

Juuso Painio

**SEMENTTIKEUHKOEMBOLIAN ESIINTYVYYS
SELKÄKIRURGISISSA TOIMENPITEISSÄ TURUN
YLIOPISTOLLISESSA KESKUSSAIRAALASSA**

Syventävien opintojen kirjallinen työ

Kevätlukukausi 2025

Juuso Painio

SEMENTTIKEUHKOEMBOLIAN ESIINTYVYYS
SELKÄKIRURGISISSA TOIMENPITEISSÄ TURUN
YLIOPISTOLLISESSA KESKUSSAIRAALASSA

Kliininen laitos, Ortopedia ja traumatologia

Kevätlukukausi 2025

Vastuhenkilö: Katri Pernaa

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Oppiaine: Ortopedia ja traumatologia

Tekijä: Juuso Painio

Otsikko: Sementtikeuhkoembolian esiintyvyys selkäkirurgisissa toimenpiteissä TYKS:ssä

Ohjaaja: LT Katri Pernaa

Sivumäärä: 15 sivua

Päivämäärä: kevätlukukausi 2025

Tämän tutkielman aiheena on sementtikeuhkoembolia selkäkirurgisissa luudutustoimenpiteissä. Tavoitteena on selvittää sementtikeuhkoembolian yleisyyttä Turun yliopistollisen keskussairaalan selkäoperoiduilla potilailla. Sementtikeuhkoembolia on harvinainen nikamasegmentoinnin komplikaatio, jossa sementtiä ajautuu nikamakorpuksesta selkärangan viereisiin verisuoniin. Verisuoniston kautta kovettuva sementti voi aiheuttaa ei-toivotun sementtikeuhkoembolian. Sementtikeuhkoemboliaan vaikuttavia tekijöitä, jotka on syytä huomioida toimenpiteen aikana, ovat muun muassa pedikkeliruvien lukumäärä, sementin tilavuus, sementin viskositeetti, luudutettavien nikamien taso. Työn tarkoituksena on toimia selkäortopedian laaduntarkkailutyönä, sillä materiaaliltaan ei tutkielmasta voida tehdä merkittäviä johtopäätöksiä tai yleistyksiä.

Aineistoon kuuluivat kaikki kuuden vuoden aikana (1.6.2017-1.6.2023) Turun yliopistollisessa keskussairaalassa leikatut selkäpotilaat, joiden toimenpidemerkintöihin leikkaava kirurgi oli merkinnyt käytettäväksi sementtiaugmentaatiota. Aineistoon valikoitui 95 potilasta, joista jouduttiin jättämään 16 potilasta pois, sillä heillä toimenpidemerkinnät olivat vääränlaiset. Yhteensä tutkimuksessa oli 84 toimenpidetapahtumaa, sillä viidellä potilaalla oli tehty tarkasteluajanjaksolla kaksi toimenpidettä. Kaikilta potilailta luettiin systemaattisesti epikriisit ja Selkärekisterimerkinnät läpi sekä tarvittaessa kuvantamistutkimukset. Lisäksi suoritettiin kirjallisuuskatsaus aiheeseen liittyen käymällä läpi artikkeleita PubMed- ja Cochrane-tietokannoista, johon oli tavoitteena vertailla tutkielman tuloksia.

Tutkielman tyyppipotilas oli 74-vuotias nainen, jolla selkätoimenpiteen taustalla oli murtuma. Kahdeksalla potilaalla kuvattiin keuhkojen tietokonetomografiakuva. Kaikista toimenpiteistä kolmella (3,6 %) lopulta havaittiin sementtikeuhkoembolia. Tarkasteluajanjaksolla ei ollut yhtään sementtikeuhkoemboliaan kuollutta.

Kansainvälisessä kirjallisuudessa asiaa oli tarkasteltu muutamassa tutkimuksessa, mutta tyyppilliset julkaisut ovat tapauselostuksia. Laadukkaat, randomoidut ja kontrolloidut tutkimukset puuttuivat. Tämä hankaloitti ennalta haluttujen parametrien vertailua. Kuitenkin vertaillen sementtikeuhkoembolian esiintyvyyttä kansainväliseen kirjallisuuteen, ei havaittu suurta eroavaisuutta. Tässä tutkielmassa asetelma oli retrospektiivinen ja potilasmäärä oli

verrattain pieni. Tulevaisuutta ajatellen olisikin tarpeellista tarkastella erityisesti luun tiheyden, sementin viskositeetin, injisointipaineen sekä sementin tilavuuden vaikutuksista sementtikeuhkoembolian syntyyn esimerkiksi prospektiivisten tutkimusasetelmien avulla.

Avainsanat: sementtikeuhkoembolia, sementtiaugmentaatio, nikamasementointi

Sisällysluettelo

1	Johdanto	6
2	Kirjallisuuskatsaus	7
3	Aineisto ja menetelmät	10
4	Tulokset	11
5	Pohdinta	12
	Lähteet	16

1 Johdanto

Selkärangan yleisin luudutus- ja stabilointitekniikka on posteriorinen pedikkeliruuvaus. Tekniikassa nikamiin laitetaan posteriorista reittiä pedikkelien kautta nikamakorpukseen ruuvit, jotka yhdistetään toisiinsa tangoilla. Tämänäyttelyiseen toimenpiteeseen ryhdytään tilanteissa, joissa nikamien stabilointi ja luudutus toisiinsa ovat tarpeen. Tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi subluksaatio, nikamasiirtymä, skolioosi tai murtuma. Nikamakorpuksen rakenne voi heikentyä muun muassa osteoporoosin, trauman tai luustotuumorin aiheuttaman luun haurastumisen seurauksena.

Toimenpiteen onnistumistodennäköisyys riippuu vahvasti luun tiheydestä (BMD). Etenkin vaikeasti osteoporoottisesta luusta kärsivät potilaat ovat riskissä ruuvien löystymiselle, irtoamiselle ja erityisesti ruuvattujen sekä viereisten nikamien murtumiselle. (Wang ym. 2022.) Tämän takia osteoporoosipotilaiden pedikkeliruuveihin on aloitettu luusementin käyttö, joka parantaa nikamaruuvien pitoa ja tukevoittaa nikaman rakennetta.

Potilaalla, jolla luuston tiheys on normaali ($BMD > 120 \text{ mg/cm}^3$) ei tarvitse käyttää sementtiä. Osteoporoosin vaikeutuessa pedikkeliruuviin maksimivetolujuus heikkenee enemmän vaikeasti osteoporoottisessa (T score $< -3,5$) luussa kuin lievästi osteoporoottisessa (T score $< -2,5$) (Liu ym. 2016.) Osteoporoottisessa luussa voidaan tämän takia tarvita sementtiä fiksaation kestävyuden parantamiseksi.

Tämän syventävien opintojen tutkimusprojektin tavoitteena oli selvittää, kuinka yleinen sementtikeuhkoembolia on Turun yliopistollisessa keskussairaalassa leikatuilla selkäpotilailla.

2 Kirjallisuuskatsaus

Pedikkeliruuvauxessa voidaan hyödyntää erilaisia luusementtejä, joista esimerkkeinä ovat polymetyylimetakrylaatti (PMMA), kalsiumfosfaatti ja kalsiumsulfatti. Näistä vaihtoehtoista polymetyyliakrylaattia on käytetty eniten, koska sen bioyhteensopivuus, nopea jähmettyvyys ja kustannustehokkuus ovat toisiin luusementteihin verrattuna parempia (Liebermann ym. 2005.)

Polymetyyliakrylaatin heikkouksia ovat kuitenkin sen puutteellinen osteoinduktiivisuus ja osteokonduktiivisuus (Wang ym. 2022).

Polymetyylimetakrylaatin tilavuudelle ei ole kirjallisuudessa esitetty yhtä ja oikeaa määrää. Tilavuuteen vaikuttavat muun muassa pedikkeliruuvin tyyppi, luun laatu ja anatomiset muutokset. Lisäksi injektoitavan sementin määrä vaihtelee selän nikamien eri tasoilla, sillä rintarangan alueella nikamat ovat pienempiä kuin lannerangan tasolle. Tällöin sementtiäkin tarvitaan rintanikasiin eri määrä kuin lannenikasiin. Teoriassa sementin määrän lisääminen voi parantaa ruuvin pysymistä huonolaatuisessa luussa tiettyyn rajaan asti. Leichtle ym. (2016) suosittivat tutkimuksessaan käyttää vähintään 1 ml sementtiä rintarangan nikamiin ja 3 ml lannerangan nikamiin. Liiallinen sementin käyttö ei kuitenkaan tuo lisähyötyä, vaan saattaa lisätä sementtivuodon ja luunekroosin riskiä. (Wang ym. 2022.) Leichtle ym. (2016) ehdottivat tutkimuksessaan, että rintarangan nikamiin käytettäisiin ainakin 1 ml ja lannerankaan 3 ml sementtiä paremman kestävyuden takaamiseksi.

Pedikkeliruuvin koko ja rakenne vaikuttavat fiksaatorakenteen kestävyuteen. Paksumpien ruuvien pito luussa ilman sementtiä on parempi kuin ohuempien. Tyypillisesti ruuveissa on niin kutsuttu "dual lead"-rakenne, jossa kaksi erillistä kierrettä kulkevat rinnakkain mahdollistaen hyvän stabiliteetin ja nopeamman asennuksen. (Lorenz ym. 2017.) Lisäksi monissa ruuveissa, kuten kaikissa tämän tutkimuksen toimenpiteissä käytetyissä ruuveissa, on ruuvin distaalipäässä olevia sivureikiä, joiden kautta luusementti pääsee kulkeutumaan ympäröivään luuhun.

Selkärangan pedikkeliaugmentointiin on olemassa kolme tekniikkaa. Ensimmäisessä tekniikassa, umpinaisia pedikkeliruuveja käytettäessä, sementti pitää ruiskuttaa nikamaan ennen ruuvin asettamista. Toisessa tekniikassa käytetään pedikkeliruuveja, joissa on distaaliset reiät. Tässä tapauksessa sementin voi

ruiskuttaa ruuvin läpi ruuvin ollessa jo paikallaan. Kolmas menetelmä soveltuu löystyneiden ruuvien kiinnityksen korjaamiseen. Tässä löystynyt ruuvi poistetaan ja ruuvikanava täytetään sementillä. Pieni pilottiruuvi asetetaan tämän jälkeen kanavaan sementin kovettumisen ajaksi, minkä jälkeen kanavaan sijoitetaan varsinainen paksumpi pedikkeliruuvi. (Wang ym. 2022.)

Sementin parhaasta injisointiajankohdasta ei ole kirjallisuudessa juurikaan mainintoja. Aihetta ovat kuitenkin tutkineet Masaki ym. (2009), jotka he vertasivat vetolujuuden suhdetta kalsiumfosfaatin injektioajankohtaan kadaavereilla. Tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, mutta vetolujuus oli kalsiumfosfaatilla 5 minuutin ryhmässä paras verrattuna 2 ja 10 minuutin ryhmiin.

Nikamasementoinnin mahdollisia komplikaatioita ovat postoperatiivinen infektio ja sementtivuoto, josta voi aiheutua sementtikeuhkoembolia tai -sydänembolia (Wang ym. 2022). Sementtikeuhkoembolian esiintyvyyttä nikamasementointitoimenpiteissä on kirjallisuudessa selvitelty varsin vähän. Julkaistuissa tutkimuksissa sementtikeuhkoembolian esiintyvyys vaihteli 1—26 % välillä (Morimoto ym. 2023). Suurin osa aiheesta julkaistuista tutkimuksista on yksittäisiä tapauselostuksia ja retrospektiivisiä tutkimuksia. Prospektiiviset tai laadukkaat satunnaistetut kontrolloidut tutkimukset puuttuvat.

Sementtikeuhkoembolian riskitekijöitä ovat muun muassa sementin suuri tilavuus ja sementoitujen ruuvien suuri määrä. Lisäksi sementtivuoto nikamasta paravertebraalipleksuksiin ja aikaisempi leikkaus lisäävät sementtikeuhkoembolia riskiä. Lisäksi myös luun huono laatu, yleensä osteoporoosin tai luustotuumorin takia, lisää sementtikeuhkoembolian riskiä. Korkea viskositeettinen sementti näyttää vähentävän riskiä sementtivuodolle. (Guo ym. 2021, Morimoto ym. 2023, Wang ym. 2022, Wiese ym. 2010.) Rintanikamien alueella tehdyissä toimenpiteissä on todettu suurempi riski saada sementtikeuhkoembolia kuin lannerangan alueella, koska rintarangan lähellä on anatomisesti lyhyempi matka keuhkovaltimoihin sekä nikamat tällä alueella ovat kooltaan pienemmät (Wang ym. 2022, Morimoto ym. 2023, Lenga 2023).

Sementtikeuhkoembolian tarkkoja hoitolinjoja ei kirjallisuudessa ole kuvattu. Yleisesti hoito perustuu oireiden vakavuuteen ja emboluksen sijaintiin. Esimerkiksi kaksi

julkaisua ehdottvati, että oireisissa tapauksissa antikoagulaatiohoito kuuden kuukauden ajan olisi käytännöllinen (Tonolini ym. 2012, Ignacio ym. 2018.) Radiologista tai invasiivista hoitoa suositeltiin vasta pääarterian tukoksissa.

3 Aineisto ja menetelmät

Näiden syventävien opintojen kirjallisuuskatsausosa suoritettiin hakemalla artikkeleita PubMed- ja Cochrane-tietokannoista hakusanoilla cement augmentation, pulmonary cement embolism, pedicle screw and cement augmentation and pulmonary embolism.

Opinnäytetyön tutkimusaineisto sisälsi kaikki Turun yliopistollisessa keskussairaalassa 1.6.2017–1.6.2023 selkäoperoidut potilaat, joiden pedikkeliruuvaustoimenpiteessä oli käytetty luusementtiä. Järjestelmänä käytettiin potilastietojärjestelmä Mirandaa ja Selkärekisteriä. Mukaan otettiin kaikki potilaat, joiden Selkärekisterin toimenpidetarkenteisiin leikkaava kirurgi oli kirjannut käytettävän sementtiaugmentointia.

Potilaiden toimenpidekertomuksista käytiin systemaattisesti läpi toimenpiteen päädiagnoosi ja ylin–alin instrumentoitu nikamaväli. Lisäksi tarkistettiin sementoinnin ajankohta toimenpiteen aikana sekä sementoitujen nikamien lukumäärä ja taso, mikäli nämä oli kirjattu rekisteriin. Epikriiseistä ja sairauskertomusteksteistä tarkistettiin mahdolliset postoperatiiviset ja kotiutumisen jälkeiset komplikaatiot.

Potilaiden, joilla heräsi epäily mahdollisesta sementtikeuhkoemboliasta, keuhkoemboliatietokonetomografiakuvat sekä muut radiologiset kuvantamiset arvioitiin, mikäli näitä kuvia oli potilaasta otettu. Lisäksi sairauskertomusteksteistä huomioitiin vielä vihjeet mahdollisesti toteamattomasta sementtiemboliasta, kuten esimerkiksi selittämättömät hengenhädistysoireet. Niillä potilailla, joilla sementtiembolia todettiin, kirjattiin siihen käytetty hoito.

4 Tulokset

Kuuden vuoden ajanjaksolla merkintä käytetystä sementtiaugmentaatiosta löytyi yhteensä 95 potilaalta. Potilasaineiston läpikäynnin jälkeen lopulliseen materiaaliin hyväksyttiin 79 potilasta ja 16 jätettiin pois, sillä näillä ei luusementtiä ollut käytetty. Yhteensä aineistossa oli 84 toimenpidetapahtumaa, joissa käytettiin luusementtiä. Lopullisessa aineistossa miehiä oli 13 (16,5 %) ja naisia 66 (83,5 %).

Toimenpidetapahtumien potilaiden iän keskiarvo oli 74,0 vuotta. Tutkimuksen potilaista oli kuollut yhteensä 14.

Toimenpiteiden syynä oli 49 potilaalla murtuma, 11 sentraalinen stenoosi, 5 pseudoartroosi ja 19 muu syy. Muita syitä olivat muun muassa rekessistenoosi, degeneratiivinen skolioosi, metastaasi sekä juurikanavastenoosi.

Toimenpiteiden sementoitujen ruuvien keskiarvo oli aineistossa 5,14 ruuvia yhtä potilasta kohden. Aineistosta oli alun perin tarkoituksena myös analysoida sementin injektointiaikaa ja tilavuutta. Sementoinnin ajankohtaa tai tilavuutta oli hyvin harvassa toimenpidetapauksessa ilmoitettu, joten niitä ei voitu tältä erää tarkastella.

Lopullisessa aineistossa oli keuhkoemboliatietokonetomografia kuvattu 8 potilaasta. Kuvatuista kolmella (3,6 % kaikista toimenpidetapahtumista) potilaalla oli radiologin lausuma sementtikeuhkoembolia. Kaikki sementtikeuhkoembolian saaneet olivat naisia ja heidän ikänsä keskiarvo oli 78,7 vuotta. Päädiagnoosina oli kahdella potilaalla murtuma ja yhdellä degeneratiivinen skolioosi. Oireisten potilaiden toimenpiteissä sementoitujen ruuvien lukumäärän keskiarvo oli 4,3 ruuvia yhtä potilasta kohden. Toimenpiteissä kaikilla oireisilla oli sementoitu myös rintarangan nikamia. Kaikille potilaille, joilla oli radiologisesti todettu sementtikeuhkoembolia, aloitettiin antikoagulaatiohoito. Yksikään sementtikeuhkoemboliatapaus ei ollut havaittuun sementtikeuhkoemboliaan.

5 Pohdinta

Tässä työssä tarkasteltiin selkärangan luudutustoimenpiteissä käytetyn luusementin mahdollisesti aiheuttaman sementtikeuhkoembolian esiintyvyyttä Turun yliopistollisessa keskussairaalassa tehdyissä leikkaustoimenpiteissä 6 vuoden ajanjaksolla. 3,6 %:lla potilaista, joilla oli selkärangan leikkauksen yhteydessä käytetty nikaman sementointia, oli todettu sementin aiheuttama keuhkoembolia. Työn tuloksista ei voi tehdä merkittäviä johtopäätöksiä, mutta se toiminee varsin hyvin Turun yliopistollisen keskussairaalan selkäortopedian laaduntarkkailutyönä.

Tästä syventävien opintojen projektin aiheesta on kansainvälisessä tutkimuskirjallisuudessa raportoitu vain vähän. Niissä tietokannoissa, joista aihetta koskevia julkaisuja etsittiin, löytyi useita samoja julkaisuja sekä useampia tapausselostuksia aiheesta. Yhtään prospektiivista julkaisua ei tietokannoista löydetty. Tämän vuoksi vertailua kansainvälisen kirjallisuuden ja tämän syventävien tutkimuksen tuloksien välillä ei voida tehdä kaikilla toivotuilla alueilla.

Tässä potilasaineistossa suurin osa potilaista oli naisia ja potilaiden iän keskiarvo oli 74.0 vuotta. Myös kansainvälinen kirjallisuudessa vastaavanlainen havainto on tehty. Esimerkkinä Janssen ym. (2017) tutkimuksessa iän keskiarvo 71 vuotta ja naisia 62,3 %. Samaisessa julkaisussa yleisin syy nikamatoimenpiteeseen oli osteoporoottinen murtuma, joka oli myös tässä syventävien työn aineistossa tyypillisin toimenpiteeseen johtanut syy.

Tämän työn kaikilla potilailla, joilla oli havaittu sementtikeuhkoembolia, oli operoitu myös rintanikamia. Tämä löydös vertaistuu kansainvälisiin julkaisuihin, joissa on todettu, että rintanikamien kohdalla tehdyissä leikkauksissa, joissa on luusementtiä käytetty, on suurempi riski saada sementtikeuhkoembolia lyhyemmän anatomisen sijainnin takia (Wang ym. 2022).

Tässä työssä todettujen sementtikeuhkoembolioiden määrä oli melko pieni. Aiemmin julkaistussa kirjallisuudessa embolioiden määrä on ollut vaihteleva. Morimoto ym. (2023) ilmoittivat julkaisussaan vaihteluväliksi 0–28,6 %, mutta tässä narratiivisessa työssä oli käytetty sekä tavallisia umpiruuveja että kanavallisia ruuveja. Molemmista ryhmistä löytyi muutaman prosentin ja yli 20 % sementtikeuhkoemboliaesiintyvyyttä. Ryhmissä ei ollut merkittävää eroa, sillä umpiruuveilla sementtikeuhkoembolia oli

keskimäärin 5,3 % ja kanavallisilla 6 % tapauksista. Suurimmassa osassa julkaisuja oireisen sementtikeuhkoembolian esiintyvyys on ollut alle 5 % (Guo ym. 2021, Janssen ym. 2017, Lenga ym. 2023, Ulosoy ym. 2018, Wagner ym. 2016, Müller ym. 2016).

Janssen ym. (2017) tutkivat 165 potilasta, joille oli tehty pedikkeliruuvisementointi. 110 (66,7 %) potilaalla huomattiin oireeton sementtivuoto. 13 (7,9 %) potilaalla oli sementtikeuhkoembolia, ja näistä viisi olivat oireisia (3,0 %). Kuolleita oli tässä tutkimuksessa 30 päivän kohdalla kolme potilasta (1,8 %).

Olusoy ym. (2018) tutkimuksessa hoidettiin 281 potilasta ja suoritettiin 2978 pedikkeliruuvisementointia. Näistä 46 (16,3 %) diagnosoitiin radiologisesti sementtikeuhkoembolia. Ainoastaan 4 (1,4 %) potilaalla oli oireita.

Wagner ym. (2016) tutkivat selkärankametastaasien takia tehtyjä nikamatoimenpiteitä. Yhteensä 293 ruuvia sementoitiin. Kolmella potilaalla oli sementtikeuhkoembolia, joista kahdella oli oireita (0,7 %).

Müller ym. (2016) seurantatutkimuksessa 98 potilasta hoidettiin ja yhteensä 474 ruuvia laitettiin. He eivät havainneet yhtään oireellista sementtivuotoa tai sementtikeuhkoemboliaa. Kuvantamisilla havaittiin kuitenkin 165 (73,3 %) ruuvissa sementtivuotoa. Kliinisesti oireeton sementtikeuhkoembolia havaittiin 4 potilaalla.

Tang ym. (2020) tutkivat useamman osteoporoottisen lumbaaliniikaman pedikkeliruuvisementoinnin vaikutuksia ja mahdollisia riskejä omassa julkaisussaan. Tutkimukseen mukaan otetut potilaat oli jaettu kahteen ryhmään. Toisessa käytettiin vain tavanomaista pedikkeliruuvausta ja toisessa sementtiä lisänä. Jälkimmäisessä ryhmässä 336 ruuvia sementoitiin, joista 116:ssa havaittiin sementin leviämistä. Potilaista vain 2:lla (4,35 %) todettiin sementtikeuhkoembolia.

Massaadin ym. (2021) retrospektiivisessä katsauksessa Massachusetts General Hospitalissa 69 potilasta kävi leikkauksessa ja yhteensä 502 pedikkeliruuvia asennettiin. Sementtivuotoa oli 145 ruuvissa. Tutkimuksessa ainoastaan yhdellä potilaalla ilmeni oireeton sementtikeuhkoembolia.

Lenga ym. (2023) tutkimuksessa 104 potilasta hoidettiin ja 573 ruuvia sementoitiin. 67 potilaalla (64,4 %) nähtiin TT-kuvassa sementtivuotoa. 27 potilaalla oli todennettu

sementtikeuhkoembolia. Näistä potilaista 4 (3,8 %) oli oireellisia. Tutkimuksessa huomattiin, että rintanikamien tasolla augmentoidut sementtiruuvit olivat riskitekijänä sementtikeuhkoembolialle (OR 1,5, $p=0,004$).

Morimoton ym. (2023) katsaukseen oli koottuna 28 tapausarjaa ja 14 tapausraporttia. Näissä oli yhteensä 1339 tapausta, tarkoituksena oli selvittää sementtikeuhkoembolian esiintyvyyttä ja riskitekijöitä sekä tarjota hoitosuosituksia sementtikeuhkoembolian hoitoon. Keuhkoembolia todettiin 81 (6 %) potilaalla ja oireinen 11 (0,8 %) potilaalla. Kuolemaan johtaneita tapauksia oli vain 2. He huomasivat myös, että osteoporoottisen murtuman korjaamiseen luusementillä voi liittyä rasvaemboluksen ja anafylaksian aiheuttama komplikaatio, mutta nämä olivat harvinaisempia kuin luusementin aiheuttama mekaaninen tukos keuhkoverisuonistossa. Analyysissä selvitettiin lisäksi sementtikeuhkoembolian riskitekijöitä. Muun muassa toimenpidealue rintanikamien (pienempiä, lähempänä kardiopulmonaaliverisuonia) alueella, matala viskositeettinen sementti, suuri sementin tilavuus ja sementoitavien nikamaruuviin määrä lisäsivät sementtikeuhkoembolian riskiä.

Näihin edellä olevien julkaisujen oireisen sementtikeuhkoembolian esiintyvyyteen verraten tässä työssä saatu arvo 3,6 %, vertautuu varsin hyvin kansainvälisiin tuloksiin.

Tutkimuksen pienessä potilasmateriaalissa ei havaittu yhtään kuolemaa. Esimerkiksi Morimoto ym. 2023 materiaalissa kuolemaan johtaneita sementtikeuhkoemboliatapauksia oli myöskin vain 0,15 %, joten sementtiaugmentaatiotoimenpiteiden fataalikomplikaatiota voi melko todennäköisesti pitää erittäin harvinaisina.

Tässä syventävien työn projektissa on kiinnitettävä huomiota myös sen heikkouksiin. Potilaita tunnistettiin 94, mutta näistä 16 oli kirjattu virheellisesti. On mahdollista, että virheellisten kirjausten vuoksi aineistosta on jäänyt pois potilaita, joilla on käytetty sementtiaugmentaatiota, mutta ei ole tehty asianmukaista rekisterikirjausta sen käytöstä. Potilasaineisto on kooltaan pieni ja retrospektiivinen, eikä sementoinnin yksityiskohtien, kuten sementin määrän ja infiltraatioajankohdan, raportointi ole ollut johdonmukaista.

Toinen huomioitava tekijä tässä tutkimuksessa on, että jokaista potilasta ei toimenpiteen jälkeen kuvattu, vaan ainoastaan ne oireiset potilaat, joilla mahdollista sementtikeuhkoemboliaa oli toimenpiteen jälkeen epäilty hengenhahdistusoireilun taustalla. Näin ollen oireettomat, joilla olisi voinut olla sementtikeuhkoembolia, ovat voineet jäädä huomaamatta.

Tutkimuksen vahvuuksia puolestaan olivat kattava ja helppo pääsy sairauskertomusmerkintöihin ja tutkimusaineistosta on sairauskertomustekstien avulla löydetty oireiset potilaat, joilla myöhemmin havaittiin sementtikeuhkoembolia.

Tämä syventävien työn projekti toimii parhaiten selkärangan nikamaugmentaatiotoimenpiteiden laaduntarkkailutyönä. Ensimmäinen huomio oli, että hankitusta potilasaineistosta, jouduttiin jättämään pois 16 potilasta. Syynä tähän oli vääränlaiset merkinnät Selkärekisterissä ja toimenpidemerkinnöissä, jonka takia automaattinen rekisterihaku oli valikoinut vääränlaisia potilaita potilasaineistoon. Tämä saattaa herättää keskustelua merkintöjen kirjaamisen luotettavuudesta ja kirjaamiskäytäntöjen tarkkuudesta.

Hyvää oli, että tunnistettiin luusementin käyttöön liittyvät riskit toimenpiteissä. Lisäksi ei ilmennyt tapauksia, joissa sementtiä olisi käytetty virheellisesti tai potilasturvallisuus olisi vaarantunut. Toimintatavat leikkauksissa ja sementtikeuhkoembolian hoidossa vastasivat hyvin pitkälti sitä, mitä kansainvälisissä julkaisuissa oli esitetty.

Tämän työn pohjalta nousi esiin muutamia jatkotutkimusta vaativia kysymyksiä, kuten erityisesti luun tiheyden, sementin viskositeetin, injisointipaineen sekä sementin tilavuuden vaikutuksista sementtikeuhkoembolian syntyyn. Näiden muuttujien vaikutusta olisi syytä tutkia jatkossa tarkemmin laajempien meta-analyysien ja prospektiivisten tutkimusten avulla, sillä tähän mennessä valtaosa tutkimuksista on ollut retrospektiivisiä.

Tulevissa tutkimuksissa voitaisiin esimerkiksi hyödyntää DXA-mittauksia ja systemaattisen keuhkoemboliatietokonetomografiakuvantamista systemaattisesti. Ennen tutkimusasetelman toteutusta on kuvantamisten eettiset näkökulmat arvioitava kuitenkin huolellisesti.

Lähteet

Guo H, Huang H, Shao Y, Qin Q, Liang D, Zhang S, Tang Y. Risk Factors for Pulmonary Cement Embolism (PCE) After Polymethylmethacrylate Augmentation: Analysis of 32 PCE Cases. *Neurospine*. 2021 Dec;18(4):806-815. doi: 10.14245/ns.2142616.308. Epub 2021 Dec 31. PMID: 35000335; PMCID: PMC8752710.

Ignacio JMF, Ignacio KHD. Pulmonary Embolism from Cement Augmentation of the Vertebral Body. *Asian Spine J*. 2018 Apr;12(2):380-387. doi: 10.4184/asj.2018.12.2.380. Epub 2018 Apr 16. PMID: 29713422; PMCID: PMC5913032.

Janssen I, Ryang YM, Gempt J, Bette S, Gerhardt J, Kirschke JS, Meyer B. Risk of cement leakage and pulmonary embolism by bone cement-augmented pedicle screw fixation of the thoracolumbar spine. *Spine J*. 2017 Jun;17(6):837-844. doi: 10.1016/j.spinee.2017.01.009. Epub 2017 Jan 17. PMID: 28108403.

Leichtle CI, Lorenz A, Rothstock S, Happel J, Walter F, Shiozawa T, Leichtle UG. Pull-out strength of cemented solid versus fenestrated pedicle screws in osteoporotic vertebrae. *Bone Joint Res*. 2016 Sep;5(9):419-26. doi: 10.1302/2046-3758.59.2000580. PMID: 27678328; PMCID: PMC5041096.

Lenga P, Bajwa AA, Schneider T, Iwanaga J, Tubbs RS, Kiening KL, Unterberg AW, Ishak B. High Rate of Pulmonary Cement Embolism after Cement-Augmented Pedicle Screw Fixation: A 12-Year Single-Center Study. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2024 Mar;85(2):117-125. doi: 10.1055/s-0043-1761943. Epub 2023 Feb 24. PMID: 36828012.

Lieberman IH, Togawa D, Kayanja MM. Vertebroplasty and kyphoplasty: filler materials. *Spine J*. 2005 Nov-Dec;5(6 Suppl):305S-316S. doi: 10.1016/j.spinee.2005.02.020. PMID:

Liu D, Zhang B, Xie QY, Kang X, Zhou JJ, Wang CR, Lei W, Zheng W. Biomechanical comparison of pedicle screw augmented with different volumes of polymethylmethacrylate in osteoporotic and severely osteoporotic cadaveric lumbar vertebrae: an experimental study. *Spine J*. 2016 Sep;16(9):1124-32. doi: 10.1016/j.spinee.2016.04.015. Epub 2016 Apr 26. PMID: 27130374.

Lorenz A, Leichtle CI, Frantz S, Bumann M, Tsiflikas I, Shiozawa T, Leichtle UG. Pull out Strength of Dual Outer Diameter Pedicle Screws Compared to Uncemented and Cemented Standard Pedicle Screws: A Biomechanical in vitro Study. *Orthop Surg*. 2017 May;9(2):229-236. doi: 10.1111/os.12322. Epub 2017 May 26. PMID: 28547867; PMCID: PMC6584439.

Masaki T, Sasao Y, Miura T, Torii Y, Kojima A, Aoki H, Beppu M. An experimental study on initial fixation strength in transpedicular screwing augmented with calcium phosphate cement. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009 Sep 15;34(20):E724-8. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181adc0e9. PMID: 19752691.

Massaad E, Rolle M, Hadzipasic M, Kiapour A, Shankar GM, Shin JH. Safety and efficacy of cement augmentation with fenestrated pedicle screws for tumor-related spinal instability. *Neurosurg Focus*. 2021 May;50(5):E12. doi: 10.3171/2021.2.FOCUS201121. PMID: 33932920.

Morimoto T, Kobayashi T, Hirata H, Tsukamoto M, Yoshihara T, Toda Y, Mawatari M. Cardiopulmonary Cement Embolism Following Cement-Augmented Pedicle Screw Fixation: A Narrative Review. *Medicina (Kaunas)*. 2023 Feb 19;59(2):407. doi: 10.3390/medicina59020407. PMID: 36837608; PMCID: PMC9964565.

Mueller JU, Baldauf J, Marx S, Kirsch M, Schroeder HW, Pillich DT. Cement leakage in pedicle screw augmentation: a prospective analysis of 98 patients and 474 augmented pedicle screws. *J Neurosurg Spine*. 2016 Jul;25(1):103-9. doi: 10.3171/2015.10.SPINE15511. Epub 2016 Mar 4. PMID: 26943258.

Tang YC, Guo HZ, Guo DQ, Luo PJ, Li YX, Mo GY, Ma YH, Peng JC, Liang D, Zhang SC. Effect and potential risks of using multilevel cement-augmented pedicle screw fixation in osteoporotic spine with lumbar degenerative disease. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020 Apr 28;21(1):274. doi: 10.1186/s12891-020-03309-y. PMID: 32345282; PMCID: PMC7189525.

Tonolini M, Bianco R. Pulmonary cement embolism after pedicle screw vertebral stabilization. *J Emerg Trauma Shock*. 2012 Jul;5(3):272-3. doi: 10.4103/0974-2700.99710. PMID: 22988411; PMCID: PMC3440899.

Ulusoy OL, Kahraman S, Karalok I, Kaya E, Enercan M, Sever C, Abay B, Karadereler S, Hamzaoglu A. Pulmonary cement embolism following cement-augmented fenestrated pedicle screw fixation in adult spinal deformity patients with severe osteoporosis (analysis of 2978 fenestrated screws). *Eur Spine J*. 2018 Sep;27(9):2348-2356. doi: 10.1007/s00586-018-5593-1. Epub 2018 Apr 18. PMID: 29671110.

Wagner A, Haag E, Joerger AK, Gempt J, Krieg SM, Wostrack M, Meyer B. Cement-Augmented Carbon Fiber-Reinforced Pedicle Screw Instrumentation for Spinal Metastases: Safety and Efficacy. *World Neurosurg*. 2021 Oct;154:e536-e546. doi: 10.1016/j.wneu.2021.07.092. Epub 2021 Jul 30. PMID: 34339894.

Wang Y, Yang L, Li C, Sun H. The Biomechanical Properties of Cement-Augmented Pedicle Screws for Osteoporotic Spines. *Global Spine J*. 2022 Mar;12(2):323-332. doi: 10.1177/2192568220987214. Epub 2021 Feb 22. PMID: 33611971; PMCID: PMC8907649.

Wiese D, Alhashash M, Bohm H. Abstracts 5. Deutscher Wirbelsäulenkongress Jahrestagung der Deutschen Wirbelsäulengesellschaft 16. – 18. Dezember 2010, Bremen. *Eur Spine J* 19, 1963–2073 (2010)