



Section editor / Rovatszerkesztő:

Réka Fritz

PhD hallgató
fül-orr-gégész és fej-nyaksebész szakorvos,
SZTE Klinikai Orvostudományi Doktori Iskola
fritz.reka@med.u-szeged.hu

**¹ Annamária Maszlag**

SuperFoods Kft.
Miskolci Egyetem Bölcsész- és
Társadalomtudományi Kar Egészségügyi tanár
amaszlag@superfoodstore.net

**² Livia Mayer**

SuperFoods Kft.
Miskolci Egyetem Bölcsész- és
Társadalomtudományi Kar Egészségügyi tanár
lmayer@superfoodstore.net

**³ Péter Fritz**

Károli Gáspár Református Egyetem
Gazdaságtudományi, Egészségtudományi és
Szociális Kar
Ferencvárosi Torna Club
fritz.peter@kre.hu

Proven effects of CoQ10 in therapy, prevention and sports performance

A CoQ10 terápiás-, prevenció- és sportteljesítményre vonatkozó bizonyított hatásai

Authors / Szerzők: **Annamária Maszlag** ¹, **Livia Mayer** ², **Péter Fritz** ³

Received: 9 March 2024 | Revised: 3 April 2024 | Accepted: 13 April 2024 | Published: 17 April 2024

Abstract: Increasing number of evidence suggests that our body's CoQ10 level can be associated with several clinical symptoms and sports performance. In our review, we came across a number of studies showing that CoQ10 can have a positive effect on diseases such as cardiovascular or tumor diseases, diabetes and various neurological diseases by reducing inflammatory mediators and oxidative stress. In addition, it may also play a role in the treatment of infertility by increasing the mitochondrial energy supply of egg cells and improving sperm parameters.

It has a key role in the development of sports performance as it reduces the level of muscle damage and the parameters that indicate fatigue (CK), it also delays fatigue, accelerates recovery and improves liver and kidney functions. The weakness of most of the publications included in the review is their low case numbers and contradictory results obtained in many cases. It would be recommended to carry out more in-depth analyzes with a higher number of cases, as well as sport-specific tests in the field of sports nutrition, which would enable the development of official, evidence-based dietary supplement protocols for nutritionists.

Keywords: CoQ10, dietary supplement, mitochondrion, oxidative stress, sports performance, clinical diseases

Absztrakt: Egyre több bizonyíték utal arra, hogy a szervezet CoQ10-szintje több klinikai kórképpel és a sportteljesítménnyel is összefüggésbe hozható. Szakirodalmi áttekintésünk készítése közben számos tanulmányt találtunk, amelyek alapján a CoQ10 a gyulladáshoz vezető mediátorok és oxidatív stressz csökkentésével olyan betegségekre lehet jótékony hatással, mint a szív- és érrendszeri-, vagy daganatos megbetegedések, a cukorbetegség, illetve különböző neurológiai kórképek. Emellett a petesejtek mitokondriális energiaellátásának fokozásával, és a sperma paramétereinek javításával szerepe lehet a meddség kezelésében is.

Kulcs szerepet játszik a sportteljesítmény alakulásában, mivel csökkenti az izomkárosodás mértékét és a fáradást jelző paramétereket (CK), késlelteti a kifáradást, gyorsítja a regenerációt, valamint javítja a máj- és vesefunkciókat. Az áttekintésben szereplő publikációk nagy részének gyengesége, hogy alacsony esetszámúak, valamint egyes esetekben ellentmondásos eredmények születtek. Érdemes lenne magasabb esetszámú kutatásokkal mélyrehatóbb elemzéseket, illetve a sporttáplálkozás területén sportágspecifikus vizsgálatokat végezni, mely lehetővé tenné hivatalos, evidence-based étrend-kiegészítési protokollok kidolgozását táplálkozástudományi szakemberek számára.

Kulcsszavak: CoQ10, étrend-kiegészítés, mitokondrium, oxidatív stressz, sportteljesítmény, klinikai kórképek

A CoQ10 jellemzése:

A Q10-koenzim (CoQ10) egy természetben előforduló vegyület, amely szerkezetében hasonló a K-vitaminhoz. Ennek megfelelően vitaminként működik szervezetünkben, viszont nem tekinthető annak, mivel a vitaminokkal ellentétben képes a szervezetben szintetizálódni. A CoQ10 alapvető szerepet játszik a sejtek energiatermelő folyamataiban, mint a mitokondriális elektrontranszport lánc kofaktora, és nélkülözhetetlen az ATP termeléséhez is. Redukált formájában (ubiquinol) erős lipofil antioxidáns, így megvédi a sejten belüli és kívüli komponenseket a szabadgyökök károsodásától. Képes más antioxidánsok, például az E-vitamin és C-vitamin újrahasonosítására és regenerálására. Emellett több száz emberi gén expresszióját is befolyásolja, valamint csökkenti a gyulladáshoz vezető markerek aktivitását. Mindez arra utal, hogy gyulladáscsökkentő hatással bírhat a

génexpresszió módosítása révén (ezt leginkább idős emberek esetében állapították meg).

Étrend-kiegészítésként történő használata egyre népszerűbbé válik. Egyes országokban gyógyszerként tartják számon. A CoQ10 tiszta formájában por állagú (kristályos), amely vízben nem, míg lipidekben korlátozottan oldódik, ezért felszívódása rossz. A jelenleg forgalomban lévő CoQ10 termékek közé tartoznak a por alapú préselt tabletták, a rágótabletták, a porral töltött kemény héjú kapszulák és az olajsuszpenziót tartalmazó lágyzselatin kapszulák. Többféle adagolási módszer áll rendelkezésre, mégis az egyik fő kérdés a hatékonyság – akár általános jó közérzetet szolgáló étrend-kiegészítésként, akár terápiás célokra alkalmazzuk. A hatékonyság fontos meghatározója a CoQ10 felszívódása/biológiai hozzáférhetősége a különböző termékekben.

Napi CoQ10-szükségletünk legnagyobb részét a szervezet termeli, míg a másik részt ételekkel fe-

dezzük (általában 5 mg/nap) (Mantle – Dybring, 2020). Elsődleges forrásai az olajos halak (például lazac és tonhal), a belsőségek (például a máj) és a teljes kiőrlésű gabonák (Saini, 2011). Becslések szerint a napi CoQ10-szükséglet mind az endogén bioszintézisből, mind az ételmiszerforrásokból körülbelül 500 mg. Ez a becslés szolgál alapul a klinikai vizsgálatokban alkalmazott adag nagyságához, ami jellemzően 300 mg/nap.

A húszas éveinkben optimális a szervezet CoQ10 bioszintézise, viszont ez az életkor előrehaladtával fokozatosan csökken. A normál öregedési folyamaton túl a CoQ10 szintje túlzott fizikai munka, oxidatív stressz (OS) és számos betegség hatására – különösen szívbetegség esetén – csökken a szervezetben.

A CoQ10 szintézise összetett, többlépcsős folyamat (legalább 13 gén irányítja), amelyhez számos aminosav, vitaminra, nyomelem-prekurzorra és kofaktorra van szükség, amelyek hiánya hátrányosan befolyásolhatja a normál CoQ10 termelést.

Bár eredetileg szarvasmarha szívszövetéből vonták ki, a ma ismert változatát élesztős fermentációs módszerrel állítják elő. Ez a forma kémiaiilag azonos a szervezetben bioszintetizálódó CoQ10-zel. A CoQ10 nyersanyag polimorf kristályként érkezik a gyárakba, viszont ebben a formában nem képes felszívódni a gyomor-bél traktusban, csak egyedi molekulaként szívódik fel. A CoQ10 kristályokat ezért először egyedi CoQ10 molekulákká kell szétválasztani. Ezeknek a CoQ10 molekuláknak teljesen disszociálnak kell maradniuk a CoQ10 készítmény eltarthatósági ideje alatt. Nem minden gyártó bizonyította, hogy képes elérni a kristályok ilyen disszociációját egyetlen molekulává. Ezáltal ezen készítmények biohasznosulása 75%-kal csökken.

A CoQ10 a szervezetben oxidált formában (ubiquinon) és redukált formában (ubiquinol) létezik; ez a két redox forma a CoQ10 normál működésének részeként folyamatosan átalakul a sejtekben. A vérben ubiquinol formában szállítódik, függetlenül a kezdeti étrendi formától (ubiquinon vagy ubiquinol). Tekintettel arra, hogy az ubiquinol természeténél fogva instabil, és ubiquinonná oxidálódik, egészen a közelmúltig a CoQ10-kiegészítőket csak ubiquinon formájában lehetett előállítani. A kapszulázási módszerek

közelmúltbeli technikai fejlesztései azonban lehetővé tették a CoQ10-kiegészítők előállítását ubiquinol formájában is.

Számos klinikai kutatás vizsgálta a két redox forma különbségét relatív biológiai hozzáférhetőség tekintetében. Mantle és Dybring végül arra a következtetésre jutott, hogy téves az a koncepció, miszerint az ubiquinolnak jobb a biológiai hozzáférhetősége, mint az ubiquinonnak. Ez az interneten széles körben elterjedt koncepció, úgy tűnik, részben a Shults és munkatársai által végzett tanulmányok biológiai hozzáférhetőségi adatainak nem megfelelő összehasonlításából ered (Mantle – Dybring, 2020).

Felszívódás, szöveti felvétel és farmakokinetika

A CoQ10 egy zsírban oldódó vegyület, ezért a legjobb minőségű készítményekben megfelelő hordozó lipidben (például szójaolajban vagy pálmaolajban) van feloldva. Úgy tűnik, hogy a kapszula anyaga nem befolyásolja a felszívódást, mivel percek alatt feloldódik a gyomorban, és felszabadítja az olajban oldott Q10-et. Viszont egyes alternatív táplálkozási irányzatokat követők számára (pl. vegán étrend) továbbra is döntő tényező a kapszula anyaga. A gyomor áthaladási ideje egyénenként változik, és az elfogyasztott ételek típusa is befolyásolja. A CoQ10 teljes áthaladása a gyomorból a vékonybeleben és a nyirokon keresztül a vérbe általában 5-8 óráig tart.

A vékonybélben a CoQ10 passzív transzporttal szívódik fel, amelyet hordozó molekulák tesznek lehetővé. A CoQ10 felszívódásának megértése érdekében Singh et al. 60 egészséges felnőttből álló csoportban vizsgálták a különböző adagolási stratégiák hatá-

sságát a szérumban CoQ10 szintjére. A Singh-vizsgálatban a 200 mg-os CoQ10 dózis nagyobb szérumszint-emelkedést eredményezett, mint a 100 mg-os adag. Viszont a 2 × 100 mg-os adagjainak elosztása azonban nagyobb szérumszint-emelkedést eredményezett, mint egyetlen 200 mg-os adag. A Singh-adatok azt mutatják, hogy az emberi emésztőrendszer véges kapacitással rendelkezik a CoQ10 egyetlen adagban történő felszívódására. Ez a tény logikusan következik abból a koncepcióból is, amit korábban vázoltunk, miszerint transzporterre van szükség ahhoz, hogy a CoQ10 az enterocitákba jusson (Mantle – Dybring, 2020).

López-Lluch és társai kutatásai bizonyították, hogy a két legjobb felszívódó készítmény az ubiquinon és ubiquinol tartalmú lágy zselatin kapszulák. Emellett arra a következtetésre jutottak, hogy ismeretlen fiziológiai tényezők is részt vesznek a CoQ10 felszívódásában, ugyanis az alanyok azonos dózis mellett változó mértékű szérumban-CoQ10 emelkedést mutattak (López-Lluch et al. 2019).

Felhasználási területei

SPORT

A CoQ10 egy potenciálisan teljesítményfokozó hatású vegyület. Antioxidáns és energetikai tulajdonságai miatt javíthatja az edzőkapacitást, az izmok regenerációját és csökkentheti az OS-t.

Sánchez-Cuesta és társai megfigyeléses vizsgálatot végeztek a spanyol első osztályú Athletic Club de Bilbao csapatának labdarúgói 2 éven keresztül. Méréseik alapján magas CoQ10 plazmaszinttel magasabb izomtömegesítményt értek el a sporto-



Forrás: <https://pixabay.com>

lók a mérkőzések során. A verseny legnehezebb szakaszában a plazma CoQ10 szint csökkent és egyértelmű, szignifikáns negatív korrelációt mutatott a magas izomkárosodással (CK) a mérkőzés intenzívebb szakaszában. A kortizolszinttel kapcsolatban is kimutatható volt a negatív kapcsolat irányába mutató tendencia, de ebben az esetben az összefüggés nem volt szignifikáns. Eredményeik azt sugallják, hogy a magas CoQ10 szint megelőzheti az izomkárosodást, javítja a veseműködést és összefügg a labdarúgók jobb teljesítményével is (Sánchez-Cuesta et al. 2020).

Fernandes és társai szisztematikus áttekintésében azt találták, hogy 17 éves és idősebb sportolók esetén az orálisan beadott CoQ10 (30-300 mg) kiegészítés az OS indikátorok csökkenését, majd az antioxidáns kapacitás növekedését eredményezte. Ezen túlmenően a májfunkció (GPT, GOT, GGT) és a fáradást jelző markerek (CK) javulását is megfigyelték, és ennek következtében nőtt az anaerob teljesítmény, beleértve az átlagos teljesítményt is (Fernandes et al. 2023).

Hasonlóképpen elit japán kendo sportolók is bebizonyosodott a CoQ10 hatása. Napi 300 mg CoQ10 20 napon keresztül történő fogyasztása jelentősen csökkentette az izomkárosodás mértékét és teljesítményjavulást figyeltek meg a kontrollcsoporthoz képest. Egy másik tanulmány edzetlen férfiak és nők esetében is vizsgálódott. A résztvevők napi 100 mg CoQ10-et kaptak 14 napon keresztül, mielőtt különböző teszteken estek át. A kimerültségig eltelt idő jelentős javulását és az izomkárosodás csökkenését figyeltek meg a kontrollcsoporthoz képest (Clemente-Suárez et al. 2023).

Cooke és társai randomizált, kontrollált kettős vak vizsgálat során arra a következtetésre jutottak, hogy az akut CoQ10 kiegészítés magasabb izom CoQ10 koncentrációval járt, emellett alacsonyabb volt az OS-t jelző paraméterek szintje (szuperoxid-diszmutáz, malondialdehid) edzés közben és után. A magas CoQ10 növelte a kimerülésig eltelt időt (Cooke et al. 2008). Tauler és társai kutatásában 3 hónapos étrend-kiegészítés után (100 mg CoQ10/nap) – ahol az alanyok egy 60 perces labdarúgó mérkőzésen vettek részt – magasabb plazma aszkorbát és CoQ10-szintet eredményezett a placebo-csoporthoz képest. A mérkőzés követően a kutatók azt találták, hogy a

Q10 és az antioxidáns-kiegészítés pozitívan befolyásolta a plazma OS markereit. Az OS markerek szintje alacsonyabb volt a kiegészített csoportban, mint a placebo csoportban a mérkőzést követően. A Q10 és az antioxidáns étrend-kiegészítés alkalmazása megakadályozta a plazma oxidatív károsodását, de nem befolyásolta a mérkőzés fizikai megterhelésére adott neutrofil reakciót (Tauler et al. 2008).

Drobnic és társai irodalmi áttekintése alapján a CoQ10 inkább védő és regeneráló anyagnak tekinthető sportolók esetében, mint ergogén anyagnak. Ezen tulajdonságai antioxidáns és gyulladáscsökkentő hatásán alapulnak, amelynek révén védi a mitokondriumokat és a DNS-t, valamint módosíthatja a génextpressziót.

A CoQ10-kiegészítés képes csökkenteni az edzés által kiváltott izomkárosodást azáltal, hogy növeli a CoQ10 koncentrációját az izomsejtmembránokban és stabilizálja a sejtmembránok foszfolipid szerkezetét. Bár ezen kutatás legfőbb gyengesége, hogy sokféle sportág létezik, sokféle edzőmódszerrel, így nehéz a megfelelő kontextusba helyezni a kutatási eredményeket. Emellett vizsgálatok mintanagysága nem volt homogén, egyes tanulmányok nem határozták meg a nemet, a CoQ10 adagolását és alkalmazási idejét sem (Drobnic et al. 2022).

A Q10-nek még számos egyéb hatása, következménye lehet a testmozgással, sporttal kapcsolatban. Az idegrendszerre és izombetegségekre gyakorolt hatása, a vörösvértestek stabilizálása, az endothel diszfunkció optimalizálása és az izomösszetétel módosítása is rendkívül érdekes terület. Alapos tanulmányozásuk a későbbiekben meghatározhatja a CoQ10 valódi hatását. Mindezek után a CoQ10-kiegészítés szinergikusan is működhet más molekulákkal, amelyek segítenek megelőzni vagy helyreállítani a szövethárosodást, melyet a testmozgás által kiváltott stressz okoz. Ilyen például a kreatin az energia-anyagcserében és a szövetek helyreállításában, az omega-3 zsírsavak antioxidáns és sejtmóduláló hatásában, vagy a kurkumin specifikus gyulladásgátló és antioxidáns hatása (Drobnic et al. 2022).

Természetesen volt olyan tanulmány is, melyben nem találtak különbséget CoQ10-kiegészítés hatására. Ostman és társai 8 héten keresztül (90 mg) 23 közepesen edzett férfin vizsgálta a

CoQ10 hatását randomizált, kontrollált kettős vak módszerrel. A maximális oxigénfelvétel, a munkaterhelés, a pulzusszám és laktátküszöb értékeit vizsgálták, illetve olyan paramétereket, mint a kreatin-kináz, hipoxantin és húgysav. Nem volt szignifikáns eltérés a felsorolt paraméterekben a két csoport között (Ostman et al. 2012). Összességében úgy tűnik a CoQ10-kiegészítés pozitívan befolyásolhatja a sportteljesítményt a mitokondriális működés és az energiatermelés javításával, csökkentheti az izomkárosodást és javíthatja a regenerációt, a máj- és vesefunkciókat is. Az ajánlott adag vizsgálatonként változik, de általában napi 100-300 mg-os dózist alkalmaztak 4-12 héten keresztül. A verseny előtti és a felépülési szakaszban is hatásosnak bizonyult (Clemente-Suárez et al. 2023). Mindemellett érdemes lenne újabb kutatásokat végezni kifejezetten sportágspecifikusan, magasabb elemszámmal.

Klinikum

SZÍV-ÉS ÉRRENDSZERI BETEGSÉGEK

A szív- és érrendszeri (CV) betegségek kialakulásában fontos szerepet játszik az OS. A CoQ10 pedig erős antioxidáns potenciállal és antiinflammatorikus hatással bír, mely a nitrogén-monoxid szabályozása révén is megvalósul, továbbá fontos szerepet játszik a szívizom összehúzódásának folyamatában, ezáltal csökkentheti ezen betegségek rizikóját. (Zozina et al. 2018). Általánosan alkalmazott dózisa 100-300 mg közötti tartományban mozog.

Koszorúér betegségek (CAD) kialakulásával összefüggésbe hozták az alacsony CoQ10-szintet és antioxidáns enzimaktivitást, valamint a magas OS-t (Lee et al. 2012b). Lee és munkatársainak több kutatási eredményei szerint napi 150-300 mg CoQ10-kiegészítés 12 hét elteltével szignifikánsan csökkentette az OS-t és a gyulladási markereket, illetve növelte az antioxidáns enzimaktivitást és a CoQ10-szintet (Lee et al. 2012a; Lee et al. 2013). Diszlipidémiás páciensek körében végzett metaanalízisek alapján a CoQ10-kiegészítés szignifikánsan javította a vérben keringő lipidek arányát, legnagyobb hatását az összkoleszterinre napi 400-500 mg dózis mellett figyeltek meg (Liu et al. 2022). További metaanalízisekben a CoQ10 mind önmagában adva, mind szelénnel kombinálva

csökkentette a sztatinterápiá következtében kialakuló izomfájdalmakat, viszont más metaanalízisekben nem találtak köztük szoros összefüggést (Fedacko et al. 2013; Banach et al. 2015; Qu et al. 2018;).

Hiperlipidémiás, miokardiális infarktusos (MI) páciensekkel végzett kutatásokban napi 200 mg CoQ10 pótlás mellett a gyulladáso markerek és vérnyomás értékek csökkenését, valamint a lipid paraméterek javulását figyelték meg (Mohseni et al. 2014; Mohseni et al. 2015). Más kutatásokban összefüggést találtak a szérumb magasabb CoQ10 szintje és a jobb kamrai teljesítmény között angioplasztikán át esett betegeknél (Zozina et al. 2018). Szívelégtelenségben szenvedő betegeknél a CoQ10 alacsony szintje előrejelezheti a betegség mortalitását. Egyes kutatásokban standard kezelés mellett adott CoQ10 kiegészítés jelentősen csökkentette a szív- és érrendszeri események előfordulási gyakoriságát, valamint szignifikánsan javította a New York Heart Association (NYHA) funkcionális klasszifikációt szívelégtelenségben szenvedő alanyoknál (Mortensen et al. 2014). Más kutatásokban is kiegészítés mellett ritkább pitvarfibrillációs epizódokat, valamint csökkenő gyulladáso markereket figyelték meg (Zhao et al. 2015).

Alehagen és munkatársai több kutatásban vizsgálva CoQ10-kiegészítés hatására csökkent gyulladáso paramétereket, illetve szelénnel kombinálva pedig alacsonyabb szív- és érrendszeri mortalitást és javuló szív-működési pontszámot figyelték meg idős betegek körében, mely eredmények az utókövetéses vizsgálatokban (12 évvel később) is megfigyelhetőek voltak (Alehagen et al. 2013; Aleha-

gen et al. 2018; Alehagen et al. 2019). Emellett Több vizsgálatban CoQ10-kiegészítés mellett szignifikánsan csökkent az endothel diszfunkciók mértéke, emellett javuló mitokondriális funkciókat figyelték meg (Dai et al. 2011; Larijani et al. 2013; Sabbatinelli et al. 2020).

A CoQ10 szív- és érrendszerre gyakorolt hatásait vizsgáló kutatások legfőbb gyengesége az alacsony eset-szám, így a lehetséges előnyök részletesebb értékeléséhez nagyobb eset-számú vizsgálatok elvégzése lenne javasolt.

Neurológiai állapotok

A különböző neurológiai kórképekre (Parkinson-, Huntington-, Alzheimer-kór, Friedreich-ataxia) általában jellemző, hogy számos gén működése kapcsolatban áll OS-el vagy a mitokondriális funkcióval, ami alátámasztja a mitokondriumok alapvető szerepét a neurodegeneratív betegségekben. Emellett ezek az állapotok összefüggésbe hozhatók hibás energetikai folyamatokkal és a szervezet alacsony CoQ10-szintjével is, így széleskörűen vizsgálják a CoQ10-kiegészítés szerepét ezen kórképek kezelésében. Alzheimer-kórban (AD) bizonyították pozitív hatását egy randomizált, kontrollas vizsgálatban, miszerint a CoQ10 rövid távú helyi alkalmazása javulást eredményezett az AD-vel összefüggő retina ganglionsejtek (RGC) elvesztésében.

Egyes kutatásokban a CoQ10 és az E-vitamin kiegészítése pozitívan befolyásolta a Friedreich-ataxia progresszióját az alanyok egy részében. Más esetben a CoQ10 növelte a vázizomzat ATP-termelését, valamint a szív fosz-fokreatinszintjét az ATP-hez viszonyítva; azonban hat hónap elteltével

nem tapasztaltak javulást az echocardiogram leletekben vagy a páciensek neurológiai értékelésében.

A CoQ10-kiegészítés általában biztonságos és jól tolerálható volt mindegyik neurodegeneratív betegség esetében (Ebrahimi et al. 2023).

Daganat

A CoQ10 hiánya összefüggésbe hozható karcinogenezises folyamatok kialakulásával, így jelentős kutatási terület a daganatos betegségek prevenciójában és terápiájában.

Alacsony CoQ10-szintet találtak emlőrákos nők plazmájában és a rákos emlőszövetekben, valamint méhnyakrákban is. Emellett az alacsony CoQ10-szint rosszabb prognózissal korrelált. Egyes esetbeszámolók kimutatták, hogy a napi 390 mg CoQ10 étrend-kiegészítés a tumor regresszióját és a korábban diagnosztizált metasztázisok eltűnését eredményezte. 117 melanómás betegnél a plazma CoQ10-szintje szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a kontroll alanyokban, és összefüggésbe hozható az elsődleges daganat vastagságával. Ezenkívül azoknál a betegeknél, akiknél áttét alakult ki, alacsonyabb volt a CoQ10-szintje, mint az áttét nélküli betegeknél.

A CoQ10 daganatellenes jótékony hatásmechanizmusai közé tartozhat az immunrendszer erősítése és az antioxidáns aktivitás. A CoQ10 kiürülhet a kemoterápiás gyógyszerek alkalmazásával, ami elég magas kumulatív dózis elérése esetén kardiotoxicitást eredményez. Étrend-kiegészítő formájában a CoQ10 (100-200 mg/nap) megelőzheti a szívkárosodást, valamint a hasmenést és a szájgyulladást, amelyet a kemoterápiás szerek okoznak, anélkül, hogy csökkentené a terápia hatékonyságát. Egy szisztematikus áttekintés feltárta azt a tényt is, hogy nemcsak kardiotoxicitás, hanem májtoxicitás ellen is védelmet nyújthat a CoQ10-kiegészítés (Garrido-Maraver et al. 2014).

Hertz és Lister 41 végstádiumú rákos beteget követett nyomon 9 éven keresztül halálukig. Ez idő alatt Bio-Quinone Q10 étrend-kiegészítésben részesültek, illetve olyan antioxidánsok keverékét kapták, mint a C-vitamin, szelén, folsav és béta-karotin. A betegek átlagos várható túlélési ideje 12 hónap volt, a tényleges medián túlélés Q10-zel és antioxidáns-kiegészítéssel 40%-kal több lett, mint az eredetileg várható túlélés mediánja. A Q10 és az antioxidáns kezeléseket nagyon jól to-



Forrás: <https://pixabay.com>

lerálták, kevés mellékhatással (Hertz – Lister, 2009).

Cukorbetegség

A cukorbetegség krónikus anyagcserezavar, amely továbbra is jelentős egészségügyi problémaként jelentkezik világszerte. Számos tanulmány azt sugallja, hogy az oxidatív stressz központi szerepet játszik ennek a sokoldalú anyagcserezavarnak a patogenezisében. Ez vizsgálatokat indított az antioxidánsok kiegészítő terápiás megközelítésként történő alkalmazására vonatkozóan.

A 2-es típusú cukorbetegség szérumban CoQ10-szintje gyakran csökken, és szubklinikai diabéteszes kardiomiopátiával hozható összefüggésbe, amely CoQ10-pótlással visszafordítható.

Három randomizált, kettős vak klinikai vizsgálatban összesen 194 diszlipidemiás 2-es típusú cukorbeteg kapott napi 200 mg CoQ10-et vagy placebót 12 héten keresztül. Az egyik tanulmány a CoQ10-kezelést a CoQ10-fenofibrát kombinációval és a fenofibráttal (egy lipidcsökkentő gyógyszer) önmagában is összehasonlította. A CoQ10-kiegészítés ebben a populációban megemelte a plazma CoQ10-szintjét, javította a brachialis artéria endothel funkcióját, szignifikánsan csökkentette mind a szisztolés, mind a diasztolés vérnyomást, csökkentette a glikozilált hemoglobint (HbA1C), és fenofibráttal kombinálva jelentősen javította az endoteliális és a nem endoteliális alkar értágulatát.

Továbbá bebizonyosodott, hogy a tizenkét hetes ubiquinon-kezelés javítja a diabéteszes polyneuropathia klinikai szövődményeit és idegvezetési paramétereit; továbbá csökkenti az oxidatív stresszt jelentős nemkívánatos események nélkül. Ezek az adatok azonosítják a CoQ10-et, mint potenciális jelöltet a 2-es típusú cukorbetegség perifériás neuropátiájának jövőbeni kezelésére (Garrido-Maraver et al. 2014).

Zhang és munkatársai szisztematikusan áttekintése alapján elmondható, hogy a CoQ10 étrend-kiegészítés (100-200 mg/nap) segítheti a glikémiás szabályozást (HbA1c, éhomi vércukor), csökkentheti a triglicerid szintet és javíthatja a HDL-koleszterinszintet 2-es típusú diabéteszben szenvedő betegekénél (Zhang et al. 2018).

Termékenység

A meddőség világszerte egyének millióit érinti. A jelenlegi becslések szerint

a párok körülbelül 15%-a (körülbelül 48,5 millió pár) szenved reprodukció problémákkal. A termékenység csökken az életkor előrehaladtával, mind férfiak, mind a nők esetében (Agarwal et al. 2015).

Férfiak

A férfi meddőségnek összetett etiológiája van. Bár a kutatások azt állították, hogy az OS az idiopátiás férfi meddőség hátterében álló legvalószínűbb mechanizmus, ez a jelenség és specifikus kezelése további vizsgálatokat igényel. A CoQ10 mérhető mennyiségben található az ondoplazmában és koncentrációja közvetlenül korrelál a sperma paramétereivel, különösen a spermiumok számával és a spermiumok mozgékonyásával. Kimutatták, hogy a sperma CoQ10 koncentrációja megváltozik különböző férfi meddőségi állapotokban (varicocele, asthenozoospermia, valamint férfi meddőség kezelésére használt orvosi és sebészeti kezelések során). Ezek a megfigyelések arra utalnak, hogy a CoQ10 fontos élettani szerepet játszik a sperma minőségének fenntartásában és javításában (Alahmar et al. 2021). Emellett 2x100 mg Bio-Quinone Q10 kiegészítés hatékonynak bizonyult a spermiumok mozgékonyágának javításában, illetve jelentősen növelte mind az ubiquinon, mind az ubiquinol szintjét az ondoplazmában és a spermiumokban (Balercia et al. 2009).

Nők

A petefészekben fejlődő petesejtek gyorsan növekednek, és aktív energia- és koleszterinellátást igényelnek. Ezt az energiaellátást kizárólag a mitokondriumok biztosítják, amelyek jelentős számban vannak jelen az érett petesejtekben. Viszont az életkorral növekszik a mitokondriális mutáció, így károsodik az energiatermelés is. Ez növeli az OS jelenlétét és abnormális embrionális fejlődéshez vezethet. A felgyülemlett vizsgálati adatok alapján a CoQ10 erejének kihasználása nagy jelentőséggel bírhat a sejtek OS csökkentésében, az energia-anyagcsere fokozásában, a génszabályozásban való részvételben és a gyulladással való válasz csökkentésében. Hatással lehet az öregedő petefészekben a petesejt mennyiségének és minőségének javítására, illetve javíthatja a follikuláris folyadék oxidatív anyagcseréjét. Serkenetheti a petesejtek mitokondriális funkcióját és növelheti a terhesség valószínűségét. Ezek az előrelépések

lehetővé tennék egy új terápia kifejlesztését a meddőségben és a visszatérő vetélésben szenvedő nők számára (Nie et al. 2023). Giannubilo és társai kutatása során a Bio-Quinone Q10 orális kiegészítése (2x200 mg) javította a follikuláris folyadék oxidatív metabolizmusát, a petesejtek minőségét és a megtermékenyítés sikerességét, különösen a 35 év feletti nők esetében (Giannubilo et al. 2018).

Konklúzió

Ez az irodalmi összefoglaló betekintést nyújt a CoQ10 gyakorlati alkalmazásához és a szervezetben betöltött szerepének megértéséhez. Bemutatja a CoQ10 lehetséges előnyeit, hatásait a különböző klinikai körképek, valamint a sportteljesítmény szempontjából.

Számos publikációra alacsony esetszám volt jellemző, valamint egyes esetekben az eredmények ellentmondásosak voltak, ezért érdemes lenne magasabb esetszámokkal mélyebb elemzéseket, illetve sportolók esetében sportágspecifikus kutatásokat végezni. Ez lehetővé tenné új étrend-kiegészítési protokollok kidolgozását, melyek támogatnák a dietetikus szakemberek munkáját a prevenció, terápia és a sporttáplálkozás területén.

Összegzés

Egyre több bizonyíték utal arra, hogy a szervezet CoQ10-szintje több klinikai körképpel és a sportteljesítménnyel is összefüggésbe hozható. Ez az áttekintés arra a következtetésre jutott, hogy a CoQ10 a gyulladással mediátorok és oxidatív stressz csökkentésével olyan betegségekre lehet pozitív hatással, mint a szív- és érrendszeri vagy dagadt megbetegedések, a cukorbetegség, illetve különböző neurológiai körképek. Emellett segíthet a meddőség visszaszorításában a petesejtek mitokondriális energiaellátásának fokozásával, és a sperma paramétereinek javításával.

Kritikus szerepet játszik a sportteljesítmény alakulásában, mivel csökkenti az izomkárosodás mértékét és a fáradást jelző paramétereket (CK), késlelteti a kifáradást, gyorsítja a regenerációt, valamint javítja a máj- és vesefunkciókat. A kutatások alapján biztonságosan és széleskörűen alkalmazható mind prevenció, mind terápiás jelleggel, viszont a hivatalos adagolási protokollok kidolgozására további, átfogóbb vizsgálatok szükségesek.

Irodalomjegyzék:

- Agarwal, A. – Mulgund, A. – Hamada, A. – Chyatte, M.R. (2015): A unique view on male infertility around the globe. *Reproductive biology and endocrinology*. 13. 37. <https://doi.org/10.1186/s12958-015-0032-1>
- Alahmar, A.T. – Calogero, A.E. – Singh, R. – Cannarella, R. – Sengupta, P. – Dutta, S. (2021): Coenzyme Q10, oxidative stress, and male infertility: A review. *Clinical and experimental reproductive medicine*. 48. 2. 97–104. <https://doi.org/10.5653/cerm.2020.04175>
- Alehagen, U. – Aaseth, J. – Alexander, J. – Johansson, P. (2018): Still reduced cardiovascular mortality 12 years after supplementation with selenium and coenzyme Q10 for four years: A validation of previous 10-year follow-up results of a prospective randomized double-blind placebo-controlled trial in elderly. *PLoS One*. 13. 4. e0193120. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193120> PMID: 29641571; PMCID: PMC5894963.
- Alehagen, U. – Alexander, J. – Aaseth, J. – Larsson, A. (2019): Decrease in inflammatory biomarker concentration by intervention with selenium and coenzyme Q10: a subanalysis of osteopontin, osteoprotegerin, TNFr1, TNFr2 and TWEAK. *Journal of Inflammation (London, England)*. 16. 5. <https://doi.org/10.1186/s12950-019-0210-6> PMID: 30923464; PMCID: PMC6421641.
- Alehagen, U. – Johansson, P. – Björnstedt, M. – Rosén, A. – Dahlström, U. (2013): Cardiovascular mortality and N-terminal-proBNP reduced after combined selenium and coenzyme Q10 supplementation: a 5-year prospective randomized double-blind placebo-controlled trial among elderly Swedish citizens. *International Journal of Cardiology*. 167. 5. 1860–6. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2012.04.156> Epub 2012 May 23. PMID: 22626835.
- Balercia, G. – Buldreghini, E. – Vignini, A. – Tiano, L. – Paggi, F. – Amoroso, S. – Ricciardo-Lamonica, G. – Boscaro, M. – Lenzi, A. – Littarru, G. (2009): Coenzyme Q10 treatment in infertile men with idiopathic asthenozoospermia: a placebo-controlled, double-blind randomized trial. *Fertility and sterility*. 91. 5. 1785–1792. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2008.02.119>
- Banach, M. – Serban, C. – Sahebkar, A. – Ursoniu, S. – Rysz, J. – Muntner, P. – Toth, P.P. – Jones, S.R. – Rizzo, M. – Glasser, S.P. – Lip, G.Y. – Dragan, S. – Mikhailidis, D.P. (2015): Effects of coenzyme Q10 on statin-induced myopathy: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Mayo Clinic Proceedings*. 90. 1. 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2014.08.021> Epub 2014 Nov 14. PMID: 25440725.
- Clemente-Suárez, V.J. – Bustamante-Sánchez, Á. – Mielgo-Ayuso, J. – Martínez-Guardado, I. – Martín-Rodríguez, A. – Tornero-Aguilera, J.F. (2023): Antioxidants and Sports Performance. *Nutrients*. 15. 10. 2371. <https://doi.org/10.3390/nu15102371> PMID: 37242253; PMCID: PMC10220679.
- Cooke, M. – Iosia, M. – Buford, T. – Shelmadine, B. – Hudson, G. – Kerksick, C. – Rasmussen, C. – Greenwood, M. – Leutholtz, B. – Willoughby, D. – Kreider, R. (2008): Effects of acute and 14-day coenzyme Q10 supplementation on exercise performance in both trained and untrained individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 5. 8. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-5-8> PMID: 18318910; PMCID: PMC2315638.
- Dai, Y.L. – Luk, T.H. – Yiu, K.H. – Wang, M. – Yip, P.M. – Lee, S.W. – Li, S.W. – Tam, S. – Fong, B. – Lau, C.P. – Siu, C.W. – Tse, H.F. (2011): Reversal of mitochondrial dysfunction by coenzyme Q10 supplement improves endothelial function in patients with ischaemic left ventricular systolic dysfunction: a randomized controlled trial. *Atherosclerosis*. 216. 2. 395–401. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2011.02.013> Epub 2011 Feb 17. PMID: 21388622.
- Drobic, F. – Lizarraga, M.A. – Caballero-García, A. – Cordova, A. (2022): Coenzyme Q10 Supplementation and Its Impact on Exercise and Sport Performance in Humans: A Recovery or a Performance-Enhancing Molecule?. *Nutrients*. 14. 9. 1811 <https://doi.org/10.3390/nu14091811>
- Ebrahimi, A. – Kamyab, A. – Hosseini, S. – Ebrahimi, S. – Ashkani-Esfahani, S. (2023): Involvement of Coenzyme Q10 in Various Neurodegenerative and Psychiatric Diseases. *Biochemistry Research International*. 2023. 5510874. <https://doi.org/10.1155/2023/5510874> PMID: 37946741; PMCID: PMC10632062.
- Fedacko, J. – Pella, D. – Fedackova, P. – Hänninen, O. – Tuomainen, P. – Jarcuska, P. – Lopuchovsky, T. – Jedlickova, L. – Merkovska, L. – Littarru, G.P. (2013): Coenzyme Q(10) and selenium in statin-associated myopathy treatment. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 91. 2. 165–70. <https://doi.org/10.1139/cjpp-2012-0118> Epub 2013 Feb 25. PMID: 23458201.
- Fernandes, M.S.S. – Fidelis, D.E.D.S. – Aidar, F.J. – Badicu, G. – Greco, G. – Cataldi, S. – Santos, G.C.J. – de Souza, R.F. – Ardigo, L.P. (2023): Coenzyme Q10 Supplementation in Athletes: A Systematic Review. *Nutrients*. 15. 18. 3990. <https://doi.org/10.3390/nu15183990> Garrido-Maraver, J. –
- Cordero, M.D. – Oropesa-Avila, M. – Vega, A.F. – de la Mata, M. – Pavon, A.D. – Alcocer-Gomez, E. – Calero, C.P. – Paz, M.V. – Alanis, M. – de Laveria, I. – Cotan, D. – Sanchez-Alcazar, J.A. (2014): Clinical applications of coenzyme Q10. *Frontiers in Bioscience (Landmark Ed)*. 19. 4. 619–33. <https://doi.org/10.2741/4231> PMID: 24389208. Giannubilo, S.R. –
- Orlando, P. – Silvestri, S. – Cirilli, I. – Marcheggiani, F. – Ciavattini, A. – Tiano, L. (2018): CoQ10 Supplementation in Patients Undergoing IVF-ET: The Relationship with Follicular Fluid Content and Oocyte Maturity. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*. 7. 10. 141. <https://doi.org/10.3390/antiox7100141>
- Hertz, N. – Lister, R.E. (2009): Improved survival in patients with end-stage cancer treated with coenzyme Q(10) and other antioxidants: a pilot study. *Journal of International Medical Research*. 37. 6. 1961–71. <https://doi.org/10.1177/147323000903700634>
- Larijani, V.N. – Ahmadi, N. – Zeb, I. – Khan, F. – Flores, F. – Budoff, M. (2013): Beneficial effects of aged garlic extract and coenzyme Q10 on vascular elasticity and endothelial function: the FAITH randomized clinical trial. *Nutrition*. 29. 1. 71–5. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.08.001>

- [org/10.1016/j.nut.2012.03.016](https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.03.016) Epub 2012 Aug 2. PMID: 22858191; PMCID: PMC4277702.
- Lee, B.J. – Huang, Y.C. – Chen, S.J. – Lin, P.T. (2012a): Coenzyme Q10 supplementation reduces oxidative stress and increases antioxidant enzyme activity in patients with coronary artery disease. *Nutrition* (Burbank, Los Angeles County, Calif.). 28. 3. 250–255. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.06.004>.
- Lee, B.J. – Lin, Y.C. – Huang, Y.C. – Ko, Y.W. – Hsia, S. – Lin, P.T. (2012b): The relationship between coenzyme Q10, oxidative stress, and antioxidant enzymes activities and coronary artery disease. *The Scientific World Journal*. 792756. <https://doi.org/10.1100/2012/792756> PMID: 22645453.
- Lee, B.J. – Tseng, Y.F. – Yen, C.H. – Lin, P.T. (2013): Effects of coenzyme Q10 supplementation (300 mg/day) on antioxidation and anti-inflammation in coronary artery disease patients during statins therapy: a randomized, placebo-controlled trial. *Nutrition Journal*. 6. 12-1. 142. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-12-142>. PMID: 24192015; PMCID: PMC4176102.
- Liu, Z. – Tian, Z. – Zhao, D. – Liang, Y. – Dai, S. – Liu, M. – Hou, S. – Dong, X. Zhaxinima, Y.Y. (2022): Effects of Coenzyme Q10 Supplementation on Lipid Profiles in Adults: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Clinical Endocrinology Metabolism*. 108. 1. 232-249. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgac585> PMID: 36337001.
- López-Lluch, G. – Del Pozo-Cruz, J. – Sánchez-Cuesta, A. – Cortés-Rodríguez, A.B. – Navas, P. (2019): Bioavailability of coenzyme Q10 supplements depends on carrier lipids and solubilization. *Nutrition* (Burbank, Los Angeles County, Calif.). 57. 133–140. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.05.020>.
- Mantle, D. – Dybring, A. (2020): Bioavailability of Coenzyme Q10: An Overview of the Absorption Process and Subsequent Metabolism. *Antioxidants* (Basel, Switzerland). 9. 5. 386. <https://doi.org/10.3390/antiox9050386>
- Mohseni, M. – Vafa, M.R. – Hajimiresmail, S.J. – Zarrati, M. – Forushani, A.R. – Bitarafan, V. – Shidfar, F. (2014): Effects of coenzyme q10 supplementation on serum lipoproteins, plasma fibrinogen, and blood pressure in patients with hyperlipidemia and myocardial infarction. *Iran Red Crescent Medical Journal*. 16. 10. e16433. <https://doi.org/10.5812/ircmj.16433> PMID: 25763201
- Mohseni, M. – Vafa, M. – Zarrati, M. – Shidfar, F. – Hajimiresmail, S.J. – Forushani A.R. (2015): Beneficial Effects of Coenzyme Q10 Supplementation on Lipid Profile and Interleukin-6 and Intercellular Adhesion Molecule-1 Reduction, Preliminary Results of a Double-blind Trial in Acute Myocardial Infarction. *International Journal of Preventive Medicine*. 7. 6. 73. <https://doi.org/10.4103/2008-7802.162461> PMID: 26330989. Mortensen, S.A. – Rosenfeldt, F. – Kumar, A. – Dolliner, P. – Filipiak, K.J. – Pella, D. – Alehagen, U. – Steurer, G. – Littarru, G.P. (2014): The effect of coenzyme Q10 on morbidity and mortality in chronic heart failure: results from Q-SYMBIO: a randomized double-blind trial. *JACC Heart Failure*. 2. 6. 641-9. <https://doi.org/10.1016/j.jchf.2014.06.008> Epub 2014 Oct 1. PMID: 25282031.
- Nie, X. – Dong, X. – Hu, Y. – Xu, F. – Hu, C. – Shu, C. (2023): Coenzyme Q10 Stimulate Reproductive Vatility. *Drug design, development and therapy*. 17. 2623–2637. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S386974>
- Ostman, B. – Sjödin, A. – Michaëlsson, K. – Byberg, L. (2012): Coenzyme Q10 supplementation and exercise-induced oxidative stress in humans. *Nutrition* (Burbank, Los Angeles County, Calif.). 28. 4. 403–417. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.07.010>
- Qu, H. – Guo, M. – Chai, H. – Wang, W.T. – Gao, Z.Y. – Shi, D.Z. (2018): Effects of Coenzyme Q10 on Statin-Induced Myopathy: An Updated Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of American Heart Association*. 7. 19. e009835. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.009835> PMID: 30371340.
- Sabbatinelli, J. – Orlando, P. – Galeazzi, R. – Silvestri, S. – Cirilli, I. – Marcheggiani, F. – Dladla, P.V. – Giuliani, A. – Bonfigli, A.R. – Mazzanti, L. – Olivieri, F. – Antonicelli, R. – Tiano, L. (2020): Ubiquinol Ameliorates Endothelial Dysfunction in Subjects with Mild-to-Moderate Dyslipidemia: A Randomized Clinical Trial. *Nutrients*. 12. 4. 1098. <https://doi.org/10.3390/nu12041098>. PMID: 32326664; PMCID: PMC7231284.
- Saini R. (2011): Coenzyme Q10: The essential nutrient. *Journal of pharmacy and bioallied sciences*. 3. 3. 466–467. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.84471>
- Sánchez-Cuesta, A. – Cortés-Rodríguez, A.B. – Navas-Enamorado, I. – Lekue, J.A. – Viar, T. – Axpe, M. – Navas, P. – López-Lluch, G. (2022): High coenzyme Q10 plasma levels improve stress and damage markers in professional soccer players during competition. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*. 92. 3-4. 192-203. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000659> PMID: 32639220. Tauler, P. – Ferrer, M.D. – Sureda, A. – Pujol, P. – Drobnic, F. – Tur, J. A. – Pons, A. (2008): Supplementation with an antioxidant cocktail containing coenzyme Q prevents plasma oxidative damage induced by soccer. *European journal of applied physiology*. 104. 5. 777–785. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0831-6>
- Zhang, S.Y. – Yang, K.L. – Zeng, L.T. – Wu, X.H. – Huang, H.Y. (2018): Effectiveness of Coenzyme Q10 Supplementation for Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Endocrinology*. 2018. 6484839. <https://doi.org/10.1155/2018/6484839> PMID: 30305810; PMCID: PMC6165589.
- Zhao, Q. – Kebbati, A.H. – Zhang, Y. – Tang, Y. – Okello, E. – Huang, C. (2015): Effect of coenzyme Q10 on the incidence of atrial fibrillation in patients with heart failure. *Journal of Investigative Medicine*. 63. 5. 735-9. <https://doi.org/10.1097/JIM.0000000000000202> PMID: 25919281.
- Zozina, V.I. – Covantev, S. – Goroshko, O.A. – Krasnykh, L.M. – Kukes, V.G. (2018): Coenzyme Q10 in Cardiovascular and Metabolic Diseases: Current State of the Problem. *Current Cardiology Reviews*. 14. 3. 164-174. <https://doi.org/10.2174/1573403X14666180416115428>. PMID: 29663894