



Elias Tammisalo & Eero Wiiala

Opas elektrolyyttitasapainohäiriöiden tunnistamiseen EKG:ssa

Itseopiskelumateriaalia terveysalan opiskelijoille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Ensihoitaja AMK

Ensihoidon tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

23.10.2023

Tekijät	Elias Tammisalo & Eero Wiiala
Otsikko	Opas elektrolyyttitasapainohäiriöiden tunnistamiseen EKG:ssa
Sivumäärä	45 sivua + 2 liitettä
Aika	23.10.2023
Tutkinto	Ensihoitaja (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Ensihoidon tutkinto-ohjelma
Ohjaaja	Lehtori Eini Koskimies
<p>Potilaan elintoimintojen ja tilan tarkkailu on keskeinen osa sairaanhoitajien sekä ensihoitajien työtä. EKG-monitorointi ja -tulkinta ovat keskeisiä akuuttihoiton osaamisalueita. Elektrolyyttitasapainohäiriöt voivat hoitamattomina johtaa potilaalle henkeä uhkaaviin tiloihin, ja niiden tunnistaminen ja hoito ovat tärkeä osa akuuttihoitoa. Aikaiseen ja luotettavaan työdiagnosiin päätyminen tärkeys korostuu etenkin ensihoidon työympäristössä. Elektrolyyttitasapainohäiriöiden aiheuttamien oireiden tunnistaminen saattaa kuitenkin olla haastavaa, etenkin aiheeseen uutena perehtyville sairaan- tai ensihoidon opiskelijoille. Elektrolyyttitasapainohäiriöiden vaikutuksia sydämeen ja niiden ilmenemistä EKG:ssa ei käsitellä laajemmin rajattuna aiheena ammattikorkeakoulutason opinnäytetyöissä. On tärkeää, että hoitoalan opiskelijoille on saatavilla aihetta käsittelevää selkeää opiskelumateriaalia.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan elektrolyyttihäiriöiden vaikutuksia sydämen sähköiseen toimintaan ja sitä, miten nämä vaikutukset ilmenevät EKG:ssa. Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda opas aiheeseen liittyen, jonka tavoitteena on tarjota hoitoalan opiskelijoille tietoa tiiviissä ja selkeässä, helposti hyödynnettävässä muodossa. Pelkistetyn tiedon tarjoaminen opiskelijoille voi tukea ja helpottaa opiskelijoiden oppimistyötä ja parantaa valmiuksia elektrolyyttihäiriöiden tunnistamiseen.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena kehitystyönä, joka koostuu erillisen toiminnallisen kehittämistehtävän lisäksi kirjallisesta teoriaosuudesta, johon koottiin tietoa elektrolyyttitasapainohäiriöistä ja niiden vaikutuksista sydämen toimintaan. Tiedonhankinta suoritettiin järjestelmällisenä prosessina kuvailevan kirjallisuuskatsauksen sekä erillisten manuaalisten tiedonhakuprosessien avulla. Työn tulokset ja johtopäätökset perustettiin vertaisarvioitujen tieteellisten tutkimusten sekä muiden terveysalan julkaisujen pohjalle. Tuotoksena laadittu opas elektrolyyttihäiriöiden tunnistamiseen EKG:ssa perustuu tämän järjestelmällisen tiedonhaun avulla kerättyyn aineistoon. Opasta kierrätettiin ensi- ja akuuttihoiton erityisasiantuntijaryhmässä sekä oppaan kohderyhmää edustavien opiskelijoiden keskuudessa, ja opasta kehitettiin edelleen kerätyn palautteen perusteella.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksina voidaan todeta, että elektrolyyttitasapainohäiriöitä on mahdollista tunnistaa EKG:n avulla. Elektrolyyteillä on huomattava vaikutus solujen sähköiseen toimintaan, ja elektrolyyttitasapainohäiriöt aiheuttavat muutoksia sydämen sähköisessä toiminnassa, mikä on havaittavissa EKG:ssa.</p> <p>Opinnäytetyön tuotoksena muodostui kalium-, kalsium- ja magnesiumtasapainohäiriöiden EKG-muutoksia, oireita ja taustatekijöitä kuvaava lyhyt opas, joka on tarkoitus ottaa käyttöön opiskelumateriaalina verkkoalustalla sairaanhoitotyön ja ensihoidon opiskelijoille, ja sitä on myös mahdollista hyödyntää itsenäisesti aihealueen opintojaksojen ulkopuolella. Jatkotutkimukseksi ehdotetaan selvitystä, hyödynnetäänkö EKG:ta elektrolyyttitasapainohäiriöiden tunnistamiseen ensihoidossa, ja tämän vaikutuksesta potilaiden hoitoon. Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.</p>	
Avainsanat:	EKG, elektrolyyttitasapainohäiriö, itseopiskelumateriaali, opas, ensihoito

Authors	Elias Tammisalo & Eero Wiiala
Title	Guide for Identifying Electrolyte Imbalances in ECG
Number of Pages	45 pages + 2 appendices
Date	23 October 2023
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Emergency Care
Instructor	Eini Koskimies, Senior Lecturer
<p>Monitoring the vital functions and state of the patient is central to the work of nurses and paramedics. ECG monitoring and interpretation are central areas of expertise in the field of acute care. Electrolyte imbalances may, if left untreated, threaten the life of a patient, and the identification and treatment of the imbalances is an important aspect of acute care. Forming a timely and reliable working diagnosis is of particular importance in the emergency care environment. Identifying the symptoms of electrolyte imbalances may be challenging, especially for nursing or paramedic students first approaching the subject. The effects of electrolyte imbalances on the heart and the manifestation of these effects on an electrocardiogram has not been approached as the main subject of a healthcare bachelor's thesis. It's important that healthcare students can access clear and concise learning material on the subject.</p> <p>This thesis investigates the effects of electrolyte imbalances on the functioning of the heart and how these effects manifest in an electrocardiogram. The purpose of the thesis is to create educational material on the subject in the form of a guide, the aim of which is to provide healthcare students with information in a clear, concise and easily utilizable form. Providing information in a clear and concise manner can support and facilitate the learning and readiness of students with regards to identifying electrolyte imbalances.</p> <p>The thesis was conducted as a functional development work, which consists of a separate development task as well as a written theory portion, which consists of information on electrolyte imbalances and their effects on the functions of the heart. Information was acquired via a systematic process including a descriptive literature review and separate manual searches. The results and conclusions of the thesis work were based on peer-reviewed scientific studies as well as other publications in the field of healthcare and medicine. The guide for identifying electrolyte imbalances, created as result of the work, is based on the information gathered with the systematic search process. The guide was shared between emergency and acute care specialists as well as students representing the target audience of the guide, and the guide was further improved based on the feedback received.</p> <p>As results of the thesis work, it can be stated that it is possible to identify certain electrolyte imbalances based on an ECG reading. Electrolytes have an important effect on the electrical functions of the cells, and electrolyte imbalances cause changes in the electrical functions of the heart, which can be detected on an ECG.</p> <p>The thesis work resulted in the creation of a guide that characterizes the ECG changes, symptoms and background factors of potassium, calcium and magnesium disorders. The guide is intended for use as learning material on web-based learning platforms for nursing and emergency care students, and it can also be utilized independently outside of the courses on the subject area. Further research is recommended to be done to determine if the ECG is used in identifying electrolyte imbalances in emergency care, and the effects of this on the treatment of patients. The origin of this thesis work has been reviewed with the Turnitin Originality Check application.</p>	
Keywords	ECG, electrolyte imbalance, self-study material, guide, emergency care

1		
1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset	2
3	Elektrolyyttitasapainohäiriöt ja niiden tulkinta EKG:sta	2
3.1	Keskeisiä käsitteitä	2
3.2	Elektrolyyttitasapainohäiriöt	5
3.2.1	Yleistä elektrolyyttitasapainohäiriöistä	5
3.2.2	Kaliumtasapainohäiriö	6
3.2.3	Kalsiumtasapainohäiriö	9
3.2.4	Magnesiumtasapainohäiriö	12
3.3	EKG ja EKG:n tulkinta	14
3.3.1	EKG-laitteen toimintaperiaatteet	14
3.3.2	Sydämen sähköinen toiminta	14
3.3.3	Normaali EKG:n sydänsähkökäyrä	17
3.3.4	EKG:n tulkinta	18
3.4	Elektrolyyttitasapainohäiriöiden havaitseminen sydänkäyrästä	19
3.4.1	Kaliumtasapainohäiriöiden tunnistaminen EKG:sta	19
3.4.2	Kalsiumtasapainohäiriöiden tunnistaminen EKG:sta	22
3.4.3	Magnesiumtasapainohäiriöiden tunnistaminen EKG:sta	23
3.4.4	Usean elektrolyyttihäiriön yhteisvaikutus	23
4	Laadukas itseopiskelumateriaali	23
5	Opinnäytetyön toteutus	25
5.1	Menetelmälliset lähtökohdat	25
5.2	Lähtötilanteen kartoitus	26
5.3	Toiminnan etenemisen ja työskentelyn kuvaus	26
5.4	Kohderyhmä	28
5.5	Tiedonhaku	28
5.5.1	Tiedonhakuprosessi	28
5.5.2	Tutkimusten valinta	29
5.5.3	Laadunarviointi	30
6	Opinnäytetyön tulokset, tuotos ja johtopäätökset	31
6.1	Miten eri elektrolyyttitasapainohäiriöt vaikuttavat sydämen sähköiseen toimintaan?	31
6.2	Miten eri elektrolyyttitasapainohäiriöiden vaikutukset ilmenevät EKG:ssa?	32
6.3	Mitä ominaisuuksia laadukas itseopiskelumateriaali käsittää?	32

6.4	Opas elektrolyyttitasapainohäiriöiden tunnistamiseen EKG:ssa	33
6.5	Johtopäätökset	34
7	Pohdinta	34
7.1	Työn ja tulosten tarkastelu	34
7.2	Oppaan tarkastelu	36
7.3	Kehittämisehdotukset	38
7.4	Eettisyys ja luotettavuus	39
	Lähteet	41
	Liitteet	
	Liite 1. Tiedonhakupöytä	
	Liite 2. Tiedonhaussa mukaan valikoituneet tutkimukset ja julkaisut	

1 Johdanto

Elektrolyyttitasapainohäiriöillä on voimakas vaikutus elimistöön ja terveydentilaan, ja hoitamattomina ne voivat pahentuessaan johtaa muun muassa potilaan sydänpysähdykseen ja kuolemaan (Matikainen 2022a). Näin ollen elektrolyyttitasapainohäiriöiden diagnosointi ajoissa on erityisen tärkeää potilaan onnistuneen hoidon ja toipumisen kannalta. Varsinkin ensihoidon toimintaympäristössä elektrokardiografia (EKG) on yksi ensimmäisistä elektrolyyttitasapainotilan diagnosointia tukevista menetelmistä. Elektrolyyttihäiriön merkkien tunnistaminen EKG:sta mahdollistaa sen, että potilas voi saada tarvitsemansa hoidon mahdollisimman nopeasti.

Elektrokardiografia ja EKG:n monitorinäkökulma kuuluvat keskeisimpiin diagnostiikan ja potilaan tilan seurannan välineisiin sekä ensihoidon tehtävillä että akuuttihoitoon sairaalaympäristöissä, kuten päivystyksissä. Ensihoidon työympäristössä EKG:ta pidetään perustutkimuksena, joka tehdään pääsääntöisesti sisätautipotilaille (Jormakka & Kettunen 2018: 9). Akuuttihoitossa työskenteleviltä sairaanhoitajilta ja ensihoitajilta edellytetään osaamista EKG:n tulkinnassa (Kuisma & Holmström & Nurmi & Porthan & Taskinen 2017: 141); elektrolyyttihäiriöiden tunnistaminen EKG:n avulla saattaa kuitenkin olla haasteellista.

Elektrolyyttitasapainohäiriöiden vaikutusta EKG:hen ei ole käsitelty viime vuosina ammattikorkeakoulutason opinnäytetyöissä, eikä tästä aiheesta ole tehty selkeää itseopiskelumateriaalia. Tässä opinnäytetyössä perehdymme elektrolyyttitasapainohäiriöitä, EKG:n tulkintaa sekä laadukkaan oppimateriaalin kehitystä koskevaan materiaaliin. Käsittelemme työssä elektrolyyttitasapainohäiriötä ja elektrolyyttien merkitystä elimistön toiminnan kannalta, sekä EKG:n toimintaperiaatteita ja sitä, miten elektrolyyttitasapainohäiriöt ovat havaittavissa EKG:ssa. Tarkastelemme lisäksi opiskelua tukevan itseopiskelumateriaalin ominaisuuksia.

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda terveystieteen opiskelijoille opas itseopiskelumateriaaliksi elektrolyyttitasapainohäiriöiden tunnistamiseen EKG:sta ja monitorinäkökulmasta. Opinnäytetyön tilaaja on Metropolia ammattikorkeakoulu, ja opinnäytetyönä tuotettua opiskelumateriaalia voidaan hyödyntää sairaan- ja ensihoidon sisätauteja ja akuuttihoitoa käsittelevillä opintojaksoilla sekä itsenäisen opiskelun tukena.

2 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämä opinnäytetyö jakautuu teoriaosuuteen ja kehittämistehtävään. Opinnäytetyön tarkoitus on tuottaa opas elektrolyyttitasapainohäiriöiden tunnistamiseen EKG:ssa. Tavoitteena on käsitellä kirjallisuuskatsauksen muodossa mitä ja minkälaista luotettavaa tutkittua tietoa aiheesta on olemassa. Opinnäytetyötämme ohjaavat seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Miten eri elektrolyyttitasapainohäiriöt vaikuttavat sydämen sähköiseen toimintaan?
2. Miten eri elektrolyyttitasapainohäiriöiden vaikutukset ilmenevät EKG:ssa?
3. Mitä ominaisuuksia laadukas itseopiskelumateriaali käsittää?

Kehittämistehtävän tarkoitus on kehittää sairaan- ja ensihoitajaopiskelijoiden opintojen tueksi itseopiskelumateriaalia, jonka avulla opiskelijat voivat oppia tunnistamaan erilaisia elektrolyyttitasapainon häiriötiloja potilaan sydämfilmistä tai monitorilta. Itseopiskelumateriaaliksi luodaan verkkoalustalla toimiva selkeä ja helppokäyttöinen opas. Metropolia ammattikorkeakoulu ja sen ensi- ja sairaanhoidon opiskelijat voivat hyödyntää opasta opetus- ja oppimistarkoituksiin.

3 Elektrolyyttitasapainohäiriöt ja niiden tulkinta EKG:sta

3.1 Keskeisiä käsitteitä

Opinnäytetyön keskeisiä käsitteitä ovat EKG, elektrolyytit, sekä elektrolyyttitasapainohäiriöt, sisältäen hyper- ja hypokalemian, -kalsemian ja -magnesiumin. Opinnäytetyö keskittyy edellä mainittujen häiriötilojen vaikutukseen EKG:ssa. Natriumtasapainon häiriötilojen vaikutus ei ole havaittavissa EKG:sta, joten opinnäytetyössä ei käsitellä hypernatremiaa tai hyponatremiaa (Nieminen & Hedman 2019d). Työssä ei myöskään käsitellä tarkemmin muita elektrolyyttitasapainohäiriöitä. Elimistön elektrolyyttipitoisuuksien viitearvot vaihtelevat hiukan esimerkiksi laboratorioista riippuen.

Taulukko 1. Opinnäytetyön keskeiset käsitteet ja niiden määritelmät.

Käsite	Määritelmä
Aktiopotentiaali	Lihäs- ja hermosoluissa tapahtuva solukalvojännitteen muutos, impulssi, joka mahdollistaa lihassolujen supistumisen sekä tiedon välityksen hermosoluissa. Ennen aktiopotentiaalın liikkumista solujen välillä, solukalvo depolarisoituu, eli sen sisä- ja ulkopuolinen jännite häviävät. Tämä johtaa positiivisesti varauksellisten natriumionien kulkeutumiseen solun sisälle. Aktiopotentiaalın toiminta perustuu natrium- ja kaliumionien liikkumiseen solukalvojen lävitse. (Nienstedt & Hänninen & Arstila & Björkqvist 2014: 69–70.)
Depolarisaatio	Aktiopotentiaalia edeltävä prosessi, jossa solukalvon natriumionien läpipäästävyys nousee. Natriumioneja kulkee solun sisälle, mikä vuorostaan aiheuttaa läheisen solukalvon natriumläpäisevyyden nousun ja aktiopotentiaalın liikkumisen solukossa. (Nienstedt ym. 2014: 69.)
Elektrolyytti	Elektrolyytit ovat aineita, jotka jakaantuvat ioneiksi vesiliuoksissa. Ionit johtavat sähköä ja mahdollistavat elimistön solujen toiminnan ja tasapainotilan ylläpidon. (Lääketieteen sanasto 2016.)
Elektrolyyttitasapainohäiriö	Elektrolyyttitasapainohäiriö on tila, jossa tietyn elektrolyytin määrä elimistössä on sille normaalien viitearvojen ulkopuolella (Lääketieteen termit 2023).
EKG	Elektrokardiogrammi eli sydänsähkökäyrä (EKG) kuvaa sydämen sähköistä toimintaa eri suunnista tarkasteltuna. EKG:n avulla saadaan tietoa sydämen toiminnasta ja voidaan diagnosoida erilaisia sairauksia tai terveydentiloja. Tulokset piirtyvät tyypillisesti jatkuvasti päivittyvänä monitorille, ja tietyn hetken tilannekuva voidaan tallentaa sähköisesti tai tulostaa paperille. (Eerola 2022.)
Hyperkalemia	Elektrolyyttitasapainon häiriötila, jossa elimistön kaliumin määrä on viitearvon yläpuolella, yli 5 mmol/l. Tilan pahentuessa esiintyviä oireita ovat väsymys, lihasheikkous, halvaantuminen ja sydänpysähdykseen johtavat sydänoireet. (Mustajoki 2022a; Matikainen 2022a.) Hyperkalemian merkit ovat havaittavissa EKG:ssa kaliumarvon noustessa 5–6 mmol/l tasolle (Matikainen 2022a).
Hypokalemia	Elektrolyyttitasapainon häiriötila, jossa elimistön kaliumin määrä on viitearvon alapuolella, alle 3,3 mmol/l (Pelttari 2023). Hypokalemian pahentumisen yhteydessä esiintyviä oireita ovat lihasheikkous, rbdomyolyyysi, suolitukos, hengitysvaikeudet ja lopulta hengityslama ja halvaantuminen. (Matikainen 2022b).

Hyperkalsemia	Elektrolyyttitasapainon häiriötila, jossa veren plasman kalsiumpitoisuus ylittää 2,6 mmol/l. Vaihtoehtoisesti tila, jossa plasman ionisoitu kalsium ylittää 1,3 mmol/l. Oireita ovat väsymys, oksentelu, ummetus, jano, runsasvirtaisuus ja oksentelu. Hyperkalsemia voi myös aiheuttaa neurologisia oireita, kuten lihasheikkoutta ja sekavuutta. (Matikainen 2023a.)
Hypokalsemia	Elektrolyyttitasapainon häiriötila, jossa veren plasman kalsiumpitoisuus laskee alle 2,15 mmol/l tai ionisoitu kalsium laskee alle 1,16 mmol/l. Hypokalsemian oireita ovat lievästä vaikeampaan periferian pistely ja puutuminen, kurkkuvinkuna, lihasspasmit ja kouristelu. (Matikainen 2023b.)
Hypermagnesemia	Harvinainen elektrolyyttitasapainon häiriötila, jossa veren magnesium ylittää viitearvon 0,94 mmol/l. (Matikainen 2023c; Mustajoki 2022b). Hypermagnesemian oireita ovat hypotensio- ja ventilaatio, bradykardia ja AV-katkokset, sekä kooma. (Raimer 1994: 58.)
Hypomagnesemia	Elektrolyyttitasapainon häiriötila, jossa veren magnesium on alle viitearvon 0,71 mmol/l. Hypomagnesemian oireet ovat neurologisia, kuten lihasheikkous ja -vapina, kouristukset, masennus sekä delirium. Sydänperäisiä oireita ovat hoidolle resistentit rytmihäiriöt ja johtumishäiriöt. Alhainen magnesiumtaso voi myös johtaa muiden elektrolyyttien, kuten kaliumin, natriumin ja kalsiumin puutukseen. (Matikainen 2023c.)
Ioni	Ionit ovat atomeita tai molekyyliä, jotka ovat saaneet elektronien luovuttamisen tai vastaanoton kautta sähköisen varauksen. Ionit luokitellaan edelleen positiivisen varauksen omaaviin kationeihin ja negatiivisen varauksen omaaviin anioneihin. (Sand & Sjaastad & Haug & Bjälle 2013: 20.)
Lepojännite	Solun sisäisten ja ulkoisten ionien tasapainoeron myötä syntyy solukalvon sähköinen jännite. Lepojännite eli lepotentiaali on solukalvon jännite ionien ollessa sähkökemiallisessa tasapainotilassa. (Korhonen & Mäkijärvi 2019b.)
Refraktaalivaihe	Aktiopotentialin vaihe, jossa solu ei kykene reagoimaan uuteen ärsykkeeseen. Solu on herätteelle reagoimaton aktiopotentialin kasvu- ja tasannevaiheissa, sekä osin reagoimaton repolarisaatiovaiheessa. (Korhonen & Mäkijärvi 2019a.)
Repolarisaatio	Solukalvon jännitteen palautumisvaihe negatiiviseen lepotentiaaliin. Alkaa negatiivisten kloridi-ionien siirtyessä solun sisälle aktiopotentialin kasvuvaiheen jälkeen. (Korhonen & Mäkijärvi 2019a.)

3.2 Elektrolyyttitasapainohäiriöt

3.2.1 Yleistä elektrolyyttitasapainohäiriöistä

Elektrolyytti- ja nestetasapaino vaikuttavat kaikkiin elintoimintoihin, ja niiden häiriöiden hoito on tärkeä osa akuuttia terveydenhoitoa. Yleensä terve ihminen kykenee ylläpitämään elimistössä homeostaasia, elektrolyyttien ja nesteen tasapainoa, vaikka nesteen ja ravinnon saanti vaihtelisivat. Elimistön mekanismit pystyvät korjaamaan lievät häiriötilat. Häiriöt elektrolyyttitasapainossa voivat johtua sairaudesta tai myös aiheuttaa sairautentiloja. Elektrolyyttihäiriöiden tunnistaminen ja seuraaminen on tärkeää useiden metabolisten sairauksien diagnosoinnissa ja hoidossa (Joon-myung ym. 2021). Tavallisimmin elektrolyytti- ja nestetasapainohäiriöitä aiheuttavat poikkeavat nesteiden menetykset elimistöstä sekä häiriöt natrium- tai kaliumtasapainossa. Munuaisilla ja aivolisäkkeen tuottamilla hormoneilla on merkittävä tehtävä neste- ja elektrolyyttitasapainon ylläpidossa. (Ala-Kokko & Alahuhta & Hyppölä & Kaartinen & Savolainen 2021: 133.)

Vesi on yleisin aine ihmiskehossa; normaalikokoisen aikuisen painosta 50–60 % koostuu vedestä. Vesi toimii rakennusaineena, kuljettimena, välittäjäaineena, liuottimena ja reagenssina. Elektrolyytit ovat veteen ioneiksi liunneita aineita, joilla on sähköä johtavia ominaisuuksia. Neste jakautuu elimistössä solunsisäiseen (intraseellulaariseen) ja solunulkoiseen (ekstrasellulaariseen) nesteeseen. Solunulkoinen neste jakaantuu edelleen plasmaan ja soluvälinesteeseen (interstitiaalinen neste). Lisäksi nestettä on kehon eri onteloissa (transsellulaarinen neste). Solunsisäistä nestettä on noin 40 % ja solunulkoista nestettä noin 20 % kehon painosta. Solunulkoisista nesteistä plasmaa on noin 5 % ja soluvälinestettä noin 15 % kehon painosta. (Ala-Kokko ym. 2021:133–134; Lääketieteen sanasto 2016.)

Solunsisäisen ja solunulkoisen nesteen koostumukset eroavat merkittävästi toisistaan. Solunulkoinen neste sisältää runsaasti natriumia, kun taas solunsisäinen neste sisältää runsaasti kaliumia. Natrium ja kalium ovat elimistössä positiivisesti varautuneina ioneina eli kationeina. Solunulkoisen nesteen merkittävimmät anionit, eli negatiivisesti varautuneet ionit, ovat kloridi ja bikarbonaatti. Solunsisäisessä nesteessä olevat suuret proteiinimolekyylit ovat varaukseltaan negatiivisia, mikä vähentää anionien määrää, koska negatiivisesti varautuneet proteiinimolekyylit sitovat positiivisesti varautuneita ioneja. Elektrolyyttikoostumus vaihtelee solunsisäisessä nesteessä eri solutyypin välillä, ja plasman ja muun solunulkoisen nesteen koostumuksissa on jonkin verran eroa. Tämä johtuu proteiinipitoisuuksien eroista. (Ala-Kokko ym. 2021: 134–135.)

Molekyylit siirtyvät suuremmasta pitoisuudesta laimeampaan (diffuusio) lämpöenergiaa käyttäen. Solunsisäistä ja solunulkoista nestettä erottaa solukalvo. Kaasut ja rasvaliukoiset aineet läpäisevät kalvon vapaasti, mutta sähköisesti varautuneet elektrolyytit joutuvat käyttämään solukalvossa olevia ionikanavia eli -pumppuja. Nämä ionikanavat ovat valikoituneet tietyille ioneille, ja ne avautuvat, kun jännite muuttuu solukalvolla tai joku kemiallinen aine sitoutuu ionikanavaproteiiniin. Elektrolyytit voivat myös kulkea avustetusti solukalvon läpi käyttäen kantajaproteiineja. Natriumin ja kaliumin pitoisuuksia pidetään erilaisina solun sisäisessä ja ulkoisessa nesteessä käyttäen aktiivista kuljetusta natrium-kaliumpumppujen avulla. Tämä aktiivinen kuljetus vaatii energiaa, joka otetaan solujen adenosiinitrifosfaatin (ATP) hydrolyysistä. (Ala-Kokko ym. 2021: 135–136; Bjälle & Haug & Sand & Sjaastad & Toverud 1999: 48–49.)

Elektrolyyttien määrää säädellään tarkasti solunsisäisen ja -ulkoisen nestetilän välillä, jotta lihaksiston ja hermoston normaalia fysiologista toimintaa voidaan ylläpitää. Elektrolyyttitasapainon ylläpito on välttämätöntä sydänsolujen solukalvojen ja sydämen toiminnalle. Jotkin elektrolyyttihäiriöt voivat aiheuttaa tappavia rytmihäiriöitä tai sydämenpysähdyksiä, ja elektrolyyttihäiriöiden monitorointi onkin elintärkeää potilailla, joilla elektrolyyttien erityis tai kertyminen on häiriintynyt. (Joon-myung ym. 2021).

3.2.2 Kaliumtasapainohäiriö

Kaliumin määrä ihmisen elimistössä aikuisella on 50–60 mmol/l. Elimistön kaliumista suurin osa on solujen sisällä ja vain noin 1–2 % solujen ulkopuolisessa nesteessä. (Ala-Kokko ym. 2021: 158.) Plasman normaali kaliumpitoisuus on 3,3–4,9 mmol/l. Jos plasman kaliumpitoisuus laskee alle arvon 3,3 mmol/l, se on liian matala ja tästä seuraavaa tilaa kutsutaan hypokalemiaksi (Pelttari 2023). Jos taas kaliumpitoisuus nousee yli arvon 5,0 mmol/l, se on liian korkealla, ja tilaa kutsutaan hyperkalemiaksi. (Mustajoki 2020b; Mustajoki 2022a.) Kaliumtasapainolla on kriittinen vaikutus solukalvon lepopotentiaaliin ja sitä kautta lihasten, hermojen ja sydämen normaaliin toimintaan (Jung ym. 2012). Elimistön tärkeimmät kaliumin säätelijät ovat munuaiset. Solunsisäisen ja -ulkoisen kaliumpitoisuuden eroa ylläpitää natrium-kaliumpumppu, joka on myös merkittävä tekijä solukalvon jännitteelle. Lisäksi solunsisäiseen kaliumpitoisuuteen vaikuttaa solukalvon kaliumkanavien määrä ja aktiivisuus; nämä vaikuttavat solukalvon läpäisevyyteen. Kun soluun siirtyvä kaliumin määrä on sama kuin solusta ulos diffundoituvan, vallitsee tasapainotila. Mikäli kaliumpitoisuus muuttuu nopeasti solunulkoisessa nesteessä, syntyy muutos myös kalvopotentiaalissa, mikä aiheuttaa häiriöitä hermo- ja lihassolujen toiminnassa. (Ala-Kokko ym. 2021:158; Mustajoki 2020b.)

Kaliumia esiintyy runsaasti erilaisissa ruoka-aineissa, ja normaalista ruokavaliosta saatava kalium on riittävää ihmisen elimistölle. Päivittäinen kaliumin saantisuositus on 80–90 mmol/vrk. Terveet munuaiset pystyvät tehokkaasti säätelemään kaliumin eritystä ja siten kaliumin pitoisuutta elimistössä. Hypo- tai hyperkalemia ei johdu koskaan pelkästään kaliumin liian pienestä tai suuresta saannista ruokavalion kautta. Elimistö pystyy puskuroimaan nopeat muutokset plasman kaliumpitoisuudessa lihassolumassaan. Puskuroinnissa insuliini, beeta2-adrenerginen stimulaatio ja kilpirauhashormoni ajavat kaliumia solun sisään. Sen sijaan alfa-adrenerginen stimulaatio ajaa kaliumia ulos solusta, ja tämän lisäksi lihassolut vapauttavat kaliumia jatkuvasti, vaikutuksen voimistuen räsitustilanteissa. (Ala-Kokko ym. 2021: 158–159; Mustajoki 2020b.)

Ravinnosta saatavasta kaliumista 90 % erittyy elimistöstä munuaisten kautta virtsaan, ja loppuosa erittyy paksusuolen kautta ulosteeseen. Munuaisissa kaliumin erittyminen kokoojaputkissa ja munuaistiehyeissä säätelee virtsaan erittyvää kaliumin määrää. Mikäli saadun kaliumin määrä on pieni, kokoojaputkessa alkaa takaisinimeytyminen erityksen sijasta. (Ala-Kokko ym. 2021: 158–159.)

Hyperkalemia. Plasman kaliومتason noustessa yli arvon 5,0 mmol/l on kyseessä hyperkalemia (Mustajoki 2022a). Kaliumin määrä voi nousta heikentyneen elimistöstä poistumisen tai saannin lisääntymisen vuoksi. Kaliumin redistribuutio soluista plasmaan aiheuttaa myös hyperkalemian, ja tämän syinä voivat olla kudostuho, asidoosi, insuliinin puute, beetasalpaajat tai digitalismyrkytys. (Ala-Kokko ym. 2021: 161–165.) Pseudohyperkalemiaa, hyperkalemiaan viittavia virhetuloksia, voivat aiheuttaa hemolyysi, leukosytoosi, trombosytoosi tai liian tiukan staasin käyttö näytettä otettaessa (Karihuhta 2023). Vaikea hyperkalemia, jossa plasman kalium nousee yli arvon 6,5 mmol/l, on potentiaalisesti henkeä uhkaava tila. Etelä-Koreassa tehdyn tutkimuksen mukaan sairaalapotilaista 1–10 %:lla esiintyy vaikeaa hyperkalemiaa, joka voi johtaa vakaviin sairauksiin tai kuolemaan ja vaatii välitöntä hoitoa sekä EKG-seurantaa. Sairaalapotilailla, joilla todettiin vaikea hyperkalemia, kuolleisuus oli 30,7 %, kuolleisuuden korreloidessa vahvasti kaliumpitoisuuteen. (Jung ym. 2012.)

Vaikeassa hyperkalemiassa oireina ovat väsymys ja lihasheikkous, parestesia ja paralyysi tai sydänoireet ja sydänpysähdys. Plasman kaliumin ylittäessä 5,5–6,0 mmol/l ilmenee EKG-muutoksia, tyypillisesti T-aallon korostumista (Ala-Kokko ym. 2021: 161–165). Vaikeassa hyperkalemiassa EKG:ssa voi esiintyä T-aaltojen nousua, QT-ajan lyhentymistä, PR-ajan pidentymistä, P-aallon madaltumista ja pidentymistä, siniaallon esiintymistä ja leveätä QRS-kompleksia (Jung ym. 2012). Lievänä hyperkalemia on

oireeton. Yleisin hyperkalemian syy on kaliumin erityksen häiriö, joka voi johtua akuutista tai kroonisesta munuaisten vajaatoiminnasta. Monet tautitilat aiheuttavat asidoosia, jossa vetyionien lisääntyminen solujen sisällä siirtää kaliumia plasmasta. Yleisimmät hyperkalemiaa aiheuttavat lääkkeet ovat kaliumia säästävät diureetit, angiotensiinireseptorin salpaajat, tulehduskipulääkkeet sekä ACE:n estäjät. (Ala-Kokko ym. 2021: 161–165.)

Hyperkalemiaa epäiltäessä, ensivaiheen tutkimukset ovat kaliumpitoisuuden määrittely plasmasta ja virtsasta, EKG-rekisteröinti, plasman natriumin ja kreatiniinin määrittelyt sekä happo-emästatapainon määrittely. Pseudohyperkalemia poissuljetaan. Hoidon kiireellisyys riippuu hyperkalemian vaikeusasteesta, oireista ja EKG-muutoksista. Hoito valitaan vaikeusasteen ja hyperkalemian syntymekanismien mukaan. Tavoitteena on poistaa kaliumia elimistöstä virtsaan tai ulosteeseen, pienentää kaliumin saantia tai vähentää kaliumin määrää dialyysin avulla. Kaliumia voidaan myös ajaa solujen sisään. Hemodialyysi on nopein ja tehokkain tapa kaliumpitoisuuden alentamiseen. Sitä käytetään, jos hyperkalemia ei reagoi muuhun hoitoon tai ensisijaisena vaihtoehtona vähävirtsaisten potilailla. Hyperkalemian lääkehoitona voidaan käyttää kalsiumglubionaattia suonensisäisesti sydänsolujen stabilointiin ja rytmihäiriöihin; insuliinia, beeta2-agonisteja ja natriumbikarbonaattia kaliumin ajamiseksi solujen sisään; natriumpolystyreenisulfonaattia kaliumin erittämiseksi ulosteen kautta; ja loop-diureetteja, kuten furosemidia, kaliumin erittämiseksi virtsan kautta. (Ala-Kokko ym. 2021: 161–165.)

Hypokalemia. Jos plasman kalium laskee alle arvon 3,3 mmol/l on kyseessä hypokalemia (Pelttari 2023). Jos kaliumin lasku aiheuttaa oireita tai plasman kalium laskee alle arvon 3,0 mmol/l, tila määritellään vaikeaksi hypokalemiaksi. Lievänä hypokalemia on usein oireeton. Jos kaliumpitoisuus laskee alle arvon 2,5–3 mmol/l, alkaa oireita esiintyä. Rytmihäiriöalttius, lihasheikkous ja ummetus kuuluvat ensioireisiin, ja jos kaliumpitoisuus laskee edelleen alle 2,5 mmol/l, alkaa esiintyä vaikeita lihasoireita, hengityselinheikentymistä, ileusta ja rhabdomyolyyttia. Jos kaliumpitoisuus laskee alle 2,0 mmol/l on paralyysi ja hengitystoiminnan lamaantuminen mahdollista. Tyypilliset EKG-muutokset hypokalemiassa ovat matala T-aalto ja korostunut U-aalto. Vaihtelevat rytmihäiriöt ovat mahdollisia; näitä ovat eteis- ja kammioperäiset lisälyönnit, junktionaalinen- ja kammiotakykardia, kammiövärinä, sinusbradykardia tai atrioventrikulaarinen blokki. Syynä hypokalemialle on useimmiten kaliumin menetys virtsaan diureettihoidon seurauksena tai kaliumin erittyminen mahasuolikanavaan ripulin tai oksentelun seurauksena. Hypomagnesemia aiheuttaa eri mekanismeilla hypokalemiaa. Myös monilla lääkkeillä on vaikutuksia, jotka voivat

johtaa hypokalemiaan. Esimerkiksi insuliini ja beeta2-agonistit ajavat kaliumia solun sisään, mineralokortikoidit ja diureetit aiheuttavat kaliumin menetystä munuaisten kautta ja laksatiivit maha-suolikanavan kautta. (Ala-Kokko ym. 2021: 159–161.)

Hypokalemiaa hoidettaessa tavoitteena on estää sydän- ja lihasheikkousoireet ja korjata kaliumvaje. Elimistön kaliumvaje arvioidaan plasman kaliumin määrästä. Kaliumin vähentyminen 0,3 mmol/l:lla plasmassa vastaa noin 100 mmol kaliumin vajetta elimistössä. Lievässä hypokalemiassa potilaalle annostellaan 25–80 mmol kaliumkloridia vuorokaudessa suun kautta. Vaikeassa hypokalemiassa kaliumkorvaus annetaan suonensisäisesti, enintään 20 mmol/h infuusionopeudella. (Ala-Kokko ym. 2021: 159–161.)

3.2.3 Kalsiumtasapainohäiriö

Kalsium on ihmisen elimistölle tärkeä elektrolyytti. Aikuisen elimistössä sitä on noin 25000 mmol, josta yli 99,9 % on luustossa ja loput noin 0,1 % ekstrasellulaarisessa nesteessä. Kalsiumin kokonaismäärä vaihtelee iän ja sukupuolen mukaan. Solun sisällä kalsiumilla on monia tehtäviä. Se säätelee monia entsyymireaktioita ja on tarpeellinen lihasten supistumisessa, veren hyytymisessä, hermoston impulssien kulussa, avo- ja umpirauhasten eritystoiminnassa ja solunsisäisessä viestitoiminnassa. Lisäksi kalsium on luuston rakenteelle ja kehitykselle välttämätön. Kalsium varastoituu soluissa suurelta osin solunsisäiseen kalvoverkoston, ja solunsisäinen kalsiumpitoisuus onkin pieni, noin 100 nmol/l. Puoli prosenttia luuston kalsiumista on nopeasti liukenevassa muodossa ja siirrettävissä solunulkoiseen nesteeseen. Kalsiumia tulisi saada ravinnosta noin 25 mmol eli 800–1000 mg vuorokaudessa. Noin 30 % ravinnosta saadusta kalsiumista imeytyy elimistöön suolistossa. Elimistön ollessa tasapainotilassa, kalsiumia erittyy virtsan mukana noin 60 %, ulosteessa 40 % ja hien mukana hyvin pieniä määriä. (Ala-Kokko ym. 2021: 166.)

Kalsiumia esiintyy plasmassa kolmessa muodossa, 40 % on sitoutunut proteiineihin, pääosin albumiiniin, 10 % on kompleksoitunut pienimolekyylisten anionien kanssa ja loput, lähes puolet, on vapaata ionisoitunutta kalsiumia. Ainoastaan vapaa ionisoitunut kalsium on biologisesti aktiivista ja fysiologisesti vaikuttavaa. Kokonaiskalsiumin arvoa käytetään perustutkimuksena elimistön kalsiumtasapainoa selvitetessä, kokonaiskalsiumin normaali viitearvo plasmassa on 2,15–2,51 mmol/l. Vapaan ionisoituneen kalsiumin määrä plasmassa on viitearvojen mukaan 1,15–1,32 mmol/l. Ionisoituneen kalsiumin määrittäminen on tärkeää erityisesti kriittisesti sairailta. Haptoemästatapaino vaikuttaa ionisoituneen kalsiumin pitoisuuteen, koska vetyioni kilpailee

sitoutumisesta albumiiniin. Asidoosetilassa ionisoituneen kalsiumin pitoisuus suurenee ja alkaloosissa vastaavasti suurenee, ilman että plasman kokonaiskalsiumin määrä muuttuu. Kuitenkin kroonisissa asidoosi- ja alkaloositiloissa kokonaiskalsiumipitoisuus muuttuu. (Ala-Kokko ym. 2021: 167.)

Ionisoituneen kalsiumin määrää plasmassa säätelevät hyvin tarkasti hormonit. Lisäkilpirauhashormoni (PTH), kalsitoniini ja kalsitrioli (1,25(OH)₂-D) sekä fosfaatti säätelevät munuaisten ja luuston ylläpitämää tasapainoa. Lisäkilpirauhanen reagoi herkästi plasman kalsiumpitoisuuden muutoksiin ja pitoisuuden laskiessa vapauttaa PTH:ta. Kalsiumpitoisuuden noustessa sen eritysvähenee. PTH lisää kalsiumionin vapautumista luustosta sekä kiihdyttää ionin takaisinimeytymistä munuaisissa. Tämän lisäksi PTH kiihdyttää D-vitamiinin muuttumista aktiiviseen 1,25(OH)₂-D muotoon, joka taas lisää kalsiumin imeytymistä suoliston kautta. (Ala-Kokko ym. 2021: 166.)

Kalsium suodattuu munuaiskeräisissä, ja suurin osa, 98 %, imeytyy takaisin verenkiertoon. Takaisinimeytymistä säätelee 1,25(OH)₂-D-vitamiini ja PTH, imeytymisen tapahtuessa Henlen lingon nousevassa paksussa osassa ja distaalisisissa munuaistiehyissä. Suurin osa elimistöstä erittyvästä kalsiumista erittyy munuaisten kautta virtsaan, määrän ollen normaalisti alle 5 mmol vuorokaudessa. Jos luustosta vapautuu yli 20 mmol kalsiumia vuorokaudessa, munuaiset eivät enää kykene erittämään sitä riittävästi, mikä johtaa hyperkalsemiaan. (Ala-Kokko ym. 2021: 166–167.)

Hyperkalsemia on tila, jossa plasman kalsiumin kokonaispitoisuus ylittää 2,60 mmol/l tai plasman kalsiumionipitoisuus ylittää 1,30 mmol/l. Hyperkalsemian oireet voivat olla monimuotoisia ja epäspesifisiä, ja näitä ovat muun muassa väsymys ja heikkous, ongelmat keskittymiskyvyssä, masennus sekä mielialan muutokset. Ruokahaluttomuutta, pahoinvointia, ummetusta, oksentelua ja vatsakipuja voi esiintyä ruoansulatuskanavan oireina. Nefrokalsinoosi, munuaisten vajaatoiminta ja virtsakivien muodostus on mahdollista. Mikäli hyperkalsemia on vakava, plasman kalsiumpitoisuuden noustessa yli 3,75 mmol/l tai kalsiumionipitoisuuden yli 2,0 mmol/l, se voi aiheuttaa henkeä uhkaavan kriisin, jonka oireina ovat sekavuus, rytmihäiriöt, munuaisten vajaatoiminta, polyria, kuivuminen, oksentelu ja vatsakivut. (Ala-Kokko ym. 2021: 167–168.)

Tavallisimmin hyperkalsemian taustalla on kalsiumin luustosta vapautumisen lisääntyminen tai lisääntynyt imeytyminen suolistossa. Yleisimmät syyt tähän ovat primaarinen hyperparatyreoosi tai pahanlaatuinen kasvain. Muita aiheuttajia

hyperkalsemialle ovat muun muassa jotkin lääkkeet, sarkoidoosi, D-vitamiinimyrkytys, tuumorilyysi ja immobilisaatio. (Ala-Kokko ym. 2021: 167–168.)

Hyperparatyreoosin keskeisenä hoitona on leikkaus, mutta hoitona voidaan käyttää myös sinakalseettia sekä primaarissa että sekundaarissa hyperparatyreoosissa. Hyperkalseemisen kriisin hoidon tavoitteena on lisätä kalsiumin eritystä virtsan kautta, korjata dehydraatio, vähentää luun resorptiota ja vähentää kalsiumin imeytymistä suolistosta. Diureesia voidaan lisätä isotonisen infuusion annolla ja tarvittaessa kalsiumin eritystä virtsaan lisätä furosemidilla. Luun resorption vähentämiseen käytetään tsoledronihappoa, denosumabia, kalsitoniinia ja sinakalseettia. Prednisolonin käytöllä voidaan vähentää kalsiumin imeytymistä. Lisäksi dialyysihoidolla voidaan vähentää kalsiumin määrää hyperkalsemian jatkuessa toimenpiteistä huolimatta. (Ala-Kokko ym. 2021: 167–168.)

Hypokalsemiassa plasman kalsiumpitoisuus tai kalsiumionipitoisuus on liian matala, aiheuttajana voi olla liian vähäinen kalsiumin tulo vereen tai sen kato. Hypokalsemiaksi luokitellaan tila, jossa seerumin kalsiumpitoisuus on alle 2,15 mmol/l tai ionisoituneen kalsiumin pitoisuus on alle 1,16 mmol/l (Holmström ym. 2022: 389). Aiheuttajia hypokalsemialle voivat olla lisäkilpirauhashormonin puute, vaikea-asteinen D-vitamiinin puute, munuaisten vajaatoiminta, kalsiumin liiallinen kertyminen luustoon tai vaikeat yleissairaudet. Lievänä hypokalsemia ei aiheuta oireita, oireita alkaa esiintyä plasman kokonaispitoisuuden laskiessa alle arvon 1,8 mmol/l tai kalsiumionipitoisuuden laskiessa reilusti alle arvon 1,0 mmol/l. Ionisoituneen kalsiumin pitoisuuden lasku lisää neuromuskulaarista ärtyvyyttä ja aiheuttaa puutumista ja pistelyä kehossa. Vaikeammassa hypokalsemiassa oireina voivat olla kouristukset, tetania ja jänneheijasteiden vilkastuminen. Sydämen pumppaustoiminta voi heiketä ja sydänsähkökäyrässä voidaan todeta QT-ajan pidentymistä. (Ala-Kokko ym. 2021: 169; Mustajoki 2020a.)

Oireettoman hypokalsemian hoidoksi riittää yleensä kalsiumin ja D-vitamiinin puutteen korvaus oraalisesti annosteltuna. Suonensisäistä kalsiumiantoa käytetään oireisen potilaan hoidossa, tällöin kalsiumglubionaattia (10 %) injisoidaan laskimoon 10 ml hitaasti. Hoitoa jatketaan tarvittaessa 100 ml:lla kalsiumglubionaattia 1000 ml:ssa G5-liuosta infuusiona 12 tunnin aikana. (Ala-Kokko ym. 2021: 169; Mustajoki 2020a.)

3.2.4 Magnesiumtasapainohäiriö

Elimistön magnesiumpitoisuus aikuisella on noin 1000 mmol tai 21–28 g. Pääosa magnesiumista on pehmytkudoksissa ja luustoon sitoutuneena. Pieni osa magnesiumista on solujen sisällä ja noin 1 % ekstrasellulaarisessa nesteessä. Plasman magnesiumpitoisuuden viitearvot ovat 0,71–0,94 mmol/l. Plasman magnesiumista vapaana, fysiologisesti vaikuttavana ionisoituneena muotona on 55 %, pitoisuuden ollessa 0,47–0,67 mmol/l. Magnesiumista 30 % on proteiineihin ja 15 % anioniin molekyyliin sitoutuneessa muodossa. Solun sisällä magnesiumia on ionisoituneessa muodossa 5–10 %, suurimman osan magnesiumista ollessa sitoutuneena. (Ala-Kokko ym. 2021: 170; Mustajoki 2022b.)

Magnesium on elimistön kannalta merkittävä elektrolyytti, sen tärkeimpänä tehtävänä on mahdollistaa entsyymien toimiminen katalyyttina eli toimia kofaktorina. Magnesium säätelee adenosiinitrifosfaasientsyymiä (ATPaasi) natrium-kaliumpumpussa. Magnesiumvajeella onkin vaikutusta solunsisäiseen kaliumin puutokseen. Lisäksi magnesium säätelee kalsiumkanavien toimintaa solukalvolla ja kalsiumin solunsisäisiä vaikutuksia. (Ala-Kokko ym. 2021: 170.)

Magnesiumtasapainoa elimistössä ylläpitävät munuaiset ja luusto, ja magnesiumin imeytyminen tapahtuu ohutsuolessa. Ravinnosta saatavan magnesiumin määrä on keskimäärin 10–15 mmol eli 300–350 mg vuorokaudessa, josta noin 30–40 % imeytyy elimistöön. Tärkein magnesiumin määrän tasapainoa säätelevä tekijä on munuaiseritys, mutta myös suolistosta tapahtuu eritystä. Ionisoitunut ja anioniin molekyyliin sitoutunut magnesium suodattuu munuaisissa. Suurin osa takaisinimeytymisestä tapahtuu Henlen lingon nousevassa paksussa osassa. Magnesiumin passiivinen diffuusio takaisinimeytymisessä on kytkeytynyt natriumiin ja kloridiin. Takaisinimeytymistä säätelevä tärkein tekijä on munuaistiehyisiin saapuva magnesiumin määrä, eli magnesiumpitoisuuden suurentuminen plasmassa lisää magnesiumin eritystä virtsaan. Eri hormoneilla tiedetään olevan vaikutusta takaisinimeytymiseen, mutta näiden merkitys on epäselvä. Myöskin magnesiumin solutason kuljetusmenetelmät ja mekanismit ovat vielä epäselviä. Useat lääkkeet vaikuttavat munuaisten magnesiumineritykseen. Magnesiumin virtsaan eritystä lisäävät metabolinen asidoosi, hypokalemia ja hypofosfatemia sekä hyperkalsemia ja hypermagnesemia. (Ala-Kokko ym. 2021: 170–171.)

Hypermagnesemia on erittäin harvinainen tila. Terveelle ihmiselle ei kerry magnesiumia liikaa elimistöön ravinnon tai suun kautta otettujen valmisteiden vuoksi.

Viitearvona plasman magnesiumipitoisuudelle hypermagnesemiassa pidetään arvoa yli 1,1 mmol/l (Koistinen 2023). Munuaisten vajaatoiminnasta kärsivillä potilailla ja hyvin iäkkäillä magnesiumin veripitoisuudet saattavat nousta magnesiumvalmisteiden vuoksi. Addisonin tauti, hypotyreoosi ja litiumin yliannostus ovat harvinaisempina syinä hypermagnesemialle. Hypermagnesemiassa EKG-muutokset ovat samankaltaisia kuin hyperkalemiassa. Oireina ovat muun muassa heijasteiden katoaminen, vasodilataatio ja hypotensio, sekavuus, kooma, sydämen johtumishäiriöt ja asystole sekä hengityspysähdys. (Ala-Kokko ym. 2021: 172; Mustajoki 2022b.)

Polviheijasteen seuraamisella voidaan havaita magnesiummyrkytyksen vaikututusta, heijaste heikkenee plasman magnesiumipitoisuuden ollessa tasolla 2,0–3,4 mmol/l, ja häviää tason ollessa 3,5–5,0 mmol/l. Hypermagnesemian aiheuttamaa lihasheikkoutta ja sydänoireita voidaan usein vähentää kalsiumin annolla. Lisäksi elimistön magnesiumipitoisuutta voidaan vähentää diureesia tehostamalla, käyttäen nesteytystä ja furosemidia sekä keinomunuaishoidoin. (Ala-Kokko ym. 2021: 172; Mustajoki 2022b.)

Hypomagnesemia. Pienentynyt plasman magnesiumipitoisuus viittaa hypomagnesemiaan, mutta koska plasma sisältää alle prosentin elimistön magnesiumista, ei normaali tai korkeakaan plasman magnesiumipitoisuus sulje magnesiumvajausta pois. Hypomagnesemian viitearvon raja plasman magnesiumipitoisuudelle on 0,71 mmol/l. (Koistinen 2023.) Magnesiumia on saatavissa laajalti eri elintarvikkeista, ja ravinnosta johtuva puutostila on harvinaista; puutostila voi kehittyä suoliston imeytymishäiriön seurauksena. Yleensä puutoksen syynä on magnesiumin liiallinen poistuminen elimistöstä. Koska magnesiumtasapainoa on vaikea mitata, on syytä käyttää magnesiumkorvausta potilailla, joilla on puutteen oireita tai riskitekijöitä. Altistavia tekijöitä hypomagnesemialle ovat muun muassa diureettien käyttö, ripuli, runsas alkoholin käyttö tai protonipumpunestäjien käyttö. Myös diabeetikoilla, joilla sokeri ei ole tasapainossa, voi suuren virtsamäärän vuoksi kehittyä magnesiumin puutostila. Oireina akuutissa hypomagnesemiassa ovat sekä ventrikulaariset että supraventrikulaariset rytmihäiriöt, ja vakavimpana rytmihäiriönä kääntyvien kärkien kammiotakykardia. Muina oireina ovat muun muassa lihasspasmit, kouristelut ja vapina, sekavuus, muistihäiriöt ja alentunut tajunta. Joidenkin muiden elektrolyyttihäiriöiden hoito edellyttää hypomagnesemian samanaikaista korjaamista: näitä ovat hypokalemia, hypokalsemia ja hypofosfatemia. (Ala-Kokko ym. 2021: 171–172; Mustajoki 2022b.)

Hoitona hypomagnesemiaan voidaan antaa vähäoireisille tai oireettomille potilaille oraalisesti magnesiumia 10–40 mmol:ia vuorokaudessa. Vaikeaoireisten potilaiden hoito tehdään seuraten samalla kalsiumin, kaliumin ja fosforin tasapainoa elimistössä ja seuraten EKG:ta. Suonensisäistä magnesiumin pikakorjausta voidaan antaa hoitona hypomagnesemiapotilaille jotka ovat hemodynaamisesti epästabiileja. (Ala-Kokko ym. 2021: 171–172; Mustajoki 2022b.)

3.3 EKG ja EKG:n tulkinta

3.3.1 EKG-laitteen toimintaperiaatteet

Sydänlihaksen toiminnan myötä ihmisen läpi kulkee vaihteleva sähkökenttä, jonka muutoksia voidaan seurata elektrokardiografian (EKG) avustuksella. EKG-monitoroinnissa sydämen sähköistä toimintaa seurataan iholle kiinnitettävien elektrodien kautta, jotka tähystävät sydäntä useista eri suunnista. EKG-laite tulkitsee sähkökentän muutoksia, jotka kuvastuvat aikajanelle piirtyviin aaltomaisiin sydänsähkökäyriin. (Mäkijärvi & Heikkilä 2002: 16.) Sydänsähkökäyrän aallon positiiviset ja negatiiviset heilahdukset kuvastavat sähköimpulssin suuntaa sydäntä tarkastelemaan elektrodikytkentään verrattuna. Käyrän positiivinen heilahdus y-akselilla kuvastaa kytkentää kohti suuntautuvaa sähköisen aktivaation luomaa jännite-eroa, kun taas negatiivinen heilahdus kuvastaa kytkennän vastaiseen suuntaan liikkuvaa aktivaatiota. (Mäkijärvi 2002a: 42; Mäkijärvi 2002c: 33–34.)

Tavanomaisesti elektrokardiografiassa tarkkaillaan sydämen toimintaa 12 kytkennän kautta. Nämä jakautuvat kuuteen rintakytkentään: V1, V2, V3, V4, V5 ja V6, sekä kuuteen raajakytkentään: I, II, III, aVR, aVL ja aVF. Rintakytkennät ympäröivät sydäntä ja niiden avulla voidaan seurata tarkasti sydänlihaksen eri alueita, kun taas raajakytkennät kuvaavat sydäntä eri raajojen suunnista. Useita kytkentöjä hyödyntämällä voidaan selvittää esimerkiksi mahdollisen sydänvaurion sijainti. (Mäkijärvi 2002a: 42; Mäkijärvi 2002c: 33–34; Nienstedt ym. 2014: 200.)

3.3.2 Sydämen sähköinen toiminta

Sydämen ja muiden lihasten sähköinen toiminta perustuu ionien pitoisuuksiin lihassoluissa ja niiden ulkopuolella. Solukalvon sisä- ja ulkopuolilla sijaitsevien natrium- ja kaliumionien vaihtelevat pitoisuudet johtavat vastakkaisten sähköisten varausten syntyyn solun sisä- ja ulkopuolille, aiheuttaen solukalvon jännitteen eli lepopotentiaalin. Ionit pyrkivät diffuusion myötä siirtymään väkevämmästä nesteestä laimeampaan.

Jännitettä ja sen tasapainotilaa ylläpitävät solukalvolla sijaitsevat, ionikanavina eli -pumppuina toimivat kuljettajaproteiinit, jotka mahdollistavat ionien siirtymisen solukalvon lävitse. (Nienstedt ym. 2014: 68, 611–612; Mäkijärvi 2002b: 19–20.)

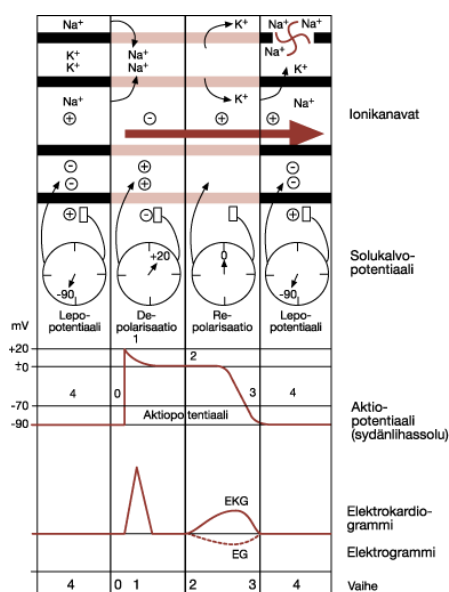
Solukalvon jännitteen kannalta keskeisin ionikanava on natrium-kaliumpumppu, joka siirtää solusta ulos kolme natriumionia jokaista kahta solun sisälle siirtyvää kaliumionia kohden. Natrium-kaliumpumpun toiminnasta johtuen solun sisälle päätyy noin 30-kertainen määrä kaliumioneja solun ulkoiseen interstitiaalinsteeseen verrattuna, sen natriumionipitoisuus taas on 30-kertainen solun sisäisiin ioneihin verrattuna. Koska solunulkoisten positiivisten ionien kokonaismäärä on solunsisäistä korkeampi, syntyy solun ulkopuolelle positiivinen ja sisäpuolelle negatiivinen varaus. Solun ulkoiset ja sisäiset ionit ovat tasapainossa lepopotentiaalin päästessä -90 mV tasolle. (Mäkijärvi 2002b: 19–20.)

Lihäs- ja hermosolut kykenevät aiheuttamaan solukalvoillaan aktiopotentiaalin eli jännitemuutoksen, jonka eteneminen kudoksissa mahdollistaa lihassolujen supistumisen ja hermosolujen tiedonvälityksen. Aktiopotentiaalia edeltää solukalvon natriumkanavien aukeaminen, joka johtaa lepopotentiaalin nousuun ja katoamiseen eli depolarisaatioon. Lepopotentiaalin noustessa -60 mV tasolle solu depolarisoituu täysin (Mäkijärvi 2002b: 20). Natriumioneja siirtyy solukalvon ulkopuolelta sen sisälle, kääntäen solukalvon jännitteen positiiviseksi. Depolarisaation aikana myös kalsiumioneja kulkeutuu solun sisälle, mahdollistaen ja johtaen lihassyiden supistumiseen (Sand ym. 2013: 241, 251–252). Jännitteenmuutos johtaa viereisten natriumkanavien aukeamiseen, kuljettaen aktiopotentiaalia eteenpäin. (Nienstedt ym. 2014: 69–70; Sand ym. 2013: 74.)

Aktiopotentiaali jaetaan 0-, 1-, 2-, 3-, ja 4-vaiheisiin. Vaihe 0 on aktiopotentiaalin kasvua kuvaava nopea depolarisaation vaihe, jossa solukalvon jännite nousee lepotilasta positiiviseksi. Aktiopotentiaalin kasvunopeus on yhteydessä solukalvon lepojännitteeseen, joka riippuu ionien pitoisuuseroista solukalvon ulko- ja sisäpuolella. Natriumionien siirtyessä solun sisälle ja jännitteen päästessä tasolle -75 mV jokainen solukalvon natriumioneja kuljettava ionikanava aukeaa ja mahdollistaa natriumionien nopean siirtymisen soluun pienellä aikavälillä. Natriumionikanavat sulkeutuvat jännitteen ollessa tasolla $+30$ mV. (Mäkijärvi 2002b 21.)

Solun repolarisaatio eli jännitteen lasku kohti lepopotentiaalia alkaa aktiopotentiaalin 1-vaiheessa, jolloin soluun virtaa negatiivisia kloridi-ioneja. Jännitteen laskua tasaa kuitenkin hidas natrium-kalsiumionikanava, jonka kautta soluun virtaa positiivisesti

varautuneita natrium- ja kalsiumioneja. Samalla solusta poistuu yhä kaliumioneja. Tämän takia aktiopotentiaali jää ± 0 mV tasolle tasannevaiheeksi kutsuttuun tilaan (aktiopotentiaalin vaihe 2). Natrium-kalsiumkanavan sulkeuduttua solun repolarisaatio jatkuu aktiopotentiaalin vaiheessa 3, ja solukalvon jännite laskee lepopotentiaaliin tasolle -90 mV (vaihe 4). (Mäkijärvi 2002b 21–22.) Aktiopotentiaalin vaiheiden 0–2 välillä solu on refraktaarivaiheessa, jossa solu ei reagoi tai ei voi aktivoitua uudelleen ulkopuoliseen ärsykkeeseen. Solukalvon repolarisoituessa aktiopotentiaalin vaiheessa 3 solu on osin refraktaarinen, mahdollistaen solun aktivaation voimakkaalle ärsykkeelle, kuten kammolisälyönnille, altistuessa. (Mäkijärvi 2002b: 24.)



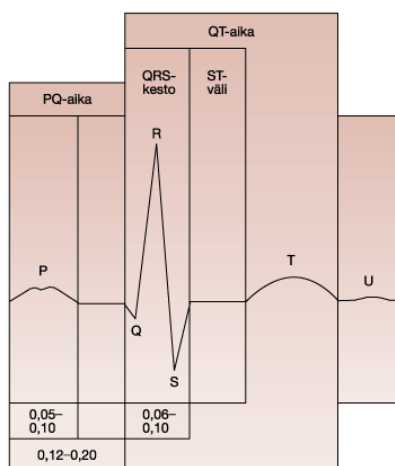
Kuva 1. Solun aktiopotentiaalin vaiheet kuvattuna ionikanavien toiminnan ja jännitteen muutosten yhteydessä (Korhonen & Mäkijärvi 2019a).

Sydänlihaksen aktiopotentiaali saa alkunsa sydämen tahdistinalueilla, joista se liikkuu sydänlihaksen lävitse johtoratajärjestelmää pitkin. Sydämen tahdistinsolut kykenevät depolarisaatioon ilman erillistä ärsykettä, mikä mahdollistaa sydämen supistumisen ilman ulkoista hermoyhteyttä (Leppäluoto & Rintamäki & Vakkuri & Viermaa & Lauri 2019: 91). Aktiopotentiaalin siirtyminen johtoradan soluilta muihin sydänlihassoluihin aiheuttaa näiden supistumisen. (Nienstedt ym. 2014: 83.) Koska impulssi liikkuu muissa lihassoluissa johtoradan soluja hitaammin, johtorata ohjaa sydämen supistumista. Sydämen johtorata alkaa oikeassa eteisessä sijaitsevasta sinussolmukkeesta, josta impulssi kulkee eteisten lävitse eteis-kammiosolmukkeeseen. Sieltä impulssi jakautuu lyhyen tauon jälkeen vasempaan ja oikeaan kammioon eteis-kammiokimppua pitkin. (Nienstedt ym. 2014: 192–193.)

3.3.3 Normaali EKG:n sydänsähkökäyrä

Sydänlihaksen sähköinen aktivaatio normaalissa sydämen toiminnassa kuvastuu EKG:ssa P-, Q-, R-, S-, ja T-aaltoina. Aallot kuvastavat aktiopotentiaalin kulkua johtoradan eri vaiheissa. Normaalissa sinusrytmissä sähkökäyrä alkaa P-aallosta, joka kuvastaa sinussolmukkeesta lähteneen impulssin aiheuttamaa eteisten supistumista. P-aalto kestää tavallisesti alle 120 ms (Mäkijärvi 2002a: 61). P-aallon jälkeen EKG:ssa on noin 0,1 sekunnin mittainen tauko, joka kuvastaa impulssin viivästymistä eteiskammiosolmukkeesta eteiskammiokimppuun (Nienstedt ym. 2014: 193). Tätä seuraa Q-, R- ja S-aalloista muodostuva kompleksi, joka kuvastaa sydämen kammioiden depolarisaatiota. QRS-kompleksin normaali kesto on alle 120ms (Mäkijärvi 2002a: 61).

QRS-kompleksin jälkeinen T-aalto kuvastaa kammioiden sydänlihaksen repolarisaatiota sen ulkopinnalta sisäkalvolle (Mäkijärvi 2002a: 40). S- ja T-aaltojen välillä on lyhyt tauko, ST-väli, joka kuvastaa jännitemuutosten puuttumista sydämen ollessa täysin aktivoitunut (Mäkijärvi 2002c: 35; Nienstedt 2014: 199). Välillä T-aallon jälkeisesti voi esiintyä ylimääräinen U-aalto. U-aaltoa ei lasketa osaksi sydämen palautumista kuvaavaa QT-aikaa, eikä sen alkuperä ole varmassa tiedossa, mutta sen ilmenemissyytiä voivat olla esimerkiksi elektrolyyttihäiriöt. (Mäkijärvi & Parikka & Raatikainen 2005c.)



Kuva 2. Normaalin sinusrytmin EKG-piirtymä (Mäkijärvi 2019).

P- ja Q-aaltojen välinen PQ-aika kuvastaa aktiopotentiaalin johtumista eteisistä kammioihin, ja kestää tavallisesti 120–200 ms (Mäkijärvi 2002a: 61). Q- ja T-aaltojen alun ja lopun välinen QT-aika kuvastaa sydämen kammioiden depolarisaatiota ja repolarisaatiota, ja vastaa aikaa, joka kammioilla kestää supistua ja palautua. QT-ajan

pituus on syketaajuudesta riippuvainen, mutta taajuuden suhteen korjattuna kestää normaalisti alle 440–460 ms. (Mäkijärvi 2002a: 61, 63). EKG-käyrä tulostetaan paperille, joka on Suomessa määritysten mukaisesti kalibroitu siten, että 50 mm x-akselilla vastaa yhtä sekuntia, ja 10 mm y-akselilla vastaa yhtä millivolttia (Raatikainen & Parikka 2022; Jormakka & Kettunen 2018: 15).

3.3.4 EKG:n tulkinta

Ennen EKG:n tulkintaa on tarkastettava EKG:n laatu ja huomioitava sekä pyrittävä eliminoimaan mahdolliset virhe- ja häiriötekijät, kuten elektrodien väärä sijainti tai kontaktihäiriöt, tutkittavan liike tai kosketus johtavaan materiaaliin, lihasjännitys tai vapina (Mäkijärvi 2002a: 52, 56). EKG:n tulkinta suositellaan tehtäväksi järjestelmällisesti. Juha Jormakka ja Jukka Kettunen esittävät teoksessa EKG akuuttihoidossa (2018) nelivaiheisen toimintajärjestyksen, joka jakautuu EKG:n yleissilmäykseen, rytmin tutkintaan, ST-segmentin ja T-aallon tutkimiseen sekä lopuksi työdiagnosiin päätymiseen. (Jormakka & Kettunen 2018: 19–20, 83.)

Rekisteröidyn EKG:n yleissilmäyksessä tarkistetaan sydänkäyrän luotettavuus sekä todetaan silmämääräisesti sydämen syketaajuus. Tämän jälkeen tarkastellaan sydämen rytmiä laskemalla tarkempi syketaajuus, toteamalla sykkeen säännöllisyys, P-aallon esiintyminen, PQ-aika, QRS-kompleksin ilmeneminen P-aaltoa seuraten, sekä QRS-kompleksin leveys. (Jormakka & Kettunen 2018: 20, 83.) Aikuisen ihmisen normaali syke on säännöllinen, ja sydän lyö noin 50–100 kertaa minuutissa (Raatikainen & Parikka 2022). Poikkeukset PQ-ajassa ja QRS-kompleksin esiintymisessä P-aallon jälkeisesti kuvastavat johtumishäiriötä eteis-kammiosolmukkeessa ja voivat viitata eteis-kammiokatkokseen (Mäkijärvi & Parikka & Raatikainen 2005a). Poikkeamat QRS-kompleksin kestossa viittaavat kammioden johtumishäiriöihin, kuten haara- tai haarakekatkoksiin (Mäkijärvi & Parikka & Raatikainen 2005b).

ST-segmentin ja T-aallon poikkeamat voivat viitata esimerkiksi sydänlihaksen iskemiaan ja infarktiin tai kardiomyopatiaan, ja ST-tason nousun tai laskun ilmenemän toteamisella eri kytkennöissä voidaan tarkemmin selvittää, mihin sydämen osaan vaurio sijoittuu (Jormakka & Kettunen 2018: 56). Poikkeamat T-aallon muodossa voivat viitata erilaisiin sairaudentiloihin. (Mäkijärvi 2002a: 65.) Huomioimalla edeltävien vaiheiden havainnot yhdessä potilaan kliinisen kuvan kanssa voidaan päätyä työdiagnosiin (Jormakka & Kettunen 2018: 84).

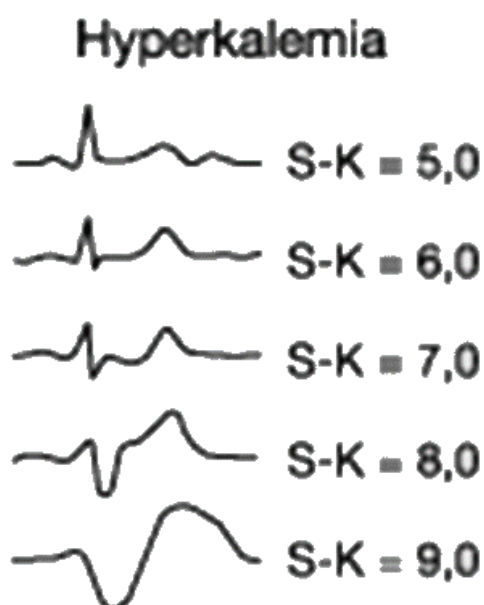
3.4 Elektrolyyttitasapainohäiriöiden havaitseminen sydänpäyrästä

Osa elektrolyyttitasapainon häiriöistä voi vaikuttaa suorasti tai epäsuorasti lepo- ja aktiopotentiaaliin, ja ne ovat sen myötä havaittavissa muutoksina EKG-näkymässä. Elektrolyyttihäiriöiden aiheuttamat muutokset jakautuvat depolarisaatioon, repolarisaatioon ja aktiopotentiaalın (heräte) syntymiseen tai johtumiseen. (Nieminen & Hedman 2019a.)

3.4.1 Kaliumtasapainohäiriöiden tunnistaminen EKG:sta

Solun sisäpuolella sijaitseva kaliumionipitoisuus on normaalitilassa (140 mmol/l) noin 30–40-kertainen solunulkoiseen pitoisuuteen (3,3–4,9 mmol/l) verrattuna. Tämän takia aktiopotentiaali on hyvin herkkä kaliumtasapainon muutoksille. (Hedman 2002: 498; Peltari 2023.)

Hyperkalemia. Solunulkoisen kaliumionimäärän nousu aiheuttaa muutoksen solukalvon sähköisessä varauksessa, ja johtaa solukalvon lepopotentiaalın pienentymiseen. Lepopotentialın pienentymisen takia aktiopotentiaalın amplitudi pienenee, ja aktiopotentiaalın kasvunopeus hidastuu. Aktiopotentiaalın kasvun hidastuminen taas hidastaa sen välittymistä solusta toiseen. (Hedman 2002: 499.) Hyperkalemian aiheuttavat muutokset altistavat rytmihäiriöille, ja voivat pahentuessaan johtaa kammiovärinään ja asystoleen (Hedman 2002: 500).



Kuva 3. Hyperkalemian aiheuttamia EKG-muutoksia (Hedman 2019).

P-aalto. Aktiopotentiaalin välittymisen hidastuminen kuvastuu EKG:ssa. Solunulkoisen kaliumpitoisuuden noustessa yli 7 mmol/l tasolle eteisten johtumista kuvaavan P-aalto pitenee kestoaltaan ja sen myötä madaltuu ja loivenee. Tämän myötä myös PQ-aika kasvaa. Kaliumpitoisuuden noustessa edelleen yli 8 mmol/l P-aallot tyypillisesti katoavat EKG-näkymästä täysin. (Hedman 2002: 499–500.)

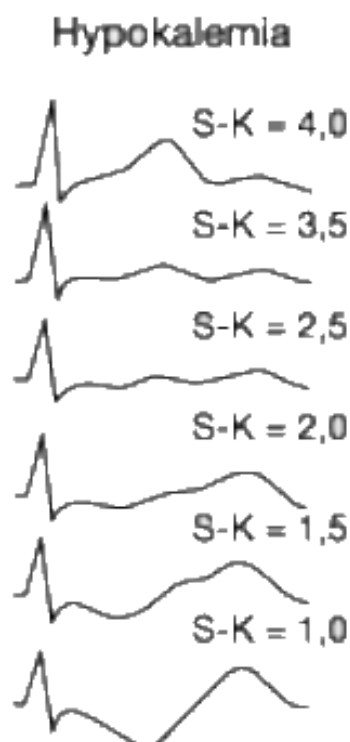
Eteis-kammiojohtuminen. Lievässä hyperkalemiassa eteis-kammiojohtuminen nopeutuu, mutta kaliumentason ylittäessä 7,5 mmol/l eteiskammiojohtuminen hidastuu, altistaen eteis-kammiojohtumishäiriöille. (Hedman 2002: 500.)

QRS-kompleksi. Hyperkalemian aiheuttama aktiopotentiaalin välittymisen hidastuminen näkyy myös sydämen kammioissa ja kuvastuu EKG:ssa QRS-kompleksin keston pidentymisenä. Samalla R-aallon korkeus laskee ja tätä seuraten S-aalto syvenee. (Hedman 2002: 500–501.)

ST-segmentti ja T-aalto. Hyperkalemian vaikutus kiihdyttää aktiopotentiaalin pienenemisnopeutta. Tämä kuvastuu EKG:ssa QT-ajan lyhenemisenä ja T-aaltojen korostumisena ja terävöitymisenä. T-aallon terävöitymistä voi myös esiintyä sydämen sisäkalvon alaisessa iskemiassa, bradykardiassa, sydänlihassairauksissa tai urheilijansydämen kohdalla. Kyseiset sairaudentilat eroavat EKG-näkymässä lievän hyperkalemian aiheuttamista muutoksista siten, että niiden kohdilla QT-aika on tyypillisesti pidentynyt, kun taas hyperkalemian kohdalla QT-aika on joko lyhentynyt tai normaalikestoisen. (Hedman 2002: 501; Van Mieghem & Sabbe & Knockaert 2004: 1562.) Lisäksi iskemia kuvastuu EKG:ssa paikallisena tietyissä kytkennöissä, kun taas elektrolyyttitasapainohäiriön aiheuttamat muutokset ovat havaittavissa jokaisessa EKG-kytkennässä (Hedman 2002: 501). Toisin kuin iskeemisten muutosten, hyperkalemian aiheuttamien EKG-muutosten on myös todettu olevan havaittavissa, vaikka potilaalla olisi vasen haarakatkos (LBBB) (Kumar & Shah & Jesmajian 2010). Hyperkalemian pahentuessa yli 7,5 mmol/l, levenevä QRS-kompleksi yhdistyy T-aaltoon, johtaen siniaallon muotoiseen näkymään EKG:ssa (Hedman 2002: 501; Van Mieghem & Sabbe & Knockaert 2004: 1562).

Hypokalemia. Hypokalemiassa solukalvon lepopotentiaali kasvaa, joten aktiopotentiaalin amplitudi ja kasvunopeus nousevat, ja aktiopotentiaalin sekä sen tasannevaiheen kesto pitenevät (Hedman 2002: 499). Hypokalemia lisää sydämen tahdistinsolujen automatismia, joka johtaa eteis- ja kammioisälyöntien syntyyn. Lisälyönnit voivat johtaa kammiotakykardiaan tai -värinään. Vaikea hypokalemia

hidastaa eteis-kammiojohtumista ja aiheuttaa eteis-kammiokatkoksia. (Hedman 2002: 506.)



Kuva 4. Hypokalemian aiheuttamia EKG-muutoksia (Hedman 2019).

P-aalto, QRS-kompleksi ja ST-segmentti. Hypokalemian vaikutuksesta EKG-näkymän P-aallon amplitudi ja kesto sekä QRS-kompleksin amplitudi ja kesto kasvavat. Hypokalemian vaikutus repolarisaatioon kuvastuu T-aallon madaltumisena tai inversiona. ST-segmentti laskee. (Hedman 2002: 504–505.)

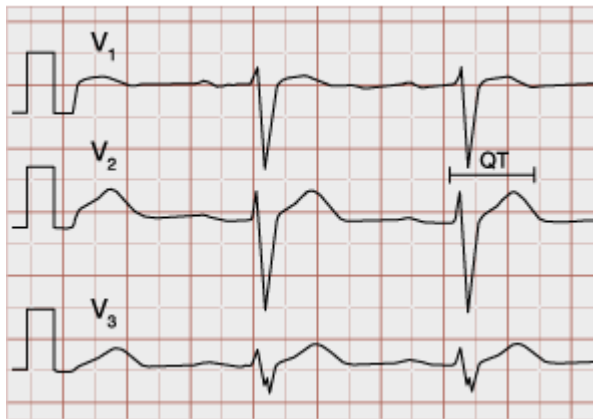
U-aalto. EKG:n U-aalto korostuu seerumin kaliumpitoisuuden laskiessa, ja hypokalemian pahentuessa laskeva ST-segmentti ja T-aalto yhdistyvät vastakkain kasvavaan U-aaltoon. ST-segmentin, T-aallon ja U-aallon muutokset ovat selkeimmin havaittavissa EKG:n kytkennöissä II, III, V2, V3 ja V4. (Hedman 2002: 504–505.)

Erotusdiagnostiikka. Hypokalemiaa muistuttavia ST-segmentin, T- ja U-aaltojen muutoksia voi ilmetä muiden tilojen yhteydessä. U-aalto korostuu vasemman kammion hypertrofiassa (LVH), mutta tällöin oikean puolen rintakytkennöissä ei ilmene ST-segmentin laskua. Myös tietyt lääkeaineet, kuten ryhmän IA rytmihäiriölääkkeet ja digitalis, voivat aiheuttaa ST-segmentin laskua. Ryhmän IA lääkeaine kinidiini voi myös korostaa U-aaltoa. (Hedman 2002 :505; Raatikainen 2019a; Raatikainen 2019b.)

Diagnosoinnissa on siis otettava tarkkaan huomioon potilaan kliininen tutkimus ja taustatiedot.

3.4.2 Kalsiumtasapainohäiriöiden tunnistaminen EKG:sta

Kalsiumtasapaino vaikuttaa eniten aktiopotentiaalin tasannevaiheeseen, jonka muutokset ilmenevät lähinnä ST-segmentin ja QT-ajan pituudessa. (Hedman 2002: 499, 508.)



Kuva 5. Esimerkki hyperkalsemian aiheuttamista EKG-muutoksista (Nieminen & Hedman 2019b).

Kalsiumtasapainon muutokset eivät tyypillisesti vaikuta P-aaltoon. Hyperkalsemian pahentuessa aktiopotentiaalin kasvunopeus kammiossa pienenee, hidastaen herätteen johtumista. Hitaampi johtuminen kammioissa kuvastuu EKG:ssa QRS-kompleksin leventymisenä. (Nieminen & Hedman 2019b.)



Kuva 6. Esimerkki hypokalsemian aiheuttamista EKG-muutoksista (Burns & Buttner 2021).

Solun refraktaarivaihe eli herätteisiin reagoimaton aikaväli koostuu aktiopotentiaalin tasannevaiheesta kalvojännitteen ollessa ± 0 ja sen jälkeisestä jännitteen laskusta lepotasoon. Hyperkalsemiatilan vaikutuksesta aktiopotentiaalin tasannevaihe lyhenee,

jonka takia myös refraktaarivaiheen kesto pienenee. (Korhonen & Mäkijärvi 2019a.) Refraktaarivaihe kuvastuu ST-segmentin lyhenemisenä EKG:ssa. Hypokalsemian vaikutuksina aktiopotentiaalin tasannevaihe pitenee, ja aktiopotentiaalin kasvunopeus ja sen myötä herätteen johtumisnopeus voivat nousta (Nieminen & Hedman 2019b.)

3.4.3 Magnesiumtasapainohäiriöiden tunnistaminen EKG:sta

Magnesiumtasapainohäiriöt voivat vaikuttaa EKG:hen yhdessä kaliumtasapainon häiriöiden kanssa. Hypermagnesemian esiintyminen yhdessä hypokalsemian kanssa vaikuttaa hidastamalla aktiopotentiaalin kasvunopeutta, ja sitä kautta eteis-kammiosolmukkeeseen ja kammioiden johtumista. Hyperkalsemian tavoin tässä tilassa tutkittavan PQ-aika ja QRS-kompleksin kesto voivat pidentyä. (Nieminen & Hedman 2019c.) Hypomagnesemia alentaa sydänsolujen natrium-kaliumpumppujen toimintaa, johtaen solun kaliumtasapainon laskuun ja solun aktiopotentiaalin kynnystason madaltumiseen ja repolarisaatiovaiheen pidentymiseen (Sagger & Gildeh & Joseph & Rabbani & Zweig 2017). Hypomagnesemian on todettu leventävän P-aaltoja ja pidentävän T-aaltojen huipun ja lopun väliä sekä QT-aikaa (Yang ym. 2020).

3.4.4 Usean elektrolyyttihäiriön yhteisvaikutus

Usein elektrolyyttitasapainohäiriöt eivät ole toisistaan erillään ilmeneviä, vaan potilaalla voi olla samanaikaisesti useampi elektrolyyttitasapainohäiriö. Useamman elektrolyyttitasapainohäiriön yhteisvaikutukset voivat muuttaa EKG-näkymää, ja hankaloittaa sen tulkintaa ja potilaan tilan tunnistamista. Tämä kuvastuu esimerkiksi tapauksessa, jossa hyperkalsemiasta, hypokalsemiasta ja hypomagnesemiasta kärsivän potilaan EKG-tulosteessa esiintyi hyperkalsemiaan viittaavaa T-aaltojen piikkimäistä korostumista, mutta myös U-aaltojen korostumista sekä T-aaltojen johtumista U-aaltoihin, josta EKG-käyrä edelleen johtui seuraavaan P-aaltoon ”tiipiimäisenä”. (Johri & Baranchuk & Simpson & Abdollah & Redfearn 2009: 212–214.)

4 Laadukas itseopiskelumateriaali

Opetushallinnon esittämässä e-oppimateriaalin laatuksiteereissa opiskelumateriaalille tärkeiden pedagogisten ominaisuuksien on määritetty olevan yhteisöllisyyden ja yhteistyöskentelyn tukeminen, oppimistaitojen tukeminen, kehittäminen ja osaamisen arvioinnin mahdollistaminen, oppijan aktiivisuuden tukeminen, sekä oppimistehtävien haasteellisuus, avoimuus ja autenttisuus. Materiaalin avulla opiskelija voi arvioida

omaa osaamistaan aihealueesta, ja sen olisi hyvä herättää opiskelijan ajattelua sekä innostaa ja motivoida opiskelijaa aiheen sisällöstä. (E-oppimateriaalin laatukriteerit.)

Yksi oppimateriaalin ja oppimisen riskeistä on opiskelunaiheen jääminen pinnalliselle tasolle. Tämä voi tapahtua tilanteessa, jossa opiskelija ei kykene muodostamaan yhteyttä jonkin ilmiön ja sen taustatekijöiden välille. Syvälinen oppiminen edellyttää opiskelijalta kykyä ja valmiuksia yhdistää eri käsitteitä ja tekijöitä ja niiden syy-seuraussuhteita. Laadukkaan oppimateriaalin voi katsoa ominaisuuksillaan tukevan opiskelijan syvällistä oppimista. (Jaakkola 2012: 86.)

Pedagogisesti laadukkaalle digitaaliselle opiskelumateriaalille on ominaista käyttöyhteyden huomioiminen: materiaalia voidaan hyödyntää opetuksen yhteydessä normaaleissa opiskelutilanteissa, ilman hankalia esijärjestelyjä tai -vaatimuksia. Samalla laadukas opiskelumateriaali taipuu monipuolisiin käyttötilanteisiin, esimerkiksi opintojakson tai -alustan tavoitteista riippuen. Laadukas tuotos on moniulotteisten tekijöiden summa; mahdolliset tehtävät yhdistetään osaksi visuaalisesti ja teknisesti toimivaa kokonaisuutta. (E-oppimateriaalin laatukriteerit.)

Tuotteen visuaalinen käytettävyys on opiskelumateriaalille keskeinen ominaisuus. Digitaalisen opiskelumateriaalin on oltava visuaalisesti selkokäyttöistä (Löfström & Kanerva & Tuuttila & Lehtinen & Nevgi 2010: 51). Tuotoksen visuaalisten ominaisuuksien tärkeys korostuu sen asettelussa. Teksti koetaan luettavampana, jos sillä on taustaansa nähden riittävä kirkkaus- ja värikontrasti, pienikokoisen tekstin ja sisällön tulkitseminen on aivoille hankalampaa. Keskeisimmän tiedon kuuluisi erottua selkeästi taustasta, mutta toisaalta on pyrittävä välttämään liiallisen korostuvia visuaalisia elementtejä. Katselijan ennako-oletuksia haastavien elementtien on todettu kiinnittävän katsojien huomiota pidempään. (Saari 2019).

Itseopiskelumateriaalia luodessa on myös huomioitava moninaiset julkaisualustamahdollisuudet. Terttu Kortelainen selvitti tutkimuksessaan korkeakouluopiskelijoiden suhtautumiseroja painettuun ja sähköisiin opiskelumateriaaleihin. Tutkimukseen vastanneista opiskelijoista (n=668) 78 % koki painettuun materiaaliin keskittymisen olevan digitaalista materiaalia helpompaa. (Kortelainen 2016.)

5 Opinnäytetyön toteutus

5.1 Menetelmälliset lähtökohdat

Toiminnallisella opinnäytetyöllä tarkoitetaan työtä, jonka lopputarkoituksena on luoda jonkinlainen konkreettinen tuotos. Tämä voi olla esimerkiksi kirja, opas, tapahtuma tai video. Opinnäytetöissä, joiden tuotoksena laaditaan opas, korostuu lähdekriittisyyden tärkeys, ja työn kirjoittajien on varmistuttava ja kuvattava käytettyjen lähteiden luotettavuutta ja tiedon paikkansapitävyyttä. (Vilka & Airaksinen 2003: 51, 53.)

Tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä käytettiin kuvailevaa kirjallisuuskatsausta osana kehittämistehtävää. Kirjallisuuskatsaus menetelmänä soveltuu opinnäytetyön teoriapohjan rakentamiseen, kun tarkoituksena on käydä analyttisesti läpi mitä tarkasteltavasta aiheesta tiedetään (Kunnela 2022). Kuvaileva kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä voidaan jäsentää neljäksi kokonaisuudeksi: tutkimuskysymysten muodostamiseen, aineiston valintaan, kuvailun rakentamiseen ja tuloksien tarkastelemiseen. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa työn vaiheet etenevät lomittain ja vaikuttavat toisiinsa. (Kangasniemi ym. 2013: 294.)

Tässä opinnäytetyössä tutkimuskysymykset ohjasivat aineiston valintaa ja haetun tiedon käsittelyä ja jäsentämistä teoriaosuuteen. Työn edetessä tutkimuskysymyksiä on muokattu siten että ne kuvaavat mahdollisimman täsmällisesti työn luonnetta. Tutkimuskysymyksiä on pyritty rajaamaan niin, että niihin on mahdollista vastata tarkasti ja syvällisesti. Aineiston valinta tehtiin järjestelmällisinä tietokantahakuina ja täydentävinä manuaalisina hakuina, jotka on raportoitu ja joiden yhteydessä on käytetty sisäänotto- ja poissulkukriteereitä. Tätä voidaan Kangasniemi ym. mukaan pitää eksplisiittisenä aineistonvalintatapana (Kangasniemi ym. 2013: 295). Käydessämme läpi aineistoa, kirjallisuutta ja tietokantahakujen osumia, pohdimme, vastasivatko ne tiedontarpeeseen. Näin pystyimme vastaamaan asettamiimme tutkimuskysymyksiin.

Kuvailun rakentaminen on tehty jäsentämällä ja yhdistämällä haettua tietoa teemoittain teoriaosuuteen. Aineiston analyysi on tehty yhdistämällä merkityksellisiä seikkoja kokonaisuuksiksi, esittämällä tulokset haettuihin kysymyksiin ja tekemällä niistä johtopäätökset sekä arvioimalla tuloksia kriittisesti. Tulosten tarkastelu on tehty keskeisten tulosten kokoamisella, johtopäätösten tekemisellä, sisällöllisellä pohdinnalla ja luotettavuuskysymysten arvioinnilla.

5.2 Lähtötilanteen kartoitus

Kartoitimme opinnäytetyön lähtötilannetta suorittamalla hakuja Theseus-julkaisukannassa. Haimme EKG:n tulkintaa ja elektrolyyttihäiriöitä käsitteleviä AMK-opinnäytetöitä. Elektrolyyttihäiriöiden hoitoa ja EKG:n tulkintaa käsitteleviä opinnäytetöitä on julkaistu aiemmin, mutta näissä töissä ei kuitenkaan käsitellä tarkemmin tai pääosassa tämän opinnäytetyön aihealuetta, eli sitä, miten elektrolyyttihäiriöt tunnistetaan EKG:sta.

Perehdyimme Metropolia ammattikorkeakoulun sote-alan taitopajoihin sekä verkkoalustan itseopiskelumateriaaleihin, ja tarkastelimme, löytyykö niistä erillistä opastusta elektrolyyttitasapainohäiriöiden tunnistukseen liittyen. Elektrolyyttihäiriöistä tai niiden tunnistamisesta EKG:n avulla ei ollut taitopajoissa tai verkkoalustalla itseopiskelumateriaalia tai oppaita käytettävissä. Metropolia ammattikorkeakoulun ensihoidon lehtorin kanssa käymämme keskustelun perusteella ilmeni tarpeelliseksi luoda opas elektrolyyttihäiriöiden tunnistamiseen EKG:n avulla.

5.3 Toiminnan etenemisen ja työskentelyn kuvaus

Opinnäytetyön kokonaisuus jakautuu kolmeen opintojaksoon ja vaiheeseen: opinnäytetyön suunnitteluun, toteutukseen, sekä opinnäytetyön raportointi- ja hyödyntämisyksikköön, joka sisältää myös opinnäytetyön tekemiseen liittyvän kypsyysnäytteen. Opintojaksot jakoutuivat vuoden 2023 kevät- ja syyslukukausille; opinnäytetyön suunnitteluvaihe sijoittui kevätlukukaudelle, jonka jälkeen työ virallisesti jatkui toteutus- ja suunnitteluvaiheilla syyslukukauden puolella.

Opinnäytetyön suunnitteluvaiheessa varmistimme työn aiheen ohjaajamme ja oppilaitoksemme kanssa, ja laadimme tutkimussuunnitelman, joka on toiminut opinnäytetyöprosessia ohjaavana perustana. Määrittelimme myös suunnitteluvaiheessa työtämme varten aiheelliset tutkimuskysymykset, joihin opinnäytetyön oli tarkoitus tuoda vastauksia. Suunnitteluvaihe sisälsi seminaarilaisuuden, jossa esittelimme opinnäytetyömme aiheen ja suunnitelman ohjaajalle ja muille opinnäytetyötoteutukselle osallistuneille ryhmille. Hyödynsimme seminaarista saatua palautetta opinnäytetyön johdannon, tutkimuskysymysten muodon ja työn suunnan ja laajuuden suhteen. Laadimme myös yksityiskohtaisen tiedonhaku-suunnitelman, jonka toteutimme opinnäytetyön myöhemmässä vaiheessa.

Toteutusvaiheessa suoritimme tiedonhakuprosessin loppuun, ja rakensimme sen avulla kirjallisen tietoperustan opinnäytetyön lopullista tuotosta varten sekä aloitimme varsinaisen oppaan alustavien versioiden luomisen. Laadimme ja allekirjoitimme myös tässä vaiheessa opinnäytetyön sopimuksen työn tilaajan, Metropolia ammattikorkeakoulun kanssa.

Opinnäytetyö saatettiin päätökseen raportointivaiheen opintojakson aikana. Tämä työvaihe sisälsi opinnäytetyön teoriaosuuksien hiomista, tulosten kokoamisen ja johtopäätösten tekemisen sekä opinnäytetyön tuotoksen palautteen keruuta vertaisryhmästä ja aiheasiantuntijoilta ja lopullisen version luomisen. Laadimme myös suomen- ja englanninkieliset tiivistelmät työhön, sekä käsitelimme työn kokonaisuutta ja prosessia pohdintaosiossa. Raportointivaiheeseen kuului jälleen seminaari, jossa esittelimme tuloksemme ohjaajalle ja vertaisryhmille. Töiden opponointi oli osa seminaaria, ja hyödynsimme vielä seminaarin yhteydessä saamaamme palautetta ennen opinnäytetyön lopullista palauttamista.

Itseopiskelumateriaalin tuottamisessa opiskelijoiden käyttöön osana opinnäytetyötä olennaista oli pohtia ja määrittää minkälaisesta materiaalista olisi eniten hyötyä opiskelijoille. Suunnitteluvaiheessa päätimme tehdä oppaan, joka on sekä helppolukuinen että helposti saatavilla oleva. Toteutusvaiheessa hahmottelimme erilaisia malleja, kokoja ja tyyppejä, ja laadimme PDF-muotoisen oppaan, johon sisällytimme opinnäytetyön teoriaosuuden keskeisimmän tiedon elektrolyyttitasapainohäiriöistä ja niiden tunnistamisesta EKG:n avulla.

Ensihoidon ja akuuttihoitotyön lehtoreita hyödynnettiin sisällön asiantuntijoina oppaan teossa. Lehtoreilta saadun rakentavan palautteen perusteella teimme muutoksia ja lisäyksiä oppaaseen. Lisäsimme oppaan etusivulle alkusanat, jotka toimivat johdantona aiheeseen ja selventämään oppaan käsittelemää aihetta. Yhdenmukaistimme käytettyjä määreitä koskien kuvissa esitettyjä elektrolyyttipitoisuuksia. Lisäksi saadun palautteen perusteella lisäsimme potilasesimerkin oppaan loppuun havainnollistamaan elektrolyyttihäiriön tunnistamista EKG:lla. Muita palautteen perusteella tehtyjä muutoksia olivat esimerkkilääkkeiden esittäminen erillisenä informaatiolaatikkona hyperkalemiaosiossa, hyperkalemian korostaminen merkittävänä sekä vaarallisena elektrolyyttihäiriönä ja EKG-muutoksien esittäminen progressiivisina elektrolyyttihäiriöiden pahentuessa.

Palautteen saamisen jälkeen uudistettua opasta esiteltiin opiskelijoille ja siitä pyydettiin kirjallista palautetta. Tämä tehtiin lähettämällä ryhmäviesti ensihoidon

opiskelijaryhmälle, jossa pyydettiin antamaan palautetta oppaasta anonyymisti. Viestissä oli linkki oppaaseen ja Google Forms -alustalla laadittuun kyselylomakkeeseen. Lomakkeella selvitettiin opiskelijoiden mielipiteitä oppaan ulkoasun selkeydestä ja luettavuudesta, oppaan tietojen tarpeellisuudesta, oppaan herättämästä mielenkiinnosta sekä oppaan esittämän potilasesimerkin toimivuudesta. Lisäksi vastaajia pyydettiin antamaan vapaata palautetta sekä kehitysehdotuksia.

5.4 Kohderyhmä

Kohderymänä opinnäytetyön osana laaditulle oppaalle ovat Metropolia ammattikorkeakoulun keski- ja loppuvaiheen ensihoidon ja sairaanhoidon tutkinto-ohjelmien opiskelijat. Keskivaiheen opiskelijat ovat suorittamassa tai suorittaneet muun muassa sisätautien, perustason ensihoidon ja päivystyshoitotyön kurssit, joiden pohjalta opiskelijoilla on hallussa perusteet sekä EKG:n tulkinnasta että elektrolyyttitasapainohäiriöiden hoidosta. Loppuvaiheen opiskelijat ovat suorittamassa tai suorittaneet muun muassa hoitotason ensihoidon, akuutin tai sisätautien syventävät opinnot, ja joiden pohjalta opiskelijoiden edellytetään osaavan syvällisemmin aihealue. Opas voi toimia lisäopiskelu- tai kertausmateriaalina klinisen hoitotyön harjoittelujaksoilla tai perus- ja hoitotason ensihoitoharjoitteluissa. (Metropolia.)

5.5 Tiedonhaku

5.5.1 Tiedonhakuprosessi

Aloitimme tiedonhakuprosessin selvittämällä tarkoituksenmukaiset tietokannat. Käytettäviksi tietokannoiksi valitsimme kansainvälisiä hoito- ja lääketieteen julkaisuja sisältävät CINAHL:in ja PubMed:in, laajoja tieteenaloja sisältävän ProQuest:in sekä ERIC:in, joka keskittyy koulutuksen ja kasvatuksen alaan. Seuraavaksi selvitimme soveltuvat hakusanat tekemällä koehakuja elektrolyyttitasapainohäiriöiden ja EKG:n asiasanoilla sekä yhdessä että erikseen. Myös spesifeistä elektrolyyttihäiriöistä tehtiin koehaut hakusanoilla hypokalemia, hyperkalemia, hypocalcemia, hypercalcemia, hypomagnesemia ja hypermagnesemia. Lisäksi teimme itseopiskelumateriaalien ominaisuuksista koehakuja. Haut suoritettiin englannin kielellä.

Valitsimme hakusanoiksi Cinahl, PubMed ja ProQuest-tietokannoissa "electrolyte imbalanc*" AND ekg OR ecg OR electrocardiogram. Rajauksena haussa oli hakusanojen sisältyminen asiasanoihin, otsikkoon tai tiivistelmään, ja tietokannan mahdollistaessa vain vertaisarvioidut julkaisut sisällyttäen. ERIC-tietokannassa

käytimme hakusanaa “self learning material” OR “self-instructional material”. Rajauksena toimi vain vertaisarvioitujen julkaisujen sisältyminen hakutuloksiin. Tiedonhakua kuvaava taulukko on opinnäytetyön liitteessä 1.

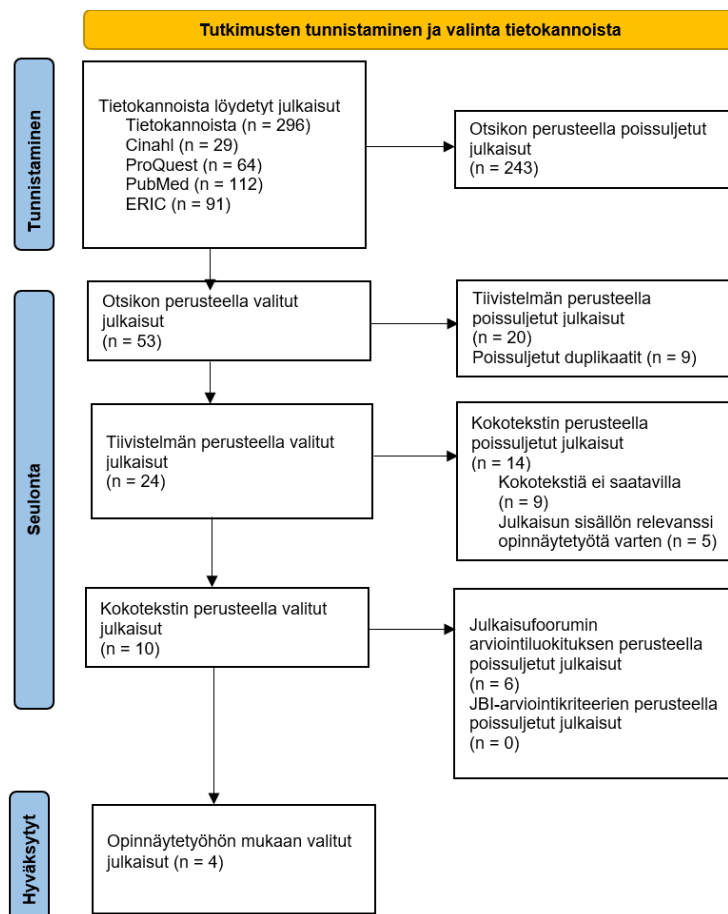
Systemaattisen tiedonhaun lisäksi suoritimme manuaalisia tiedonhakuja. Suorittamiimme manuaalisia hakuja olivat Duodecim Terveysportti –palvelussa suoritettavat haut yksittäisten elektrolyyttitasapainohäiriöiden hakutermeillä: Hyperkalemia, hyperkalsemia, hypermagnesemia, hypernatremia, hypokalemia, hypokalsemia, hypomagnesemia ja hyponatremia. Lisäksi käytimme Terveysportin hakufunktiota määritellessämme opinnäytetyön keskeisiä termejä: EKG, elektrolyytti ja elektrolyyttihäiriö. Käytimme Finna-tietokantaa alan oppikirjojen hakemiseen käyttämällä hakutermejä elektrolyyttitasapaino, ekg ja itseopiskelumateriaali. Kartoitimme opinnäytetyön aiheympäristöä ja mahdollisuuksia suorittamalla hakuja Arene ry:n Theseus-AMK-opinnäytetyötietokannassa termeillä EKG ja elektrolyyttihäiriö.

5.5.2 Tutkimusten valinta

Tutkimuksia valittiin mukaan hakutuloksista porrastetusti niiden otsikoiden, tiivistelmien ja kokotekstien perusteella. Otsikon perusteella mukaanottokriteerinä toimi tutkimuksen nimen liittyminen opinnäytetyön käsittelemiin aiheisiin. Tiivistelmän ja kokotekstin osalta mukaanottokriteerinä toimi tutkimuksen nimenomainen keskittyminen käsiteltyihin aiheisiin, elektrolyyttitasapainohäiriöihin ja niiden tulkintaan EKG:ssa tai laadukkaaseen itseopiskelumateriaaliin. Mikäli tutkimuksen kokotekstiä ei ollut saatavilla, se rajautui pois kokotekstin arviointivaiheessa. Edelleen kokotekstin perusteella mukaan otettavat tutkimukset rajattiin tutkimuksen julkaisun sisällymisellä Julkaisuforumin (Jufo) tasoluokkiin 1, 2 tai 3. Jufo-luokituksen jälkeen mukaan otettavat tutkimukset tarkistettiin käyttämällä Joanna Briggs instituutin (JBI) kriittisen arvioinnin tarkistuslistaa. Tiedonhakuprosessi on havainnollistettu kuvassa 7 ja valitut tutkimukset opinnäytetyön liitteessä 2.

Taulukko 2. Julkaisujen valintakriteerit tiedonhakuprosessissa

Valintakriteerit	
Sisäänottokriteerit	Vertaisarvioitu tutkimus. Relevanssi eli aiheena elektrolyyttitasapainohäiriöt ja niiden tunnistaminen EKG:ssa tai laadukas itseopiskelumateriaali. Kokotekstin saatavuus. Jufo-luokitus 1, 2 tai 3. JBI-kriittisen arvioinnin hyväksyntä.
Poissulkukriteerit	Ei Jufo-luokitusta tai luokka 0. JBI-kriittisen arvioinnin hylkäys. Ei englannin- tai suomenkielinen julkaisu.



Kuva 7. Tiedonhakuja kuvaava PRISMA flow-diagrammi (Muotoiltu Page ym. 2021 mukaan).

5.5.3 Laadunarviointi

Molemmat opinnäytetyön kirjoittajista kävivät läpi aineiston tietokantahaun ja hakutulosten valinnan itsenäisesti, ja päätyivät kumpikin kymmeneen osittain erilliseen

julkaisuun. Molemmat tekivät tietokantahaun jälkeen julkaisujen laadunarvioinnin Tieteellisten seurain valtuuskunnan ylläpitämän Julkaisufoorumin arviointitasoluokkien perusteella. Laadunarvioinnissa jätettiin hakutuloksista pois julkaisut, joita ei löytynyt Jufo-tietokannasta, tai jotka kuuluivat Julkaisufoorumin tasoluokkaan 0. JBI:n kriittistä arvioinnin tarkistusta tehdessä käytössä olivat kohorttitutkimus- ja tapauselostuslistat. Tarkistuksen tekivät molemmat opinnäytetyön tekijät itsenäisesti, ja kaikki tähän vaiheeseen päässeet tutkimukset olivat kokonaisarvioinniltaan hyväksytyjä. Laadunarvioinnin jälkeen kirjoittajille jäi hakutuloksista neljä ja kaksi julkaisua, joista kaksi oli yksimielisesti valittuja, ja kaksi jäänyt toisen kirjoittajan hakutulosten valinnassa pois. Tulosten vertailussa päädyttiin siihen, että kaikki neljä julkaisua olivat kelvollisia lähteitä opinnäytetyön sisällön kannalta. Tiedonhaun aikana kirjoittajat dokumentoivat suorittamansa haut erilliseen päiväkirjaan.

6 Opinnäytetyön tulokset, tuotos ja johtopäätökset

6.1 Miten eri elektrolyyttitasapainohäiriöt vaikuttavat sydämen sähköiseen toimintaan?

Elektrolyyteillä on merkittävä vaikutus solujen ja solukalvojen sähköiseen toimintaan. Lihis- ja hermosolujen normaali toiminta perustuu elektrolyyttien luomiin jännitemuutoksiin, jotka saavat aikaan lihasten supistumisen ja hermojen tiedonvälityksen. Sydänlihaksen sähköinen toiminta on riippuvaista natriumin ja kaliumin oikeasta tasapainosta, joka mahdollistaa sydänsolujen supistumiseen tarvittavan aktiopotentiaalin luomisen. (Nienstedt ym. 2014: 68.)

Häiriöt kaliumtasapainossa aiheuttavat hyvin herkästi muutoksia aktiopotentiaaliin. Hyperkalemia pienentää solukalvon lepojännitettä johtaen aktiopotentiaalin kasvunopeuden sekä sen amplitudin pienentymiseen. Hypokalemia vastaavasti lisää lepojännitettä solukalvolla, joka johtaa aktiopotentiaalin kasvunopeuden ja amplitudin kasvuun. (Hedman 2002: 499–500.)

Kalsiumtasapainohäiriöt vaikuttavat erityisesti aktiopotentiaalin tasannevaiheeseen. Hyperkalsemia lyhentää tasannevaihetta, jonka myötä myös refraktaalivaiheen kesto pienenee. Hypokalsemia pidentää aktiopotentiaalin tasannevaihetta ja kasvattaa aktiopotentiaalin nousunopeutta sekä herätteen johtumisnopeutta. (Hedman 2002: 499, 508.)

Myös magnesiumtasapainohäiriöillä on vaikutus sydämen sähköiseen toimintaan. Hypermagnesemia yhdessä hypokalemian kanssa hidastaa johtumista sydämen eteis-kammiosolmukkeessa ja kammioissa aktiopotentiaalin kasvunopeuden hidastumisen seurauksena (Nieminen & Hedman 2019c). Hypomagnesemia pidentää repolarisaatiovaihetta ja madaltaa aktiopotentiaalin kynnystasoa (Sagger ym. 2017).

6.2 Miten eri elektrolyyttitasapainohäiriöiden vaikutukset ilmenevät EKG:ssa?

Elektrolyyttitasapainohäiriöt aiheuttavat sydämen sähköisessä toiminnassa muutoksia, jotka ovat havaittavissa EKG:ssa. Elektrolyyttitasapainohäiriöt aiheuttavat muutoksia depolarisaatioon ja repolarisaatioon, sekä aktiopotentiaalin syntymiseen ja johtumiseen. (Nieminen & Hedman 2019a.)

Hyperkalemia ilmenee EKG:ssa P-aallon pidentymisenä ja madaltumisena sekä PQ-ajan pidentymisenä. QRS-kompleksin kesto pidentyy aktiopotentiaalin välittymisen hidastumisen seurauksena ja R-aalto madaltuu sekä S-aalto syvenee. QT- aika lyhenee ja T-aalto korostuu aktiopotentiaalin pienenemisnopeuden kiihtymisen seurauksena. (Hedman 2002: 499–501.) Hypokalemia ilmenee EKG:ssa sekä P-aallon että QRS-kompleksin amplitudin ja keston kasvuna. T-aalto madaltuu tai inversoituu ja ST-segmentti laskee. Lisäksi U-aalto korostuu. (Hedman 2002: 504–505.)

Kalsiumtasapainon häiriöt vaikuttavat aktiopotentiaalin kasvunopeuteen ja sen tasannevaiheen pituuteen, joka ilmenee EKG:ssa QRS-kompleksin leveydessä ja QT-ajan pituudessa. Hyperkalsemia leventää QRS-kompleksia ja lyhentää sekä QT-aikaa että ST-segmenttiä. Hypokalsemia vastaavasti kaventaa QRS-kompleksia ja pidentää sekä QT-aikaa että ST-segmenttiä. (Hedman 2002: 499, 508; Nieminen & Hedman 2019b.)

Hypermagnesemia ilmenee EKG:ssa yhdessä hypokalemian kanssa pidentämällä PQ-aikaa ja QRS-kompleksin kestoja johtumisen hidastumisen seurauksena (Nieminen & Hedman 2019c). Hypomagnesemia ilmenee leventyneinä P-aaltoina, pidentyneenä QT-aikana ja T-aaltojen huipun ja lopun pidentyneenä välinä (Yang ym. 2020).

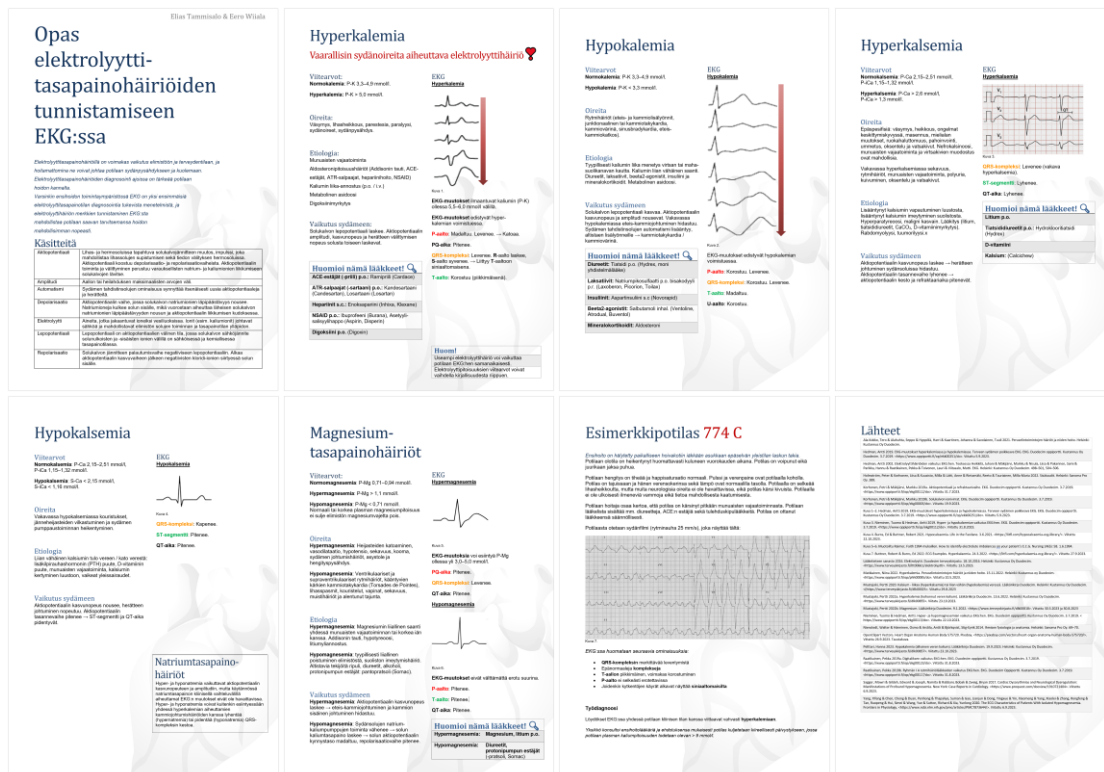
6.3 Mitä ominaisuuksia laadukas itseopiskelumateriaali käsittää?

Itseopiskelumateriaalin laadukkuus rakentuu moninaisten tekijöiden yhteisvaikutukseen. Laadukas itseopiskelumateriaali voi tukea yhteisöllisyyttä,

oppimistaitoja ja niiden kehittämistä, pyrkii aktivoimaan opiskelijaa ja tarjoamaan autenttisia ja haasteellisia oppimistehtäviä. Materiaalin kuuluu olla hyödynnettävissä erilaisilla alustoilla sekä opetus- tai oppimistilanteissa, ilman erityisiä esijärjestelyjä tai vaatimuksia. Opiskelumateriaalin käyttötarkoituksen on huomioitava käyttäjän tiedollinen lähtötaso, ja pyrittävä kiinnittämään ja säilyttämään opiskelijan huomio. Materiaalin sisällön on oltava visuaalisesti selkeäkäyttöinen. (E-oppimateriaalin laatuksiteerit; Kortelainen 2016: 39–40; Löffström ym. 2010: 51)

6.4 Opas elektrolyyttitasapainohäiriöiden tunnistamiseen EKG:ssa

Opinnäytetyön tuotos on PDF-muotoinen opas, joka julkaistaan erikseen Metropolia ammattikorkeakoulun Moodle-verkkoalustalla. Opas esittää tiivistetyssä muodossa tärkeimpien elektrolyyttihäiriöiden vaikutukset sydämen toimintaan ja niiden ilmenemiseen sydänekäyrällä EKG-laitteessa. Oppaan tavoitteena on auttaa tunnistamaan elektrolyyttihäiriöitä. Työdiagnoosin muodostamisessa tulee ottaa huomioon potilaan kliininen tila EKG:n lisäksi, joten opas sisältää eri elektrolyyttihäiriöiden yhteydessä esiintyviä oireita sekä häiriöiden etiologiaa.



Kuva 8. Havainnekuva oppaasta.

Opas on mahdollisimman ytimekäs ja siihen sisältyy vain keskeisimpiä tietoja. Kuvia hyödynnetään teorian havainnollistamisessa. Elektrolyyttihäiriöiden ilmeneminen sydänkäyrässä esitetään progressiivisesti häiriöiden pahentuessa niiden häiriöiden osalta, joihin tämä soveltuu. Oppaaseen sisältyy käsitelista, joka selittää käyttäjälle mahdollisesti vieraita käsitteitä, kuten lepo- ja aktiopotentiaalin sekä depolarisaation. Oppaan lopussa on potilasesimerkki, jonka tarkoituksena on auttaa havainnollistamaan käytännön tasolla tilannetta, jossa potilaalla esiintyy elektrolyyttitasapainohäiriö.

6.5 Johtopäätökset

Elektrolyyttitasapainon häiriötilat voivat korjaamattomina johtaa vakaviin terveydellisiin haittoihin ja kuolemaan, ja näin ollen elektrolyyttihäiriöiden aikainen tunnistaminen on tärkeää. Elektrolyyttihäiriöt vaikuttavat sydänsolujen sähköiseen ja kemialliseen toimintaan ja tasapainoon, mistä johtuen häiriöiden vaikutukset voivat olla havaittavissa EKG:n avulla. Kaliumtasapainohäiriöt aiheuttavat selkeimmin havaittavia muutoksia EKG:ssa, ja kalsiumtasapainohäiriöiden aiheuttamat muutokset ovat myös selkeästi havaittavia. Magnesiumtasapainon häiriöt eivät ole aina yksiselitteisiä, ja niiden tunnistaminen EKG:n avulla voi olla hankalaa. Koska elektrolyyttitasapainohäiriöiden vaikutuksia voidaan havaita EKG:ssa, on tärkeää, että ensihoito osaa tunnistaa vaikutukset ja pystyy hyödyntämään EKG:ta potilaskontaktissa työdiagnoosin tukena ja siihen päätyemisessä.

Jotta hoitotyön ammattilaiset osaavat hyödyntää EKG:ta elektrolyyttihäiriöiden tunnistamisessa, on tärkeää tukea hoitotyön opiskelijoiden oppimista asian suhteen. Valmiin opiskelumateriaalin saatavilla olo tukee opiskelijan oppimista ja näin ollen valmiuksia työelämään siirtyessä. Tämän takia on tärkeää, että opinnäytetyössä luotu opas huomioi oppimista tukevat elementit sekä sisällössään että ulkoasussaan, saavutettavuudessaan ja käytettävyyismahdollisuuksissaan.

7 Pohdinta

7.1 Työn ja tulosten tarkastelu

Opinnäytetyö prosessina jakaantui kolmeen päävaiheeseen: suunnitteluun, toteutukseen ja raportointiin. Tämä vaiheistus toimi mielestämme hyvin opinnäytetyön teossa. Työn suunnitteluvaiheessa asetimme tutkimuskysymykset ja suunnittelimme tiedonhaun näihin kysymyksiin vastaamiseksi. Tämä loi selkeän rakenteen työlle ja tuki

toteutusvaihetta. Tiedonhaun aikana aihealue selkeytyi lähtötilannetta tarkemmaksi, minkä myötä kehitimme ja rajasimme tutkimuskysymysten muotoa prosessin aikana. Toteutusvaiheessa kirjoitimme teoriaosuuden ja laadimme oppaan siihen perustuen. Raportointivaiheessa pohdimme omaa työtämme, saimme opinnäytetyön seminaarissa palautetta työstä ja keräsimme palautetta oppaan asettelusta ja sisällöstä asiantuntijoilta sekä muilta opiskelijoilta.

Teoriapohjan kirjoittaminen edellytti järjestelmällistä tiedonhakuja ja alan kirjallisuuteen perehtymistä. Ensihoidon opiskelijoina koemme tämän prosessin syventäneen omaa tiedollista osaamistamme sekä elektrolyyttitasapainohäiriöiden että EKG:n tulkinnan osalta. Nämä ovat osaamisalueita, joista on merkittävää hyötyä jatkossa työelämässä akuutin hoitotyön alueella. Järjestelmällinen tiedonhaku kerrytti taitoa analyttiseen tiedon käsittelyyn ja jäsentelyyn. Oppaan laatiminen ja perehtyminen laadukkaan itseopiskelumateriaalin vaatimukseen toimi hyvänä oppimiskokemuksena digitaalisten materiaalien tuottamisessa.

Työn tarkoituksena oli luoda opinnäytetyön teoreettinen perusta kirjallisuuskatsauksen menetelmillä ja luoda tämän perusteella opas itseopiskelumateriaaliksi. Mielestämme valmis työ vastaa tarkoitustaan, koska teoriaosuus antaa tarpeeksi kattavan ja yksityiskohtaisen kuvan aiheesta, elektrolyyttitasapainohäiriöiden tunnistamisesta EKG:n avulla, ja opiskelijoilta saadun palautteen perusteella opas on soveltuva itseopiskelumateriaaliksi.

Vaikka mielestämme opinnäytetyössä muodostettu teoriapohja käsittelee yksityiskohtaisesti elektrolyyttitasapainon vaikutuksia sydämen sähköiseen toimintaan ja edelleen tämän ilmenemistä EKG:ssa, ei kerätty tieto aina yhdenmukaisella tarkkuudella tuo ilmi syy-seuraussuhdetta toiminnan muutosten ja EKG:n elementtien muutosten välillä.

Opinnäytetyössä on huomioitu useiden elektrolyyttitasapainohäiriöiden yhteisvaikutusten ilmenemismuotoja EKG:ssa, mutta aihetta ei käsitellä yksityiskohtaisella tasolla tai monipuolisista näkökulmista, ja aihe jää pinnalliseksi osaksi työn teoriapohjaa. Näitä yhteisvaikutusten aiheuttamia muutoksia ei myöskään käsitellä opinnäytetyössä luodussa oppaassa.

Saimme vastatuksi esittämiimme tutkimuskysymyksiin järjestelmällisen sekä manuaalisen tiedon keräämisen myötä. Tutkimuskysymyksistä kaksi ensimmäistä olivat mielestämme selkeitä ja konkreettisia, ja niihin saadut vastaukset ovat loogisia ja

yksiselitteisiä. Aiheesta löytyi runsaasti ajantasaista alan kirjallisuutta sekä vertaisarvioitua tutkimustietoa, jota pääsimme hyödyntämään. Toisaalta tietopohjaa rakentaessamme ilmeni myös, että hypomagnesemian eristetysti aiheuttamista EKG-muutoksista saatavilla oleva tutkimustieto on vähäistä. Tästä aiheesta suoritettussa tutkimuksessa on voitu todeta selkeitä EKG-muutoksia, mutta muutokset olivat mittakaavaltaan suhteellisen pieniä, ja voivat olla varsinaisen potilaskontaktin yhteydessä hankalia todeta. Kolmas tutkimuskysymys, joka käsitteli laadukkaan itseopiskelumateriaalin ominaisuuksia, oli luonteeltaan subjektiivisempi. Jälkikäteen arvioituna tutkimuskysymys oli myös mahdollisesti liian lavea, ja tarkemmin rajattuna se olisi voinut olla konkreettisempi. Saimme kuitenkin vastatuksi tutkimuskysymykseen tarkkuudella, joka palveli oppaan laatimista teoriapohjaan nojaten.

Osana opinnäytetyön tuottamisprosessia kuuluu työn saavutettavuuden varmistaminen. Saavutettavuus pyrittiin huomioimaan laatimalla työssä käytetyille kuville alt-tekstiselitteet. Tämä tehtiin sekä itse opinnäytetyössä että opinnäytetyön tuotoksessa käytettyjen kuvien kohdalla.

Työ on ensisijaisesti suunniteltu käytettäväksi opiskelun tukena, mutta sitä on mahdollista soveltaa myös ammatillisessa toiminnassa. Päivystyksessä ja ambulansseissa työskentelevien sairaanhoitajien ja ensihoitajien ammattiosaaminen edellyttää tietoa ja taitoa elektrolyyttitasapainohäiriöiden tunnistamiseen sydänkäyrää tarkastelemalla. Tämän työn osana laadittua opasta voi käyttää kertaavana opiskelumateriaalina tai muistilistan tavoin työympäristössä.

7.2 Oppaan tarkastelu

Opetushallituksen julkaisun (E-oppimateriaalin laatukriteerit) mukaan yksi pedagogisesti laadukkaan opiskelumateriaalin piirteistä ovat sen yhteisöllisyyttä tai yhteistyötä tukevat ominaisuudet. Lopullista opinnäytetyön tuotosta ei voida varsinaisesti pitää yhteisöllisyyttä tai yhteistyötä tukevana, mutta tämä ei myöskään ollut työn keskeisenä tavoitteena.

Opiskelumateriaalin voi jakaa syvällistä ja pinnallista oppimista tukeviksi (Jaakkola 2012: 86). Tuottamaamme opasta voi luonnehtia enemmän pinnalliseksi, kuin syvälliseksi opiskelumateriaaliksi. Toisaalta oppaan sisältö ja sähköisen toiminnan lähtökohtien käsittely voi innostaa lukijaa syventymään aiheeseen. Päätimme tietoisesti rajata opinnäytetyömme skaalaa luomalla yksinkertaisen tuotoksen, jota olisi kuitenkin mahdollista hyödyntää mahdollisimman monipuolisissa yhteyksissä. Pyrimme opasta

suunnitellessamme luomaan tuotoksen, joka olisi joustavasti hyödynnettävissä erilaisissa käyttöyhteyksissä, esimerkiksi osana opintojakson teoriapohjaa tai muistilistana simulaatiotilanteissa. Oppaan ytimekäs ulkoasu tukee sen käyttämistä nopeana referenssinä tai tietopohjan ylläpidossa työelämässä.

Oppimateriaalia luodessa on huomioitava tavoiteltava oppimisen syvyys. Opinnäytetyön tuotosta laatiessamme koimme haasteena vastakkaisiin suuntiin taivuttavat päämäärät; tavoitteemme oli välttää pelkästään pinnalliseen oppimiseen kannustavan oppaan luomista, mutta toisaalta luoda mahdollisimman ytimekäs ja selkolukuinen tuotos. Päädyimme lopulta kompromissiin, jossa syvällisen oppimisen tukemiseksi sekä pinnallisen oppimisen välttämiseksi pyrimme määrittämään ja sisällyttämään oppaaseen fysiologisia ja kemiallisia taustatekijöitä elektrolyyttihäiriöiden aiheuttamien EKG-muutosten takana.

Materiaalin käyttäjän huomion on todettu säilyvän pidempään elementeissä, jotka haastavat katselijan ennakko-oletuksia (Saari 2019). Opinnäytetyön tuotoksen kohderyhmä on keski- ja loppuvaiheen ensi- tai sairaanhoidon opiskelijat, joiden edeltävään osaamiseen kuuluu EKG- ja monitorinäköymän tulkitseminen erityisesti iskeemisiin muutoksiin tai rytmihäiriöihin liittyen. Elektrolyyttihäiriöiden aiheuttamat EKG-muutokset voivat tulla kohderyhmäläiselle vieraana asiana, jolloin muutoksia esittävien kuvien käytön tarkoituksena on paitsi auttaa havainnollistamaan muutoksia oppaan lukijalle, myös auttaa kiinnittämään lukijan huomiota ja herättämään kiinnostusta aiheeseen. Koska opas on tarkoitettu jo EKG:n tulkintaa osaaville opiskelijoille, tuotokseen ei ole sisällytetty normaalia EKG:ta tai sen osien ominaisuuksien kuvaamista. Tämän takia opas ei välttämättä sovellu varhaisemman vaiheen opiskelijoille, jotka vasta aloittavat EKG:n tulkinnan opettelemista.

Oppaassa päätettiin tuoda esille tieteellisessä tutkimuksessa todettujen yksinomaan hypomagnesemian yhteydessä esiintyviä EKG-muutoksia. On kuitenkin huomioitava, että tutkimustuloksissa EKG:n elementtien mittakaavallisten muutosten koko eroaa suhteellisen vähäisesti viitteellisesti normaalin sydänsähkökäyrän elementeistä, ja yksilöllinen vaihtelu huomioiden oppaassa mainittujen EKG-muutosten havaitseminen potilaskontaktissa voi olla huomattavan hankalaa.

Oppaan testaaminen jäi mielestämme suhteellisen suppeaksi. Olisimme voineet tehdä oppaasta useampia versioita ja pyytää opiskelijoita vertailemaan niitä keskenään. Lisäksi palautetta olisi voinut kerätä laajemmalta joukolta, esimerkiksi kyselylomakkeen lähettämällä kaikille ensihoidon opiskelijoille. Opiskelijapalautteen perusteella oppaan

ulkoasu on selkeä ja luotettava, opiskelijat pitävät oppaan tarjoamaa tietoa tarpeellisena ja potilasesimerkki toimii hyvänä havainnollistamiskeinona.

Opas voi edelleen esittäytyä epäjohdonmukaisena lukijalle liittyen sen esittämiin hypokalsemian viitearvoihin. Kalsiumpitoisuuden viitearvot esitetään seerumin, eikä plasman pitoisuuksina, toisin kuin muiden elektrolyyttihäiriöiden kohdalla esitetyissä viitearvoissa. Seerumin ja plasman viitearvojen ero on hyvin pieni tässä yhteydessä, mutta oppaan käyttäjälle tämä kuitenkin saattaa aiheuttaa hämmennystä. Emme löytäneet luotettavista lähteistä plasman kalsiumpitoisuuden viitearvoa hypokalsemiassa.

Opinnäytetyön lopullinen tuotos, opas elektrolyyttihäiriöiden tunnistamiseen EKG:ssa, on tarkoitus julkaista Moodle-verkkoalustalla, jonne Metropolia ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveysalan opiskelijoilla on pääsy. Valmiin oppimateriaalin saatavilla oleminen tarjoaa opiskelijoille yhdenvertaiset mahdollisuudet oppia.

Aiemmin saavutettuja tutkimustuloksia huomioiden olemme pyrkineet luomaan tuotoksen, jonka muotoilu tukisi oppaan hyödyntämistä ja selkeälukuisuutta paitsi digitaalisessa muodossa, myös tulostettuna materiaalina. Tämä saavutettiin muun muassa siten, että huomioimme oppaan kirjaisinkoon A4-kokoluokituksen paperille tulostettuna. Lisäksi pyrimme valitsemaan oppaassa käytetyt värit ja niiden kontrastin siten, että tuotos ei olisi vaikeaselkoinen niin väri- kuin mustavalkomuodossa.

7.3 Kehittämisehdotukset

Pohdimme jatkokehitysehdotuksia tämän opinnäytetyön pohjalta. Tässä opinnäytetyössä teoriaperustan pohjalta on laadittu opas, mutta samaa tietoa käyttäen on myös mahdollista tehdä erilaisia opetusmateriaaleja. Opiskelijoille hyödyllisiä voisivat olla muun muassa erilaiset kysymyssarjat, jotka testaisivat asian osaamista. Oppaasta voi pienillä muutoksilla muokata myös taskukortin, jota voisi hyödyntää EKG:n tulkintatilanteissa.

Jatkotutkimusehdotuksena esitämme tutkimuksen tekemistä, jotta voidaan selvittää, tehdäänkö ensihoidon toimintaympäristössä elektrolyyttihäiriöistä työdiagnoseja EKG:ta hyödyntämällä, ja mikäli näin on, millainen vaikutus tällä on potilaiden hoitoon. Lisäksi pohdimme olisiko tarkoituksenmukaista tehdä opinnäytetyö jostain tietyistä yksittäisistä, tässä opinnäytetyössä käsitellyistä elektrolyyttihäiriöistä, laajemmin hoitotyön kannalta. Silloin olisi mahdollisuus paneutua tarkemmin kyseisen

elektrolyyttihäiriön vaikutuksiin elimistössä ja tarvittavaan hoitoon. Theseus-opinnäytetyökannasta ei löydy tällaisia yksittäisiin häiriöihin keskittyviä töitä.

7.4 Eettisyys ja luotettavuus

Tutkimuseettinen neuvottelukunta on opetus- ja kulttuuriministeriön asettama toimikunta, jonka tarkoituksena on edistää hyvien tieteellisten käytäntöjen toteutusta ja tutkimuseetiikan edistämistä Suomessa (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023a: 6). Metropolia ammattikorkeakoulu on sitoutunut noudattamaan neuvottelukunnan julkaisemia hyvän tieteellisen käytännön ohjeita, jotka näin ollen ohjaavat opinnäytetyöprosessia (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023b). Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (2023a: 8–9) mukaan hyvä tieteellinen käytäntö perustuu luotettavuuteen, rehellisyyteen, arvostukseen ja vastuunkantoon.

Hyvän tutkimuseetiikan noudattamiseen kuuluu lähdekriittisyys ja asianmukaisesti lähteisiin viittaaminen. Lähteet on tarkoitus merkitä oikein, eikä luoda tekstiä ilman lähdeviitteitä. Hyvään tieteelliseen käytäntöön kuuluu vilpin, mukaan lukien plagioinnin, välttäminen (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023a: 16). Lähdekriittisyydessä kuuluu huomioida, ovatko käytetyt tai harkitut lähteet tieteellisiä julkaisuja, ja ovatko ne ajan tasalla ja vertaisarvioituja julkaisuja. Korrektien lähteiden käytön lisäksi opinnäytetyön luotettavuuden kannalta on tärkeää kuvata tarkasti suoritettua tiedonhakuja, ja kuvailtu hakuprosessi ja sen tulokset on oltava replikoitavissa.

Tietoa hakiessamme kiinnitimme huomiota lähteiden luotettavuuteen. Kaikki tietokantahauista valitut tutkimukset on julkaistu vertaisarvioituissa tieteellisissä julkaisuissa. Lähteinä käytettäväksi valitut oppikirjat ovat olleet mahdollisimman ajantasaisia, ja ovat yleisesti käytössä alan koulutuksessa ammattikorkeakouluissa. Lähteitä valitsimme kriittisesti ajatellen niiden tarkoituksenmukaisuutta, soveltuvuutta ja luotettavuutta. Rajallisuutena voimme todeta olevan sen, että tietokantahakuja tehdessämme emme rajanneet hakutuloksia vuosilukujen perusteella. Tämän emme kuitenkaan usko laskevan opinnäytetyön luotettavuutta, koska valituksi tulleet tutkimukset ovat kaikki suhteellisen uusia. Tämä opinnäytetyö ei tuottanut uutta tietoa, vaan selvitti mitä aiheesta jo tiedetään kirjallisuuskatsauksen menetelmin, jonka jälkeen tieto jäseneltiin vastaamaan asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Tulokset vastaavat aiheesta jo tutkittua tietoa, minkä voidaan katsoa lisäävän työn validiteettia.

Opinnäytetyö on luotu Metropolia ammattikorkeakoulun kirjallisen työn pohjalle, ja opinnäytetyön prosessia on ohjannut Metropolian ohjeistuksen, aikataulujen ja

sääntöjen noudattaminen. Työ on kirjoitettu käyttäen luotettavia ja kriittisesti arvioituja tiedonlähteitä. Tiedonhaku on pyritty kuvaamaan tarkasti ja sen tulokset ovat toistettavissa. Tekstissä viitataan lähteisiin ja lähdemerkinnät tehtiin Metropolian kirjallisten ohjeiden mukaisesti. Tekstin alkuperäisyyden tarkastamisessa käytettiin Turnitin-plagioinnintunnistusohjelmaa.

Opinnäytetyön ja sen osana laaditun oppaan teon yhteydessä käytettyjen kuvien tekijänoikeudet on huomioitu varmistamalla niiden lisenssi- ja käyttöoikeudet. Kuvat ovat viitattuina sekä opinnäytetyössä että oppaassa, sekä merkittyinä lähdeluetteluihin.

Hyvään tieteelliseen käytäntöön kuuluu huolen pitäminen tutkimustyön edellyttämistä luvista (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023a: 13). Tässä opinnäyteprosessissa ei toimita ulkopuolisten yhteistyökumppaneiden kanssa, eikä tässä opinnäytetyössä myöskään käsitellä yksityisiä potilas- tai terveystietoja. Opinnäytetyö edellytti sopimuksen tekoa Metropolia ammattikorkeakoulun kanssa, joka toimi opinnäytetyön tilaajana.

Lähteet

Ala-Kokko, Tero & Alahuhta, Seppo & Hyppölä, Harri & Kaartinen, Johanna & Savolainen, Tuuli 2021. Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Bjälle, Jan G & Haug, Egil & Sand, Olav & Sjaastad, Oystein V & Toverud Kari C 1999: Ihminen: Fysiologia ja anatomia. Porvoo: WSOY.

Burns, Ed & Buttner, Robert 2021. Hypocalcaemia. Life in the Fastlane. 3.6.2021. <<https://litfl.com/hypocalcaemia-ecg-library/>>. Viitattu 22.10.2023.

Eerola, Hannaleena 2022. EKG (sydänfilmi). Duodecim terveyskirjasto. 3.2.2022. Kustannus Oy Duodecim. <<https://www.terveyskirjasto.fi/snk03210>>. Viitattu 10.5.2023.

E-oppimateriaalin laatukriteerit. Julkaisut. Opetushallitus. <<https://www.oph.fi/fi/julkaisut/e-oppimateriaalin-laatukriteerit>>. Viitattu 18.7.2023.

Hedman, Antti 2002. Elektrolyyttihäiriöiden vaikutus EKG:hen. Teoksessa Heikkilä, Juhani & Mäkijärvi, Markku & Nisula, Liisa & Pakarinen, Sami & Parikka, Hannu & Raatikainen, Pekka & Toivonen, Lauri & Viitasalo, Matti. EKG. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Hedman, Antti 2019. EKG-muutokset hyperkalemiassa ja hypokalemiassa. Terveen sydämen poikkeava EKG. EKG. Duodecim oppiportti. 3.7.2019. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 5.9.2023.

Holmström, Peter & Korhonen, Liisa & Kuusisto, Milla & Lätti, Anne & Rintamäki, Reeto & Tauriainen, Milla-Maria 2022. Sisätaudit. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Jaakkola, Tomi 2012. Esitä ilmiö usealla tavalla. Laatu e-oppimateriaaleihin. E-oppimateriaalit opetuksessa ja oppimisessa. Opetushallitus. Helsinki: Opetushallitus. 86–88.

Johri, Amer & Baranchuk, Adrian & Simpson, Christopher & Abdollah, Hoshiar & Redfearn, Damian 2009. ECG manifestations of multiple electrolyte imbalance: peaked T wave to P wave ("tee-pee sign"). Annals of noninvasive electrocardiology. Hoboken: Wiley Periodicals. 211–214.

Joon-myung Kwon & Min-Seung Jung & Kyung-Hee Kim & Yong-Yeon Jo & Jae-Hyun Shin & Yong-Hyeon Cho & Yoon-Ji Lee & Jang-Hyeon Ban & Ki-Hyun Jeon & Soo Youn Lee & Jinsik Park & Byung-Hee Oh 2021. Artificial intelligence for detecting electrolyte imbalance using electrocardiography. Annals on noninvasive electrocardiology 26(3). Hoboken: Wiley Periodicals. <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/anec.12839>>. Viitattu 19.9.2023.

Jormakka, Juha & Kettunen, Jukka 2018. EKG akuuttihoidossa. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Jung Nam An & Jung Pyo Lee & Hee Jung Jeon & Do Hyoung Kim & Yun Kyu Oh & Yon Su Kim & Chun Soo Lim 2012. Severe hyperkalemia requiring hospitalization: predictors of mortality. *Critical Care* 16(6), 225.

Kangasniemi, Mari & Utriainen, Kati & Ahonen, Sanna-Mari & Pietilä, Anna-Maija & Jämskeläinen, Petri & Liikanen, Eeva 2013. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsennettyyn tietoon. *Hoitotiede* 25 (4). Helsinki: Sairaanhoidajien koulutussäätiö. 291–301.

Karihuhta, Jarkko 2023. Hyperkalemia. *Akuuttihoito-opas*. 4.7.2023. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 23.10.2023.

Koistinen, Heikki 2023. Magnesiumaineenvaihdunnan häiriöt. *Akuuttihoito-opas*. 4.7.2023. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 23.10.2023.

Korhonen, Petri & Mäkijärvi, Markku 2019a. Aktiopotentiaali ja refraktaarivaihe. EKG. *Duodecim oppiportti*. 3.7.2019. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 31.7.2023.

Korhonen, Petri & Mäkijärvi, Markku 2019b. Solukalvon ionivirrat. EKG. *Duodecim oppiportti*. 3.7.2019. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 19.9.2023.

Kortelainen, Terttu 2016. Suomalaisten opiskelijoiden näkemykset painetuista ja elektronisista oppimateriaaleista. *Informaatiotutkimus* 35 (3). 39–40.

Kuisma, Markku & Holmström, Peter & Nurmi, Jouni & Porthan, Kari & Taskinen, Tuomas 2017. *Ensihoito*. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kumar, Anil & Shah, Neel & Jesmajian, Stephen 2010. Left bundle branch block (LBBB) masks changes due to hyperkalemia: A myth. *Journal of Hospital Medicine* 5 (4). 8.4.2010. <<https://shmpublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jhm.625>>. Viitattu 6.9.2023.

Kunnela, Arja 2022. *Kirjallisuuskatsaukset. Opinnäytetyön ohjaajan käsikirja*. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Päivitetty 21.9.2022. <<https://oppimateriaalit.jamk.fi/yamk-kasikirja/kirjallisuuskatsaukset/>>. Viitattu 13.9.2023.

Leppäluoto, Juhani & Rintamäki, Hannu & Vakkuri, Olli & Vierimaa, Heidi & Lauri, Timo 2019. *Anatomia ja fysiologia*. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Lääketieteen sanasto 2016. *Elektrolyytti*. *Duodecim terveyskirjasto*. 18.10.2016. Kustannus Oy Duodecim. <<https://www.terveyskirjasto.fi/ltt00661/elektrolyytti>>. Viitattu 13.5.2023.

Lääketieteen termit 2023. *Elektrolyyttihäiriö*. *Duodecim terveysportti*. Kustannus Oy Duodecim. <<https://www.terveysportti.fi/apps/sanakirjat/0/ltte33470>>. Viitattu 14.5.2023.

Löfström, Erika & Kanerva, Kaisa & Tuuttila, Leena & Lehtinen, Anu & Nevgi, Anne 2010. Laadukkaasti verkossa. Verkko-opetuksen käsikirja yliopisto-opettajalle. Helsinki: Helsingin Yliopisto, Tutkimuksen ja opetuksen toimiala.

Matikainen, Niina 2022a. Hyperkalemia. Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. 15.11.2022. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 10.5.2023.

Matikainen, Niina 2023a. Hyperkalsemia. Akuuttihoito-opas. 4.7.2023. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 12.5.2023.

Matikainen, Niina 2022b. Hypokalemia. Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. 15.11.2022. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 10.5.2023.

Matikainen, Niina 2023b. Hypokalsemia. Akuuttihoito-opas. 4.7.2023. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 22.9.2023.

Matikainen, Niina 2023c. Magnesiumin puutos. Lääkärin käsikirja. 28.4.2023. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 13.5.2023.

Metropolia. Sairaanhoidotyön tutkinto-ohjelma. Opinto-opas. <<https://opinto-opas.metropolia.fi/88094/fi/108/70320>> Viitattu 13.9.2023

Mustajoki, Pertti 2020a. Kalsium - liikaa (hyperkalsemia) tai liian vähän (hypokalsemia) veressä. Lääkärikirja Duodecim. 5.2.2020. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <<https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00025>>. Viitattu 29.8.2023.

Mustajoki, Pertti 2020b. Veren suolapitoisuuksien muutoksia. Lääkärikirja Duodecim. 11.3.2020. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <<https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00097>>. Viitattu 28.8.2023.

Mustajoki, Pertti 2022a. Hyperkalemia (kohonnut veren kalium). Lääkärikirja Duodecim. 13.6.2022. <<https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00855>>. Viitattu 10.5.2023.

Mustajoki, Pertti 2022b. Magnesium. Lääkärikirja Duodecim. 9.1.2022. <<https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00818>>. Viitattu 30.8.2023.

Mäkijärvi, Markku 2002a. EKG:n rekisteröinti ja tulkinta. Teoksessa Hedman, Antti & Heikkilä, Juhani & Nisula, Liisa & Pakarinen, Sami & Parikka, Hannu & Raatikainen, Pekka & Toivonen, Lauri & Viitasalo, Matti. EKG. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 40–65.

Mäkijärvi, Markku 2002b. Sydämen sähköinen aktivaatio. Teoksessa Hedman, Antti & Heikkilä, Juhani & Nisula, Liisa & Pakarinen, Sami & Parikka, Hannu & Raatikainen, Pekka & Toivonen, Lauri & Viitasalo, Matti. EKG. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 19–30.

Mäkijärvi, Markku 2002c. Vektorikardiografia. Teoksessa Hedman, Antti & Heikkilä, Juhani & Nisula, Liisa & Pakarinen, Sami & Parikka, Hannu & Raatikainen, Pekka & Toivonen, Lauri & Viitasalo, Matti. EKG. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 31–39.

Mäkijärvi, Markku 2019. Normaali EKG. EKG. Duodecim oppiportti. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 6.9.2023.

Mäkijärvi, Markku & Heikkilä, Juhani 2002. Mitä Elektrokardiografia on? Teoksessa Hedman, Antti & Nisula, Liisa & Pakarinen, Sami & Parikka, Hannu & Raatikainen, Pekka & Toivonen, Lauri & Viitasalo, Matti. EKG. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 16–18.

Mäkijärvi, Markku & Parikka, Hannu & Raatikainen, Pekka 2005a. PQ-aika. EKG. Duodecim oppiportti. Kustannus Oy Duodecim. 1.1.2005. Viitattu 28.8.2023.

Mäkijärvi, Markku & Parikka, Hannu & Raatikainen, Pekka 2005b. QRS-heilahdus. EKG. Duodecim oppiportti. Kustannus Oy Duodecim. 1.1.2005. Viitattu 28.8.2023.

Mäkijärvi, Markku & Parikka, Hannu & Raatikainen, Pekka 2005c. T- ja U-aalto. EKG. Duodecim oppiportti. Kustannus Oy Duodecim. 1.1.2005. Viitattu 28.8.2023.

Nieminen, Tuomo & Hedman, Antti 2019a. Elektrolyyttihäiriöiden vaikutus EKG:hen. EKG. Duodecim oppiportti. Kustannus Oy Duodecim. 3.7.2019. Viitattu 28.8.2023.

Nieminen, Tuomo & Hedman, Antti 2019b. Hyper- ja hypokalsemian vaikutus EKG:hen. EKG. Duodecim oppiportti. Kustannus Oy Duodecim. 3.7.2019. Viitattu 31.8.2023.

Nieminen, Tuomo & Hedman, Antti 2019c. Hyper- ja hypomagnesemian vaikutus EKG:hen. EKG. Duodecim oppiportti. Kustannus Oy Duodecim. 3.7.2019. Viitattu 28.8.2023.

Nieminen, Tuomo & Hedman, Antti 2019d. Hyper- ja hyponatremian vaikutus EKG:hen. Akuuttihoito ja anestesia. Duodecim Terveysportti. 3.7.2019. Viitattu 30.5.2023.

Nienstedt, Walter & Hänninen, Osmo & Arstila, Antti & Björkqvist, Stig-Eyrik 2014. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Page, Matthew & McKenzie, Joanne & Bossuyt, Patrick & Boutron, Isabelle & Hoffmann, Tammy & Mulrow, Cynthia & Shamseer, Larissa & Tetzlaff, Jennifer & Akl, Elie & Brennan, Sue & Chou, Roger & Glanville, Julie & Grimshaw, Jeremy & Hróbjartsson, Asbjörn & Lalu, Manoj & Li, Tianjing & Loder, Elizabeth & Mayo-Wilson, Evan & McDonald, Steve & McGuinness, Luke & Stewart, Lesley & Thomas, James & Tricco, Andrea & Welch, Vivian & Whiting, Penny & Moher, David 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021. 29.3.2021. <<https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>>. Viitattu 4.9.2023.

Pelttari, Hanna 2023. Hypokalemia (alhainen veren kalium). Lääkärikirja Duodecim. 19.9.2023. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <<https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00857>>. Viitattu 23.10.2023.

Raatikainen, Pekka 2019a. Digitaliksen vaikutus EKG:hen. EKG. Duodecim oppiportti. 3.7.2019. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 31.8.2023.

Raatikainen, Pekka 2019b. Ryhmän I A rytmihäiriölääkkeiden vaikutus EKG:hen. EKG. Duodecim Oppiportti. 3.7.2019. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 31.8.2023.

Raatikainen, Pekka & Parikka, Hannu 2022. EKG:n tulkinta aikuisilla. Lääkäriin Käsikirja. Duodecim terveystietoportti. Tarkastettu 17.5.2022. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 31.8.2023.

Raimer, Faith 1994. How to identify electrolyte imbalances on your patient's E.C.G. Nursing 24(6). 1.6.1994. 54–58.

Saari, Jukka 2019. Johdatus näköergonomiaan - oppimistyön muuttuminen silmien näkökulmasta. Sähköistyvä koulu: oppiminen ja oppimateriaalit muuttuvassa tietoympäristössä. Helsinki: Suomen tietokirjailijat. <https://www.suomentietokirjailijat.fi/media/julkaisut/verkkoon_sahkoistyva_koulu_2019_final_.pdf>. Viitattu 18.9.2023.

Sagger, Mawri & Gildeh, Edward & Joseph, Namita & Rabbani, Bobak & Zweig, Bryan 2017. Cardiac Dysrhythmias and Neurological Dysregulation: Manifestations of Profound Hypomagnesemia. New York: Case Reports in Cardiology. <<https://www.proquest.com/docview/1910721404>>. Viitattu 6.9.2023.

Sand, Olav & Sjaastad, Øystein & Haug, Egil & Bjålie, Jan 2013. Ihminen. Fysiologia ja anatomia. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023a. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan HTK-ohje 2023. Helsinki: Tutkimuseettinen neuvottelukunta.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023b. HTK-ohjeeseen sitoutuneet organisaatiot. Tiedevilppi. Päivitetty 8.5.2023. <<https://tenk.fi/fi/tiedevilppi/htk-ohjeeseen-sitoutuneet-organisaatiot>>. Viitattu 14.5.2023.

Van Mieghem, Carlos & Sabbe, Marc & Knockaert, Daniel 2004. The Clinical Value of the ECG in Noncardiac conditions. Chest 125 (4). 1561–1576.

Vilkkä, Hanna & Airaksinen, Tiina 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Yang, Yifeng & Chen, Cheng & Duan, Penhong & Thapaliya, Suman & Gao, Lianjun & Dong, Yingxue & Yin, Xiaomeng & Yang, Xiaolei & Zhang, Rongfeng & Tan, Ruopeng & Hui, Simei & Wang, Yue & Sutton, Richard & Xia, Yunlong 2020. The ECG Characteristics of Patients With Isolated Hypomagnesemia. Frontiers in Physiology. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7873644/>>. Viitattu 6.9.2023.

Liitteet

Tiedonhakupöytä (liite1)

Tietokanta	Hakusana, hakusanayhdistelmät	Haun rajaukset	Osumien määrä (kpl)	Valinta otsikon perusteella (kpl)	Valinta tiivistelmän perusteella (kpl)	Valinta kokotekstin perusteella (kpl)
Cinahl	AB "electrolyte imbalanc*" AND AB (ekg or ecg or electrocardiogram)	Abstract	29	2	1	1
PubMed	("electrolyte imbalanc*" [Title/Abstract]) AND (ekg [Title/Abstract] OR ecg [Title/Abstract] OR electrocardiogram [Title/Abstract])	Title/Abstract	112	25	13	7
ProQuest	noft("Electrolyte imbalanc*") AND noft((ekg OR ecg OR electrocardiogram))	Vain vertaisarvioituit, not in full text	64	7	3	2
ERIC	"Self learning material" OR "self instruction material"	Vain vertaisarvioituit	91	10	7	0

Tiedonhaussa mukaan valikoituneet tutkimukset ja julkaisut (Liite 2)

Artikkelin tekijät, vuosi, maa	Tutkimuksen nimi	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimusmenetelmä, otoskoko (n=)	Tutkimuksen keskeiset tulokset
Joonmyoung Kwon, Min-Seung Jung, Kyung-Hee Kim, Yong-Yeon Jo, Jae-Hyun Shin, Yong-Hyeon Cho, Yoon-Ji Lee, Jang-Hyeon Ban, Ki-Hyun Jeon, Soo Youn Lee, Jinsik Park, Byung-Hee Oh. 2021.	Artificial intelligence for detecting electrolyte imbalance using electrocardiography	Luoda tekoälyn syvän oppimisen malli elektrolyyttitasapainohäiriön tunnistamiseen EKG: avulla	Retrospektiivinen kohorttitutkimus, n = 92140	Elektrolyyttitasapainohäiriötä on mahdollista havaita tekoälyn avulla EKG:ta käyttäen.

Etelä-Korea				
Johri, Amer & Baranchuk, Adrian & Simpson, Christopher & Abdollah, Hoshiar & Redfearn, Damian 2009. Kanada.	ECG manifestations of multiple electrolyte imbalance: peaked T wave to P wave ("tee-pee sign")	Nostaa esille samanaikaisten elektrolyyttitasapainon häiriöiden aiheuttamia poikkeamia EKG:ssa.	Tapaustutkimus, n=1.	Tutkimus kuvaa, miten useat samanaikaiset elektrolyyttitasapainon häiriöt voivat vaikuttaa potilaan EKG:hen. Tutkijat ehdottavat esiintyvälle EKG:n muodolle "tiipii"-nimitystä.
Jung Nam An, Jung Pyo Lee, Hee Jung Jeon, Do Hyoung Kim, Yun Kyu Oh, Yon Su Kim, Chun Soo Lim. 2012. Etelä-Korea	Severe hyperkalemia requiring hospitalization: predictors of mortality	Selvittää hyperkalemian riskitekijöitä ja kliinistä esiintyvyyttä.	Havainnoiva kohorttitutkimus, n=923.	Hyperkalemiaa esiintyy monen sairauden yhteydessä ja kuolleisuus on erityisen suurta vakavien sairauksien yhteydessä.

Kumar, Amil & Shah, Neel & Jesmajian, Stephen 2010. Yhdysvallat.	Left bundle branch block (LBBB) masks changes due to hyperkalemia: a myth	Nostaa esille, miten hyperkalemian aiheuttamat muutokset ovat havaittavissa vasemman haarakatkoksen omaavan potilaan EKG:ssa.	Tapaustutkimus, n=1.	Tutkimus kuvaa, miten vasemman haarakatkoksen aiheuttamat EKG-muutokset eivät peitä hyperkalemian merkkejä EKG:sta.
--	---	---	----------------------	---