

TALLINNA TERVISHOIU KÕRGKOO



Meditsiinitehnilise hariduse keskus

Farmatseudi õppekava

Eve Tsopp

**KOENSÜÜM Q10 TÄHTSUS INIMORGANISMILE JA SELLE KASUTAMINE
TOIDULISANDINA**

Lõputöö

Tallinn 2024

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite töödest, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud. Luban Tallinna Tervishoiu Kõrgkoolil avalikustada oma lõputöö PDF-versiooni raamatukoguprogrammis.

Lõputöö autori allkiri

/allkirjastatud digitaalselt/

/kuupäev digitaalallkirjas/

Lubatud kaitsmisele.

Juhendajad

Monika Drews, PhD

Ülle Tamming, MSc

/allkirjastatud digitaalselt/

/kuupäev digitaalallkirjas/

KOKKUVÕTE

Eve Tsopp (2024). Tallinna Tervishoiu Kõrgkool, Meditsiinitehnilise hariduse keskus, farmatseudi õppekava. Koensüüm Q10 tähtsus inimorganismile ja selle kasutamine toidulisandina. Teoreetilises lõputöös on 36 lk, 33 kirjandusallikat, viis joonist ja kaks lisa.

Lõputöö eesmärgiks on uurida tõenduspõhistest allikatest koensüümi Q10 erinevaid vorme, omastumist ja tähtsust inimorganismile ning Q10 defitsiidi tekke põhjuseid ning kasutamist toidulisandina.

Lõputöö on teoreetiline, mille käigus analüüsiti teemakohast tõenduspõhist teaduskirjandust. Töö kirjutamiseks on välja selekteeritud uurimisteamiga seotud kirjandus, mis on ilmunud aastatel 2013–2023. Lõputöö kesksete mõistete defineerimisel on kasutatud raamatuid ja teadusartikleid ilmumisaastatega 1994, 1995 ja 2003 eesmärgiga viidata kirjanduse algallikatele. Lõputöö koostamisel töötati läbi 52 kirjandusallikat, millest valiti 33 sobivat.

Koensüümil Q10 on kaks põhilist vormi – ubikinoon ja ubikinool. Ubikinoon on Q10 oksüdeeritud vorm ja ubikinool koos kahe täiendava vesiniku aatomiga on Q10 oksüdeerimata ehk redutseeritud vorm. Ensümaatiliste protsesside abil liiguvad ubikinoon ja ubikinool pidevalt ühest vormist teise sõltuvalt organismi vajadustest. Ubikinoonid on eriti olulised organismis energiavahetuse jaoks ning ubikinoolidel on tähtis roll antioksidandina.

Koensüümi Q10 defitsiidi esmasteks sümptomiteks on väsimus, jõuetus, kehalise koormuse taluvuse langus. Kestvalt madal koensüümi Q10 tase veres tähendab aga oluliselt suuremat riski südame- ja veresoonkonnahaiguste, parodontiidi, immuunsüsteemihäirete, kasvajate tekkeks ja arenguks ning neurodegeneratiivseteks häireteks. Märgatavalt kiireneb vananemine.

Üha enam uuringuid viitab Q10-le kui toidulisandile, millel on suur mõju inimese tervisele. Q10 on laialdaselt kasutatav toidulisand olles maailmas kolmandal kohal kalaõli ja multivitamiinide tarbimise järel. Koensüümi Q10 on tunnustatud kompleksravi komponendina selliste haiguste puhul nagu krooniline südamepuudulikkus, hüpertensioon, 2. tüüpi diabeet ja mitokondriaalsed häired ning seda soovitatakse hüperkolesteroleemiaga patsientidele, et vältida kolesterooli alandavate statiinide kõrvalmõjusid.

Võtmesõnad: Ubikinoon, ubikinool, koensüüm Q10

SUMMARY

Eve Tsopp (2024). Tallinn Health Care College, Medical Technology Education Centre, Curriculum of an Assistant Pharmacist. The importance of coenzyme Q10 for the human body and its use as a dietary supplement. The thesis has 36 pages and 33 literary sources. There are five figures and two appendices in the thesis.

The aim of the thesis is to investigate, based on evidence-based sources, the forms of the redox molecule coenzyme Q10, the absorption and the importance of coenzyme Q10 for the human body, as well as the deficiency of coenzyme Q10 and its use as a dietary supplement.

The thesis has been prepared as a theoretical research paper, involving an analysis of relevant evidence-based scientific literature. Literature related to the research topic published between 2013 and 2023 has been selected for writing the thesis. The central concepts in the thesis are defined using books and research articles published in 1994, 1995 and 2003. During the preparation of the thesis, 52 literary sources were processed, from which 33 were selected.

Coenzyme Q10 has two main redox forms – ubiquinone and ubiquinol. Ubiquinone is the oxidized form of Q10, while ubiquinol, along with two extra electrons is its reduced form. The conversation from the one redox form of Q10 to the other and back again occur in the mitochondria depending on the body's needs. Ubiquinone is an essential co-factor in the cellular process of ATP energy production, while ubiquinol acts as an important antioxidant in the body.

The symptoms of coenzyme Q10 deficiency include fatigue, weakness and decreased tolerance to physical exertion. Low levels of coenzyme Q10 in the blood increase the risk of cardiovascular diseases, periodontitis, immune system disorders, tumors and neurodegenerative disorders. Aging noticeably accelerates.

An increasing number of studies indicate that coenzyme Q10 is a dietary supplement with significant impact on human health. Coenzyme Q10 is worldwide the third most consumed nutritional supplement after fish oil and multivitamins. Coenzyme Q10 is recognized as a component of complex therapy for conditions such as chronic heart failure, hypertension, type 2 diabetes, and mitochondrial disorders. It is recommended for patients with hypercholesterolemia to prevent the side effects of cholesterol-lowering drugs, statins.

Keywords: Ubiquinone, ubiquinol, coenzyme Q10

SISUKORD

KOKKUVÕTE.....	3
SUMMARY	4
SISSEJUHATUS.....	6
1. METOODIKA	8
2. KOENSÜÜM Q10 ROLL INIMORGANISMIS.....	9
2.1. Koensüüm Q10 mõiste	9
2.2. Ubikinoonide ja ubikinoolide biofunktsioonid	10
2.3. Ubikinoonide allikad	11
3. KOENSÜÜM Q10 DEFITSIIT JA KASUTAMINE TOIDULISANDINA	12
3.1. Q10 defitsiidi tekke põhjused ja defitsiidist tulenevad probleemid	12
3.2. Q10 kasutamine toidulisandina.....	13
4. KOENSÜÜM Q10 BIOSAADAVUS JA OHUTUS	22
4.1. Koensüüm Q10 biosaadavus	22
4.2. Ubikinoon või ubikinool	24
4.3. Koensüüm Q10 ohutus ja koostoimed ravimitega	25
5. ARUTELU.....	28
JÄRELDUSED	30
KASUTATUD KIRJANDUS	32

LISAD:

LISA 1. Koensüüm Q10 biosüntees

LISA 2. Q10 sisaldus taimsetes ja loomsetes produktides

SISSEJUHATUS

Koensüümil Q10 on kaks põhilist vormi – ubikinoon ja ubikinool. Ubikinoon on Q10 oksüdeeritud vorm ja ubikinool koos kahe täiendava vesiniku aatomiga on Q10 oksüdeerimata ehk redutseeritud vorm. Ensümaatiliste protsesside abil liiguvad ubikinoon ja ubikinool pidevalt ühest vormist teise sõltuvalt organismi vajadustest. Ubikinoonid on eriti olulised organismis energiavahetuse jaoks ning ubikinoolidel on tähtis roll antioksüdandina. Koensüümi Q10 võime toimida redokspaarina erinevates vormides ja erinevate funktsioonidega on biokeemilises mõttes ainulaadne. (Arenas-Jal jt, 2020).

Kuigi toit on oluline Q10 allikas, sünteesitakse suur osa vajalikku koensüümi Q10 inimorganismis. Kõige rohkem suudab organism koensüümi Q10 sünteesida inimese 19–25 eluaasta paiku, edaspidi organismi võimekus alaneb. (Raizner, 2019).

Koensüümi Q10 defitsiidi esmasteks sümptomiteks on väsimus, jõuetus, kehalise koormuse taluvuse langus. Kestvalt madal koensüümi Q10 tase veres tähendab aga oluliselt suuremat riski südame- ja veresoonehaiguste, parodontiidi, immuunsüsteemihäirete, kasvajate tekkeks ja arenguks ning neurodegeneratiivseteks häireteks. Märgatavalt kiireneb vananemine. (Zilmer jt, 2015: 136).

Suure molekulmassi ja vees lahustumatuse tõttu on Q10 bioaadavus inimestel väga madal. Q10 imendub peensoolest aeglaselt ja mittetäielikult. (Podar jt, 2023). Paljude ubikinooli sisaldavate Q10 toodete puhul lubatakse ubikinoonist paremat bioaadavust. Ubikinool oksüdeerub kergesti ja muundub ubikinooniks niipea kui see puutub kokku seedekulgla oleva hapnikuga. (Judy, 2018: 68).

Uurimisprobleem: Organismi vananemise ja mitmete haiguslike seisundite puhul on koensüümi Q10 defitsiidi teke tõenäoline. Vananedes väheneb maksa võime viia ubikinoone inimorganismile vajalikku Q10 vormi. Vananemisel ja haiguste (südamehaigused, lihaste düstroofia, immuunsüsteemi häired, diabeet, kõrgvererõhktõbi) korral vähenevad koensüümi Q10 varud inimorganismis. Koensüümi Q10 defitsiidi võib tingida ka kolesterooli sünteesi inhibeerivate ravimite pidev ja kauakestev kasutamine. (Zilmer jt, 2015: 136).

Lõputöö **eesmärgiks** on uurida koensüümi Q10 erinevaid vorme, omastumist ja tähtsust inimorganismile ning Q10 defitsiidi tekke põhjuseid ning kasutamist toidulisandina.

Eesmärgist lähtuvalt on püstitatud järgmised uurimistöö **ülesanded**:

- Uurida koensüümi Q10 tähtsust inimorganismile.
- Uurida koensüümi Q10 kasutamist toidulisandina.
- Uurida koensüümi Q10 erinevate vormide imendumist inimorganismis.

Kesksed mõisted:

Antioksidant (*antioxidant*) – on ühend, mis kontrollib/reguleerib oksüdatiivsete stressorite ehk reaktiivsete osakeste (vabad radikaalid jt) tööd (Zilmer jt, 1995: 11).

Koensüüm Q (*Coenzyme Q*) ehk ubikinoon (*ubiquinone*) – antioksidantse toimega rasvlahustuvate looduslike ühendite rühm, mida iseloomustab bensokinoongrupp ja pikk isopreenüksustest varieeruv külgahel. Inimorganismile on iseloomulik 10 lülist koosneva külgahelaga ühend koensüüm Q10. (Zilmer jt, 2015: 136).

Oksüdatiivne stress (*oxidative stress*) – on häire pro- ja antioksidantide normaalses tasakaalus, pro-oksüdantide (oksüdatiivsete stressorite) kasuks, mille tagajärjeks on võimalike kahjustuste teke. Sellest tulenevalt on oksüdatiivne stress mitmete haiguste kujunemise oluline komponent. (Zilmer jt, 1995: 12).

Ubikinool (*ubiquinol*) – on koensüüm Q10 redutseeritud vorm. Ubikinoolidel on tähtis roll organismis antioksidandina. (Littarru, 1994: 47).

Ubikinoon (*ubiquinone*) – on koensüüm Q10 oksüdeeritud vorm. Ubikinoonid on eriti olulised organismis energiavahetuse jaoks. (Littarru, 1994: 46).

1. METOODIKA

Tegemist on teoreetilise uurimistööga, mis põhineb kirjanduse analüüsil. Kirjandusallikate valimise kriteeriumiteks seati tõenduspõhisus, usaldusväärsus, ilmumisaasta, täies mahus teksti olemasolu ja teemakohasus. Otsiti eesti- ja ingliskeelseid kirjandusallikaid. Kirjandusallikate otsingule järgnes kirjandusega tutvumine ning sobivate materjalide selekteerimine. Lõputöö koostamisel töötati läbi 52 kirjandusallikat, millest valiti 33 sobivat. Kasutatud allikatest 29 olid ingliskeelsed ja neli eestikeelsed. Kirjandusallikate ilmumisaasta on vahemikus 1994–2023.

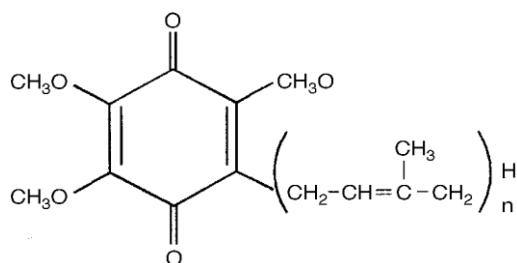
Kirjandusallikate ja teadusartiklite leidmiseks kasutati Eesti suuremate raamatukogude e-kataloogi ESTER, raamatuid erakogust, andmebaaside kogumit EBSCOhost, andmebaasi PubMed, Tallinna Tervishoiu Kõrgkooli raamatukogu kataloogisüsteemi RIXWEB, Google Scholar ja Google otsingumootoreid. Elektrooniliste kirjandusallikate otsingu piiranguteks olid: vaba ligipääsuga täistekst (*full-text*), eelretsenseeritud (*peer-reviewed*), avaldatud vahemikus 2013–2023. Otsingusõnadena kasutati järgmisi märksõnu: ubikinoon (*ubiquinone*), ubikinool (*ubiquinol*), koensüüm Q10 (*coenzyme Q10*), vitamiin Q (*vitamin Q*).

Lõputöö usaldusväärset tagavad töös kasutatud tõenduspõhised kirjandusallikad. Töö kirjutamiseks on välja selekteeritud uurimisteedega seotud kirjandus, mis on ilmunud viimaste aastate jooksul (2013–2023). Lõputöö kesksete mõistete defineerimisel on kasutatud raamatuid ilmumisaastatega 1994, 1995 ja 2003 eesmärgiga viidata kirjanduse algallikatele. Tekst on korrektselt refereeritud ning autoritele on viidatud. Kõik kirjandusallikad on kasutatud kirjanduse loetelus välja toodud. Lõputöö kirjutamisel on lähtutud Tallinna Tervishoiu Kõrgkooli kirjalike tööde koostamise ja vormistamise juhendist. Lõputöös ei esine plagiaati.

2. KOENSÜÜM Q10 ROLL INIMORGANISMIS

2.1. Koensüüm Q10 mõiste

Koensüümi Q10 avastas 1957. aastal Ameerika teadlane dr. Frederik L. Crane osana uuringust, mis käsitles rakuenergia metabolismi. Ta isoleeris esmakordselt kollaka kristalse ühendi ehk koensüümi Q veise südame mitokondrist. Keemiline nimetus ubikinoon on tuletatud sõnast *ubique*, mis tähendab ladina keeles kõikjal esinev. Ubikinoone leidub peaaegu kõigis inimkeha rakkudes ja erinevates biokeemilistes vormides. 1958. aastal tegi dr. Karl August Folkers koos kaastöötajatega ettevõttest Merck & Co kindlaks ubikinooni struktuuri (vt joonis 1). (Judy, 2018: 33).



Joonis 1. Koensüümi Q ehk ubikinooni struktuurivalem, n – isopreenülide arv (Hargreaves, 2003).

Mõned aastad hiljem avastati ubikinoonide vitameersus, mis tähendab, et vitamiin Q on lähedase keemilise ehitusega loodusühendite rühm, mida iseloomustabokinoontuum, mille külghel koosneb erinevast arvust (0–12) isopreenülidest. Inimorganismile on iseloomulik 10 lülid koosneva külghelaga ühend (93–98%), ülejäänud 2–7% ühenditest on üheksa lüliga. (Vihalemm, 2017).

Briti teadlane Peter Mitchell pälvis 1978. aastal Nobeli preemia keemias, kui selgitas Q10 rolli rakkudes toimivas energiavahetuses. Gian Paolo Littarru ja Karl Folkers tõendasid paralleelselt läbi viidud uuringutes Q10 defitsiiti inimorganismis südamehaiguste korral. (Judy, 2018: 34).

Koensüümil Q10 on kaks põhilist vormi. Ubikinoon on Q10 oksüdeeritud vorm ja ubikinool koos kahe täiendava vesiniku aatomiga on Q10 redutseeritud vorm. Ensümaatiliste protsesside abil liiguvad ubikinoon ja ubikinool pidevalt ühest vormist teise, sõltuvalt organismi vajadustest. Inimorganismi rakkudes sünteesitakse Q10-t ubikinoonina ning ka toidust saadakse Q10-t ubikinooni vormis. (Arenas-Jal jt, 2020).

2.2. Ubikinoonide ja ubikinoolide biofunktsioonid

Ubikinoonidel on oluline roll rakkude energiavahetuses. Ubikinoon on mitokondrite sisemembraani struktuurne komponent, mis on seotud energia tootmises osaleva elektronide transpordiahelaga ja selle kaudu ATP (adenosiintrifosfaat) tootmisega kõigis rakkudes. ATP on vajalik energia tootmiseks lihaskontraktsiooniks ning teisteks elutähtsateks funktsioonideks. Mitokondriaalses transpordiahelas on koensüümi Q10 ülesandeks elektronide transport oksüdatsiooniprotsessideks raku sisemusse ja prootonite transport redoksreaktsioonideks rakust välja. Koos energiatootmisega aitab Q10 toota ka kehasoojust. (Arenas-Jal jt, 2020).

Ubikinoolid on lipofiilses keskkonnas (vere lipoproteiinid, plasmamembraan, mitokondrite sisemembraan) töötavad antioksidandid inimorganismis. See on oluline antioksidantne kaitse lipiidide peroksüdatsiooni vastu. (Zilmer jt, 2015: 136). Kui organismis funktsioneeriva antioksidatiivse süsteemi töö ei ole piisav või on häiritud, kujuneb oksüdatiivne stress, mille kestva toime tagajärgedeks on kahjustuste teke. Sellest tulenevalt on oksüdatiivne stress mitmete haiguste kujunemise oluline komponent. (Zilmer jt, 1995: 12).

Ubikinoolid aitavad regenereerida antioksidantseid vitamiine E ja C. Vitamiinid E ja C toimivad antioksidantidena ainult taandatud vormis. Vabade radikaalide kahjutustamise protsessis nimetatud vitamiinid oksüdeeruvad. Nende vitamiinide aktiivsete vormide olemasoluks tuleb neid korduvalt taandada. (Hernandez-Camacho jt, 2018).

Ubikinoolid kaitsevad veresoonte seinu ja lihaskude membraane oksüdatiivsete kahjustuste eest. Ubikinoolid ja ubikinoonid asuvad veres põhiliselt LDL (*low-density lipoprotein*) osakestes, kaitstes neid oksüdatsiooni eest ja aeglustades nii osaliselt ateroskleroosi arengut. Ubikinoolid, aidates säilitada rakumembraanide ja membraanete valkude terviklikkust, tagavad normaalse signaaliülekanne läbi membraanide. (Vihalemm, 2017).

Ubikinoolid vähendavad koehormoonide poolt vahendatud põletikku ja hüübimist. Ubikinoonid aktiveerivad raku kasvu ja pidurdavad raku surma tervetes kudedes. (Cirilli jt, 2021).

2.3. Ubikinoonide allikad

Ubikinoonid on vitamiinidele lähedase ehituse ja antioksüdantse toimega rasvlahustuvate ühendite rühm. Q10 ei ole klassikaline vitamiin, sest kuigi toit on ubikinoonide allikas, sünteesitakse suur osa vajalikku Q10 inimorganismis. Kõige rohkem suudab organism koensüümi Q10 sünteesida inimese 19–25 eluaasta paiku, edaspidi organismi võimekus alaneb. (Raizner, 2019). Koensüümi Q10 ööpäevane vajadus on umbes 500 mg, millest vaid ligikaudu 5 mg saadakse toiduga (Hargreaves jt, 2020).

Q10-t leidub inimorganismi kõikides kudedes. Maks on ubikinoonide põhidepoo, kuid Q10 sisaldus südamelihastes (114 µg/g) on umbes kaks korda kõrgem kui maksas (55 µg/g), neerudes (67 µg/g) ja skeletilihastes (40 µg/g). Kõige madalam on ubikinoonide kontsentratsioon kopsudes (8 µg/g). (Ayer jt, 2015).

Koensüüm Q10 bensokinoongrupp sünteesitakse inimorganismis türosiinist ja isopreenüksustest külghel atsetüül-CoA baasil (vt lisa 1, joonis 2). Endogeenne tootmine mõjutab Q10 taset eelkõige organismi kudedes, toiduga manustatud ubikinoonid tõstavad Q10 kontsentratsiooni vereplasmas. (Podar jt, 2023). Koensüüm Q10 tootmiseks on organismil vaja kaheksat vitamiini, mineraale ja aminohappeid – fenüülalaniini, türosiini ja metioniini. Täiskasvanud terve inimese organism sisaldab 0,5–1,5 g koensüümi Q10. (Arenas-Jal jt, 2020).

Inimorganismi seedekulgasse satuvad ubikinoonid taimsete ja loomsete produktide koostises. Rumeenia teadlaste poolt 2023. aastal avaldatud uurimistöös on välja toodud ubikinoonide sisaldus mitmetes taimsetes ja loomsetes produktides (vt lisa 2, tabel 1). Kõrge Q10 sisaldusega toiduained on veiseliha (16,1–48,8 µg/g), kanaliha (10,6–21,1 µg/g) ja merekalad: Balti heeringas (11,2–13,9 µg/g), sardiinid (11,9–30,5 µg/g), makrellid (10,6–25,8 µg/g) ning subproduktid: süda (sea süda 19,2–128,7 µg/g), maks (veise maks 33,3–50,5 µg/g). Ubikinoone sisaldavad keskmisest rohkem ka sojaõli (46,6–63,5 µg/g), seesamiõli (17,6–31,5 µg/g), pähklid (11,5–25,5 µg/g) ja avokaado (9,5–24,3 µg/g). Kuigi piim ja piimatooted on loomse päritoluga, ei ole need head ubikinoonide allikad. Inimene saab toiduga päevas vaid ligikaudu 5 mg Q10-t. (Podar jt, 2023).

3. KOENSÜÜM Q10 DEFITSIIT JA KASUTAMINE TOIDULISANDINA

3.1. Q10 defitsiidi tekke põhjused ja defitsiidist tulenevad probleemid

Koensüümi Q10 puuduse korral inimorganismis eristatakse esmast ja teisest defitsiiti. Esmast defitsiiti põhjustavad mutatsioonid geenides, mis on seotud koensüüm Q10 biosünteesiga. Esmast tüüpi Q10 defitsiit esineb maailmas umbes 120 000 inimesel. Teisene defitsiit on levinum ning seda põhjustavad mutatsioonid geenides, mis ei ole otseselt seotud Q10 biosünteesiga, oksüdatiivne stress ja mitmed ravimid. (Mantle jt, 2023).

Koensüüm Q10 biosüntees inimorganismis on kompleksne mitmeetapiline protsess, mille korral bensokinoongrupp sünteesitakse türosiinist ja isopreenüksustest külghel mevalonaadist atsetüül-CoA baasil. Koensüüm Q10 biosünteesiks on vaja vähemalt 10 geeni, millest ühe mutatsioon võib põhjustada Q10 defitsiidi. (Hargreaves jt, 2020).

Koensüüm Q geenimutatsioonidest tulenev esmane koensüümi Q10 defitsiit avaldub vastsündinutel või varases lapsepõlves neuroloogilise düsfunktsiooniga patsientidel ning selle tagajärjeks on raske puue või surm. Mõningatel juhtudel on võimalik koensüümi Q10 manustamisega patsienti ravida, eriti oluline on haiguse varane diagnoosimine. Ravivastus sõltub sellest, milline koensüüm Q geen on mõjutatud. (Mantle jt, 2023). Esmasest koensüüm Q10 defitsiidist on mõjutatud eelkõige suure energiavajadusega koed ajus, lihastes ja neerudes. Sümptomite tugevus ja ilmnemise aeg on erinevad – tõsised sümptomid väljenduvad imikueas, nõrgemad sümptomid võivad esile tulla 60. eluaastate jooksul. (Hargreaves jt, 2020).

Esmase koensüüm Q10 defitsiidi diagnoosimine on keeruline, sest Q10 biosünteesi rada inimorganismis ei ole veel täielikult välja selgitatud. Uuringud näitavad, et esmane koensüüm Q10 defitsiit tekib autosoomretsessiivse pärandumise kaudu. Haiguste fenotüübid on väga erinevad ja sama geeni mutatsioonid võivad põhjustada erinevaid alatüüpe. Q10 defitsiit on praeguseks ainuke ravitav mitokondriaalne häire. (Ayer jt, 2015).

Organismi vananemise ja mitmete haiguslike seisundite puhul on koensüümi Q10 teisese defitsiidi teke tõenäoline. Vananedes väheneb maksa võime viia ubikinoone inimorganismile vajalikku Q10 vormi. Vananemisel ja haiguste (südamehaigused, lihaste düstroofia, immuunsüsteemi häired, kõrgvererõhktõbi, diabeet) korral vähenevad koensüümi Q10 varud inimorganismis. (Zilmer jt, 2015: 136).

Teisene defitsiit kujuneb peensoolehaiguste, rasvavaese toidu, mitmete ravimite pikaajalisel kasutamisel ja kroonilise alkoholismi puhul. B-rühma vitamiinide vaeguse puhul kahaneb maksa võime Q10-t sünteesida. (Vihalemm, 2017). Koensüümi Q10 defitsiidi tingib antidepressandi amitriptüliini ning kolesterooli sünteesi inhibeerivate ravimite ehk statiinide pidev ja kauakestev kasutamine (Hargreaves jt, 2020).

Sapi või pankrease nõre defitsiit, kestev raualiigsus, kloriididerikas joogivesi, hormonaalsed kontratseptiivid ja soolekahjustused pärsivad Q10 imendumist (Zilmer jt, 2015: 136). Kui ubikinoonide süntees on madal või takistatud, väheneb ka organismis energia tootmine, mis tähendab, et lihased väsivad kiiremini, väheneb südamejõudlus ning füüsilise koormuse taluvus, antikehade moodustumine immuunsüsteemi poolt, langeb närvirakkude toime efektiivsus (Vihalemm, 2017).

Koensüümi Q10 defitsiidi esmasteks sümptomiteks on väsimus, jõuetus, kehalise koormuse taluvuse langus. Kestvalt madal koensüümi Q10 tase veres tähendab aga oluliselt suuremat riski südame- ja veresoonehaiguste (sh ateroskleroos, kardiomiopaatia), parodontiidi, diabeedi, immuunsüsteemihäirete, kasvajate tekkeks ja arenguks ning neurodegeneratiivseteks häireteks (seniilsus, parkinsonism). Märgatavalt kiireneb vananemine. (Zilmer jt, 2015: 136).

3.2. Q10 kasutamine toidulisandina

3.2.1. Südame-veresoonehaigused

Südame-veresoonehaigused on lääneriikides üks peamisi surmapõhjuseid. Südamepuudulikkusega seotud surmajuhtumite arv kasvab kogu maailmas ja sellest on saanud ülemaailmne terviseprobleem. (Hernandes-Camacho jt, 2018). Arenenud riikides on südamepuudulikkus üks sagedasemaid ja kulukamaid hospitaliseerimise põhjuseid, seepärast pööratakse suurt tähelepanu haigusekulu pidurdamisele ja hospitaliseerimiste ennetamisele. Seega on ülimalt oluline südamepuudulikkuse riskifaktorite varane äratundmine ja ravi alustamine. Südamepuudulikkus tekib teiste südant kahjustavate haiguste nagu kõrgvererõhktõbi, südame isheemiatõbi, suhkruhaigus ehk diabeet, südame klapiirakend, südame rütmihäired ja südamelihase toksiline kahjustus, tulemusena. Südamepuudulikkuse tagajärjel ei suuda süda organismi piisavalt varustada hapnikurikka verega. Sümptomiteks on väsimus, nõrkus, õhupuudus, tursed, mis tekivad vedelikupeetusest kudedes. (Filipiak jt, 2022).

Mitmed uuringud näitavad koensüüm Q10 rolli nii südamepuudulikkuse ennetamisel kui ravis. Oksüdatiivne stress ja mitokondrite funktsiooni häired on südame-veresoonkonna haiguste kujunemisel olulised tegurid. Q10 on tugev antioksidant, mis on oluline vereringesüsteemi ja mitokondrite DNA kaitsmiseks. Südamepuudulikkuse korral on ATP süntees südamelihases vähenenud peamiselt elektronide transpordiahela efektiivsuse languse tõttu. Südamepuudulikkusega patsientide südame lihaskude sisaldab vähem Q10-t kui tervetel inimestel ning Q10 tase südames langeb vananedes. Q10 toidulisandid võivad parandada südame kokkutõmbejõudu ja ennetada ateroskleroosi teket. (Judy, 2018: 99–100).

2014. aasta detsembris avaldati ajakirjas JACC (*the Journal of American College of Cardiology*) uuring nimega Q-Symbio. Randomiseeritud, topeltpimedas uuringu juhtivteadlaseks oli Kopenhaageni ülikooli haigla südamekeskuse peaarst professor Svend Åge Mortensen. Q-Symbio raames uuriti 420 südamepuudulikkusega patsienti Aasias, Austraalias ja Euroopas. Rahvusvahelise uuringu käigus näidati, et manustatav koensüüm Q10 tõstab vereseerumis Q10 taset – ravigrupis oli patsientidel koensüüm Q10 tase tõusnud tasemele 2,5 µg/ml ning platseebogrupis oli see jäänud tasemele 1 µg/ml. Uuring kestis viis aastat ja näitas, et südamehaigete hulgas, kes said iga päev 300 mg Bio-Quinone Q10-t kapslites, oli suremus 42% väiksem kui neil, kes said identseid platseebokapsleid. Q10-t sisaldavat toidulisandit anti patsientidele südamepuudulikkuse tavapärase ravi osana. Q10 manustajate seas oli oluliselt vähem hospitaliseerimist. Uuringu tulemusena võib väita, et hästi-imenduva koensüümi Q10 mõju koos tavapärase südamepuudulikkuse raviga parandab ellujäämisvõimalust, vähendades sümptomite raskusastet ning raskete kardiovaskulaarsete tüsistuste riski. Samuti leiti, et 300 mg koensüümi Q10 päevas on ohutu ja hästi talutav. (Raizner, 2019).

Südame isheemiatõbi ehk koronaartõbi on südant verrega varustavate pärgarterite ateroskleroosilistest muutustest ning südamelihase vere- ja hapnikuvaegusest tekkinud haigus, mille korral südamelihase ei saa piisavalt verd. Südame isheemiatõbi on meeste ja vanemaealiste naiste kõige sagedasem südamehaigus. Haiguse sümptomite hulka kuuluvad valu rinnus füüsilise koormuse ajal (stenokardia), pärgarteri tromboos. Südamepuudulikkus ja äkksurm võivad tekkida südameisheemia tagajärjel. (Ayer jt, 2015). Vabad radikaalid ründavad LDL-kolesterooli, põhjustades selle kuhjumist veresoonte seintesse ning ateroskleroosi kujunemist. Ateroskleroosi puhul tekivad veresoonte seinapaksendid ehk ateroskleroosilised naastud, mis ahendavad oluliselt arterivalendikku. Veresooned kaotavad oma elastsuse, tekib kalduvus trombid tekkeks. Protsessi tagajärjel areneb vastavas kehaosas kohalik väheveresus.

(Gutierrez-Mariscal jt, 2021). Koensüüm Q10 kui tähtis antioksidant, on võimeline neutraliseerima vabade radikaalide ja oksüdatiivse stressi kahjulikku mõju. Mitmed uuringud on näidanud, et Q10 mõjub positiivselt südame isheemiatõve korral. Koronaarhaigus piirab südame hapnikuvarustust, kuid uuringute kohaselt võivad Q10-t sisaldavad toidulisandid sümptomeid leevendada. Q10 aitab südamelihase rakkude mitokondritel paremini kasutada saadaolevat vähest hapnikku, vähendades sellega haiguse sümptomeid. Q10 kliiniline kasutamine ei asenda tavapäraseid südameravimeid, kuid Q10 parandab juba ravi saavate patsientide elukvaliteeti ja suurendab nende ellujäämist. (Judy, 2018: 76–77).

Kardiomiopaatia on südame lihast haarav haigus, mille tulemusena häirub südame võime efektiivselt tööks. Kardiomiopaatia patsientidelt võetud koeproovid viitavad sellele, et mitokondrid on defektsed ega suuda seetõttu toota piisavalt energiat. Koensüüm Q10 sisaldus südamelihases on kardiomiopaatia korral normaalsest oluliselt madalam. Raskematel juhtudel on Q10 kontsentratsioon umbes pool sellest, mida leidub normaalses terves südames. (Filipiak jt, 2022).

Hüpertensioon ehk kõrgvererõhktõbi on südame-veresoonkonna haiguste peamine riskifaktor. Koensüümi Q10 mõju vererõhule on uuritud manustades patsientidele 100–200 mg Q10-t ööpäevas. Uuringud näitavad koensüümi Q10 manustamise otsest mõju endoteelile, mille tulemusel paraneb veresoonte silelihaste talitus ja alaneb vererõhk. Koensüümil Q10 on hüpertensiooni korral kaitsev roll ennetades oksüdatiivset stressi ja põletikku. (Gutierrez-Mariscal jt, 2021). Meta-analüüsid on näidanud nii süstoolse (ülemise) kui ka diastoolse (alumise) vererõhu langust. Koensüümi Q10 sisaldavad toidulisandid võivad olla efektiivsed hüpertensiooni kompleksravi ühe komponendina. (Judy, 2018: 107–108).

Diabeediga kaasnev hüperglükeemia ehk kõrge veresuhkur põhjustab hapniku vabade radikaalide kasvu, mille tagajärjeks on oksüdatiivne stress. Vabade radikaalide kõrge tase ja antioksidantse kaitse langus võib kahjustada rakke, suurendada lipiidide peroksidatsiooni ning soodustada insuliiniresistentsuse teket, mis viib diabeetiliste komplikatsioonideni. Koensüümil Q10 kui tähtsal antioksidandil ja vabade radikaalide neutraliseerijal võib olla positiivne mõju diabeedi ravis. Mitmeid uuringuid on läbi viidud, et hinnata koensüümi Q10 manustamise kasulikkust diabeedi korral. Pikaajaline kõrge glükoositase põhjustab mitokondrites superoksiidi üleproduktiooni, mille tagajärjel tekivad kahjustused kudedes. Südame-veresoonkonna haigused on teist tüüpi diabeedi peamiseks komplikatsiooniks, mille tekkimine on seotud endoteeli talitlushäiretega. Koensüümi Q10 manustamine võib parandada

endoteeli talitlust aktiveerides lämmastikoksiidi süntaasi endoteelis ja oksüdatiivset fosforüleerimist mitokondrites. (Arenas-Jal jt, 2020).

3.2.2. Mitokondriaalsed haigused

Mitokondriaalset düsfunktsiooni on seostatud neurodegeneratiivsete haiguste tekke või arenguga. Mitmed uuringud viitavad, et paljude haiguste algpõhjuseks on oksüdatiivne stress ja vabade radikaalide rünnakud mitokondriaalse DNA vastu. (Judy, 2018: 133–134). Mitokondriaalsed vead põhjustavad migreeni, seniilsust, kroonilise väsimuse sündroomi, fibromüalgia ning mitmeid neurodegeneratiivseid haiguseid nagu Alzheimeri tõi, Parkinsoni tõi, Huntingtoni tõi, polüskleroos ja amüotroofiline lateraalskleroos. Oksüdatiivse stressi tagajärjel põhjustavad need haigused organismis glutatiooni vähenemist, oksüdatiivset DNA-d ja valkude kahjustamist. Q10-l võib olla positiivne mõju mitokondriaalsete haiguste ennetamisel ja kompleksravis, kuid vajalik on läbi viia rohkem uuringuid. (Rauchova, 2021).

Parkinsoni tõi on närvihaigus, mida iseloomustab lihasjäikus ja tahtmatu lihasvärin, mis segavad inimese igapäevast toimetulekut. Haiguse teke on seotud organismi vananemisega ning haigusnähud ilmnevad tavaliselt pärast 50. eluaastat. Hiljutised uuringud näitavad, et Parkinsoni tõvega patsientidel on Q10 tase trombotsüütides ehk vereliistakutes madal. Koensüümil Q10 võib olla trombotsüütide agregatsiooni pärssiv toime ning seetõttu võib Q10 madal tase vereliistakutes suurendada patsientide insuldi ja teiste südame-veresoonkonna haiguste riski. Koensüümi Q10 manustamine võib parandada Parkinsoni tõvega patsientide mitokondriaalseid defekte aeglustades seeläbi motoorsete võimete langust. (Ebrahimi jt, 2023).

Depressioon on psühhiaatriline häire, mis on tingitud närviülekanne mõjutava aine – neurotransmitteri (serotoniin, noradrenaliin ja dopamiin) funktsioonihäiretest. Olulised häire tekkes on ka psühholoogilised tegurid. Raske (kliiniline) depressioon mõjutab rohkem kui 264 miljonit inimest maailmas. Depressiooni peetakse üheks kõige levinumaks psüühikahäireks. Maailma Terviseorganisatsioon on nimetanud depressiooni teisele kohale AIDS-i järel puude ja pikaajalise töövõimetuse põhjustajana maailmas ning ennustatakse, et see on 2030. aastaks üks levinumaid haiguseid. Mitmed uuringud on näidanud, et haigusel on seos oksüdatiivse stressi ja immuunpõletikuga ning vitamiini E, tsingi ja koensüüm Q10 madala tasemega organismis. Tai, Poola ja Austraalia teadlaste poolt läbi viidud uuringutes osalenud enam kui pooltel depressiooniga patsientidel mõõdeti madalam koensüüm Q10 kontsentratsioon

vereplasmas võrreldes tervete osalejatega. Depressiooniravi saavatele patsientidele 200 mg Q10 ööpäevas manustamisel kaheksa nädala jooksul täheldati depressiooni sümptomite leevenemist. (*Ibid.*).

Euroopa riikides ja ka mujal maailmas läbi viidud uuringud näitavad, et migreen on üks levinumaid närvihaiguseid, mille all kannatab umbes 15% naistest ja 8% meestest. Migreeni korral on peavalu pulseeriv, enamasti valutab üks peapool ning valuga kaasnevad iiveldus, oksendamine, valgus-, heli- ja lõhnatundlikkus. Koensüüm Q10 defitsiit organismis on seotud migreeni patogeneesiga, eriti haiguse all kannatavate laste ja noorukite seas. Ameerika Neuroloogia Akadeemia soovib koensüümi Q10 sisaldavate toidulisandite kasutamist migreeni ennetamisel. (Testai jt, 2021). Topeltpimedas platseebokontrollitud uuringus, kus osalejad said Q10 annuseid kolm korda 100 mg ööpäevas, täheldati vähem migreenihoogusid ja vähem päevi, mil migreen esines. Uuringu tulemusena selgus, et Q10-t manustanud migreeni käes kannatanutel alanesid põletikunäitajad. Põletikku peetakse üheks migreeni tekkepõhjuseks. Koensüümi Q10 soovitatakse manustada annustes 300 mg ööpäevas koos teiste migreeni profülaktikas kasutatavate toidulisanditega nagu magneesium ja riboflaviin. (Judy, 2018: 131–132).

Glaukoom ehk roheline kae on üks sagedasemaid pimedaksjäämise põhjuseid maailmas üle 40-aastaste inimeste seas. Glaukoomist tekkinud nägemiskahjustus on pöördumatu. Selle silmahaiguse korral kahjustub silma ja aju omavahel ühendav nägemisnärv. Koensüüm Q10 võib olla efektiivne närvirakkude kaitsmisel oksüdatiivse stressi eest sellise neurodegeneratiivse seisundi puhul nagu glaukoom. (Pastor-Maldonado jt, 2020). Itaalia teadlaste poolt läbi viidud uuringu käigus raviti 43 avatud nurga glaukoomiga patsienti 12 kuu jooksul. Patsiendid, kellele manustati silmatilku, mis sisaldasid beeta-blokaatoreid ja 500 mg vitamiini E ning 100 mg koensüümi Q10, näitasid paremaid tulemusi võrreldes ainult beeta-blokaatoritega ravitud patsientidega. Kombinatsioonravi saanud inimeste nägemisfunktsioon paranes. (Testai jt, 2021).

3.2.3. Vananemine ja krooniline põletik

Koensüümi Q10 biosüntees väheneb kiiresti inimorganismi vananedes ja vananemisega seotud haiguste korral. Q10 kontsentratsioon 65-aastase inimese plasmas võib olla poole madalam kui 25-aastase inimese oma (0,65 µg/ml *versus* 1,35 µg/ml). (Judy, 2018: 25). Q10 kontsentratsioon

eakate plasmas on positiivses korrelatsioonis füüsilise aktiivsusega ja tervisliku (optimaalse) kolesterooli tasemega, samuti madalama lipiidide oksüdatiivse kahjustusega. Q10 toidulisandina on eakate tervisele kasulik vältides kroonilist oksüdatiivset stressi, mis on seotud südame-veresoonkonna ja neurodegeneratiivsete haigustega. (Hernandes-Camacho jt, 2018).

Rootsis aastatel 2013–2018 läbi viidud uuring KiSel-10, mida juhtis Linköpingi ülikooli kardioloog Urban Alehagen, näitas, et Q10-t ja seleeni sisaldavad toidulisandid võivad vähendada südame-veresoonkonna haiguste põhjustatud suremust eakate seas. Q10-t kasutati kombinatsioonis seleeniga põhjusel, et Q10 ja seleen toimivad organismis sünergiliselt. 443 meest ja naist vanuses 70–88 jaotati kahte rühma. Ühele rühmale anti päevas 200 mg Q10-t (Bio-Quinone Q10) ja 200 µg seleeni (SelenoPrecise), teisele rühmale aga platseebot. Uuring kestis viis aastat ja selle tulemused näitasid, et Q10 ja seleeni kombinatsiooni saanud inimestel oli 54% võrra väiksem risk surra südame-veresoonkonna haigustesse. Samuti suurenes toidulisandit saanud rühma osalejatel südamelihaste jõudlus ning bioloogilise markeri NT-proBNP (B-tüüpi natriureetilise propeptiidi N-fragment) tasemed olid madalamad. Uuring näitas, et nendel inimestel, kes võtsid Q10-t ja seleeni, oli südamelihase funktsioon parem ning see parandas nende elukvaliteeti ja eluea pikkust. (Judy, 2018: 26–29).

Krooniline põletik on inimorganismi vananemisega seotud probleem. Põletik on nii oksüdatiivse stressi põhjus kui ka tagajärg. (Fakhrolmobasheri jt, 2023). Q10 vähendab vabade radikaalide vastu võitlemise kaudu tuumafaktor kappa-B (NF-kB) aktivatsiooni ja selle kaudu proinflammatoorsete tsütokiinide vabanemist. Vananemisega seotud Q10 vähenenud tase organismis võib soodustada põletiku teket. (Peixoto de Barcelos ja Haas, 2019).

Endogeenne Q10 tootmise kahanemine vananedes mõjutab negatiivselt immuunsüsteemi ja vähendab organismi kaitsevõimet infektsioonide vastu. Professor Karl Folkers on mitmete uuringute käigus tõestanud, et Q10 stimuleerib antikeha IgG (immunoglobuliin G) tootmist organismis. Immuunkaitse vajab palju Q10-t, eriti ägedate põletike korral. (Judy, 2018: 98).

Parodontiit on igemete krooniline põletikuline haigus. Parodontiidi tekkepõhjuseks on spetsiifilistest bakteritest koosluse (bakteriaalse katu) tekkimine hamba ja igeme vahele igemetaskusse. Parodontiidi all kannatavatel patsientidel on Q10 tase igemekudedes vähenenud. Uuringud on näidanud seost igemete põletiku ja südame-veresoonkonna haiguste vahel. On täheldatud, et parodontiidiga inimestel on kaheksa korda suurem tõenäosus haigestuda südamelihase põletikku. Parodontiidi ravis on oluline põletikuprotsessi peatamine.

Q10-t sisaldavatel toidulisanditel võib olla positiivne mõju sellele haigusele. Q10 kaitseb organismi vabade radikaalide eest, mis põhjustavad kudede kahjustusi seoses haiguse põletikuliste protsessidega. Q10-t sisaldavate toidulisandite tarbimine võib tugevdada igemeid, vähendada igemete veritsust ja taandumist ning ära hoida hammaste kaotust. (Shukla ja Dubey, 2018).

Vananedes langeb naharakkudes koensüümi Q10 tase. Kortsud tekivad kui nahk kaotab oma elastsuse ning muutub kuivaks ja õhukeseks, naharakkude uuenemine aeglustub ning kollageeni ja elastiini tootmine väheneb. Vabad radikaalid, mis tekivad päikesekiirguse, suitsetamise, stressi, alkoholi ja teiste väliste tegurite mõjul, aitavad naharakkude kahjustumisele ja kollageeni lagunemisele kaasa. Ubikinoolid kui tugevad antioksüdandid neutraliseerivad nahale kahjulikke vabu radikaale pärssides naharakkude kahjustumisprotsessi. Ubikinoonid toetavad naharakkude energiavahetust, aktiveerivad rakkude kasvu ja pidurdavad rakkude surma tervetes kudedes. Kosmeetikatööstuses kasutatakse koensüümi Q10 laialdaselt vananemisvastaste toodete komponendina. (Garrido-Maraver jt, 2014).

3.2.4. Treening ja viljakus

Liharakkudes on palju mitokondreid, mis tarbivad füüsilise tegevuse ajal suures koguses Q10-t. Q10 puudus võib põhjustada lihaste funktsiooni halvenemist ja oksüdatiivse stressi tõusu. Vanuse kasvades on mitokondriaalse DNA kahjustus seotud lihaskiudude kaotuse ja atroofiaga. Q10-t sisaldavate toidulisandite tarbimine võib vähendada oksüdatiivseid kahjustusi ja lihasmassi kadu, eriti kui Q10-t kombineeritakse treeningu või teiste lihaseid stimuleerivate tegevustega. (Cirilli, 2021).

Q10 toidulisandid võivad parandada tipp sportlaste tulemusi. Q10-t sisaldavate toidulisandite positiivset mõju sooritusele on näidanud mitmed uuringud. Soome teadlased korraldasid topeltpime platseebokontrollitud uuringu tipp tasemel murdmaasuusatajate seas. Nad avastasid, et 94% sportlastest, kellele anti iga päev 90 mg Q10-t, näitasid paremaid tulemusi. Neil oli suurenenud hapniku omastamine ja nende jõudlus oli parem, kuna nende anaeroobne lävi oli tõusnud. Platseebogruppi kuulunud sportlastest näitasid paranenud tulemusi 33% osalejatest. (Judy, 2018: 125–127).

Intensiivset füüsilist treeningut tegevad sportlased on vastuvõtlikumad kroonilise väsimuse seisundile, sealhulgas ületreeningu sündroomile ja nakkushaigustele, mis kahjustavad nende

sooritusvõimet. Intensiivne treening stimuleerib põletikulisi reaktsioone ning suurendab reaktiivsete hapnikuosakeste taset organismis põhjustades oksüdatiivset stressi. Põletik ja oksüdatiivne stress võivad kaasa aidata sportlaste ületreeningu sündroomile ja kroonilisele väsimuse seisundile. Lisaks võib intensiivne füüsiline treening põhjustada lihaste vigastusi. Seetõttu soovitatakse sportlastele organismi kaitsevõime tugevdamiseks treeningute ajal ja võistlusperioodil antioksüdante sisaldavate toidulisandite kasutamist. (Testai jt, 2021).

Alates 30. eluaastatest väheneb koensüümi Q10 kontsentratsioon inimorganismi kudedes ning see toob kaasa vanemisprotsessid, mille tagajärjel langeb viljakus. Naiste suguelundite vanemisega kaasneb mitokondriaalne düsfunktsioon, mis on seotud oksüdatiivse fosforüülimise ja ATP taseme langusega. Uuringud kinnitavad seost Q10 madala plasma kontsentratsiooni ja iseeneslike abortide vahel. Vanusega kaasnevat munarakkude kvaliteedi ja kvantiteedi langust saab tõsta Q10 toidulisandite manustamise abil. (Ben-Meir jt, 2015).

Spermarakud vajavad energiat, et munarakku viljastada. Q10 puudus vähendab spermarakkude aktiivsust, samuti kaitseb Q10 mitokondreid oksüdatiivsete kahjustuste eest, vähendades seeläbi talitlushäiretega spermarakkude tootmise riski. Mitmed uuringud näitavad, et Q10-t sisaldavad toidulisandid võivad aidata meeste teatud tüüpi viljatuse vastu. (Banihani, 2018).



Joonis 3. Koensüüm Q10 toidulisandina (Shukla ja Dubey, 2018, kohandatud).

Q10 on laialdaselt kasutatav toidulisand (vt joonis 3) olles kolmandal kohal kalaõli ja multivitamiinide tarbimise järel maailmas (Arenas-Jal jt, 2020). Nõudlus Q10 preparaatide järele kasvab, mistõttu teadlased töötavad välja üha uusi meetodeid koensüüm Q10 tööstuslikuks tootmiseks. Koensüüm Q10 sünteesimiseks kasutatakse keemilist sünteesi ja biosünteesi bakterite abil. (Shukla ja Dubey, 2018).

Koensüümi Q10 on tunnustatud ka kui teaduslikult dokumenteeritud ravimit selliste haiguste puhul nagu krooniline südamepuudulikkus, hüpertensioon, 2. tüüpi diabeet ja mitokondriaalsed häired ning seda soovitatakse hüperkolesteroleemiaga patsientidele, et vältida kolesterooli alandavate statiinide kõrvalmõjusid. Ungaris on Q10 registreeritud kui kroonilise südamepuudulikkuse ravim alates 2005. aastast. Üha enam uuringuid viitab Q10-le kui toidulisandile, millel on suur mõju inimese tervisele. (Judy, 2018: 52).

4. KOENSÜÜM Q10 BIOSAADAVUS JA OHUTUS

4.1. Koensüüm Q10 biosaadavus

Koensüüm Q10 keemiline struktuur koosneb kinoontuumast ja 10 isopreenülilist koosnevast külghelast. Q10 molekulmass on 865 g/mol ja sulamistemperatuur 49 °C. Q10 on tundlik füüsikalise-keemiliste parameetrite muutuste suhtes – valguse käes või temperatuuri tõusu (>55 °C) toimel muutub see ebastabiilseks. Toiduainete termilise töötlemise käigus Q10 hävineb. Q10 on hüdrofoobne (polüpreenüül kõrvalahela tõttu), mis muudab Q10 vees ja polaarsetes lahustites raskesti lahustuvaks, kuid kergesti lahustuvaks mittepolaarsetes lahustites ja lipiidides. Q10 imendub peensoolest aeglaselt ja mittetäielikult. Suure molekulmassi ja vees lahustumatuse tõttu on Q10 biosaadavus inimestel väga madal. (Podar jt, 2023).

Vees lahustamatuse ja piiratud lahustuvuse tõttu lipiidides ning kõrge molekulmassi tõttu imendub Q10 halvasti ja aeglaselt, maksimaalse plasmakontsentratsiooni saabumise aeg (T_{max}) on 6 tundi pärast manustamist. 24 tundi pärast suukaudset manustamist täheldatakse järgmist maksimaalset plasmakontsentratsiooni, mida võib seostada enterohepaatilise tsirkulatsiooniga ja Q10 ümberjaotumisega maksast vereringesse lipoproteiinide poolt. Q10 keskmine eliminatsiooni poolväärtusaeg on 33 tundi. Q10 metaboliseeritakse tsütokroom P450 ensüümide abil. Kuna Q10 annuse suurendamisel imendumise efektiivsus väheneb, siis doosid, mis ületavad imendumisvõime ei mõjuta ravi efektiivsust, vaid suurendavad asjatult ravikulusid. Võrreldes ühekordse annusega, tõstavad jagatud annused Q10 plasmakontsentratsiooni. Sellel põhjusel tuleks päevased annused jagada mitmeks doosiks. (Arenas-Jal jt, 2020).

Eksogeense Q10 omastamine kudedes on piiratud kui rakud sünteesivad piisavalt Q10-t ja lisamanustamine ei ole vajalik. Q10 biosaadavus on suurem geneetilise Q10 puudulikkusega patsientidel, kelle kliinilised näitajad ja mitokondriaalne funktsioon võib paraneda Q10 toidulisandite suurte annuste ja pikaajalise manustamise korral. (Ayer jt, 2015).

Q10 toidulisandid on saadaval peamiselt tablettidena, pehme- või kõvakapslitena. Biosaadavuse parandamiseks on testitud Q10 eelravimit ja uudseid tehnoloogiaid nagu nanotehnoloogia, liposoomidesse pakendamine, dispergeerimine ja ioniseerimine. (Pastor-Maldonado jt, 2020).

Erinevat tüüpi toormaterjalides ja toidulisandites on Q10 molekulid agregeerunud kristallideks. Need kristallid inimorganismis ei imendu. Madalama kvaliteediga Q10 preparaat sisaldab tavaliselt Q10 kristallide ja õli segu, mis ei taga kõrget biosaadavust põhjusel, et kristallid ei lahustu kehatemperatuuril piisavalt. Kristallide lahustumine toimub temperatuuril 47 °C. Q10 kristallide muutmiseks nii, et need suudaksid enne peensoolde imendumist täielikult lahustuda, on vaja spetsiaalset õli ja kuumutusprotsessi. (Judy, 2018: 48).

Taani ettevõtte Pharma Nord on välja töötanud teaduslikult dokumenteeritud Q10 preparaadi, mis põhineb ubikinoonil. Spetsiaalse tehnika abil, kus Q10 kristalle kuumutatakse sojaõlis, muutub Q10 kristallide struktuur ja need võtavad lumehelbe sarnase kuju. Manustamisel lahustuvad need muudetud kristallvormid täielikult normaalsel kehatemperatuuril ja lõpetavad üksikute Q10 molekulidena, mis imenduvad peensoolest kergesti. Selles tootes kasutatav tooraine on identne organismis toodetava Q10-ga. Pharma Nordi koensüüm Q10 on Rahvusvahelise Koensüüm Q10 Assotsiatsiooni referentstoode ning seda on uuritud enam kui 70 teadustöös. (*Ibid.*).

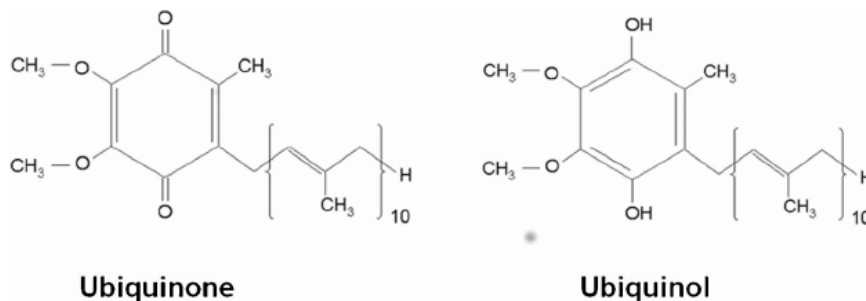
Austraalia teadlaste poolt on välja töötatud ise-emulgeeruv ravimkandursüsteem (SEDDS – *self emulsifying drug delivery system*) *AquaCelle*. Teaduspõhine preparaat *AquaCelle* Q10 on kõrge biosaadavusega, stabiilne ja polüsorbaatide vaba. (Briskey jt, 2019). SEDDS koosnevad raviainest, õlidest ja pindaktiivsetest ainetest, mis moodustavad kergel segamisel mao veepõhises keskkonnas emulsiooni. Tekkinud tilgad võimaldavad raviainel kiirelt limaskesta läbida ja seal järgnevalt ka imenduda. (Aulton ja Taylor, 2018: 637).

Koensüüm Q10 rasvlahustuvad omadused tulenevad molekuli keemilisest struktuurist ehk rasvlahustuvus on tingitud isopreenüksusest külghela olemasolust. Mõned tootjad väidavad, et parema imendumise tagamiseks muudetakse Q10 vees lahustuvaks. Kui aga Q10 molekuli struktuuri muudetakse, ei ole enam tegemist koensüümiga Q10. Olenemata sellest, kuidas molekule transporditakse või millist tehnoloogiat kasutatakse, on Q10 molekulid alati sama keemilise struktuuriga ja rasvlahustuvad. (Mantle ja Dybring, 2020).

Q10 soovituslik kogus inimestele tervise hoidmiseks on 30–100 mg ööpäevas, kompleksravi ühe komponendina sõltuvalt näidustusest 60–1200 mg ööpäevas (Arenas-Jal jt, 2020). Q10 toidulisandeid on nende rasvlahustuvuse tõttu soovitatav manustada koos rasvarikka toiduga (Gutierrez-Mariscal jt, 2020).

4.2. Ubikinoon või ubikinool

Koensüümil Q10 on kaks peamist vormi (vt joonis 4). Ubikinoon on Q10 oksüdeeritud vorm, mis on oluline inimorganismis energiavahetuse jaoks. Ubikinoon on pruunikas-kollase värvusega. Ubikinool koos kahe täiendava vesiniku aatomiga on Q10 oksüdeerimata ehk redutseeritud vorm, millel on organismis oluline roll antioksidandina. Ubikinooli värvus on piimjasvalge. Ensümaatiliste protsesside abil liiguvad ubikinoon ja ubikinool pidevalt ühest vormist teise, sõltuvalt organismi vajadustest. Enamik inimesi on võimelised kergesti ubikinooni ubikinooliks muundama, säilitades seeläbi kahe vormi vahelise suhte. (Arenas-Jal jt, 2020).



Joonis 4. Ubikinooni ja ubikinooli struktuurivalem (Peixoto de Barcelos ja Haas, 2019).

Toidulisandites sisalduv ubikinoon imendub seedekulglas ubikinooni vormis ja seejärel muundatakse lümfisüsteemis ubikinooliks. Lümfisüsteemi kaudu liigub Q10 vereringesse ubikinooli kujul. (Judy, 2018: 61). Inimese veres sisalduvast Q10-st on 95% ubikinooli vormis, ülejäänud neli protsenti on ubikinooni vormis. Vereplasmas sisalduvad lipoproteiinid puutuvad kokku oksiidide ja vabade radikaalidega ning vereplasma vajab lipofiilset antioksidanti ehk ubikinooli. Suhteliselt väike kogus ubikinooni vereplasmas on piisav mitokondriaalse elektronide transpordisüsteemi käivitamiseks, mis vastutab vajaliku energia sünteesi eest vererakkudes. Ubikinool muudetakse uuesti ubikinooniks kui see liigub vereringest kudedesse. Koerakud vajavad Q10-t energia tootmiseks. (Arenas-Jal jt, 2020).

Enamus teaduslikke uuringuid, mis on seotud Q10 defitsiidist tingitud seisundite ennetamise ja toetamisega, on läbi viidud kasutades koensüüm Q10 ubikinooni vormi. Manustatud ubikinoonid on osutunud eriti tõhusaks südame-veresoonkonna haiguste korral, mida tõestavad uuringud Q-Symbio ja KiSel-10. (Mantle ja Dybring, 2020).

Paljude ubikinooli sisaldavate Q10 toodete puhul lubatakse ubikinoonist paremat biosaadavust. Ubikinool oksüdeerub kergesti ja muundub ubikinooniks niipea kui see puutub kokku seedekulgla oleva hapnikuga. Vaja on spetsiifilist tehnikat, et kapseldada ubikinooli toorainena ja tagada, et see püsib kapslis oksüdeerimata kujul. Ubikinoon on ubikinoolist stabiilsem ning selle tootmisprotsess on odavam. Q10-t sisaldava toote kvaliteet on ühendi imendumiseks ja toime saavutamiseks ülioluline. Parem Q10 biosaadavus ei sõltu Q10 vormist, vaid sõltub toidulisandite koostise võimest täielikult lahustuda ja mitte olla kristallvormis imendumiskohas. Soovitatav on valida Q10-t sisaldavad toidulisandid, mille kohta on dokumenteeritud, et neil on hea biosaadavus ning need on kergesti imenduvad ja organismi poolt kasutatavad. (Judy, 2018: 68).

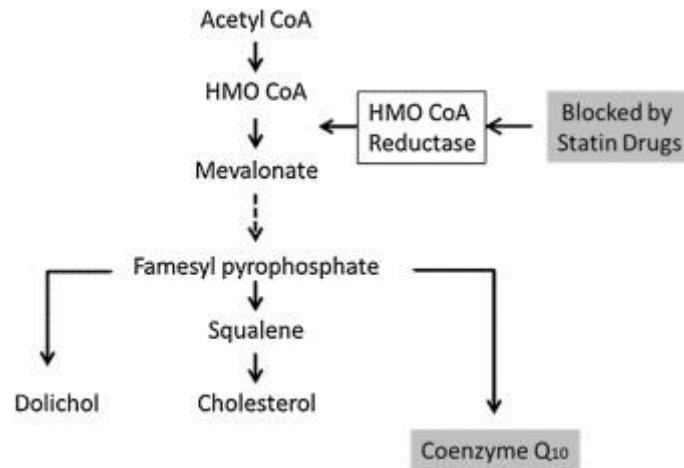
4.3. Koensüüm Q10 ohutus ja koostoimed ravimitega

Q10-t on kasutatud toidulisandina üle 30 aasta. Uuringud on tõestanud, et Q10-l on madal toksilisus ning see ei põhjusta inimestele kahjulikku toimet. Q10 toidulisandite manustamine pikema aja jooksul ei mõjuta Q10 endogeenset sünteesi ega akumulereerumist plasmas või kudedes. Täiskasvanute päevaseks ülemiseks annuseks Q10 defitsiidi puhul on määratud 2400 mg päevas ja lastele 30mg/kg päevas jagatuna kolme manustamiskorra vahel. (Gutierrez-Mariscal jt, 2020).

Prekliiniliste ja kliiniliste uuringute tulemused näitavad, et Q10 toidulisandina kasutamine on ohutu ja hästi talutav pikaajaliselt ning tavapärasest palju suuremate annuste korral väikeste kõrvalnähtudega. Vaatamata sellele, et koensüümi Q10 suured annused ei põhjustanud inimestel tõsiseid kõrvaltoimeid, võivad ilmned seedetraktihäired nagu kõhuvalu, kõhulahtisus või iiveldus. (Garrido-Maraver jt, 2014). Koensüümi Q10 kasutamise ohutus raseduse ja rinnaga toitmise ajal ei ole kindlaks tehtud (Arenas-Jal jt, 2020).

Statiinid ehk kolesteroolitaset alandavad ravimid on maailmas laialdaselt kasutatavad ravimid. Üha enam pööratakse tähelepanu statiinide kõrvaltoimetele. Lisaks kolesterooli sünteesi blokeerimisele häirivad statiinid ka teisi ensümaatilisi protsesse, sealhulgas koensüüm Q10 sünteesi. Kolesterooli toodetakse peamiselt maksas ensüümi HMG-CoA (hüdrosümetüül-glutariüül-koensüüm A) abil. See ensüüm osaleb ka koensüüm Q10 sünteesis. Kuna statiinid blokeerivad keha HMG-CoA tootmist, häirivad need ka koensüüm Q10 tootmist (vt joonis 5). Statiinid pärsivad rakkude energiavahetust ning mõjutavad Q10 rolli antioksidandina, mis on

oluline südame-veresoonkonna ja mitokondrite DNA kaitsmiseks. Lisaks alandavad statiinid peamiste ubikinoolide kandjate – lipoproteiinide sisaldust veres. Statiinid põhjustavad kõrvaltoimena lihasvalu, väsimust, õhupuudust. Neid kõrvaltoimeid saab leevendada manustades Q10-t sisaldavaid toidulisandeid. (Raizner, 2019).



Joonis 5. Statiinid blokeerivad koensüüm Q10 biosünteesi (Kloer jt, 2020).

Sarnaselt statiinidele pärsvad beeta-blokaatorid koensüüm Q10 endogeenset sünteesi. Need hüpertensiooni korral kasutatavad ravimid, eriti propanolool, kahjustavad südamelihase funktsiooni. Koensüüm Q10 manustamine võib olla kasulik beeta-blokaatoreid tarvitavate patsientide raviskeemis. Hispaania teadlaste poolt läbi viidud uuring näitas, et antidepressant amitrüptiliin pärrib koensüüm Q10 endogeenset tootmist ning Q10-t sisaldavate toidulisandite manustamine kaitseb amitrüptiliini toksiliste mõjude eest. (Rodick jt, 2018).

Verd vedeldavat ravimit varfariini kasutavatel patsientidel soovitatakse enne Q10-t sisaldavate toidulisandite võtmist arstiga konsulteerida, sest Q10 võib suurendada vere hüübimist. Q10 stuktuurse sarnasuse tõttu K-vitamiiniga, võib see suurendada varfariini metabolismi selektiivse koostoime tõttu tsütokroom P450 ensüümidega. Bronhodilataatori teofüllini toimet võib mõjutada samaaegselt manustatav Q10, sest ka teofüllin metaboliseeritakse tsütokroom P450 ensüümide poolt. Koensüüm Q10 võib vähendada kasvajakasvatavate ravimite – daunorubitsiin ja doksorubitsiin kardiotoksilisust. Keemiaravi saavad patsiendid peaksid enne Q10 toidulisandite manustamist oma arstiga konsulteerima, sest Q10 koostoimeid keemiaravimitega ei ole piisavalt uuritud. Q10 tugeva antioksüdandina võib vähendada teatud kemoterapeutikumide ravi efektiivsust. Q10 antihüpertensiivse toime tõttu võib see põhjustada

arteriaalse rõhu liigset langust koos antihüpertensiivsete ravimite kasutamisega. Q10 võib langetada veresuhkru taset. (Arenas-Jal jt, 2020).

Oluline on jätkata ohutusteabe kogumist, et tagada Q10 õige kasutamine toidulisandina. Inimestel on soovitatav konsulteerida tervishoiutöötajaga enne mistahes toidulisandi, sealhulgas Q10 kasutamist. Rahvusvaheliste uuringute käigus avastatakse üha uusi rakendusi, milles koensüüm Q10 osaleb. Koensüüm Q10 on muutunud üheks kõige populaarsemaks ja enam kasutatavaks preparaadiks maailmas. (Arenas-Jal jt, 2020).

5. ARUTELU

Ubikinoonidel on oluline roll inimorganismis raku energiatootmises. Arenas-Jal jt (2020) sõnul on ubikinoon mitokondrite sisemembraani struktuurne komponent, mis on seotud energia tootmises osaleva elektronide transpordiahelaga ja selle kaudu ATP tootmisega kõigis rakkudes. ATP on vajalik energia tootmiseks lihaskontraktsiooniks ning teisteks elutähtsateks funktsioonideks. Zilmer jt (2015) väidavad, et ubikinoolid on lipofiilses keskkonnas töötavad antioksüdandid inimorganismis, mis kaitsevad veresoonte seinu ja lihaskude membraane oksüdatiivsete kahjustuste eest.

Raizneri (2019) sõnul on toit oluline ubikinoonide allikas, kuid suur osa vajalikku Q10-t sünteesitakse inimorganismis. Hargreaves jt (2020) väidavad, et koensüümi Q10 ööpäevane vajadus inimestele on umbes 500 mg, millest vaid 5 mg saadakse toiduga. Podar (2023) lisab, et toiduainete termilise töötlemise käigus Q10 hävineb. Raizneri (2019) sõnul suudab organism kõige rohkem koensüümi Q10 sünteesida inimese 19–25 eluaasta paiku, edaspidi organismi võimekus alaneb. Zilmer jt (2015) väidavad, et vananedes väheneb maksa võime viia ubikinoone inimorganismile vajalikku Q10 vormi. Samuti võivad kroonilised haigused, teatud tüüpi ravimid ja rasked treeningud häirida Q10 biosünteesi.

Mantle jt (2023) kohaselt põhjustavad koensüümi Q10 esmast defitsiiti mutatsioonid geenides, mis on seotud koensüümi Q10 biosünteesiga ja teisest defitsiiti mutatsioonid geenides, mis ei ole otseselt seotud Q10 biosünteesiga, oksüdatiivne stress ja mitmed ravimid (kolesteroolitaset alandavad statiinid, antidepressant amitriptüülin, hormonaalsed kontratseptiivid). Zilmer jt (2015) sõnul tähendab kehvast madal koensüümi Q10 tase veres oluliselt suuremat riski südame- ja veresoonehaiguste, parodontiidi, diabeedi, immuunsüsteemihäirete, kasvaja tekkeks ja arenguks ning neurodegeneratiivseteks häireteks, märgatavalt kiireneb vananemine.

Judy (2018) sõnul viitavad teaduslikud uuringud Q10-le kui toidulisandile, millel on suur mõju inimese tervisele. Arenas-Jal jt (2020) kohaselt on Q10 maailmas laialdaselt kasutatav toidulisand olles kolmandal kohal kalaõli ja multivitamiinide tarbimise järel. Judy (2018) väidab, et koensüümil Q10 on oluline roll nii südamepuudulikkuse ennetamisel kui kompleksravis. Raizner (2019) lisab, et statiinide poolt põhjustatud kõrvaltoimeid saab leevendada manustades Q10-t sisaldavaid toidulisandeid. Hernandez-Camacho jt (2018) väidavad, et Q10 manustamine on eakate tervisele kasulik vältides kroonilist oksüdatiivset stressi, mis on seotud südame-veresoone ja neurodegeneratiivsete haigustega. Rauchova

(2021) sõnul võib Q10-l olla positiivne mõju mitokondriaalsete haiguste ennetamisel ja ravis, kuid vajalik on läbi viia rohkem uuringuid. Judy (2018) väidab, et immuunkaitse vajab palju Q10-t, eriti ägedate põletike korral. Q10 toidulisandid võivad parandada tippportlaste tulemusi, mida on näidanud mitmed uuringud.

Podar jt (2023) sõnul on suure molekulmassi ja vees lahustumatuse tõttu Q10 biosaadavus inimestel väga madal. Judy (2018) väidab, et erinevat tüüpi toormaterjalides ja toidulisandites on Q10 molekulid agreggeerunud kristallideks, mis inimorganismis ei imendu. Ta lisab, et kristallide muutmiseks nii, et need suudaksid enne peensoolde imendumist täielikult lahustuda, on vaja spetsiaalset õli ja kuumutusprotsessi. Q10-t sisaldava toote kvaliteet on ühendi imendumiseks ja toime saavutamiseks ülioluline.

Lõputöös välja toodud informatsiooni põhjal tuleks apteekritel soovitada Q10 manustamist kõrge kolesteroolitasemega patsientidele, kellel ilmneb statiinravi kõrvaltoimena lihasvalu. Q10 võiks kuuluda inimestele alates 40. eluaastatest igapäevaste toidulisandite hulka, et suurendada organismi energiavarusid ja aeglustada vananemisprotsesse. Arenas-Jal jt (2020) andmetel on Q10 soovituslik kogus inimestele tervise hoidmiseks 30–100 mg ööpäevas, ravi ühe komponendina sõltuvalt näidustusest 60–1200 mg ööpäevas. Parema imendumise tagamiseks tuleks päevased annused jagada mitmeks doosiks. Gutierrez-Mariscal jt (2020) kohaselt on Q10 toidulisandeid nende rasvlahustuvuse tõttu soovitatav manustada koos rasvarikka toiduga. Uuringud on tõestanud, et Q10-l on madal toksilisus ning see ei põhjusta inimestele kahjulikku toimet. Q10 toidulisandite manustamine pikema aja jooksul ei mõjuta Q10 endogeenset sünteesi ega akumulereerumist plasmas või kudedes.

Enne Q10 toidulisandite tarvitamist peaksid arstiga konsulteerima inimesed, kes kasutavad verevedeldajaid või saavad keemiaravi. Q10 võib alandada vererõhku ja veresuhkru taset ning seetõttu peaksid krooniliste haigustega inimesed enne Q10 toidulisandite manustamist pidama nõu arstiga. Samuti ei tohiks ilma eelnevalt arstiga konsulteerimata tarvitada koensüümi Q10 rasedad ja last rinnaga toitvad naised. Apteegipraktikas on väga oluline, et apteeker oskaks soovitada Q10-t sisaldavaid toidulisandeid, mille kohta on dokumenteeritud, et neil on hea biosaadavus ning need on kergesti imenduvad.

JÄRELDUSED

Lõputöös saadi järgmised järeldused uurimisülesannetele:

- Koensüüm Q ehk ubikinoonid on antioksidantsed rasvlahustuvad loodusühendid, millel on bensokinoongrupp ja varieeruv isopreenüksustest külghel. Inimorganismis domineerib koensüüm Q10. Q10 on vitamiini-laadne ühend, sest kuigi toit on ubikinoonide allikas, sünteesitakse suur osa vajalikku Q10 inimorganismis. Koensüümi Q10 ööpäevane vajadus on umbes 500 mg, millest vaid ligikaudu 5 mg saadakse toiduga. Kõige rohkem suudab organism koensüümi Q10 sünteesida inimese 19–25 eluaasta paiku, edaspidi organismi võimekus alaneb. Koensüümil Q10 on kaks põhilist vormi. Ubikinoon on Q10 oksüdeeritud vorm ja ubikinool koos kahe täiendava vesiniku aatomiga on Q10 redutseeritud vorm. Ensümaatiliste protsesside abil liiguvad ubikinoon ja ubikinool pidevalt ühest vormist teise, sõltuvalt organismi vajadustest. Ubikinoonid on eriti olulised organismis energiavahetuse jaoks ning ubikinoolidel on tähtis roll antioksidandina. Inimorganismi rakkudes sünteesitakse Q10-t ubikinoonina ning ka toidust saadakse Q10-t ubikinooni vormis.
- Koensüüm Q10 tõenduspõhised preparaadid omavad tähtsust nii profülaktikakompleksi komponendina kui ka mõnede haiguste kompleksravi komponendina. Q10 õige manustamine võib olla efektiivne kardiomiopaatia, lihaste düstroofia, parodontiidi, kõrgvererõhktõve, stenokardia, ateroskleroosi, isheemiatõve, insuldi, liigesepõletiku, enneaegse vananemise, parkinsonismi, polüskleroosi, immuunsüsteemihäirete ja perifeersetes vereringehäirete puhul. Q10 preparaatide kasutamine on vajalik kolesterooli sünteesi inhibeerivate ravimite (statiinide) pideval manustamisel. Tõendatud on Q10 manustamise efektiivsus nii esmase kui teisese koensüüm Q10 defitsiidi puhul inimorganismis. Esmase defitsiidi korral on eriti oluline haiguse varajane diagnoosimine. Q10 toidulisandite manustamine pikema aja jooksul ei mõjuta Q10 endogeenset sünteesi ega akumulierumist plasmas või kudedes. Q10 soovituslik kogus inimestele tervise hoidmiseks on 30–100 mg ööpäevas, kompleksravi ühe komponendina sõltuvalt näidustusest 60–1200 mg ööpäevas.
- Vees lahustumatuse ja piiratud lahustuvuse tõttu lipiidides ning kõrge molekulmassi tõttu on Q10 biosaadavus inimestel väga madal. Biosaadavuse parandamiseks on testitud Q10 eelravimit ja uudseid tehnoloogiaid nagu nanotehnoloogia, liposoomidesse pakendamine,

dispergeerimine ja ioniseerimine. Toidulisandites sisalduv ubikinoon imendub seedekulglas ubikinooni vormis ja seejärel muundatakse lümfisüsteemis ubikinooliks. Lümfisüsteemi kaudu liigub Q10 vereringesse ubikinooli kujul. Ubikinool muudetakse uuesti ubikinooniks kui see liigub vereringest kudedesse. Ubikinoon on ubikinoolist stabiilsem ning selle tootmisprotsess on odavam. Q10-t sisaldava toote kvaliteet on ühendi imendumiseks ja toime saavutamiseks ülioluline. Parem Q10 biosaadavus ei sõltu Q10 vormist, vaid sõltub toidulisandite koostise võimest täielikult lahustuda ja mitte olla kristallvormis imendumiskohas. Soovitatav on valida Q10-t sisaldavad toidulisandid, mille kohta on dokumenteeritud, et neil on hea biosaadavus ning need on kergesti imenduvad ja organismi poolt kasutatavad.

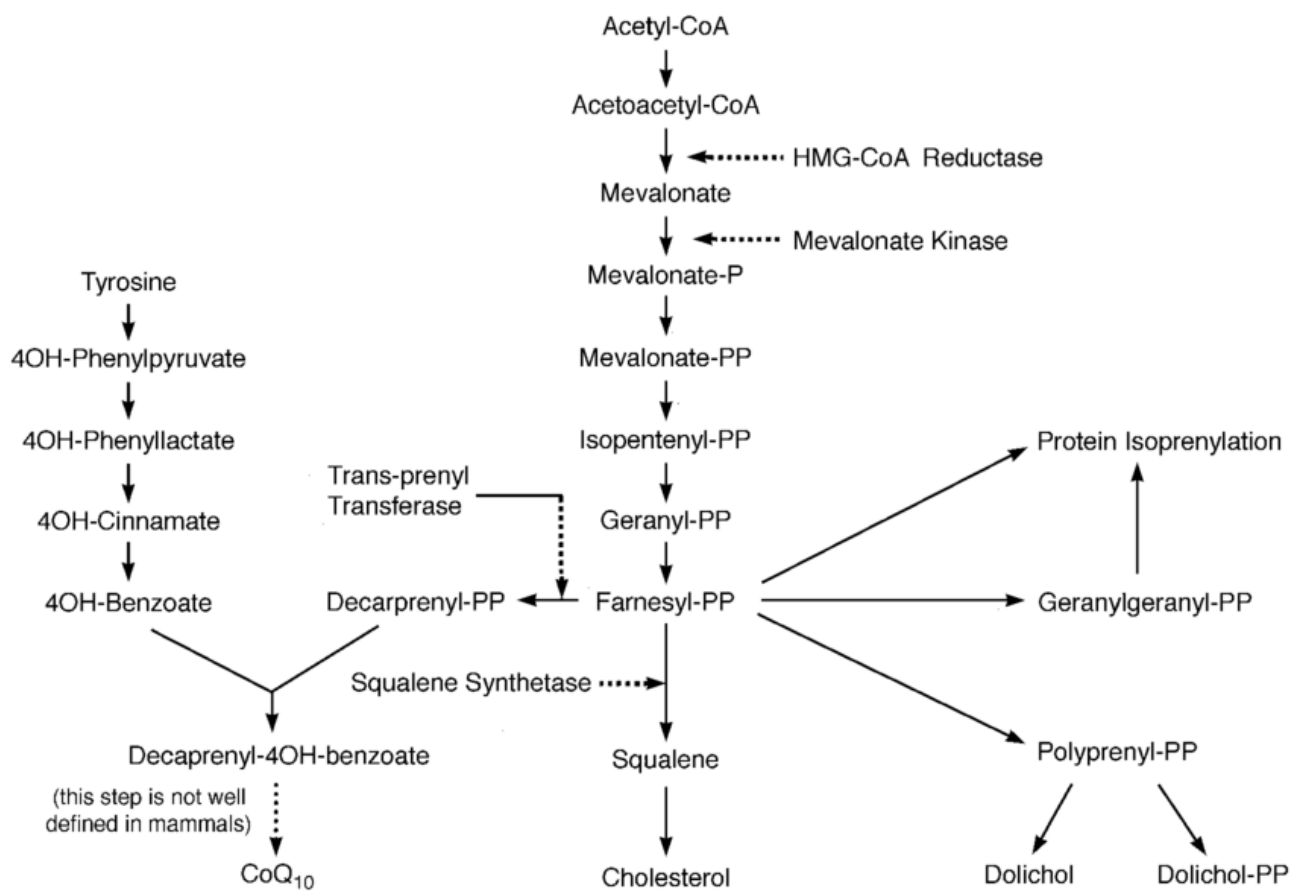
Lõputöö eesmärk ja uurimisülesanded said täidetud.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Arenas-Jal, M., Sune-Negre, J.M. & Garcia-Montoya, E. (2020). Coenzyme Q10 supplementation: Efficacy, Safety, and Formulation Challenges. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), 574–594. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12539>
- Aulton, M.E., Taylor, K.M.G.(toim). (2018). *Aultoni ravimiarendus. Ravimpreparaatide disain ja tootmine*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Ayer, A., Macdonald, P. & Stocker, R. (2015). CoQ10 Function and Role in Heart Failure and Ischemic Heart Disease. *Annual Review of Nutrition*, 35, 175–213. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-071714-034258>
- Banihani, S.A. (2018). Effect of Coenzyme Q10 Supplementation on Testosterone. *Biomolecules*, 8(4), 172. <https://doi.org/10.3390/biom8040172>
- Ben-Meir, A., Burstein, E. & Borrego-Alvares, A. (2015). Coenzyme Q10 Restores Oocyte Mitochondrial Function and Fertility During Reproductive Aging. *Aging Cell*, 14(5), 887–895. <https://doi.org/10.1111/acer.12368>
- Briskey, D., Sax, A.T., Mallard, A.R., Ng, C. & Rao, A. (2019). The Impact of Micelle Size and Increased Absorption of Ubiquinone Using a Novel Delivery System (AquaCelle). *International Journal of Pharmacokinetics*, 4(2). <https://doi.org/10.4155/ipk-2019-0004>
- Cirilli, I., Damiani, E., Dlundla, P.V., Hargreaves, I., Marcheggiani, F., Millichap, L.E., Orlando, P., Silvestri, S. & Tiano, L. (2021). Role of Coenzyme Q 10 in Health and Disease: An Update on the Last 10 Years (2010-2020). *Antioxidants*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/ANTIOX10081325>
- 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*, 5510874. <https://doi.org/10.1155%2F2023%2F5510874>
- Fakhrolmobasheri, M., Hosseini, M.S., Shahrokh, S.G., Mohammadi, Z., Kahlani, M.J., Majidi, S.E. & Zeinalian, M. (2023). Coenzyme Q10 and Its Therapeutic Potencies Against COVID-19 and Other Similar Infections: A Molecular Review. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 13(2), 233–243. <https://doi.org/10.34172/apb.2023.026>
- Filipiak, K.J., Surma, S., Romańczyk, M. & Okopień, B. (2022). Heart Failure – Do We Need New Drugs or Have Them Already? A Case of Coenzyme Q10. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 9(5), 161. <https://doi.org/10.3390%2Fjcd9050161>
- Garrido-Maraver, J., Cordero, M.D., Oropesa-Avila, M., Vega, A.F., Mata, M., Pavon, A.D., Alcocer-Gomez, E., Calero, C.P., Paz, M.V., Alanis, M., Lavera, I., Cotan, D. & Sanchez-Alcazar, J.A. (2014). Clinical Applications of Coenzyme Q10. *Frontiers in Bioscience*, 19(1), 619–633. <https://doi.org/10.2741/4231>

- Gutierrez-Mariscal, F.M., Arenas-de Larriva, A.P., Limia-Perez, L., Romero-Cabrera, J.L., Yubero-Serrano, E.M. & Lopez-Miranda, J. (2020). Coenzyme Q10 Supplementation for the Reduction of Oxidative Stress: Clinical Implications in the Treatment of Chronic Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(21), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ijms21217870>
- Gutierrez-Mariscal, F.M., Cruz-Ares, S., Torres-Peña, J.D., Alcalá-Díaz, J.F., Yubero-Serrano, E.M. & López-Miranda, J. (2021). Coenzyme Q10 and Cardiovascular Diseases. *Antioxidants*, 10(6), 906. <https://doi.org/10.3390/antiox10060906>
- Hargreaves, I.P. (2003). Ubiquinone: cholesterol's reclusive cousin. *Annals of Clinical Biochemistry*, 40(3), 207–218. https://www.researchgate.net/publication/278283578_Ubiquinone_cholesterol's_reclusive_cousin (12.10.2023).
- Hargreaves, I.P., Heaton, R.A. & Mantle, D. (2020). Disorders of Human Coenzyme Q10 Metabolism: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(18), 6695. <https://doi.org/10.3390/ijms21186695>
- Hernandez-Camacho, J.D., Bernier, M., Lopez-Lluch, G. & Navas, P. (2018). Coenzyme Q10 Supplementation in Aging and Disease. *Frontiers in Physiology*, 9(2). <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00044>
- Judy, W.V. (2018). *Coenzyme Q10 An Insider's Guide*. Vejle: Forlaget Ny Videnskab.
- Kloer, H.U., Belardinelli, R., Ou, R. & Rosenfeldt, F. (2020). Combining Ubiquinol With a Statin May Benefit Hypercholesterolaemic Patients With Chronic Heart Failure. *Heart, Lung and Circulation*, 29(2), 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.08.017>
- Littarru, G. P. (1994). *Energy and Defense*. Rome: Casa Editrice Scientifica Internazionale.
- Mantle, D. & Dybring, A. (2020). Bioavailability of Coenzyme Q10: An Overview of the Absorption Process and Subsequent Metabolism. *Antioxidants*, 9(5), 386. <https://doi.org/10.3390/antiox9050386>
- Mantle, D., Millichap, L., Castro-Marrero, J. & Hargreaves, I.P. (2023). Primary Coenzyme Deficiency: An Update. *Antioxidants*, 12(8), 1652. <https://doi.org/10.3390/antiox12081652>
- Pastor-Maldonado, C.J., Suarez-Rivero, J.M., Povea-Cabello, S., Alvarez-Cordoba, M., Villalon-Garcia, I., Munuera-Cabeza, M., Suarez-Carrillo, A., Talaveron-Rey, M. & Sanchez-Alcazar, J.A. (2020). Coenzyme Q 10: Novel Formulations and Medical Trends. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(22), 1–23. <https://doi.org/10.3390/IJMS21228432>
- Peixoto de Barcelos, I. & Haas, R.H. (2019). CoQ10 and Aging. *Biology*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/BIOLOGY8020028>
- Podar, A.S., Semeniuc, C.A., Ionescu, S.R, Socaciu, M.I., Fogarasi, M., Farcas, A.C., Vodnar, D.C. & Socaci S.A. (2023). An Overview of Analytical Methods for Quantitative

- Determination of Coenzyme Q10 in Foods. *Metabolites*, 13(2), 272.
<https://doi.org/10.3390%2Fmetabo13020272>
- Rabanal-Ruiz, Y., Llanos-González, E. & Alcain, F.J. (2021). The Use of Coenzyme Q10 in Cardiovascular Diseases. *Antioxidants*, 10(5), 755.
<https://doi.org/10.3390%2Fantiox10050755>
- Raizner, A.E. (2019). Coenzyme Q 10. *Methodist DeBakey Cardiovascular Journal*, 15(3), 185–191. <https://doi.org/10.14797/MDCJ-15-3-185>
- Rauchova, H. (2021). Coenzyme Q10 Effects in Neurological Diseases. *Physiological Research*, 70(4), 683–714. <https://doi.org/10.33549%2Fphysiolres.934712>
- Rodick, T.C., Seibels, D.R., Babu, J.R., Huggins, K.W., Ren, G. & Mathews, S.T. (2018). Potential Role of Coenzyme Q10 in Health and Disease Conditions. *Nutrition and Dietary Supplements*, 1-11. <https://doi.org/10.2147/NDS.S112119>
- Shukla, S. & Dubey, K.K. (2018). CoQ10 a Super-Vitamin: Review on Application and Biosynthesis. *3 Biotech*, 8 (123), 249. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1271-6>
- Testai, L., Martelli, A., Flori, L., Cicero, A.F.G. & Colletti, A. (2021). Coenzyme Q10: Clinical Applications beyond Cardiovascular Diseases. *Nutrients*, 13(5), 1697.
<https://doi.org/10.3390/nu13051697>
- Vihalemm, T. (2017). *Vitamiin Q ehk ubikinoon, tänapäeval rohkem koensüüm Q*.
https://www.tervisekool.ee/tervisekool/failid/File/lugemist/vit%20min/T_Vihalemm%20Q%20vitamiin.pdf (22.09.2023).
- Zilmer, M., Rehema, A., Soomets, U. & Zilmer, K. (2015). *Inimkeha põhilised biomolekulid (meditsiiniliselt tähtsamad ülesanded). Inimorganismi metabolism (biokemism ja kliinilised aspektid)*. Tartu: Kirjastus Avita.
- Zilmer, M., Vihalemm, T., & Kokasaar, U. (1995). *Toit - antioksidantsus, oksüdatiivne stress, ennetuslik tervisekaitse*. Tartu: Kirjastus Avita.



Joonis 2. Koensüüm Q10 biosüntees (Hargreaves, 2003).

Tabel 1. Q10 sisaldus taimsetes ja loomsetes produktides (Podar jt, 2023, kohandatud).

TAIMSED PRODUKTID	LOOMSED PRODUKTID
Köögiviljad	Loomaliha
spinat 0,44–13,5 µg/g brokoli 7,0–11,3 µg/g kapsas 3,8 µg/g kartul 0,5–1,6 µg/g porgand 0,24–4,8 µg/g kurk 0,08 µg/g hernes 2,3–3,3 µg/g avokaado 9,5–24,3 µg/g	põhjapõdra liha 157,9 µg/g sealiha 13,6–45,1 µg/g veiseliha 16,1–48,8 µg/g lambaliha 14,7 µg/g kanaliha 10,6–21,1 µg/g
Puuviljad ja marjad	Subproduktid
õun 1,1–1,3 µg/g mustsõstar 3,4 µg/g maasikas 0,5–1,4 µg/g kiivi 0,49–2,6 µg/g banaan 0,8 µg/g kirss 12,2–14,5 µg/g	sea süda 19,2–128,7 µg/g veise süda 60,5–113,3 µg/g veise maks 33,3–50,5 µg/g
Pähklid ja seemned	Kalad ja mereannid
mandel 5,0 µg/g maapähkel 11,5–25,5 µg/g pistaatsia 18,5–22,2 µg/g rapsiseeme 3,0–3,2 µg/g	makrell 10,6–25,8 µg/g Balti heeringas 11,2–13,9 µg/g sardiin 11,9–30,5 µg/g löhe 5,7 µg/g auster 3,4 µg/g krevett 1,7 µg/g
Taimeõlid	Piim ja piimatooted
oliiviõli 1,3 µg/g seesamiõli 17,6–31,5 µg/g viinamarjaseemneõli 20,2 µg/g päevalilleõli 8,7 µg/g sojaõli 46,6–63,5 µg/g	täispiim 0,30–0,31 µg/g jogurt 0,26–2,4 µg/g juust 1,4 µg/g kanamuna 1,5 µg/g