hatásainak tanulmányozására további vizsgálatok szükségesek.

Irodalom

- Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids and athletics. *Curr Sports Med Rep*. 2007 Jul; 6 (4): 230–6.
- Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids, exercise, physical activity and athletics. *World Rev Nutr Diet*. 2008; 98: 23–50.
- Cabo J, et al. Omega-3 fatty acids and blood pressure. *Br J Nutr* 2012 Jun; 107 (Suppl 2): S195–200.
- Geleijnse JM, et al. Blood pressure response to fish oil supplementation: meta-regression analysis of randomized trials. *J Hypertens* 2002 Aug; 20 (8): 1493–9.
- Walser B, et al. Supplementation with omega-3 polyunsaturated fatty acids augments brachial artery dilation and blood flow during forearm contraction. *Eur J Appl Physiol* 2006 Jun; 97 (3): 347–54.
- Buckley JD, et al. DHA-rich fish oil lowers heart rate during submaximal exercise in elite Australian Rules footballers. *J Sci Med Sport* 2009 Jul; 12 (4): 503–7.
- Peoples GE, et al. Fish oil reduces heart rate and oxygen consumption during exercise. *J Cardiovasc Pharmacol* 2008 Dec; 52 (6): 540–7.
- Walser B, et al. Omega-3 fatty acid supplementation enhances stroke volume and cardiac output during dynamic exercise. *Eur J Appl Physiol* 2008 Oct; 104 (3): 455–61.
- Christensen JH. Omega-3 polyunsaturated Fatty acids and heart rate variability. *Front Physiol* 2011; 2: 84.
- London B, et al. Omega-3 fatty acids and cardiac arrhythmias: prior studies and recommendations for future research: a report from the national heart, lung, and blood institute and office of dietary supplements omega-3 fatty acids and their role in cardiac arrhythmogenesis workshop. *Circulation* 2007; 116: e320–e335.
- Rauch B, et al. The effects of supplementation with omega-3 polyunsaturated Fatty acids on cardiac rhythm: anti-arrhythmic, pro-arrhythmic, both or neither? It depends... *Front Physiol* 2012; 3: 57.
- Kumar S, et al. Long-term omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation reduces the recurrence of persistent atrial fibrillation after electrical cardioversion. *Heart Rhythm* 2012 Apr; 9 (4): 483–91.
- Khawaja O, et al. A meta-analysis of omega-3 fatty acids and incidence of atrial fibrillation. *J Am Coll Nutr* 2012 Feb; 31 (1): 4–13.
- Zhiyu He, et al. Efficacy and Safety of omega-3 fatty acids for the prevention of atrial fibrillation: A meta-analysis. *Canadian Journal of Cardiology* 2012 Article in press.
- Maron BJ, et al. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death. 2006; 114: 1633–44.
- Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto miocardico. Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial. *Lancet* 1999 Aug 7; 354 (9177): 447–55.
- Zhao YT, et al. Prevention of sudden cardiac death with omega-3 fatty acids in patients with coronary heart disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann Med* 2009; 41: 301–10.
- Kromhout D, et al. Alpha Omega Trial Group. N-3 fatty acids and cardiovascular events after myocardial infarction. *N Engl J Med* 2010 Nov 18; 363 (21): 2015–26.
- Burr ML, et al. Lack of benefit of dietary advice to men with angina: results of a controlled trial. *Eur J Clin Nutr* 2003 Feb; 57 (2): 193–200.
- Brouwer IA, et al. Effect of fish oil on ventricular tachyarrhythmia in three studies in patients with implantable cardioverter defibrillators. *Eur Heart J* 2009 Apr; 30 (7): 820–6.
- Kromhout D, et al. N-3 fatty acids, ventricular arrhythmia-related events, and fatal myocardial infarction in postmyocardial infarction patients with diabetes. *Diabetes Care* 2011 Dec; 34 (12): 2515–20.
- Karlsso J. Exercise, muscle metabolism and the antioxidant defense. *World Rev Nutr Diet Basel, Karger*, 1997; 82: 81–100.
- Hanke AA, et al. Whole blood coagulation and platelet activation in the athlete: a comparison of marathon, triathlon and long distance cycling. *Eur J Med Res* 2010 Feb 26; 15 (2): 59–65.
- Göransson U, et al. The "Are" sport nutrathrapy program: the rationale for food supplements in sports medicine. *World Rev Nutr Diet* 1997; 82: 101–21.
- Tartibian B, et al. Omega-3 fatty acids supplementation attenuates inflammatory markers after eccentric exercise in untrained men. *Clin J Sport Med* 2011 Mar; 21 (2): 131–7.
- Poprzecki S, et al. Modification of blood antioxidant status and lipid profile in response to high-intensity endurance exercise after low doses of omega-3 polyunsaturated fatty acids supplementation in healthy volunteers. *Int J Food Sci Nutr* 2009; 60 (Suppl 2): 67–79.
- Nieman DC, et al. N-3 Polyunsaturated fatty acids do not alter immune and inflammation measures in endurance athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2009; 19 (5): 536–46.
- Filaire E, et al. Effect of 6 Weeks of n-3 fatty-acid supplementation on oxidative stress in Judo athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2010 Dec; 20 (6): 496–506.
- McAnulty SR, et al. Effect of n-3 fatty acids and antioxidants on oxidative stress after exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2010 Sep; 42 (9): 1704–11.
- McAnulty SR, et al. Effect of mixed flavonoids, n-3 fatty acids, and vitamin C on oxidative stress and antioxidant capacity before and after intense cycling. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2011 Aug; 21 (4): 328–37.
- Mickleborough TD, et al. Fish oil supplementation reduces severity of exercise-induced bronchoconstriction in elite athletes. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168: 1181–89.
- Mickleborough TD, et al. Effect of fish oil-derived omega-3 polyunsaturated Fatty Acid supplementation on exercise-induced bronchoconstriction and immune function in athletes. *Phys Sportsmed* 2008 Dec; 36 (1): 11–7.
- Tartibian B, et al. The effects of omega-3 supplementation on pulmonary function of young wrestlers during intensive training. *J Sci Med Sport* 2010 Mar; 13(2): 281–6.
- Lewis MD, et al. Neuroprotection for the warrior: dietary supplementation with omega-3 fatty acids. *Mil Med* 2011 Oct; 176 (10): 1120–7.
- Fontani G, et al. Effect of omega-3 and policosanol supplementation on attention and reactivity in athletes. *J Am Coll Nutr* 2009 Aug; 28 (Suppl): 473S–81S.
- Smith GI, et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acids augment the muscle protein anabolic response to hyperinsulinaemia-hyperaminoacidaemia in healthy young and middle-aged men and women. *Clin Sci (Lond)* 2011 Sep; 121 (6): 267–78.
- Raastad T, et al. Omega-3 fatty acid supplementation does not improve maximal aerobic power, anaerobic threshold and running performance in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 1997 Feb; 7 (1): 25–31.
- Rodacki CL, et al. Fish-oil supplementation enhances the effects of strength training in elderly women. *Am J Clin Nutr* 2012 Feb; 95 (2): 428–36.
- Albert CM. Omega-3 Fatty acids, ventricular arrhythmias, and sudden cardiac death: antiarrhythmic, proarrhythmic, or neither. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2012 Jun 1; 5 (3): 456–9.
- von Schack-y C. Omega-3 Fatty acids: anti-arrhythmic, pro-arrhythmic, or both? *Front Physiol* 2012; 3: 88.
- Mozaffarian D, et al. Cardiovascular Health Study. Cardiac benefits of fish consumption may depend on the type of fish meal consumed: the Cardiovascular Health Study. *Circulation* 2003 Mar 18; 107 (10): 1372–7.
- Gualler E, et al. Heavy Metals and Myocardial Infarction Study Group. Mercury, fish oils, and the risk of myocardial infarction. *N Engl J Med* 2002 Nov 28; 347 (22): 1747–54.
- Rupp H. Not all omega-3 formulations are the same. *ESC Congress* 2011, lecture 4483.
- Sundgot-Borgen J, et al. Nutritional supplements in Norwegian elite athletes-impact of international ranking and advisors. *Scand J Med Sci Sports* 2003 Apr; 13 (2): 138–44.
- Heikkinen A, et al. Dietary supplementation habits and perceptions of supplement use among elite Finnish athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2011 Aug; 21 (4): 271–9.
- Pumpa KL, et al. The Development of Nutritional Supplement Fact Sheets for Irish Athletes: A Case Study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab. Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2012 Jun; 22 (3): 220–4.