

Opinnäytetyö (AMK)

Sairaanhoitajakoulutus

2020

Ville Rantakokko ja Jaime Suominen

LIHASRELAKSANTIT LEIKKAUSOSASTOLLA

– Oppimateriaalia sairaanhoitajaopiskelijoille

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Sairaanhoitajakoulutus

2020 | 37 sivua, 3 liitesivua

Ville Rantakokko ja Jaime Suominen

LIHASRELAKSANTIT LEIKKAUSOSASTOLLA

- Oppimateriaalia sairaanhoitajaopiskelijoille

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa tietoa lihasrelaksanteista kirjallisuuskatsaukseen perustuen (n=20), ja luoda tietopaketti sairaanhoitajaopiskelijoille. Työn tavoitteena on kehittää potilas- ja lääkitysturvallisuutta edistämällä tulevien sairaanhoitajien osaamista intraoperatiivisessa käytössä olevista lihasrelaksanteista. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Turun Ammattikorkeakoulu.

Lihasselaksantit ovat lääkeyhymä, jotka estävät lihaksen supistumisen hermo-lihasliitostasolla, aiheuttaen täten lihasten lamaantumisen. Niitä hyödynnetään anestesiassa intubaation helpottamiseksi (lamaamalla nielun lihaksia) sekä optimoimaan kirurgisia olosuhteita (estämällä lihasten spontaanit liikkeet). Lihasselaksantit jaetaan depolarisoiviin ja nondepolarisoiviin lihasrelaksantteihin. Suomessa käytettäviä nondepolarisoivia lihasrelaksantteja ovat mivakuuri, rokuroni, pankuroni, sisatrakuuri ja vekuroni. Depolarisoivista lihasrelaksanteista vain suksinyylikoliini on Suomessa käytössä. Lihasselaksanttien lamaavaa vaikutusta seurataan sähköstimulaatiolla ja seuraamalla näin syntyviä vasteita lihaksessa. Erilaisia stimulaatiomenetelmiä ovat mm. yksittäiset stimulutukset, neljän sarja-stimulaatio, kaksoispukskestimulaatio sekä tetaaninen stimulaatio.

Jäänösrelaksaatiolla tarkoitetaan tilaa, jossa potilaan lihasvoima on anestesian jälkeen puutteellisesti palautunut. Jäänösrelaksaatiolle ominaista on erityisesti hengityselimien heikkous, mikä puolestaan voi johtaa vakaviin haittavaikutuksiin. Lihasselaksanttien vaikutus kumotaan perinteisesti käyttämällä asetyylikoliiniesteraasin estäjää, neostigmiinia. Viimeisten vuosikymmenten aikana on kehitetty myös uusi kumoava lääke, sugammadeksi, joka tarjoaa vaihtoehdon keinoon kumota lihasloma.

Opinnäytetyön aineistosta on tehty oppimateriaalia sairaanhoidon opiskelijoille powerpoint-esityksen muodossa. Kyseisen oppimateriaalin toimivuudesta tulisi saada jatkossa palautetta esimerkiksi kyselyllä.

ASIASANAT:

Lihasselaksantit, jäänösrelaksaatio, yleisanestesia, lääkehoito, asetyylikoliini

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Nursing

2020 | 37 pages, 3 pages in appendices

Ville Rantakokko and Jaime Suominen

NEUROMUSCULAR BLOCKERS IN THE OPERATING DEPARTMENT

- Learning material for nursing students

The purpose of this thesis was to create a narrative literature review (n=20) about the use of neuromuscular blocking agents (NMBAs) in the operating department, and create learning material for nursing students based on the current literature. The goal is to improve patient outcomes by advancing the knowledge of future nurses on the use of NMBAs during anesthesia. The mandator for this thesis is Turku University of Applied Sciences.

NMBAs are a group of drugs that prevent muscle contraction in the neuromuscular junction, thus paralyzing the muscle. They are used in anesthesia to facilitate intubation (by paralyzing the pharyngeal muscles) and to optimize surgical conditions (by preventing spontaneous movement). NMBAs can be divided into depolarizing and nondepolarizing NMBAs. Nondepolarizing NMBAs used in Finland are mivacurium, rocuronium, pancuronium, cisatracurium and vecuronium. The only depolarizing relaxant used in Finland is succinylcholine. The paralyzing effect of NMBAs is monitored with electric stimulation, and observing the reaction of the muscle. Different methods of electric stimulation are the single twitch stimulation, the train-of-four stimulation, double-burst-stimulation, and tetanic stimulation.

Residual neuromuscular blockade (RNMB) is a state in which the patients muscle functions are not fully recovered. Especially the respiratory muscles are affected by RNMB, which in turn can lead to serious adverse events. Traditionally, the effect of NMBAs is reversed using an acetylcholinesterase inhibitor, neostigmine. Within the last two decades a new reversal agent, sugammadex, has been developed, which offers an alternative way of reversing the effect of NMBAs.

Learning material was made based on the data of this thesis. The material is in the form a powerpoint-presentation. In the future, feedback on the effectiveness of the learning material is needed, for example in form of a quiz.

KEYWORDS:

Neuromuscular blocking agents, residual neuromuscular blockade, general anesthesia, pharmacological treatment, asetylcholine

SISÄLTÖ

| | |
|---|-----------|
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 2 OPPIMATERIAALIA LIHASRELAKSANTEISTA | 7 |
| 2.1. Laadukas oppimateriaali | 7 |
| 2.2. Lihasselaksanttien historia ja lihaksen supistuminen | 8 |
| 3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA OPINNÄYTETYÖTÄ OHJAAVAT KYSYMYKSET | 10 |
| 4 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMISMENETELMÄ | 11 |
| 5 TULOKSET | 13 |
| 5.1 Lihasselaksantit | 13 |
| 5.1.1 Depolarisoivat lihasrelaksantit | 13 |
| 5.1.2 Nondepolarisoivat lihasrelaksantit | 14 |
| 5.2 Lihasselaksaation monitorointi | 15 |
| 5.3 Jäännösrelaksaatio | 18 |
| 5.4 Lihasselaksaation kumoaminen | 19 |
| 5.5 Yhteenveto | 21 |
| 5.6 Oppimateriaali | 22 |
| 6 EETTISYYS JA LUOTETTAVUUS | 34 |
| 7 POHDINTA | 35 |
| LÄHTEET | 37 |
| Liitteet | |
| Liite 1. Tietotesti sairaanhoidon opiskelijoille. | |
| KUVAT | |
| Kuva 1. Hermo-lihasliitoksen rakenne ja toiminta. | 9 |
| Kuva 2. Hermo-lihasliitoksen salpauksen valvonta. | 16 |
| Kuva 3. ToF-suhde 0,9. | 17 |
| Kuva 4. Sugammadeksin vaikutusaika neostigmiiniin verrattuna. | 20 |

TAULUKOT

Taulukko 1. Tietokannat, hakusanat ja valitut artikkelit.

12

1 JOHDANTO

Lihasselaksantit ovat yleisanestesiassa käytettävä lääkeyhmä, jotka lamaavat lihaksen estämällä hermoärsyksen kulun lihassoluun (Oikkola, 2018). Niitä ollaan käytetty anestesiassa 40-luvulta lähtien, minkä jälkeen niitä ollaan kehitetty runsaasti. Anestesian yhteydessä niitä käytetään helpottamaan intubaatiota sekä optimoimaan kirurgisia olosuhteita (Meretoja, 2010; Cook, 2019).

Lihasselaksanteilla voi kuitenkin olla vakavia haittavaikutuksia, jotka ovat yleensä seurausta jäännöselaksaatiosta. Jäännöselaksaatiolla tarkoitetaan tilaa, jossa lihasselaksaatio ei ole täysin kumoutunut eli lihasvoima on puutteellisesti palautunut (Wiatrowski, 2018). Jäännöselaksaatio voi johtaa mm. hengityksen lamaantumiseen, suurentuneeseen aspiraatoriskiiin sekä vähentyneeseen reaktioon hypoksiaa vastaan (Wilson, 2012; Wiatrowski, 2018). Johtuen hengityselihasia lamaavasta vaikutuksesta on olemassa tapauksia, joissa lihasselaksantit ovat johtaneet pysyviin vaivoihin ja jopa kuolemaan (Grissinger, 2019).

Lihasselaksantit ovat anestesian yhteydessä tärkeässä roolissa, minkä takia sairaanhoitajien tulee anestesiahoitotyössä tietää, mitä lihasselaksantteja on käytössä, miten ne vaikuttavat, kuinka niiden vaikutusta monitoroidaan sekä mitä mahdollisia sivu- ja haittavaikutuksia niillä on. Tämä opinnäytetyö on kirjallisuuskatsaus, joka perehtyy lihasselaksantteihin ja niiden käyttöön leikkausosastolla. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Turun Ammattikorkeakoulu. Työn tarkoitus on kartoittaa tietoa lihasselaksanteista ja luoda oppimateriaalia sairaanhoitajaopiskelijoille. Tavoitteena on edistää tulevien sairaanhoitajien tietämystä kyseisistä lääkkeistä ja tätä kautta parantaa potilas- ja lääkitysturvallisuutta.

2 OPPIMATERIAALIA LIHASRELAKSANTEISTA

2.1. Laadukas oppimateriaali

Opinnäytetyö on suunnattu sairaanhoitajaopiskelijoille oppimateriaaliksi. Laadukas oppimateriaali on luonteeltaan selkeää, opiskelijaa motivoivaa sekä erityyppisiä oppimismetodeja tukevaa.

Hyvä oppimateriaali lisää opiskelijan niin kutsuttua sisäistä motivaatiota oppia uutta. Sisäiselle motivaatiolle ominaista on, että ihmisen halu oppia on oma-alotesta. Sisäisesti motivoitunut ihminen siis tekee jotain itsensä vuoksi ilman ulkopuolisia pakotteita (ulkoisesti motivoitunutta henkilöä ohjaa jotkin ulkoiset pakotteet kuten rangaistuksen pelko tai palkkion toivo). Sisäisesti motivoituneelle oppijalle opiskelu tuntuu mieltuisalta, ja voi parhaimmillaan johtaa niin kutsuttuun flow-tilaan, jossa opiskelija uppoutuu materiaaliin. (Vainionpää, 2006.) Materiaali voi lisätä oppimismotivaatiota mm. optimaalisella haastavuudella sekä uutta tietoa tarjoamalla sopivassa suhteessa opiskelijan valmiiseen tietopohjaan nähden (Ekonoja, 2014).

Aikuinen sisäistää suurimman osan vastaanottamistaan tiedoista näköaistin avulla. Seuraavina tulevat kuulo- ja tuntoaisti. Oppimisen kannalta oleellista on, että opiskelijat pääsevät samanaikaisesti hyödyntämään useita eri aisteja. (Hii-denmaa, 2008.) Tästä syystä työtä pyritään monipuolistamaan käyttämällä kuvia ja taulukoita, jotka havainnollistavat katsauksessa käsiteltävää aineistoa. Opinnäytetyön loppuun lisätään myös pienimuotoinen tietotesti, jolloin opiskelija saadaan aktiivisesti käyttämään uutta opittua tietoa. Tehtävissä onnistuminen myös mittaa sitä, kuinka hyvin opiskelija on työn materiaalin sisäistänyt.

2.2. Lihasselaksanttien historia ja lihaksen supistuminen

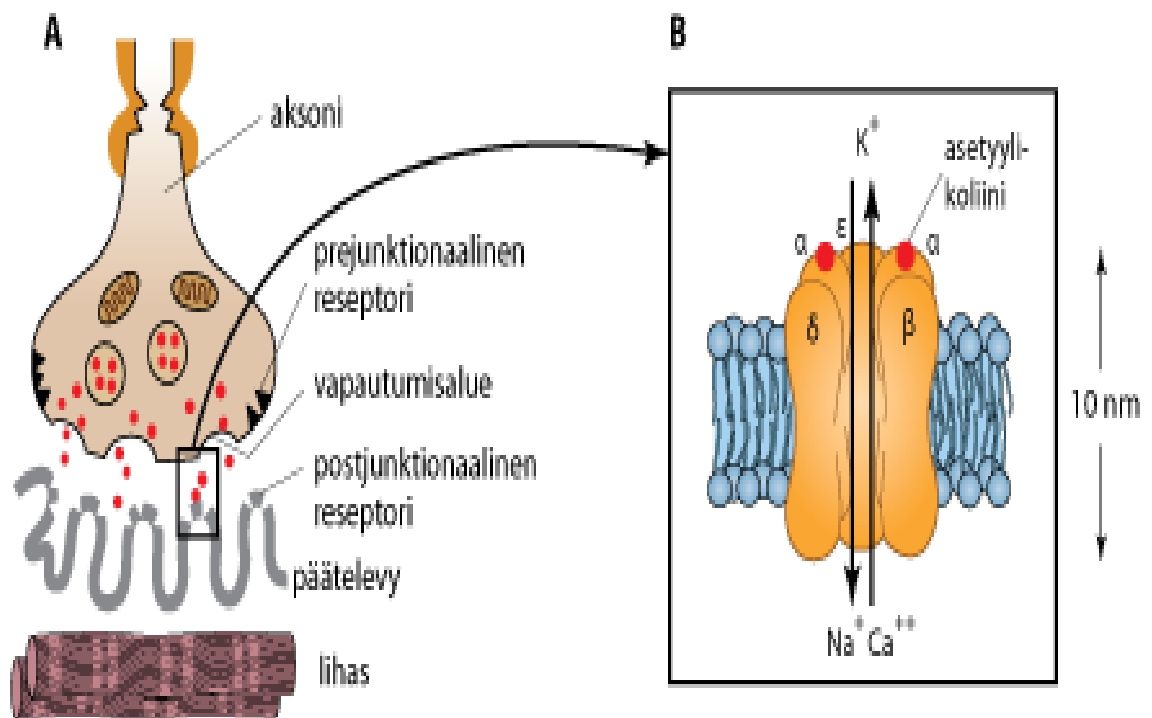
Nykytiedon mukaan Etelä-Amerikan alkuasukkaat olivat ensimmäisiä, jotka käyttivät lihasvoimaa salpaavia yhdisteitä. He käyttivät kurareksi nimettyä nuolimyrkyä, jonka koostumuksen takia se ei imeytynyt ihmisen ruuansulatuskanavasta, eikä tämän takia vaikuttanut saaliseläintä syöviin metsästäjiin. Löydettyään Amerikan mantereen eurooppalaiset alkoivat tutkia kuraren vaikutusmekanismia 1700-luvulla ja vuonna 1857 sen vaikutuspaikka löydettiin Claude Bernardin samakoille tehdyssä kokeessa. Kuraren kliininen käyttö alkoi 1930-luvulla, kun sitä käytettiin hoitamaan jäykkäkouristuksesta kärsiviä potilaita ja vuonna 1942 julkaistiin ensimmäinen raportti kuraren käytöstä lihasrelaksanttina yleisanestesian yhteydessä. (Olkkola, 2014.)

Kuraren käyttöönoton jälkeen lähdettiin kehittämään useita muita lihasrelaksantteja, kuten gallamiini ja metokuriini vuonna 1949 sekä depolarisoiva lihasrelaksantti suksinyylikoliini vuonna 1951. Ensimmäiset steroidirakenteiset lihasrelaksantit (alkuroni, pankuroni) tulivat markkinoille vuosina 1964 ja 1968. Vuonna 1981 esiteltiin vekuroni ja atrakuuri ja vuonna 1994 rokuroni sekä sisatrankuuri. (Welliver, 2012.)

Ennen lihasrelaksanteista oppimista on hyvä saada käsitys siitä, kuinka lihaksen supistuminen tapahtuu. Lihaksen supistuminen on tapahtumaketju, joka tapahtuu hermo-lihasliitoksen tasolla. Hermo-lihasliitos (Kuva 1) koostuu motorisen hermon päätteestä (presynaptinen/prejunktionaalinen osa) ja lihassolun kalvosta sekä tähän kuuluvista reseptoreista (postsynaptinen/postjunktionaalinen osa). Päätteiden välissä on synapsirako ja kokonaisuudessaan näistä rakenteista muodostuu hermo-lihasliitos. (Illman, 2012). Lihassolun nikotiinireseptorit koostuvat kahdesta alfa-alayksiköstä sekä yhdestä beta-, epsilon- ja delta-alayksiköstä (Olkkola, 2014).

Sähköisen impulssin saavuttaessa hermopäätteen eli presynaptisen kalvon synapsirakoon vapautuu välittäjäainetta, asetyylikoliinia. Asetyylikoliini sitoutuu postsynaptisen kalvon nikotiinireseptorin kahteen alfa-alayksikköön, joka johtaa solun ionikanavan aukeamiseen. (Illman, 2012.) Ionikanavien avautuessa Na⁺

ionit pääsevät läpäisemään solukalvon, jolloin käynnistyy kohdesolun depolarisaatio. Lihaskuitu supistuu depolarisaation ollessa riittävän voimakas. (Oikkola, 2013, 222.) Supistumisen kumoamisesta vastaa entsyymi asetyylikoliiniesteraasi, jota on läsnä hermo-lihasliitoksessa. Se hajottaa asetyylikoliinimolekyylejä ja on siis täten normaaliolosuhteissa vastuussa lihaksen rentoutumisesta. (Wiatrowski, 2018.)



A) Hermo-lihasliitoksen rakenne. B) Asetyylikoliinin sitoutuminen nikotiinireseptoriin. Kuva 1. Hermo-lihasliitoksen rakenne ja toiminta. (Oikkola, K. 2014) <https://www.oppiportti.fi/op/ajit00105/do>.

3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA OPINNÄYTETYÖTÄ OHJAAVAT KYSYMYKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa tietoa lihasrelaksanteista ja luoda tähän perustuen tietopaketti lihasrelaksanteista sairaanhoidon opiskelijoille. Työn tavoitteena on kehittää potilas- ja lääkitysturvallisuutta edistämällä tulevien sairaanhoitajien osaamista intraoperatiivisessa käytössä olevista lihasrelaksanteista. Opinnäytetyössä haetaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

1. Mitä lihasrelaksantit ovat ja kuinka ne vaikuttavat?
2. Kuinka lihasrelaksaatiota monitoroidaan?
3. Mitä on jäännösrelaksaatio?
4. Miten lihasrelaksaatio kumotaan?
5. Minkälainen oppimateriaali työn aiheesta saadaan tehtyä?

4 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMISMENETELMÄ

Kirjallisuuskatsausten tarkoitus on syntetisoida valitusta aiheesta olemassa olevaa kirjallisuutta ja kuvailla sen tämänhetkistä olemusta. Kirjallisuuskatsauksen päätyypit ovat systemaattinen- ja narratiivinen kirjallisuuskatsaus. (Ferrari, 2015.) Päätyypit eroavat toisistaan toteutusmenetelmän osalta; toisin kuin systemaattiselle kirjallisuuskatsaukselle, narratiiviselle kirjauskatsaukselle ei ole asetettu virallisia toteuttamisohjeita (Gregory, 2018). Narratiivinen kirjallisuuskatsaus ei varsinaisesti tarjoa uutta tutkimusaineistoa, mutta sillä voidaan esitellä ajantasaisinta tietoa. Narratiivisia kirjallisuuskatsauksia käytetään usein opetuksen yhteydessä. Narratiivinen katsaus voidaan edelleen jaotella kolmeen alaluokkaan: toimituksellinen, kommentoiva ja yleiskatsaus. Näistä laajin on yleiskatsaus. Sen tarkoitus on tiivistää aiemmin tehtyjä tutkimuksia. (Salminen, 2011.)

Opinnäytetyö tehtiin narratiivisena yleiskatsauksena. Työtä varten kerättiin aineistoa asianmukaisista tietokannoista, minkä jälkeen saatu tieto yhdisteltiin opetuskokonaisuudeksi. Työssä käytettäviä tietokantoja olivat PubMed, Cinahl, Medic, Oppiportti ja Terveysportti. Haussa tuloksista rajattiin pois maksulliset julkaisut sekä yli 10 vuotta vanhat julkaisut. Pyrittiin löytämään julkaisuja, jotka vastaavat opinnäytetyötä ohjaaviin kysymyksiin. Tiedonhaussa käytettiin seuraavia hakusanoja: lihasrelaksantit (neuromuscular blocking agents), non-depolarisoivat lihasrelaksantit (nondepolarizing neuromuscular blocking agents), depolarisoivat lihasrelaksantit (depolarizing neuromuscular blocking agents), lihasrelaksaatio (neuromuscular blockade), jäännösrelaksaatio (residual neuromuscular blockade), lihasrelaksaation kumoaminen (neuromuscular blockade reversal), lihasrelaksaation monitorointi (monitoring neuromuscular blockade). Tiedonhaku on dokumentoitu taulukkoon 1. Taulukkoon on merkitty käytetyt tietokannat, hakusanat, sekä näillä hakusanoilla saatujen julkaisujen määrä. Hakusanoja on kuitenkin käytetty erillään toisistaan, ja taulukkoon on merkitty tulosten summa. Kaikkia Cinahlista ja PubMedistä saatuja julkaisuja ei ole siis käyty läpi, vaan niistä ollaan valittu julkaisuja vain ensimmäiseltä kahdelta sivulta, pyrkimyksenä valita julkaisuja jotka vastaavat mahdollisimman hyvin opinnäytetyötä ohjaaviin

kysymyksiin. Aiheesta on luotu powerpoint-esitys, joka löytyy tulosten lopusta. Luotu materiaali on kaikille vapaasti käytettävissä.

Taulukko 1. Tiedonhakuprosessi

| Tietokanta | Hakusana | Kaikki julkaisut | Mukaan otetut julkaisut (n) |
|--|--|------------------|-----------------------------|
| PubMed | Neuromuscular blockade, nondepolarizing neuromuscular blocking agents, depolarizing neuromuscular blocking agents, residual neuromuscular blockade | 1531 | 2 |
| Cinahl | Neuromuscular blocking agents, depolarizing neuromuscular blocking agents, nondepolarizing neuromuscular blocking agents, monitoring neuromuscular blockade, neuromuscular blockade, residual neuromuscular blockade | 579 | 10 |
| Medic | Lihasselaksantit | 39 | 4 |
| Oppiportti | Lihasselaksantit | 60 | 3 |
| Terveysportti (lääketietokanta) | Lihasselaksantit | 12 | 1 |
| Yhteensä | | | n=20 |

5 TULOKSET

5.1 Lihasrelaksantit

Lihasrelaksantit ovat hermo-lihasliitosta lamaava lääkeryhmä, joita käytetään anestesiassa helpottamaan intubaatiota sekä optimoimaan kirurgisia olosuhteita mm. vatsaontelon sekä rintakehän sisäisten leikkausten yhteydessä (Wiatrowski, 2018). Periaatteessa lihasrelaksantteja voidaan kuitenkin käyttää missä tahansa leikkauksessa, kenellä potilaalla tahansa, olettaen että ollaan tietoisia lääkeaineen ominaisuuksista (Olkkola, 2013, 223).

Lihasrelaksantit vaikuttavat joko asetyylikoliinin muodostumiseen tai vapautumiseen tai vaikuttaja-aineen postsynaptisiin vaikutuksiin (Olkkola, 2018). Käytössä olevat lihasrelaksantit jaetaan depolarisoiviin sekä nondepolarisoiviin lihasrelaksantteihin.

5.1.1 Depolarisoivat lihasrelaksantit

Suksametonin (suksinyylikoliini) on ainoa Suomessa kliinisessä käytössä oleva depolarisoiva lihasrelaksantti. Suksinyylikoliini aiheuttaa lihaksen lamaantumisen sitoutumalla asetyylikoliinin tavoin lihaskalvon nikotiinireseptoreihin, aiheuttaen täten ionikanavien avautumisen ja vahvan depolarisaation eli hyperpolarisaation. Hyperpolarisaatio ilmenee faskikulaatioina, minkä jälkeen lihassolun ionikanavat sulkeutuvat, ja lihas lamaantuu. (Illman, 2012.) Faskikulaatiolla tarkoitetaan lihasten voimakasta supistelua, jolloin supistumiset tapahtuvat toistuvasti ja hallitsemattomasti (Plummer-Roberts, 2016). Suksinyylikoliinin vaikutus alkaa sen annostelun jälkeen yhden minuutin sisällä ja sen vaikutus kestää neljästä kuuteen minuuttiin (Stawicki, 2018). Sen käyttö painottuuakin pääsääntöisesti tilanteisiin, joissa halutaan saavuttaa nopea ja lyhytkestoinen relaksaatio, kuten anestesian alussa intubaation helpottamiseksi.

Haittavaikutustensa takia suksinyylikoliinin käyttö on vähenemässä. Näihin haittavaikutuksiin luetaan mm. brady- tai takykardia, muutokset verenpaineessa,

silmänpaineen nousu, sekä mahalaukun ja kallonsisäisen paineen nousu. Lihaskivut ovat myös tavallisia suksametonin annostelun jälkeen ja niiden uskotaan liittyvän faskikulaatioihin. Lihaksen supistuessa solunulkoiseen tilaan vapautuu kaliumia ja näin tapahtuu myös suksametonian annosteltaessa. Tämä ei kuitenkaan ole vaarallista terveillä potilailla, mutta se on huomioitavaa hyperkaleemilla potilailla. (Olkkola, 2018.) Suksinyylikoliinin käyttö on vasta-aiheinen potilailla, joilla on lihastauti, sillä kyseisellä potilasryhmällä lääkkeen annosteluun liittyy suurentunut riski henkeä uhkaavaan hyperkalemiaan, rbdomyolyysiin, sekä parentalihasten voimakkaaseen spastisuuteen, joka voi kokonaan estää intubaation (Stawicki, 2018). Jos suksinyylikoliinipitoisuudet ovat suuret tai lääkettä annostellaan pitkittyneen ajan, sen vaikutus voi pitkittyä. Tällöin sen aiheuttama depolarisaatioon perustuva salpaus (faasi I:n salpaus) voi muistuttaa nondepolarisoivien lihasrelaksanttien kilpailevaa vaikutusmekanismia (faasi II:n salpaus tai kaksoissalpaus). Lisäksi suksametonin voi laukaista malignin hypertermian, johon liittyy suuri kuolleisuus. (Olkkola, 2013, 227-229.) Pitkittyneeseen vaikutukseen liittyy syvä lihasrelaksaatio, heikentynyt vaste sähköstimulaatiolle sekä pidentynyt toipumisaika (Olkkola, 2018).

5.1.2 Nondepolarisoivat lihasrelaksantit

Nondepolarisoivat lihasrelaksantit aiheuttavat lihaksen lamaantumisen sitoutumalla spesifisti lihaskalvon nikotiinireseptoreihin, vieden asetyylikoliinin paikan reseptoreissa. Tällöin välittäjäaine ei pysty sitoutumaan ja lihassolun depolarisaatio estyy. (Cook, 2019.) Lihasrelaksanttimolekyylit sitoutuvat myös hermopäätteen reseptoreihin, jolloin siitä vapautuvien asetyylikoliinimolekyylien määrä vähenee (Meretoja, 2010). Lihasrelaksanttimolekyylien tulee sitoutua noin 70 prosenttiin nikotiinireseptoreista, jotta lihaksen supistuminen estyy (Wilson, 2012). Nondepolarisoivat lihasrelaksantit voidaan jakaa niiden kemiallisen rakenteen perusteella kahteen ryhmään, steroidirakenteisiin sekä betsyyli-isokinoloni-rakenteisiin relaksantteihin (Cook, 2019).

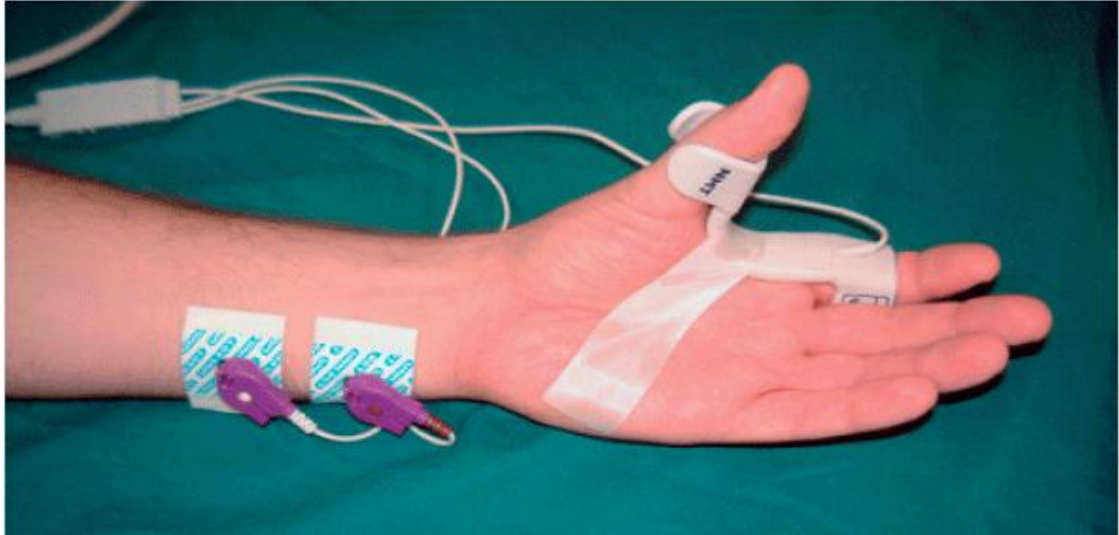
Nondepolarisoivien lihasrelaksanttien vaikutus on ensin havaittavissa pienissä lihaksissa ja hitaimmin niiden vaikutus nähdään hengityslihaksissa. Relaksaation

kumoutuessa mekanismi on päinvastainen: hengityslihasten toiminta palautuu ensimmäiseksi. (Olkkola, 2018.) Nondepolarisoivista lihasrelaksanteista Suomessa käytössä on mivakuuri, pankuroni, rokuroni, sisatrakuuri sekä vekuroni. Nämä lihasrelaksantit eroavat toisistaan pääsääntöisesti vaikutusten keston sekä sivuvaikutusten osalta (Olkkola, 2013, 222-223). Vaikutusajan perusteella lääkkeet voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan: lyhytvaikutteisiin, keskipitkävaikutteisiin sekä pitkävaikutteisiin lihasrelaksantteihin (Plummer-Roberts, 2016). Suomessa käytettävistä lihasrelaksanteista pitkävaikutteisiin luetaan pankuroni, keskipitkävaikutteisiin luetaan sisatrakuuri, rokuroni ja vekuroni, ja lyhytvaikutteisista mivakuuri (Olkkola, 2018). Suomessa näistä lihasrelaksanteista käytetään eniten rokuronia (Skants, 2015).

Nykypäivänä käytössä olevilla nondepolarisoivilla lihasrelaksanteilla on melko vähän haittavaikutuksia. Joillain näistä relaksanteista voi olla negatiivisia vaikutuksia hemodynaamiikkaan. Esimerkiksi pankuroni aiheuttaa sykkeen tiheytyksen, jonka uskotaan olevan seurausta sen vagolyttisestä vaikutuksesta. (Olkkola, 2018.) Yhteisenä mahdollisena haittavaikutuksena kaikilla lihasrelaksanteilla on jäännösrelaksaatio, joka voi puolestaan johtaa vakaviinkin komplikaatioihin.

5.2 Lihasrelaksaation monitorointi

Lihasrelaksaation mittaamisella on tärkeä rooli relaksaatiosta aiheutuvien haittavaikutusten ehkäisemisessä, sillä hyvällä monitoroinnilla pystytään ennaltaehkäisemään havaitsematta jäänyttä lihasrelaksaatiota. Hermo-lihasliitoksen salpauksen seuranta pohjautuu perifeerisen hermon sähköiseen stimulaatioon ja siitä aiheutuviin vasteisiin lihaksessa. Yleisimmin hermostimulaatioon käytetään kyyränhermoa (Kuva 2), jolloin siitä aiheutuva vaste nähdään peukalon lähentäjälihakessa. (Illman, 2012.) Monitorointi voidaan toteuttaa käyttäen erilaisia stimulaatiomenetelmiä, joita ovat yksittäiset stimulukset (single twitch), neljän sarjastimulaatio (train of four), kaksoispurskestimulaatio (double burst stimulation) sekä tetaaninen stimulaatio (Olkkola, 2014).



Kuva 2. Hermo-lihasliitoksen salpauksen valvonta käyttäen transkutaanista stimulaatiota ja lihasvasteen mittaamista kinemyografialla. (Olkkola, K. 2014). <https://www.oppi-portti.fi/op/ajit00110/do>.

Single-twitch-menetelmää käytettäessä annetaan yksittäisiä supramaksimaalisia sähköimpulsseja (ärsyke, joka vahvuudeltaan ylittää sen, mitä maksimaalisiin vasteisiin tarvittaisiin), joita seuraa yksittäinen lihaksen supistuminen. Käytettävä taajuus on 0,1-1,0 Hz. Menetelmä on nykypäivänä astumassa syrjään, sillä sitä käytettäessä on vaikea arvioida relaksaation syvyyttä. (Illman, 2012.)

Neljän sarja-stimulaatio-menetelmässä annetaan neljä peräkkäistä supramaksimaalista sähköärsykettä 2 Hz:n taajuudella. Näistä aiheutuvia vasteita verrataan keskenään. Hermo-lihasliitoksen lamautumisesta kertoo ToF-suhde (train-of-four-suhde), joka mitataan vertaamalla neljättä vastetta ensimmäiseen, eli jakamalla neljännen vasteen suuruus ensimmäisen vasteen suuruudella. Normaaliolosuhteissa kaikki neljä sähkövastetta ovat yhtä suuria, jolloin ToF-suhde on 1,0. Nondepolarisoivia lihasrelaksantteja annosteltaessa nämä vasteet heikkenevät toistuvien ärsykkeiden seurauksena, jolloin ToF-suhde pienenee. Lihassoiman katsotaan olevan palautuneen riittävästi, kun suhde on tasolla $\geq 0,9$ (Kuva 3), eli neljäs vaste on suuruudeltaan 90% tai enemmän verrattuna ensimmäiseen vasteeseen. (Olkkola, 2014.) Mainittakoon, että depolarisoivaa lihasrelaksanttia

(suksinyylikoliinia) annosteltaessa nämä vasteet ovat yhtä suuria eli niin kutsuttua fade-ilmiota (vasteen heikkeneminen) ei ole havaittavissa (Illman, 2012).



Kuva 3. ToF-suhde 0,9. (Wiatrowski, R. 2018) <http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.turkuamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=15&sid=073001b1-a0ce-4b20-985a-dac0061e7dd8%40sdc-v-sessmgr03>.

Syvän relaksaation mittaamiseen voidaan käyttää tetaanista stimulaatiota, sillä neljän sarja-stimulaatiolla ei saada aikaan havaittavia vasteita syvässä relaksaatiossa (Illman, 2012). Tetaanista stimulaatiota käytettäessä potilaalle annetaan vahva 5 sekuntia kestävä 50 Hz sähköimpulssi, josta koituva vaste olisi normaaliolosuhteissa yhtä suuri koko stimulaation ajan. Lihasselaksanttien annostelun jälkeen tämä vaste heikkenee. Vahvan impulssin jälkeen lihaksen vaste ärsykeille on väliaikaisesti kohonnut, jolloin puhutaan post-tetaanisesta potentiaatiosta. Kyseistä ilmiötä käytetään hyödyksi syvää relaksaatiota mitattaessa antamalla yksittäisiä sähköärsykeitä ja laskemalla näistä syntyneiden vasteiden lukumäärä. (Olkkola, 2014.) Kun vasteita havaitaan 12-15, näkyy myös T1-vaste. Mikäli post-tetaanisia vasteita ei tule lainkaan näkyviin, on kyseessä erittäin syvä lihasrelaksaatio. (Illman, 2012.)

Kaksoispurskestimulaatiolla tarkoitetaan monitorointimenetelmää, jossa annetaan 750 ms välein kaksi lyhyttä (50 Hz) kolmesta impulssista koostuvaa pursketta, jotka aiheuttavat lihaksessa kaksi vastetta. Osittaisen relaksaation ollessa läsnä menetelmällä havaitaan fade-ilmio neljän sarja-stimulaatiota herkemmin. Vasteen heikkenemistä voidaan hyvällä tarkkuudella seurata ToF-suhteen

ollessa 0,6-0,7 tai alhaisempi, muttei suhteen ollessa korkeampi, mistä johtuen kaksoispurskestimulaation käyttö on vähentymässä. (Illman, 2012.)

Hermo-lihasliitoksen lamaantumista voidaan mitata subjektiivisin sekä objektiivisin menetelmin. Subjektiivisesti eli kvalitatiivisesti mitattaessa hermostimulaatiovasteita tulkitaan subjektiivisin menetelmin tarkoittaen sitä, että vasteen suuruutta arvioidaan mm. käsin tunnustelemalla tai silmämääräisesti. Tuloksen tarkkuus riippuu siis arvioijan tulkinnasta, mistä johtuen riski virhearvioille on suuri. (Dunworth, 2018.) Objektiivisesti eli kvantitatiivisesti mitattaessa monitorointiin käytettävä laite sekä tuottaa sähköstimulaation että mittaa sen aiheuttamaa vastetta lihaksessa (Illman, 2012). Objektiivisilla mittausmenetelmillä mahdollistetaan tarkka arvio lihasrelaksaatiosta, ja täten lihaslamasta johtuvia mahdollisia haittavaikutuksia voidaan vähentää (Hund, 2016; Dunworth, 2018).

5.3 Jäännösrelaksaatio

Jäännösrelaksaatiolla tarkoitetaan tilaa, jossa anestesian jälkeen lihasvoima on puutteellisesti palautunut (Nagelhout, 2013). Lihasselaksanttien kehittyessä lihasvoiman katsottiin olevan riittävästi palautunut ToF-suhteen ollessa $\geq 0,7$. Kuitenkin jäännösrelaksaatiosta aiheutuvien ongelmien takia vuonna 1997 käytäntö muuttui siten, että lihasvoiman katsotaan olevan riittävän palautunut ToF-suhteen ollessa $\geq 0,9$ (Welliver, 2012). Arviolta jäännösrelaksaatiota esiintyy 20-60 prosentilla potilaista, jotka ovat saaneet nondepolarisoivaa lihasrelaksanttia anestesian yhteydessä (Wiatrowski, 2018).

Jäännösrelaksaatiolla voi olla vakavia haittavaikutuksia, joita ovat mm. ventilaatiovajaus, hapenpuutos, nielulihasten heikkous, suurentunut aspiraatoriski sekä hypoksisen ventilaatiovasteen heikkous (ShuYing, 2018; Stawicki, 2018). Ylähengitysteiden toiminta vaaraantuu pienistäkin määristä lihasrelaksaatiota, sillä relaksaation ollessa läsnä hengityssyklin alussa tarvittava negatiivinen ilmanpaine on heikentynyt tai puuttuu kokonaan, eikä hengitystie kykene pysymään auki (Stawicki, 2018). Heräämössä esiintyvät kriittiset hengitysongelmat ovat lähes aina yhteydessä vakavaan jäännösrelaksaatioon (Dunworth, 2018).

Jäännösrelaksaation jättäminen huomioimatta voi johtaa potilaan kuolemaan. Vuonna 2010 Euroopan sekä Yhdysvaltojen anesthesiologeille järjestetyssä suuressa kyselyssä tuli ilmi, että 77 prosenttia vastaajista pitää jäännösrelaksaatiota merkittävänä terveysuhkana. (Wiatrowski, 2018.)

Jäännösrelaksaatiolle altistaviin riskitekijöihin luetaan mm. ikä, sillä iän myötä lääkeaineiden poistuminen elimistöstä pitkittyy. Myös uniapnea ja ylipaino aiheuttavat suurentuneen riskin jäännösrelaksaatiolle. Lisäksi riskiä voivat kasvattaa hengityselinsairaudet, sekä munuais- ja maksasairaudet. (Stawicki, 2018.)

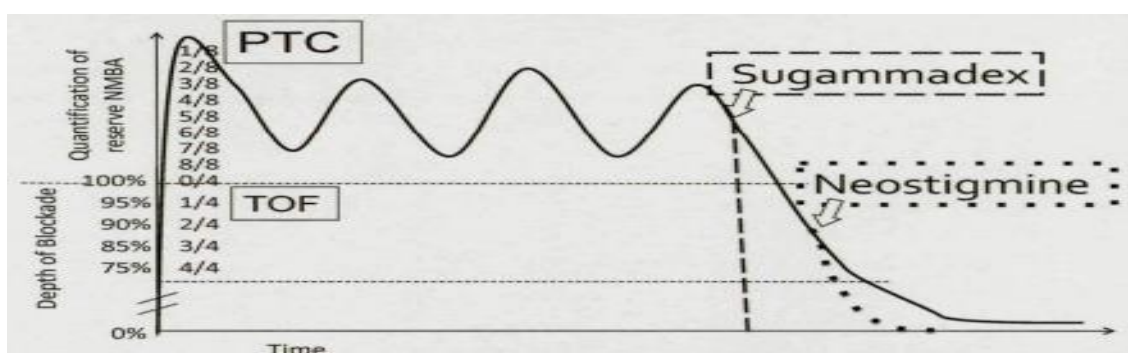
5.4 Lihasselaksaation kumoaminen

Asetyylikoliiniesteraasi on hermo-lihasliitoksen synapsiraossa läsnä oleva entsyymi, jonka tehtävä on hajottaa asetyylikoliinia ja kumota näin lihaksen supistuminen. Normaaliolosuhteissa asetyylikoliiniesteraasi vastaa siis lihaksen relaksoitumisesta. Anestesian yhteydessä lihasrelaksaatio kumotaan tavanomaisesti asetyylikoliiniesteraasin estäjillä (antikoliiniesteraasit), yleisimmin neostigmiinilla. Ne toimivat estämällä asetyylikoliinin hajoamisen, jolloin seurauksena on asetyylikoliinin kertyminen synapsirakoon. Asetyylikoliinin kertyessä se lopulta syrjäyttää lihasrelaksantin reseptoreissa, jolloin relaksaatio kumoutuu. (Wiatrowski, 2018.) Koska antikoliiniesteraasit eivät vaikuta spesifisti vain hermo-lihasliitolla, niiden annostelun seurauksena asetyylikoliinia kertyy kaikkialle elimistöön. Tällöin asetyylikoliinia sitoutuu myös parasympaattisen hermoston muskariinireseptoreihin. Tämän seurauksena voi esiintyä pahoinvointia, oksentelua, keuhkoputkien supistumista sekä bradykardiaa, ja tästä johtuen neostigmiinia annosteltaessa potilaalle annetaan myös antikolinergisia lääkkeitä, kuten atropiinia. (Nagelhout, 2013, Stawicki, 2018.)

Neostigmiinillä voidaan saavuttaa 0,9 ToF-suhde 10-20 minuutissa (Stawicki, 2018). Suurin suositeltu annos neostigmiiniä on 0,07 mg/kg tai 5 mg, kumpi vain on pienempi. Antikoliiniesteraaseilla on myös hermo-lihasliitoksessa yläraja, minkä saavutettua potilas ei enää hyödy ylimääräisestä neostigmiinistä. (Nagelhout, 2013.) Jos lihasrelaksaatio kumotaan neostigmiinillä, kahden ensimmäisen

ToF-vasteen tulee olla nähtävissä (Illman, 2012). Johtuen sekä hitaasta vaikutusajasta sekä siitä, ettei sillä voida kumota syvää relaksaatiota, neostigmiini ei ole ihanteellinen lääke lihasrelaksaation antagonisointiin (Alahuhta, 2012).

2000-luvulla kehitetty uusi lääke, sugammadeksi, tarjoaa vaihtoehdoisen keinon kumota lihasrelaksaatio. Sugammadeksi sitoutuu tiukasti 1:1 suhteessa hermolihaskalvon nikotiinireseptoreihin lihasrelaksanttimolekyyleihin (kuten rokuroni ja vekuroni), jolloin relaksantit eivät enää kykene sitoutumaan lihaskalvon nikotiinireseptoreihin. Lihasrelaksaatio voidaan kumota sugammadeksillä jopa 3 minuutissa, riippuen annostuksesta. (Stawicki, 2018; Fahmy, 2019.) Sugammadeksiä annosteltaessa on mahdollista kumota syvä lihasrelaksaatio turvalliselle ekstubaatiotasolle (Kuva 4) 17 kertaa nopeammin verrattuna neostigmiiniin (Alahuhta, 2012). Koska sugammadeksi vaikuttaa lihasrelaksanttimolekyyleihin spesifisti, sillä ei ole neostigmiinin tavoin vaikutuksia muskariinireseptoreihin eikä se siten aiheuta samankaltaisia haittavaikutuksia. Vaikka tutkimusten mukaan jäännösrelaksaatiota esiintyy vähemmän sugammadeksin käytön yhteydessä neostigmiiniin verraten, jäännösrelaksaatiota esiintyy silti myös sen käytössä. Tästä johtuen ei voida luottaa pelkkään lääkkeen käyttöön, vaan mahdollisimman turvallinen relaksaation kumoaminen edellyttää myös huolellista relaksaation monitorointia. (Wiatrowski, 2018.) Rajoitteena sugammadeksin rutiinikäyttöön on sen korkea hinta (Alahuhta, 2012). Aikuiselle tarkoitettu tavanomainen sugammadeksiannos on hinnaltaan neostigmiiniannokseen verrattuna noin 38-kertainen (Skants, 2015).



Kuva 4. Sugammadeksin vaikutusaika neostigmiiniin verrattuna. (Welliver, M. 2012) <http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.turkuamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=073001b1-a0ce-4b20-985a-dac0061e7dd8%40sdc-v-sessmgr03>.

5.5 Yhteenveto

Lihasselaksantit ovat lääkeyhmä, jotka estävät lihaksen supistumisen hermo-lihasliitostasolla, aiheuttaen täten lihasten lamaantumisen. Niitä hyödynnetään anestesiassa intubaation helpottamiseksi (lamaamalla nielun lihaksia) sekä optimoimaan kirurgisia olosuhteita (estämällä lihasten spontaanit liikkeet). Niiden lamaavaa vaikutusta seurataan sähköstimulaatiolla ja seuraamalla näin syntyviä vasteita lihaksessa. Erilaisia stimulaatiomenetelmiä ovat mm. yksittäiset stimulut, neljän sarja-stimulaatio, kaksoispurskestimulaatio sekä tetaaninen stimulaatio.

Jäännöselaksaatiolla tarkoitetaan tilaa, jossa potilaan lihasvoima on anestesian jälkeen puutteellisesti palautunut. Jäännöselaksaatiolle ominaista on erityisesti hengityselihasten heikkous, mikä puolestaan voi johtaa vakaviin haittavaikutuksiin. Lihasselaksanttien vaikutus kumotaan perinteisesti käyttämällä asetyylikoliiniesteraasin estäjää, neostigmiinia. Viimeisten vuosikymmenten aikana on kehitetty myös uusi kumoava lääke, sugammadeksi, joka tarjoaa vaihtoehdoisen keinon kumota lihaslama.

5.6 Oppimateriaali

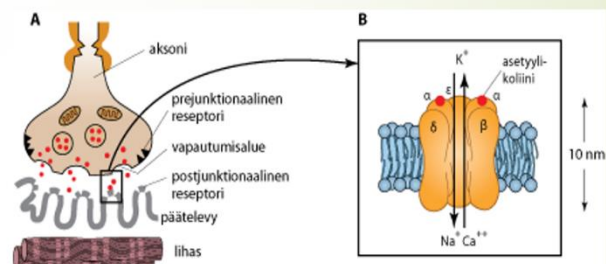
Aiheesta on luotu oppimateriaali, joka on Powerpoint-esityksen muodossa. Kyseinen oppimateriaali on liitetty tähän opinnäytetyöhön kuvina. Materiaaliin on tiivistetty tämän opinnäytetyön keskeisimmät tulokset. Diaesitystä voidaan käyttää oppimistarkoitukseen. Käytyään oppimateriaalin läpi opiskelija voi testata oppimaansa opinnäytetyön liiteosiosta löytyvällä tietotestillä. Testin kysymykset ovat monivalintamuodossa, ja oikeat vastaukset kysymyksiin löytyvät testin lopusta. Tietotestin ovat tehneet opinnäytetyön tekijät.



Hermo- lihasliitoksen rakenne

- Hermosto-lihasliitos koostuu motorisen hermon päätteestä (presynaptinen/prejunktioaalinen osa) ja lihassolun kalvosta sekä tähän kuuluvista reseptoreista (postsynaptinen/postjunktioaalinen osa).
- Päätteiden välissä on synapsirako, ja kokonaisuudessaan näistä rakenteista muodostuu hermo-lihasliitos. (Illman, 2012.)

- Vasemmalla (A) hermosto-lihasliitoksen rakenne ja oikealla (B) asetyylikoliinin sitoutuminen lihaskalvon nikotiinireseptoreihin.
- Depolarisaation tapahtuessa solun ja solunulkoisen tilan välillä tapahtuu aineenvaihduntaa (B-kohta)



Hermosto-lihasliitoksen rakenne ja toiminta. (Olkkola, K. 2014)
Saatavissa: <https://www.oppiportti.fi/op/ajit00105/do>.

Lihaksen supistuminen

- Supistuminen tapahtuu hermo-lihasliitoksen tasolla, kun välittäjäaine asetyylikoliini sitoutuu lihassolun nikotiinireseptoreihin.
- Asetyylikoliiniesteraasi on hermo-lihasliitoksessa läsnä oleva entsyymi, joka rikkoo asetyylikoliinimolekyyliä, joten se vastaa normaaliolosuhteissa lihaksen rentoutumisesta.
- Asetyylikoliinin sitoutuessa reseptoreihin solun ionikanavat aukenevat. Tätä kutsutaan depolarisaatioksi. (Illman, 2012.)

Yleistä lihasrelaksanteista

- Lihasrelaksantit ovat hermo-lihasliitosta lamaava lääkeryhmä, joita hyödynnetään anestesiassa intubaation helpottamiseksi (lamaamalla nielun lihaksia) sekä optimoimaan kirurgisia olosuhteita (estämällä lihasten spontaanit liikkeet) (Cook, 2019).
- Vuonna 1942 julkaistiin ensimmäinen raportti lihasrelaksanttien (kurare) käytöstä yleisanestesian yhteydessä (Oikkola, 2014).
- Ensimmäinen lihasrelaksanttina käytetty yhdiste oli kurare (eurooppalaiset alkoivat tutkia vaikutusmekanismia 1700-luvulla), ja 1900-luvulla sen pohjalta on kehitelty uusia lihasrelaksantteja (Welliver, 2012).
- Käytössä olevat lihasrelaksantit jakautuvat depolarisoiviin ja nondepolarisoiviin lihasrelaksantteihin.

Depolarisoivat lihasrelaksantit

- Suksametoni (suksinyylikoliini) on ainoa Suomessa kliinisessä käytössä oleva depolarisoiva lihasrelaksantti.
- Vaikuttaa sitoutumalla asetyylikoliinin tavoin lihaskalvon nikotiinireseptoreihin, aiheuttaen ionikanavien avautumisen ja vahvan depolarisaation, eli hyperpolarisaation. Hyperpolarisaatio ilmenee lihaksen vahvana ja hallitsemattomana supisteluna (faskikulaatio), minkä jälkeen lihassolun ionikanavat sulkeutuvat, ja lihas lamaantuu. (Illman, 2012.)
- Vaikutus alkaa sen annostelun jälkeen yhden minuutin sisällä, ja sen vaikutus kestää neljästä kuuteen minuuttiin (Stawicki, 2018).

Depolarisoivat lihasrelaksantit

- Käyttö painottuu pääsääntöisesti tilanteisiin, joissa halutaan saavuttaa nopea ja lyhytkestoinen relaksaatio, kuten anestesian alussa intubaation helpottamiseksi.
- Haittavaikutustensa takia suksametonin käyttö on vähenemässä.
- Haittavaikutuksiin luetaan mm. brady- tai takykardia, muutokset verenpaineessa, silmänpaineen nousu, sekä mahalaukun ja kallon sisäisen paineen nousu. Hyperkaleemisilla potilailla huomioitava kaliumin vapautuminen.
- Lisäksi suksametoni voi laukaista (harvoin) malignin hypertermian, johon liittyy suuri kuolleisuus. (Oikkola, 2018.)

Nondepolarisoivat lihasrelaksantit

- Aiheuttavat lihaksen lamaantumisen sitoutumalla lihaskalvon nikotiinireseptoreihin, vieden asetyylikoliinin paikan reseptoreissa
→ välittäjäaine ei pysty sitoutumaan, ja lihassolun depolarisaatio estyy.
- Voidaan jakaa niiden kemiallisen rakenteen perusteella kahteen ryhmään: steroidirakenteisiin sekä betsyyli-isokinolonirakenteisiin relaksantteihin. (Cook, 2019.)
- Vaikutus on ensin havaittavissa pienissä lihaksissa, ja hitaimmin niiden vaikutus nähdään hengityslihaksissa. Relaksaation kumoutuessa mekanismi on päinvastainen: hengityslihasten toiminta palautuu ensimmäiseksi. (Olkkola, 2018.)

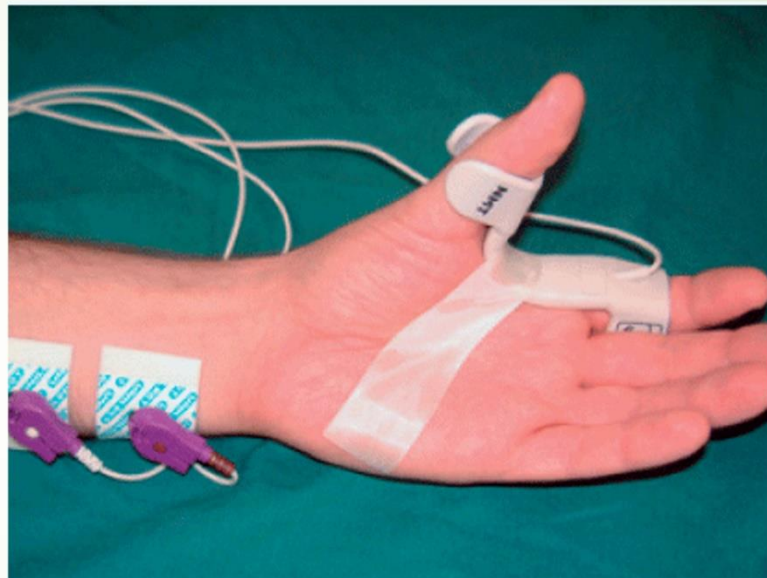
Nondepolarisoivat lihasrelaksantit

- Nondepolarisoivista lihasrelaksanteista Suomessa käytössä on mivakuuri, pankuroni, rokuroni, sisatrakuuri sekä vekuroni, ja nämä lihasrelaksantit eroavat toisistaan pääsääntöisesti vaikutusten keston sekä sivuvaikutusten osalta.
- Vaikutusajan perusteella lääkkeet voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan: lyhytvaikutteisiin (mivakuuri), keskipitkävaikutteisiin (sisatrakuuri, rokuroni ja vekuroni) sekä pitkävaikutteisiin (pankuroni). (Plummer-Roberts, 2016; Olkkola, 2018.)
- Suomessa näistä lääkkeistä eniten käytetään rokuronia (Skants, 2015).

Lihaskrelaksaation monitorointi

- Tärkeässä roolissa relaksaatiosta aiheutuvien haittavaikutusten ehkäisemisessä, sillä hyvällä monitoroinnilla pystytään ennaltaehkäisemään havaitsematta jäänyttä lihaskrelaksaatiota.
- Salpauksen seuranta pohjautuu perifeerisen hermon sähköiseen stimulaatioon ja siitä aiheutuviin lihaskvasteisiin.
- Yleisimmin hermostimulaatioon käytetään kynnärhermoa, jolloin siitä aiheutuva vaste nähdään peukalon lähentäjälihakessa (m. adductor pollicis). (Illman, 2012.)
- Voidaan käyttää erilaisia stimulaatiomenetelmiä, joita ovat yksittäiset stimulukset (single twitch), neljän sarja-stimulaatio (train of four), kaksoispurskestimulaatio (double burst stimulation) sekä tetaaninen stimulaatio (Oikkola, 2014).

- Hermo-lihasliitoksen salpauksen valvonta käyttäen transkutaanista stimulaatiota ja lihaskvasteen mittaamista kinemyografialla.



Oikkola, K. 2014. Saatavissa: <https://www.oppiportti.fi/op/ajit00110/do>.

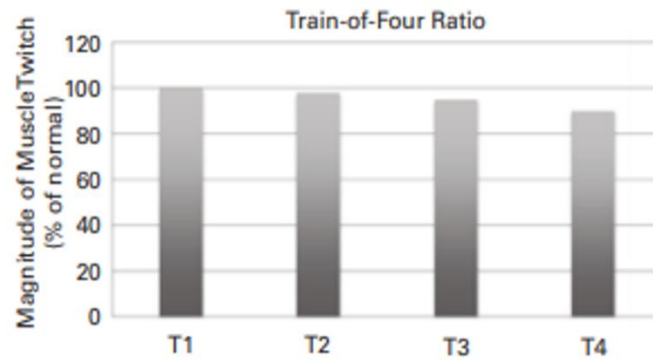
Single-twitch-menetelmä

- Annetaan yksittäisiä vahvoja sähköimpulsseja, joita seuraa yksittäinen lihaksen supistuminen. Käytettävä taajuus on 0,1-1,0 Hz.
- Menetelmä on nykypäivänä astumassa syrjään, sillä sitä käytettäessä on vaikea arvioida relaxsaation syvyyttä. (Illman, 2012.)

Neljän sarja-stimulaatio (Train of Four)

- Annetaan neljä peräkkäistä vahvaa sähköärsykettä 2 Hz:n taajuudella.
 - ➔ Näistä aiheutuvia vasteita verrataan keskenään.
- Lamautumisesta kertoo ToF-suhde (train-of-four-suhde), joka mitataan vertaamalla neljättä vastetta ensimmäiseen (neljäs vaste jaettuna ensimmäisellä vasteella).
- Normaaliolosuhteissa kaikki neljä sähkövastetta ovat yhtä suuria, jolloin ToF-suhde=1,0. Nondepolarisoivia lihasrelaksantteja annosteltaessa nämä vasteet heikkenevät toistuvien ärsykkeiden seurauksena, jolloin ToF-suhde pienenee.
- Lihassoiman katsotaan olevan palautuneen riittävästi, kun suhde on tasolla $\geq 0,9$, eli neljäs vaste on suuruudeltaan 90% tai enemmän verrattuna ensimmäiseen vasteeseen. (Oikkola, 2014.)

ToF-suhde 0,9.



(Wiatrowski, R. 2018) Saatavissa:
<http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.turkuamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=15&sid=073001b1-a0ce-4b20-985a-dac0061e7dd8%40sdc-v-sessmgr03>

Tetaaninen stimulaatio

- Syvän relaksaation mittaamiseen voidaan käyttää tetaanista stimulaatiota, sillä neljän sarja-stimulaatiolla ei saada aikaan havaittavia vasteita syvässä relaksaatiossa.
- Potilaalle annetaan vahva, 5 sekuntia kestävä 50 Hz sähköimpulssi, josta koituva vaste olisi normaaliolosuhteissa yhtä suuri koko stimulaation ajan. Lihasrelaksanttien annostelun jälkeen tämä vaste heikkenee.
- Vahvan impulssin jälkeen lihaksen vaste ärsykeille on väliaikaisesti kohonnut, jolloin puhutaan post-tetaanisesta potentiaatiosta. Kyseistä ilmiötä käytetään hyödyksi syvää relaksaatiota mitattaessa antamalla yksittäisiä sähköärsykeitä ja laskemalla näistä syntyneiden vasteiden lukumäärä. (Olkkola, 2014.)
- Kun vasteita on 12-15, näkyy myös T1-vaste. Mikäli vasteita ei tule lainkaan näkyviin, on kyseessä erittäin syvä lihasrelaksaatio. (Illman, 2012.)

Kaksoispurske- stimulaatio

- Annetaan 750 ms välein kaksi lyhyttä (50 Hz) kolmesta impulsista koostuvaa pusketta, jotka aiheuttavat lihaksessa kaksi vastetta.
- Osittaisen relaksaation ollessa läsnä menetelmällä havaitaan fade-ilmiö neljän sarja-stimulaatiota herkemmin.
- Vasteen heikkenemistä voidaan hyvällä tarkkuudella arvoida ToF-suhteen ollessa 0,6-0,7 tai alhaisempi, muttei suhteen ollessa korkeampi, mistä johtuen kyseisen menetelmän käyttö on vähenemässä. (Illman, 2012.)

Objektiivinen ja subjektiivinen monitorointi

- Lamaantumista voidaan mitata subjektiivisin sekä objektiivisin menetelmin.
- Subjektiivisesti mitattaessa hermostimulaatiovasteita tulkitaan subjektiivisin menetelmin tarkoittaen sitä, että vasteen suuruutta arvioidaan mm. käsin tunnustelemalla tai silmämääräisesti. Tuloksen tarkkuus riippuu siis arvioijan tulkinnasta, mistä johtuen riski virhearvioille on suuri. (Dunworth, 2016.)
- Objektiivisesti eli kvantitatiivisesti mitattaessa monitorointiin käytettävä laite sekä tuottaa sähköstimulaation että mittaa sen aiheuttamaa vastetta lihaksessa (Illman, 2012). Objektiivisilla mittausmenetelmillä mahdollistetaan tarkka arvio lihasrelaksaatiosta, ja täten lihaslamasta johtuvia mahdollisia haittavaikutuksia voidaan vähentää (Hund, 2016; Dunworth, 2018).

Jäännösrelaksaatio

- Tila, jossa anestesian jälkeen lihasvoima on puutteellisesti palautunut (Nagelhout, 2013).
- Voi olla vakavia haittavaikutuksia, jotka johtuvat hengityslihasten puutteellisesta palautumisesta. Näitä ovat mm. ventilaatiovajaus, hapenpuutos, nielulihasten heikkous, suurentunut aspiraatoriski sekä hypoksisen ventilaatiovasteen heikkous. (ShuYing, 2018; Stawicki, 2018.)
- Jäännösrelaksaation jättäminen huomioimatta voi johtaa potilaan kuolemaan (Wiatrowski, 2018).
- Jäännösrelaksaation riskiä kasvattaviin tekijöihin luetaan mm. ikä, uniapnea, ylipaino. Jäännösrelaksaation riski on kuitenkin olemassa kaikilla potilailla, joille annostellaan lihasrelaksantteja. (Stawicki, 2018.)

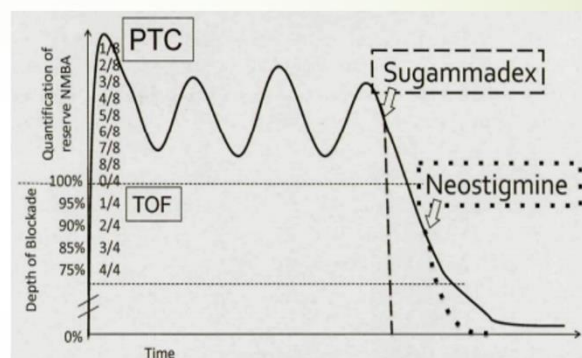
Lihasselaksaation kumoaminen (Neostigmiini)

- Anestesian yhteydessä lihasrelaksaatio kumotaan tavanomaisesti asetyylikoliiniesteraasin estäjillä (antikoliiniesteraasit), yleisimmin neostigmiinilla, jotka toimivat estämällä asetyylikoliinin hajoamisen.
- Seurauksena on asetyylikoliinin kertyminen synapsirakoon. Asetyylikoliinin kertyessä se lopulta syrjäyttää lihasrelaksantin reseptoreissa, jolloin relaksaatio kumoutuu. (Wiatrowski, 2018.)
- Antikoliiniesteraasit eivät vaikuta vain hermo-lihasliitolla, vaan niiden käytön seurauksena asetyylikoliinia kertyy kaikkialle elimistöön, jolloin sitä sitoutuu myös parasympaattisen hermoston muskariinireseptoreihin. Tämän seurauksena voi esiintyä pahoinvointia, oksentelua, keuhkoputkien supistumista sekä bradykardiaa, mistä johtuen neostigmiinia annosteltaessa potilaalle annetaan myös antikolinergisia lääkkeitä, kuten atropiinia. (Nagelhout, 2013; Stawicki, 2018.)
- Neostigmiinillä voidaan saavuttaa 0,9 ToF-suhde 10-20 minuutissa (Stawicki, 2018).
- Suurin suositeltu annos neostigmiiniä on 0,07 mg/kg tai 5 mg, kumpi vain on pienempi.
- Antikoliiniesteraaseilla on hermo-lihasliitoksessa yläraja, minkä saavutettua potilas ei enää hyödy ylimääräisestä neostigmiinista. (Nagelhout, 2013.)
- Jos lihasrelaksaatio kumotaan neostigmiinillä, kahden ensimmäisen ToF-vasteen tulee olla nähtävissä (Illman, 2012).
- Johtuen sekä hitaasta vaikutusajasta sekä siitä, ettei sillä voida kumota syvää relaksaatiota, neostigmiini ei ole ihanteellinen lääke lihasrelaksaation antagonisointiin (Alahuhta, 2012).

Lihasselaksaation kumoaminen (Sugammadeksi)

- Kehitetty 2000-luvulla.
- Sitoutuu tiukasti 1:1 suhteessa hermo-lihasliitoksessa vapaana oleviin steroidirakenteisiin lihasrelaksanttimolekyyleihin (kuten rokuroni ja vekuroni), jolloin relaksantit eivät enää kykene sitoutumaan lihaskalvon nikotiinireseptoreihin.
- Lihasselaksaatio voidaan kumota sugammadeksillä jopa 3 minuutissa, riippuen annostuksesta. (Stawicki, 2018; Fahmy, 2019.)
- Sugammadeksiä annosteltaessa on mahdollista kumota syvä lihasrelaksaatio turvalliselle ekstubaatiotasolle ($\geq 0,9$) 17 kertaa nopeammin verrattuna perinteisesti käytettyyn neostigmiiniin (Alahuhta, 2012).
- Ei ole neostigmiinin tavoin vaikutuksia muskariinireseptoreihin eikä se siten aiheuta samankaltaisia haittavaikutuksia.
- Vaikka tutkimusten mukaan jäännöselaksaatiota esiintyy vähemmän sugammadeksin käytön yhteydessä neostigmiiniin verraten, jäännöselaksaatiota esiintyy silti myös sen käytössä. (Wiatrowski, 2018.)
- Rajoitteena sugammadeksin rutiininomaiselle käytölle on sen korkea hinta (Alahuhta, 2012).

- Sugammadeksin vaikutusaika neostigmiiniin verrattuna.
- Sugammadeksi kykenee kumoamaan myös syvän relaksaation.



Welliver, M. 2012. Saatavissa: <http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.turkuamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=073001b1-a0ce-4b20-985a-dac0061e7cd8%40sdc-v-sessmgr03>.

Lähteet:

- Illman, H. 2012. Lihasrelaksaation monitorointi käytännön työssä. *Finnanest.* Vol. 45. No. 3. 218-223.
- Olkkola, K. 2014. Hermo-lihasliitoksen rakenne. *Anestesiologia ja tehohoito. Duodecim Oppiportti.* Viitattu 31.3.2020. <https://www.oppiportti.fi/op/ajit00105/do>
- Wiatrowski, R. 2018. Residual Neuromuscular Blockade: Evidence-Based Recommendations to Improve Patient Outcomes. *American Association of Nurse Anesthetics Journal.* Vol. 86. No. 2. 157-165.
- Olkkola, K. 2014. Lihasrelaksanttien historia. *Anestesiologia ja tehohoito. Duodecim Oppiportti.* Viitattu 31.3.2020. https://www.oppiportti.fi/op/ajit00104/do?p_haku=lihasrelaksantti#q=lihasrelaksantti
- Welliver, M. 2012. Neuromuscular blockade and reversal: new opportunities for a new era. *American Association of Nurse Anesthetics Journal.* 11-19.
- Plummer-Roberts, A.; Trost, C.; Collins, S. & Hewer, I. 2016. Residual Neuromuscular Blockade. *American Association of Nurse Anesthetics Journal.* Vol. 84. No. 1. 57-64.
- Stawicki, N. & Gessner, P. 2018. Residual Neuromuscular Blockade in the Critical Care Setting. *American Association of Critical-Care Nurses. Advanced Critical Care.* Vol. 29. No. 1. 15-23.
- Olkkola, K. 2018. Depolarisoivat lihasrelaksantit. *Lääketieteellinen Farmakologia ja Toksikologia. Duodecim Terveystietä.* Viitattu 31.3.2020. https://www.terveysportti.fi/terveysportti/dlr_laake.koli?p_haku=lihasrelaksantti
- Cook, D.; Simons, D. 2019. Neuromuscular Blockade. StatPearls Publishing. Viitattu 31.3.2020. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538301/>
- Olkkola, K. 2018. Nondepolarisoivat lihasrelaksantit. *Lääketieteellinen farmakologia ja toksikologia. Duodecim Oppiportti.* Viitattu 31.3.2020. https://www.oppiportti.fi/op/ajit00286/do?p_haku=lihasrelaksantti#q=lihasrelaksantti

- Skants, N; Takala, A; Jousela, I. 2015. Toimiiko kustannuslaskuri kliinikon lääkevalinnan tukena? *Lääkärelehti. Raportit ja käytännöt.* Vol. 70. 1608-1610.
- Olkkola, K. 2014. Hermo-lihasliitoksen salpauksen valvonta. *Anestesiologia ja tehohoito. Duodecim Oppiportti.* Viitattu 31.3.2020. <https://www.oppiportti.fi/op/ajit00110/do>
- Hund, H; Rice, M; Ehrenfeld, J. 2016. An Evaluation of the State of Neuromuscular Blockade Monitoring Devices. *Journal of Medical Systems.* Vol. 40. No. 12. 1-9.
- Dunworth, B; Sandberg, W; Morrison, S; Lutz, C; Wanderer, J; O'Donnell. Implementation of Acceleromyography to Increase Use of Quantitative Neuromuscular Blockade Monitoring: A Quality Improvement Project. *American Association of Nurse Anesthetics Journal.* Vol. 86. No. 4. 269-277.
- Nagelhout, J. 2013. Reversal of Neuromuscular Blocking Agents: Current Practise. *American Association of Nurse Anesthetics Journal.* 8-11.
- ShuYing, F; WenDong, L; XiNing, Z; ShengJin, G; ZhangGang, X. 2018. Quantitative Relationships between Pulmonary Function and Residual Neuromuscular Blockade. *BioMed Research International.* Vol. 2018. 1-6.
- Alahuhta, S. 2012. Lihasrelaksaatio nykyaikaisessa anestesiassa. *Finnanest.* Vol. 45. No. 3. 216-217.
- Fahmy, N; Hamawy, T; Labib, H. 2019. Rocuronium reversal: sugammadex versus neostigmine in asthmatic patients undergoing open cholecystectomy. *Ain Shams Journal of Anesthesiology.* Vol. 11. No. 32. 1-5.

6 EETTISYYS JA LUOTETTAVUUS

Opinnäytetyö toteutettiin noudattaen hyvän tieteellisen käytännön oleellisia standardeja, joiden tutkimuseettinen neuvottelukunta katsoo olevan rehellisyys sekä huolellisuus ja tarkkuus niin työtä tehdessä, kuin tietoa kerätessä ja sitä esiteltäessä. Tieteellistä tietoa käsiteltäessä ja tuloksia julkistaessa tulee noudattaa avoimuutta sekä vastuullisuutta. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2012, 6.) Tätä työtä tehdessä noudatettiin edellä mainittuja standardeja. Opinnäytetyötä tehtiin noudattaen huolellisuutta ja tarkkuutta työn eri vaiheissa. Käytetyt lähteet hankittiin asianmukaisista tietokannoista ja niiden sisältö tuotiin työhön muuttumattomana, kuitenkin suoraan kopioimatta.

Tällä opinnäytetyöllä oli kaksi tekijää. Molemmat tekijät käyttivät samoja hakusanoja ja dokumentoivat hakuprosessin sekä löytyneet artikkelit. Kaikki löydetyt artikkelit luettiin kerran läpi molempien tekijöiden toimesta, jotta päästiin yksimielisyyteen artikkeleissa käsiteltävistä aiheista. Tietoa etsiessä hakutulokset rajattiin siten, että käytettävät artikkelit ja tutkimukset ovat enintään 10 vuotta vanhoja. Täten pyritään varmistamaan, että työssä käytettävä tieto on ajankohtaista. Opinnäytetyön luotettavuutta lisää se, että tiedonhaussa on hyödynnetty kansainvälisiä lähteitä ja lähteet on pyritty valitsemaan siten, että ne vastaavat mahdollisimman hyvin opinnäytetyötä ohjaaviin kysymyksiin. Käytettävät tiedonlähteet ovat avoimia ja ne merkitään oikeaoppisesti lähdeluetteloon siten, että ne ovat kaikille saatavilla. Asianmukaisilla lähdeviittauksilla muiden tutkijoiden tekemä työ huomioidaan kunnioittavasti. Tiedonhaun prosessi dokumentoidaan eli hakutulokset, hakusanat ja tietokannat kirjataan muistiin ja esitellään opinnäytetyössä luotettavuuden varmistamiseksi. Tällöin lukija voi halutessaan tarkistaa tiedon alkuperäisistä lähteistä. Työn valmistuttua käytetään URKUND-ohjelmaa, jolla työ tarkastetaan plagioinnin varalta. Opinnäytetyö on kirjallisuuskatsaus, joten työssä ei käsitellä henkilötietoa, eikä se täten uhkaa kenenkään yksityisyysuojaa. Koska kyseessä on kirjallisuuskatsaus, tutkimuslupaa ei opinnäytetyötä varten tarvita.

7 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli kartoittaa tietoa lihasrelaksanteista ja luoda oppimateriaalia sairaanhoitajaopiskelijoille. Opinnäytetyön aihe koettiin merkitykselliseksi, sillä lihasrelaksaation puutteellinen palautuminen voi johtaa vakaviin komplikaatioihin ja jopa kuolemaan. Työhön valituissa artikkeleissa jäännösrelaksaatio nousee runsaasti esiin, minkä takia siihen syvennyttään myös tässä työssä. Vuonna 2010 Euroopan sekä Yhdysvaltojen anestesiologeille järjestetyssä suuressa kyselyssä tuli ilmi, että 77 prosenttia vastaajista pitää jäännösrelaksaatiota merkittävänä terveysuhkana. Tästä huolimatta 41 prosenttia vastaajista kertoi, ettei rutiininomaisesti monitoroi lihasrelaksaatiota. (Wiatrowski, 2018.) Myös Illman (2012) tuo julkaisussaan esiin tutkimuksia, joista ilmenee että peräti 60 prosenttia tutkimuksiin vastanneista anestesiologeista ei monitoroi lihasrelaksaatiota. Oikeaoppinen monitorointi on oleellista lihasrelaksanttien haittavaikutuksia ehkäistäessä, mistä johtuen asia on nostettu materiaalissa esiin.

Useammassa artikkelissa on myös mainintaa 2000-luvulla kehitetystä lääkkeestä, sugammadeksista, jolla kyetään kumoamaan lihasrelaksanttien vaikutus, jopa perinteisesti käytettyä neostigmiiniä tehokkaammin. Sitä käyttäessä on mahdollista kumota syvä lihasrelaksaatio turvalliselle ekstubaatiotasolle 17 kertaa nopeammin verrattuna neostigmiiniin (Alahuhta, 2012). Rajoittavana tekijänä sen rutiininomaiselle käytölle on sen hinta. Sugammadexin käyttö ei poissulje jäännösrelaksaation mahdollisuutta, mutta sen käytön yhteydessä jäännösrelaksaatiota ilmenee vähemmän kuin neostigmiiniä käyttäessä (Wiatrowski, 2018). Johtuen sen hyödyistä neostigmiiniin verraten, on mahdollista, että sugammadexi vakiinnuttaa tulevaisuudessa paikkansa ensisijaisena lihasrelaksaation kumoamislääkkeenä. Sugammadexi on kuitenkin suhteellisen tuore lääke, joten sen käytöstä tarvitaan lisätutkimusta.

Opinnäytetyön pohjalta on luotu oppimateriaalia powerpoint-esitys jota voidaan jatkossa hyödyntää perioperatiivisen hoitotyön opetuksessa. On kuitenkin huomioitava, että oppimateriaali ei ole vielä ollut konkreettisesti käytössä, joten näyttöä sen toimivuudesta oppimisen tukena ei toistaiseksi ole. Näyttöä

toimivuudesta voidaan saada mm. kyselylomakkein, joilla saadaan selvitettyä käyttäjäkokemuksia. Näiden käyttäjäkokemusten pohjalta voidaan oppimateriaalia jatkossa edelleen kehittää.

LÄHTEET

- Alahuhta, S. 2012. Lihasselaksaatio nykyaikaisessa anestesiassa. *Finnanest.* Vol. 45. No. 3. 216-217.
- Cook, D.; Simons, D. 2019. *Neuromuscular Blockade.* StatPearls Publishing. Viitattu 16.1.2020. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538301/>
- Dunworth, B; Sandberg, W; Morrison, S; Lutz, C; Wanderer, J; O'Donnell. Implementation of Acceleromyography to Increase Use of Quantitative Neuromuscular Blockade Monitoring: A Quality Improvement Project. *American Association of Nurse Anesthetics Journal.* Vol. 86. No. 4. 269-277.
- Ekonoja, A. 2014. Oppimateriaalien kehittäminen, hyödyntäminen ja rooli tieto- ja viestintäteknikan opetuksessa. *Jyväskylä studies in computing* 193. Väitöskirja. Informaatioteknologian tiedekunta. Jyväskylä: Jyväskylän opisto.
- Fahmy, N; Hamawy, T; Labib, H. 2019. Rocuronium reversal: sugammadex versus neostigmine in asthmatic patients undergoing open cholecystectomy. *Ain Shams Journal of Anesthesiology.* Vol. 11. No. 32. 1-5.
- Ferrari, R. 2015. Writing narrative style literature reviews. *Medical Writing.* Vol. 24. No. 4. 230-234.
- Gregory, A.; Robert Denniss, A. 2018. An Introduction to Writing Narrative and Systematic Reviews — Tasks, Tips and Traps for Aspiring Authors. *Heart, Lung and Circulation.* Vol. 27. 893-898.
- Grissinger, M. 2019. Paralyzed by Mistakes – Reassess the Safety of Neuromuscular Blockers in Your Facility. *Pharmacy & Therapeutics.* Vol. 44. No. 3. 91-107.
- Hiidenmaa, S. 2008. Powerpoint-oppimateriaali oppimisen edistämiseksi. Kehittämishankkeen raportti. Opinnäytetyö. Ammatillinen opettajakorkeakoulu. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 30.3.2020. <https://www.theseus.fi/handle/10024/19889>
- Hund, H; Rice, M; Ehrenfeld, J. 2016. An Evaluation of the State of Neuromuscular Blockade Monitoring Devices. *Journal of Medical Systems.* Vol. 40. No. 12. 1-9.
- Illman, H. 2012. Lihasselaksaation monitorointi käytännön työssä. *Finnanest.* Vol. 45. No. 3. 218-223.
- Koulu, M; Mervaala, E. 2013. Farmakologia ja toksikologia. 221-230. Turku & Helsinki. Medicina.
- Meretoja, O. 2010. Lihasselaksaatio ja sen kumoamismahdollisuudet. *Finnanest.* Vol. 43. No. 5. 420-426.
- Nagelhout, J. 2013. Reversal of Neuromuscular Blocking Agents: Current Practise. *American Association of Nurse Anesthetics Journal.* Joulukuu 2013 Lehtilisäys. 8-11.
- Olkkola, K. 2014. Hermo-lihasliitoksen rakenne. *Anestesiologia ja tehohoito.* Duodecim Oppiportti. Viitattu 4.3.2020. <https://www.oppiportti.fi/op/ajt00105/do>
- Olkkola, K. 2014. Hermo-lihasliitoksen salpauksen valvonta. *Anestesiologia ja tehohoito.* Duodecim Oppiportti. Viitattu 4.3.2020. <https://www.oppiportti.fi/op/ajt00110/do>

- Olkkola, K. 2014. Lihasselaksanttien historia. Anestesiologia ja tehohoito. Duodecim Oppiportti. Viitattu 11.2.2020. https://www.oppiportti.fi/op/ajt00104/do?p_haku=lihasrelaksantit#q=lihasrelaksantit
- Olkkola, K. 2018. Depolarisoivat lihasrelaksantit. Lääketieteellinen Farmakologia ja Toksikologia. Duodecim Terveysportti. Viitattu 19.1.2020. https://www.terveysportti.fi/terveysportti/dlr_laake.koti?p_hakuehto=lihasrelaksantit
- Olkkola, K. 2018. Hermo-lihasliitosta lamaavat lääkeaineet. Lääketieteellinen farmakologia ja toksikologia. Duodecim Oppiportti. Viitattu 16.1.2020. <https://www.oppiportti.fi/op/lft00285/do>
- Olkkola, K. 2018. Nondepolarisoivat lihasrelaksantit. Lääketieteellinen farmakologia ja toksikologia. Duodecim Oppiportti. Viitattu 10.3.2020. https://www.oppiportti.fi/op/lft00286/do?p_haku=lihasrelaksantit#q=lihasrelaksantit
- Plummer-Roberts, A.; Trost, C.; Collins, S. & Hewer, I. 2016. Residual Neuromuscular Blockade. American Association of Nurse Anesthetics Journal. Vol. 84. No. 1. 57-64.
- Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasa. Vaasan yliopiston julkaisuja. Opetusjulkaisuja 62. Julkisjohtaminen 4.
- ShuYing, F; WenDong, L; XiNing, Z; ShengJin, G; ZhangGang, X. 2018. Quantitative Relationships between Pulmonary Function and Residual Neuromuscular Blockade. BioMed Research International. Vol. 2018. 1-6.
- Skants, N; Takala, A; Jousela, I. 2015. Toimiiko kustannuslaskuri klinikon lääkevalinnan tukena? Lääkärilehti. Raportit ja käytännöt. Vol. 70. 1608-1610.
- Stawicki, N. & Gessner, P. 2018. Residual Neuromuscular Blockade in the Critical Care Setting. American Association of Critical-Care Nurses. Advanced Critical Care. Vol. 29. No. 1. 15-23.
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Viitattu 28.1.2020. https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf
- Vainionpää, J. 2006. Erilaiset oppijat ja oppimateriaalit verkko-opiskelussa. Acta Electronica Universitatis Tamperensis 1133. Väitöskirja. Kasvatustieteellinen tiedekunta. Tampere: Tampereen yliopisto.
- Welliver, M. 2012. Neuromuscular blockade and reversal: new opportunities for a new era. American Association of Nurse Anesthetics Journal. Joulukuu 2012 Lehtiliite. 11-19.
- Wiatrowski, R. 2018. Residual Neuromuscular Blockade: Evidence-Based Recommendations to Improve Patient Outcomes. American Association of Nurse Anesthetics Journal. Vol. 86. No. 2. 157-165.
- Wilson, J.; Collins, A. & Rowan, B. 2012. Residual Neuromuscular Blockade in Critical Care. Critical Care Nurse. Vol. 32. No. 3.

Tietotesti sairaanhoidon opiskelijoille

Alla on monivalintakysymyksiä lihasrelaksanteista. Vastaa tietosi mukaisesti, oikeita vastauksia on jokaista kysymystä kohti vain yksi. Oikeat vastaukset löytyvät testin lopusta.

1. Mikä on Suomessa yleisimmin käytetty lihasrelaksantti?
 - a) Rokuroni
 - b) Suksinyylikoliini
 - c) Sugammadeksi
2. Mitä näistä pidetään nykyään turvallisena ToF-suhteena anestesian lopettamiseen?
 - a) $\geq 0,8$
 - b) $\geq 0,7$
 - c) $\geq 0,9$
3. Miten nondepolarisoivat lihasrelaksantit lamaavat lihaksen?
 - a) Aiheuttamalla ionikanavien avautumisen ja vahvan hyperpolarisaation
 - b) Kilpailemalla asetyylikoliinin kanssa lihaskalvon reseptoreista
 - c) Sitoutumalla asetyylikoliinimolekyyleihin, jolloin asetyylikoliini ei enää kykene sitoutumaan reseptoreihin
4. Mitä depolarisoivia lihasrelaksantteja Suomessa on käytössä?
 - a) D-tubokurariini
 - b) Suksametoni
 - c) Kurare, dekametonium
5. Mitä tarkoitetaan jäännösrelaksaatiolla?
 - a) Tilaa, jossa lihasvoima on hetkellisesti palautunut
 - b) Tilaa, jossa lihasvoima on puutteellisesti palautunut
 - c) Tilaa, jossa lihasvoima palautuu jaksottaisesti
6. Mitkä ovat jäännösrelaksaation tyypillisiä oireita?
 - a) Virtsankarkailu, ulosteen pidättämisongelmat
 - b) Hapenpuutos, ventilaatiovajaus, suurentunut aspiraatoriski
 - c) Tasapaino-ongelmat

7. Kun halutaan kumota syvä relaksaatio neostigmiinillä, tulee ensin
 - a) Antaa bolus-annos neostigmiinia
 - b) Odottaa spontaania palautumista, kunnes vähintään kaksi ensimmäistä ToF-vas-tetta on näkyvissä
 - c) Aloittaa hidas neostigmiini-infuusio

8. Mihin perustuu kumoamislääke neostigmiinin vaikutusmekanismi?
 - a) Lihasselaksanttimolekyyleihin sitoutumiseen
 - b) Asetyylikoliinin kertymiseen
 - c) Lihasselaksanttimolekyyleiden hajoamiseen

9. Mihin perustuu kumoamislääke sugammadeksin vaikutusmekanismi?
 - a) Asetyylikoliinin kertymiseen
 - b) Lihasselaksanttimolekyyleihin sitoutumiseen
 - c) Aineenvaihdunnan nopeutumiseen

10. Mitä tarkoittaa faskikulaatio?
 - a) Lihaksen lamaantuminen
 - b) Lihaksen vahva ja hallitsematon supistelu
 - c) Lihassolujen hajoaminen

Alta löytyvät oikeat vastaukset. Mikäli saat kysymyksistä alle 7 oikein, kertaa materiaalia vielä lisää.

Vastaukset (Oikeat vastaukset merkattu vihreällä värillä [O], väärät punaisella [V]):

1. Mikä on Suomessa yleisimmin käytetty lihasrelaksantti?
 - a) Rokuroni (O)
 - b) Suksinyylikoliini (V)
 - c) Sugammadeksi (V)

2. Mitä näistä pidetään nykyään turvallisena ToF-suhteena anestesian lopettamiseen?
 - a) $\geq 0,8$ (V)
 - b) $\geq 0,7$ (V)
 - c) $\geq 0,9$ (O)

3. Miten nondepolarisoivat lihasrelaksantit lamaavat lihaksen?
 - a) Aiheuttamalla ionikanavien avautumisen ja vahvan hyperpolarisaation (V)
 - b) Kilpailemalla asetyylikoliinin kanssa lihaskalvon reseptoreista (O)

- c) Sitoutumalla asetyylikoliinimolekyyleihin, jolloin asetyylikoliini ei enää kykene sitoutumaan reseptoreihin (V)
4. Mitä depolarisoivia lihasrelaksantteja Suomessa on käytössä?
- D-tubokurariini, suksametoni (V)
 - Suksametoni (O)
 - Kurare, dekametonium (V)
5. Mitä tarkoitetaan jäännösrelaksaatiolla?
- Tilaa, jossa lihasvoima on hetkellisesti palautunut (V)
 - Tilaa, jossa lihasvoima on puutteellisesti palautunut (O)
 - Tilaa, jossa lihasvoima palautuu jaksottaisesti (V)
6. Mitkä ovat jäännösrelaksaation tyypillisiä oireita?
- Virtsankarkailu, ulosteen pidättämisongelmat (V)
 - Hapenpuutos, ventilaatiovajaus, suurentunut aspiraatoriski (O)
 - Tasapaino-ongelmat (V)
7. Kun halutaan kumota syvä relaksaatio neostigmiinillä, tulee ensin
- Antaa bolus-annos neostigmiinia (V)
 - Odottaa spontaania palautumista, kunnes vähintään kaksi ensimmäistä ToF-vastetta on näkyvissä (O)
 - Aloittaa hidas neostigmiini-infuusio (V)
8. Mihin perustuu kumoamislääke neostigmiinin vaikutusmekanismi?
- Lihasselaksanttimolekyyleihin sitoutumiseen (V)
 - Asetyylikoliinin kertymiseen (O)
 - Lihasselaksanttimolekyylien hajoamiseen (V)
9. Mihin perustuu kumoamislääke sugammadeksin vaikutusmekanismi?
- Asetyylikoliinin kertymiseen (V)
 - Lihasselaksanttimolekyyleihin sitoutumiseen (O)
 - Aineenvaihdunnan nopeutumiseen (V)
10. Mitä tarkoittaa faskikulaatio?
- Lihaksen lamaantuminen (V)
 - Lihaksen vahva ja hallitsematon supistelu (O)
 - Lihassolujen hajoaminen (V)