



CYBERKNIFE

Kirjallisuuskatsaus sädehoitolaitteesta ja sen
käyttökohteista syövän ja muiden sairauksien hoidossa

Koulutusala Sosiaali-, terveyst- ja liikunta-ala	
Koulutusohjelma Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma	
Työn tekijät Eero-Pekka Laaksoranta & Santtu Severi Sormunen	
Työn nimi Kirjallisuuskatsaus sädehoitolaiteesta ja sen käyttökohteista syövän ja muiden sairauksien hoidossa	
Päiväys 14.11.2013	Sivumäärä/Liitteet 37/1
Ohjaaja Lehtori Tuula Partanen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Savonia-ammattikorkeakoulu / Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Uusia syöpien hoitolaiteita ja -menetelmiä kehitetään koko ajan. Suomeen saatiin vuonna 2012 Pohjoismaiden ensimmäinen CyberKnife-hoitolaite. Tästä laitteesta ei ole vielä tehty kattavaa suomenkielistä kirjallisuuskatsausta. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, millainen hoitolaite CyberKnife on ja millaisia sairauksia sillä voidaan hoitaa. Tavoitteenamme oli tuoda esille monipuolista tietoa CK-hoitolaiteesta terveydenhuoltoalan ammattilaisille ja opiskelijoille. Työ tehtiin soveltaen systemaattisen kirjallisuuskatsauksen menetelmää. Työtä ohjaavat tutkimuskysymykset ovat: Mikä on CyberKnife? Millaisten syöpien hoitoon CyberKnife soveltuu parhaiten? Mitä muita sairauksia kuin syöpää CyberKnifellä hoidetaan?</p> <p>Aineiston haku toteutettiin lääketieteellisiä julkaisuja hakeviin tietokantoihin, jotka olivat saatavilla Savonia-ammattikorkeakoulun kautta. Hakusanana käytettiin sanaa CyberKnife, ja hakutuloksia saatiin yhteensä 264. Näistä valittiin hyväksymis- ja poissulkukriteereidemme perusteella 34 tieteellistä artikkelia. Aineisto taulukoitiin ja ne analysoitiin tutkimuskysymystemme mukaan.</p> <p>CyberKnife on robottitekniikkaan perustuva kehuksetön stereotaktinen sädehoitolaite, joka käyttää ioinisoivaa säteilyä kasvainten ja muiden epänormaalien kudosten hoitoon. Laitteessa yhdistyy robotiikan mahdollistama liikkuvuus ja lähes reaaliaikainen liike- ja kuvaseuranta. Järjestelmä koostuu robottikäsivarresta, lineaarikiihdyttimestä, hengitystahdistuskamerasta, kahdesta röntgenputkesta ja detektorista, erilaisista kollimaattoreista, hoitopöydästä, fiksointivälineistä ja valvontalaitteistosta.</p> <p>CyberKnifen seurantamenetelmät ovat niin edistykselliset, että potilasta ei tarvitse kiinnittää hoitopöytään kovin tiukasti. Seurantamenetelmien ansiosta sillä voidaan hoitaa tarkasti liikkuviakin kohteita. Laitteella voidaan hoitaa monia yleisimpiä syöpätyyppejä sekä myös muita sairauksia, kuten akustikusneuroomaa ja hyvälaatuisia aivolisäkkeen kasvaimia. Sillä hoidetaan eniten eturauhasen, keskushermoston ja keuhkojen syöpää. Laitteella voidaan antaa yhdellä hoitokerralla tarkasti suuriakin kerta-annoksia. CyberKnife soveltuu parhaiten pienten ja tarkkarajaisten kasvaimien hoitoon.</p> <p>Jatkotutkimuksien aiheeksi ehdotetaan tarkempaa menetelmäkuvausta CyberKnifen hoitojen suunnittelusta ja toteutuksesta sekä muista hoidettavista sairauksista.</p>	
Avainsanat CyberKnife, kirjallisuuskatsaus, stereotaktinen, sädehoito, radiokirurgia	

Field of Study Social Sciences, Business and Administration			
Degree Programme Degree Programme of Radiography and Radiationtherapy			
Authors Eero-Pekka Laaksonen & Santtu Severi Sormunen			
Title of Thesis Cyberknife - A literature review of the radiation therapy device and its applications in treatment of cancer and other conditions			
Date 14.11.2013		Pages/Appendices	37/1
Supervisor Tuula Partanen			
Client Organisation /Partners Savonia university of applied sciences / Degree Programme of Radiotherapy and Radiationtherapy			
<p>Abstract</p> <p>New radiotherapy equipment and methods are continuously being developed. The first CyberKnife radiosurgery system in Skandinavia was installed in Finland in the year 2012. No inclusive literature reviews have yet been written about the CyberKnife. The purpose of this thesis was to find out what kind of a treatment device the CyberKnife is, and what kind of illnesses can be treated using it. Our goal was to bring forth versatile information about the radiotherapy device CyberKnife for professionals and students of the health care industry. We adapted the method of a systematic review in the making of our review. Research questions that drove our review were: What is the CyberKnife? In which kind of cancer's treatment it is found most suitable? Other than cancer, what kind of illnesses can be treated with the CyberKnife?</p> <p>The search of our research material was conducted in various biomedical literature databases, which were available to us through Savonia university of applied sciences. The only keyword we used in our search was "CyberKnife". We acquired 264 hits from the databases with the keyword CyberKnife. From these hits, based on our article choosing criteria, we only included 34 articles in our review. These articles were then tabulated and analyzed to answer our research questions.</p> <p>CyberKnife is a robotic frameless stereotactic radiation therapy device, which uses ionizing radiation in treatment of tumors and other abnormal tissues. CyberKnife incorporates the mobility of a robot and nearly real-time motion tracking systems. The apparatus consists of an industrial robot arm, a linear accelerator, a motion tracking camera, two x-ray tubes & detectors, different collimators, a bucky, fixation equipment and a patient monitoring system.</p> <p>CyberKnife's tumor tracking systems are so advanced, that the patient doesn't have to be as fixated as in other radiotherapy devices. Tumor tracking system combined with the breath motion tracking system allows accurate treatment of moving targets too. Many of the most common type of cancer can be treated with CyberKnife as well as other illnesses, such as acoustic neuroma and benign tumors of the pituitary gland. The most treated type of cancers, with CyberKnife, are prostate cancer, central nervous system cancers and lung cancer. With CyberKnife, the dose of one treatment fraction can be relatively high. CyberKnife is at its best when treating small and definite targets.</p> <p>As a follow-up research of CyberKnife, we propose a more precise description of planning and implementing the treatment. We also propose more research of the other-than-cancer treatment possibilities of CyberKnife.</p>			
Keywords CyberKnife, literature, review, stereotactic, radiosurgery, radiation therapy			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	5
2	SÄDEHOIDON TAUSTAA	6
2.1	Solut ja syöpä	6
2.2	Ionisoiva säteily	7
2.3	Sädehoito	7
2.4	Ulkoiset sädehoitomenetelmät.....	8
2.5	Ulkoiset sädehoitolaitteet	9
3	TYÖN TARKOITUS, TAVOITTEET, TEHTÄVÄT JA TUTKIMUSKYSYMYKSET.....	12
4	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS	13
4.1	Kirjallisuuskatsaus menetelmänä	13
4.2	Aineiston haku ja analysointi	14
5	TULOKSET.....	17
5.1	Mikä on CybeKnife?	17
5.2	Millaisten syöpien hoitoon CyberKnife soveltuu parhaiten?	21
5.3	Mitä muita sairauksia kuin syöpää CyberKnifellä hoidetaan?	25
6	POHDINTA	26
	LÄHTEET	30
	LIITE 1: ANALYYSITAUUKKO.....	

1 JOHDANTO

Wilhelm Conrad Röntgen havaitsi röntgensäteilyn vuonna 1895, ja ensimmäinen sädehoito annettiin vuosi sen jälkeen (Nobelprize [2013]; Dandekar 2011). Kolmen vuoden kuluttua säteilyn käyttö yleistyi syövänhoitomenetelmänä Marie Curien löytäessä radiumin ja sen säteilevät isotoopit (Cancer 2012; Dandekar 2011). Ensimmäisinä säteilylähteinä sädehoidoissa toimivatkin radium sekä pienillä jännitteillä säteilyä tuottavat diagnostiset röntgenlaitteet. Sädehoitolaitteet ovat kehittyneet nopeasti paremman säteilyfysiikan ymmärtämisen sekä tietokoneiden kehittymisen ansiosta (Cancer 2012). Nykyisin erilaisia sädehoitolaitteita on paljon ja niiden toiminnassa sekä käyttökohteissa on paljon eroja.

John Adler kehitti vuonna 1987 sädehoitolaitteen, jonka hän nimesi CyberKnifeksi (CyberKnife Centers of Tampa Bay 2013). Käytämme tästä laitteesta jatkossa lyhennettä CK. Laitteella hoidettiin ensimmäinen potilas Stanfordissa vuonna 1994 (Stanford Hospital & Clinics [2013]). Nykyisin laitteita käytetään ympäri maailmaa, ja niillä oli vuoteen 2010 mennessä hoidettu jo yli 90 000 potilasta (Kilby, Dooley, Kuduvalli, Sayeh & Maurer 2010, 17). Pohjoismaiden ensimmäinen ja toistaiseksi ainoa CK hankittiin Suomeen vuonna 2012, ja se sijaitsee Kuopion yliopistollisessa sairaalassa (Suomen tietotoimisto 2012).

Opinnäytetyömme aiheena on tehdä kirjallisuuskatsaus CK-sädehoitolaitteesta ja sen hoitomahdollisuuksista. Aihe on tärkeä, koska laitteesta ei ole ennestään tehty laajaa suomenkielistä tietopakettia. Työn tarkoituksena on hankkia systemaattisen kirjallisuuskatsauksen menetelmää soveltaen tarpeeksi aineistoa, jotta voimme kertoa, millainen hoitolaite CK on ja millaisia sairauksia sillä voidaan hoitaa. Tavoitteenamme on tuoda esille monipuolista tietoa CK-hoitolaitteesta terveydenhuoltoalan ammattilaisille ja opiskelijoille. Työn toimeksiantaja on Savonia-ammattikorkeakoulu ja ohjaaja lehtori Tuula Partanen. Työn lopputulos on opetus- ja perehdytysmateriaaliksi suunnattu suomenkielistä ja yleiskattavaa tietoa sisältävä opinnäytetyön raportti, jota terveydenhuoltoalan opiskelijat ja ammattilaiset voivat hyödyntää tiedonlähteenä.

2 SÄDEHOIDON TAUSTAA

2.1 Solut ja syöpä

Solut ovat kaikkien eliöiden rakenteet ja toiminnan mahdollistavia pienimpiä rakenneosia (Cancer Research UK 2011). Solut jaetaan prokaryooteihin eli esitumallisiin ja eukaryooteihin eli aitotumallisiin soluihin. Esitumallisiin kuuluvat lähinnä bakteerit ja aitotumallisiin eläin-, sieni- ja kasvisolut. (Niemi, Virtanen & Vuorio 1994, 16-17.) On olemassa yksisoluisia eliöitä, kuten bakteerit, ja monisoluisia eliöitä, kuten ihmiset. Solut ovat kooltaan 10-100 mikrometriä. Solut ovat ominaisuuksiltaan sellaisia, että niiden välinen aineenvaihdunta on tehokasta. (Niemi, Virtanen & Vuorio 1994, 16-17.) Jokaisen elävän eliön elimet koostuvat siis jonkinlaisista soluista.

Termiä "syöpä" käytetään sairauksista, joissa epänormaalit solut jakautuvat hallitsemattomasti ja kykenevät tunkeutumaan muihin kudoksiin. Syöpäsolut voivat levitä myös muihin kehon osiin veren ja imusuoniston välityksellä. Syöpä ei ole vain yksi sairaus, vaan syöpälajeja on tavattu jopa yli 200. Tämä johtuu siitä, että ihmiskehossa on yli 200 erilaista solutyyppeä. (Cancer Research UK 2011; National Cancer Institute^a [2013].) Jos syövän solutyyppi on erityisen herkkä säteilylle, sitä on helpompi hoitaa säteilyllä. Erityisen säteilyherkkiä soluja ovat lymfosyytit ja miehen sukusolut. Säteilylle vähiten herkkiä solutyyppiä ovat hermosolut ja lihassolut. Lähtökohdat solun säteilyherkkyydelle ovat solun nuori ikä, solun vilkas aineenvaihdunta, solun nopea kasvu ja jakautuminen. Nämä tekijät lisäävät solun säteilyherkkyyttä ja päinvastaiset ominaisuudet puolestaan vähentävät säteilyherkkyyttä. (Joseph & Phalen 2013.) Sädeherkkiä syöpätyyppejä ovat esim. leukemia ja lymfooma (National Cancer Institute^b [2013]). Säteilyä hyvin kestäviä syöpätyyppejä ovat esim. sylkirauhasen syövät, sarkoomat, melanoomat ja paikallisesti edenneet eturauhassyövät (Lennox [2013], 14). Suurin osa syövästä nimetään sen kudoksen mukaan, jossa ne aloittavat leviämisensä (National Cancer Institute^a [2013]).

Syöpiä voidaan lajitella viiteen eri pääryhmään:

- 1) Karsinoma on syöpä, joka alkaa iholta tai kudoksista, jotka rajaavat tai ympäröivät elimiä.
- 2) Sarkooma on syöpä, joka alkaa luusta, rustosta, rasvakudoksesta, lihaksista, verisuonista tai muista side- tai tukikudoksista.
- 3) Leukemia on syöpä, joka alkaa verta muodostavasta kudoksesta, kuten luuytimestä.
- 4) Lymfooma ja myelooma ovat syöpiä, jotka alkavat immuunijärjestelmän soluista.
- 5) Keskushermoston syövät alkavat nimensä mukaisesti aivokudoksesta tai selkäytimestä. (National Cancer Institute^a [2013].)

2.2 Ionisoiva säteily

Ionisoiva säteily saa nimensä siitä, että se kykenee korkean energiansa vuoksi irrottamaan kohde-aineen atomeista elektroneja ja myös rikkomaan aineen molekyylejä. (Säteilyturvakeskus 2012.) Yhtä sähkömagneettisen säteilyn ”sädettä” kutsutaan nykytiedon mukaan fotoniksi (Rydman 2009). Perinteisessä lineaarikiihdytintä hyödyntävässä sädehoidossa käytetty ionisoiva säteily voi olla joko korkea-energistä fotonisäteilyä tai elektronisäteilyä (Tenhunen 2007, 42). Ionisoiva säteily vaikuttaa elävään kudokseen joko vaurioittamalla solun perimää muuttaen sen alkuperäisestä poikkeavaksi tai tuhoamalla solun kokonaan. Kun säteily muuttaa solun perimää, säteilyn haittavaikutusta kutsutaan satunnaiseksi haittavaikutukseksi. Tällaista on esim. syövän syntyminen yhden solun muuttuneesta perimästä. Säteilyn tuhotessa solun kokonaan, haittavaikutusta kutsutaan suoraksi haittavaikutukseksi. Tämä voi kevyen säteilytyksen yhteydessä olla pientä punoitusta iholla, mutta suuremman annoksen kohdalla se voi tarkoittaa laaja-alaista kudostuhoa ja haavaumaa sekä iholla että kehon sisällä. (Säteilyturvakeskus 2009, 2-3.)

2.3 Sädehoito

Sädehoidolla tarkoitetaan sairauden hoitamista ionisoivalla säteilyllä. Kun solut saavat liikaa ionisoivaa säteilyä, ne tuhoutuvat. Sädehoidossa potilaaseen kohdistetaan ionisoivaa säteilyä niin, että sairaaseen kudokseen saadaan huomattavasti suurempi säteilyannos kuin viereiseen terveeseen kudokseen. Näin voidaan hoitaa erityyppisiä kasvaimia ja muuta epänormaalia kudostuhoa. (Sipilä 2002, 184.) Hoidon aikana annettavaa säteilyä ei voi aistia, mutta säteilyn suorat haittavaikutukset voivat aiheuttaa kipuja hoidon jälkeen. Sädehoidon haittapuoliin kuuluvat siis kaikki ionisoivan säteilyn haittavaikutukset. (Paile 2002, 50-51.)

Sädehoitoa voidaan antaa ulkoisesti ja sisäisesti. Ulkoista sädehoitoa voidaan antaa kehon ulkopuolelta erilaisilla sädehoitolaiteilla tai säteilylähteillä ja sisäistä sädehoitoa voidaan antaa erilaisilla kehon sisään asetetuilla säteilylähteillä. Sädehoito voidaan jaotella myös hoitotavoitteen mukaan palliatiiviseen eli oireita lievittävään sädehoitoon ja kuratiiviseen eli sairauden parantamiseen tähtäävään hoitoon (Sipilä 2002, 184-185.) Kuratiivinen sädehoito pyritään usein jaksottamaan, koska se vähentää terveiden kudosten haittoja ja parantaa sädehoidon tehokkuutta (Kouri & Tenhunen 2013, 148,164).

Sädehoidon jaksotuksella eli fraktioinnilla tarkoitetaan kokonaisannoksen jakamista osiin. Kokonaisannos voidaan antaa joko kerta-annoksena tai fraktioituna. Kuratiivinen sädehoito fraktioidaan useimmiten 2-8 viikon ajalle. Potilaalle annetaan 20-78 Gy kokonaisannos 2 Gy:n kerta-annoksina viitenä päivänä viikossa. Hoidon fraktiointia voidaan muunnella tarpeen mukaan. Kaksi eniten käytettyä tapaa ovat hypofraktiointi ja hyperfraktiointi. Hypofraktioinnissa käytetään normaalia suurempia kerta-annoksia. Erona normaaliin fraktioituun hoitoon on se, että hoitoaika on lyhyempi, vaikka kokonaisannos on sama. Hyperfraktioidun hoidon hoitoaika on yhtä pitkä kuin normaalissa fraktioidussa hoidossa, mutta kokonaisannos voidaan saada suuremmaksi antamalla 2-3 pienempää annosta päivässä. (Holsti & Kajanti 2005, 1; Kouri & Tenhunen 2013, 164-165.)

2.4 Ulkoiset sädehoitomenetelmät

SSD-hoito ja isosentrinen sädehoito

SSD (Source to Skin Distance) tarkoittaa lähteen etäisyyttä potilaan ihosta. SSD hoidossa lähteen ja potilaan ihon välinen etäisyys määritetään ennen hoidon aloitusta, ja tämä etäisyys pidetään hoidon ajan. (Tenhunen 2007, 77.) Aina kun hoitosuuntaa halutaan muuttaa, on lähteen etäisyys ihosta määritettävä uudelleen. Isosentri tarkoittaa sädehoidossa sitä pistettä potilaan kolmiulotteisessa avaruudessa, jonka kautta säteilykeilan akseli kulkee hoidon aikana (Säteilyturvakeskus 1997, 48). Isosentrisessä sädehoidossa potilas asetetaan aina samojen koordinaattien mukaan niin, että hoitokohteen ja hoitokoneen isosentrit kohtaavat (Tenhunen 2007, 42). Eli hoitoa annetaan aina samaan pisteeseen, vaikka hoitosuuntaa muutettaisiin hoidon aikana.

Intensiteettimuokattu sädehoito

Intensiteettimuokattussa sädehoidossa (Intensity-Modulated Radiation Therapy = IMRT) sädehoitokentän intensiteettiä muokataan niin, että sädekentän eri osiin saadaan erilainen annos. Yksinkertaisimmillaan intensiteettiä voidaan muokata esim. lyijystä valmistetulla kiilalla. Nykyään intensiteettimuokatulla sädehoidolla tarkoitetaan yleisimmin moniliuskakollimaattorilla toteutettua keilan rajausta. Moniliuskakollimaattorissa useat kymmenet moottoroidut lyijylevyt liikkuvat hoitokentän edessä halutulla tavalla, jolloin hoitokenttää voidaan muokata tavoiteltuun muotoon. Dynaaminen keilan muotoilu moniliuskakollimaattorilla voidaan toteuttaa kahdella tavalla: joko liukuvan aukon tekniikalla, jossa liuskojen rajaaman aukon muoto muuttuu portaattomasti sädetyksen aikana tai porrastekniikalla, jossa dynaaminen keila muodostuu peräkkäisistä staattisista kentistä. IMRT:n hyödyt nousevat esiin erityisesti sädetettäessä hoitokohteita lähellä kriittisiä kudoksia. IMRT:llä on mahdollista pienentää kohdealueen viereisen normaalikudoksen saamaa annosta pienentämättä itse kohdealueen annosta. Intensiteettimuokkaus ei kuitenkaan keskitä annosta paremmin kohdealueelle. Se siis vain jakaa annoksen eri rakenteiden kesken kliinisesti edullisemmalla tavalla. (Tenhunen 2007, 170-172.)

Stereotaktinen sädehoito

Stereotaktinen sädehoito on sädehoitomenetelmä, jossa sovelletaan stereotaksian periaatteita sädehoitokenttien kanssa. Alun perin sana "stereotaksia" tarkoitti lääketieteessä aivojen kartoitustekniikkaa, jonka avulla aivoista saadaan muodostettua kolmiulotteinen koordinaatisto. Koordinaatistosta löytyy x-, y- ja z -koordinaatit jokaiselle pisteelle pään sisällä. (Ganz 2013, 10-11; Neurokirurgia [2013].) Vaikka stereotaksia aluksi olikin vain pään kartoitusmenetelmä, sen hoitomahdollisuudet ovat kuitenkin laajentuneet muidenkin kehon osien hoitoon. Potilaan saama kokonaissädeannos on perinteisissä sädehoidoissa ja stereotaktisessa sädehoidossa samaa luokkaa. Hoitokohteen viereisen kudoksen saama sädeannos on kuitenkin pienempi tarkemman sädekeilan kohdistamisen ansiosta. Pienen kenttäkoon vuoksi stereotaktista sädehoitoa hyödynnetään enimmäkseen hyvin tarkkaa hoitoa vaativissa tilanteissa, kuten aivokasvainten hoidossa. (Terveyskirjasto 2012; James 2013, 3-4.)

2.5 Ulkoiset sädehoitolaitteet

Lineaarikiihdytin

Sädehoitoon tarkoitettu lineaarikiihdytin koostuu elektronitykistä, mikroaaltogeneraattorista, kiihdytysputkesta, kääntömagneeteista, kohtiosta sekä kaihtimista. Lisänä voidaan käyttää kiiloja, moniliuskakollimaattoria tai molempia. Lineaarikiihdyttimestä saadaan säteilyä, kun elektronitykissä lämmittämällä irrotetut elektronit vedetään korkeajännitteen voimalla kiihdytinputkeen, jossa ne kiihdytetään mikroaaltojen avulla lähes valonnopeuteen. Elektronisuihku ohjataan kääntömagneeteille, joiden läpi vain oikean energian omaavat elektronit pääsevät törmäämään raskasmetallikohtioon, jonka kanssa vuorovaikuttaessaan elektronien energia laskee ja tällöin syntyy fotonisäteilyä. Ilman raskasmetallikohtiota voidaan antaa myös pelkkää elektronihoitoa. Kapeaa elektroneikilaa tai hajaantunutta fotonikeilaa ei vielä voida kohdistaa potilaaseen, vaan ne on tasoitettava. Elektroneikila levitetään sirontafolioiden avulla, ja hoitokentän muodon määrittämiseen käytetään lyijyseoksesta valettuja muotteja laitteen ulkopuolella. Fotonikenttä tasoitetaan tasoitussuodattimella ja sen jälkeen kenttä rajataan karkeasti kaihtimilla. Tasoitettu fotonisäteily ohjataan potilaaseen valmiiksi rajattuna joko moniliuskakollimaattorin ja kiilojen läpi tai pelkän moniliuskakollimaattorin rajaamana. Pienillä energioilla (<6 MeV) lineaarikiihdyttimet voidaan rakentaa niin lyhyiksi, että ne voidaan asentaa säteilykeilan akselin suuntaisesti, jolloin kääntömagneetteja ei tarvita. Lineaarikiihdyttimellä voidaan tuottaa elektroneja n. 20-25 MeV energiaan saakka. Lineaarikiihdyttimistä saatavat fotonikentät vastaavat n. 4 – 25 MV:n kiihdytysjännitteellä tuotettua jarrutussäteilyä. (Sipilä 2002, 192-194; Tenhunen 2007, 42.)

Lineaarikiihdytin voidaan liittää osaksi sädehoitolaitea, kuten on tehty perinteisessä isosentrisesti asennetussa sädehoitolaiteessa. Lineaarikiihdyttimellä varustettuun hoitolaitekokonaisuuteen kuuluu lisäksi hoitopöytä. Nykyaikaisella lineaarikiihdyttimellä varustetulla hoitolaiteella voidaan antaa SSD-sädehoitoa, isosentristä sädehoitoa, intensiteettimuokattua sädehoitoa sekä stereotaktista sädehoitoa. Perinteisen sädehoidon hoitolaiteessa lineaarikiihdytin on asennettu niin, että sillä voidaan suunnata säteilyä potilaan poikkileikkaustasossa mihin tahansa 0 – 360 asteen väliltä. (Tenhunen 2007, 42-43.) Normaalin hoitolaitteen liikettä rajoittavat gantryn ja hoitopöydän rajalliset vapausasteet (Kouri & Kangasmäki 2009).

CyberKnife

CyberKnife (CK) on robottitekniikkaan perustuva tarkkuussädehoitolaite, joka käyttää ioinisoivaa säteilyä kasvainten ja muiden epänormaalien kudosten hoitoon. Laitteessa yhdistyy robotiikan mahdollistama liikkuvuus ja lähes reaaliaikainen liike- ja kuvaseuranta. Järjestelmä koostuu robottikäsivarresta, lineaarikiihdyttimestä, liiketunnistimista, kahdesta röntgenputkesta ja detektorista, erilaisista kollimaattoreista, hoitopöydästä, fiksointivälineistä ja seurantalaitteistosta. Laitteeseen asennettu lineaarikiihdytin pystyy tuottamaan ainoastaan 6 MV (megavoltin) energian omaavia fotoneita. Hoidon aikana säteilyä annetaan monista eri suunnista ennalta määritellyn hoitosuunnitelman mukaisesti. (Kurup 2010.)

CK:n tekninen toteutus mahdollistaa erittäin tarkan 6 MV energian sädehoidon mihin vain kehon osaan (King, Lehmann, Adler & Hai 2003, 27; Coste-Maniere, Olender, Kilby & Schulz 2005, 38). Hoidon tarkkuuden ansiosta pystytään välttämään tehokkaammin ympäröivien elinten säderasitusta, jolloin on mahdollista antaa suurempia kerta-annoksia kuin perinteisessä intensiteettimoduloidussa sädehoidossa (King ym. 2003, 29). Hoidot ovat hypofraktioituja ja hoitokerrat kestävät n. 45 minuuttia. CK:a voidaan mahdollisuuksien mukaan käyttää ei-invasiivisena primäärihoitona leikkauksen sijaan. Se toimii siis myös vaihtoehtona potilaille, joiden kohdalla leikkaus on mahdoton hoitoratkaisu potilaan terveydentilan tai kasvaimen sijainnin takia. CK:lla voidaan tehostaa perinteistä sädehoitoa tai jopa hoitaa loppuun kohteet, joiden saama annos on jäänyt syystä tai toisesta vajaaksi. Hoitomahdollisuudet ovat laajat, sillä CK:lla voidaan hoitaa kaikkialla kehossa sijaitsevia kasvaimia, metastaaseja tai muita epänormaaleja kudoksia, kuten arterovenoosin malformaation aiheuttamia ylimääräisiä suoni yhteyksiä laskimoiden ja valtimoiden välillä. (Coste-Maniere ym. 2003, 27.)

Gamma Knife

Gamma Knife on stereotaktinen ei-invasiivinen sädehoitolaite, jossa säteilylähteenä toimii koboltti. Käytämme vastaisuudessa työssämme Gamma Knifestä lyhennettä GK, jota ei tule sekoittaa CK lyhenteeseen. GK:ssa on massiivisen suojuksen sisällä satoja puolipallon muotoon asennettuja putkia, joiden kautta radioaktiivisen koboltin tuottama säteily suunnataan kohdealueelle. Säteilylähteitä on vaihdettava noin viiden vuoden välein. Potilas on hoidon ajan selällään hoitopöydällä ja hänen päänsä on kiinnitettynä stereotaktiseen kehikkoon. Hoidon aikana pöytä liikkuu ja potilaan pää menee suojuksen sisään. Hoidon annossuunnittelu sekä asettelu toteutetaan modernien kuvantamistekniikoiden ja -ohjelmien avulla. GK soveltuu parhaiten neurokirurgiseen hoitoon. (Sipilä 2002, 192; Seppälä ym. 2008.) GK:lla voidaan hoitaa vain pieniä kallonsisäisiä kohteita kertaluonteisesti (Kouri & Kangasmäki 2009). Suomessa hoitolaitetta ei vielä ole (Elekta [2013]).

TomoTherapy

TomoTherapy on nimensä mukainen rekisteröity sädehoitolaite, jossa lineaarikiihdytin on asennettu tietokonetomografialaitteen kaltaiseen rengasgantryyn. Tämä mahdollistaa sen, että potilasta voidaan hoitaa yhtäjaksoisesti mistä tahansa kulmasta potilaan horisontaalisen tason ympärillä. TomoTherapy-laite sisältää moniliuskakollimaattorin sädekentän rajaamiseksi. (TomoTherapy [2013].) Laitteella on myös tavallisen tietokonetomografialaitteen kuvantamisominaisuudet, joiden ansioista potilaasta voidaan ennen jokaista hoitokertaa ottaa TT-kuvapakka, mikä puolestaan mahdollistaa tarkan anatomisen hahmottamisen. Kuvaamisen jälkeen potilasta hoidetaan potilaan ympärillä pyörivällä sädekentällä, joka samalla liikkuu helikaalimaisesti eteenpäin. Sädekenttä on intensiteettimoduloitu ja sen muotoa muokataan aktiivisesti moniliuskakollimaattoreilla. (Precision Radiotherapy [2013].) TomoTherapy-laitteita ei ole Suomessa (Accuray [2013]).

3 TYÖN TARKOITUS, TAVOITTEET, TEHTÄVÄT JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Opinnäytetyömme tarkoituksena oli selvittää kirjallisuuskatsauksen avulla, millainen hoitolaite CK on ja millaisia sairauksia sillä voidaan hoitaa. Raportissa keskityimme esittelemään perustasolla, mikä CK on laitteena ja miten sillä tapahtuva hoito toteutetaan. Selvitämme myös mitä syöpiä sekä muita sairauksia CK:lla voidaan hoitaa.

Tavoitteena oli tehdä kirjallisuuskatsauksen avulla tiivis ja monipuolinen tietopaketti CK:sta. Työtämme voi hyödyntää kuka tahansa aiheesta suomenkielistä tietoa tarvitseva. Katsauksemme avulla pyrimme kasvattamaan suomalaisten sädehoitotyön parissa työskentelevien tai siitä muuten kiinnostuneiden terveydenhoitoalan ammattihenkilöiden tietoisuutta CK-hoitolaitteesta ja sen hoitomahdollisuuksista. Työ tarjoaa myös oppimismahdollisuuksia terveydenhoitoalan opiskelijoille.

Työtämme johdattelevat tutkimuskysymykset ovat:

Mikä on CyberKnife?

Millaisten syöpien hoitoon CyberKnife soveltuu parhaiten?

Mitä muita sairauksia kuin syöpää CyberKnifellä hoidetaan?

4 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

4.1 Kirjallisuuskatsaus menetelmänä

Salmisen (2011) mukaan kirjallisuuskatsauksen avulla voidaan rakentaa kokonaiskuva tietyistä asiakokonaisuudesta. Opinnäytetyömme menetelmä on kirjallisuuskatsaus, jonka teemme soveltamalla systemaattisen kirjallisuuskatsauksen periaatteita. Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa seurataan systemaattista polkua, jonka avulla saadaan vastaukset tutkimuskysymyksiin mahdollisimman toistettavasti, ilman katsaukseen liittyvää harhan riskiä. Tässä menetelmässä on karkeasti jaotellen kolme vaihetta: katsauksen suunnittelu, katsauksen tekeminen hakuineen, analysointeineen ja synteeseineen sekä katsauksen raportointi. (Johansson 2007, 5.)

Kirjallisuuskatsauksen teon ensimmäisessä vaiheessa etsitään aiempia tutkimuksia aiheesta ja määritellään katsauksen tarve sekä tehdään tutkimussuunnitelma (Johansson 2007, 5-7; Salminen 2011, 3-6). Saimme työmme aiheen ensimmäisessä opinnäytetyöpajassa 24.2.2012. Aihekuvaus työlle esiteltiin 16.3.2012. Varsinaista työsuunnitelmaa aloimme tehdä vasta 2013 keväällä, ja se hyväksyttiin syyskuussa 2013. Johanssonin (2007) ja Salmisen (2011) mukaan tutkimussuunnitelmassa tulee ilmetä mahdollisimman selkeät tutkimuskysymykset, joita voi olla yhdestä kolmeen. Kehitimme kolme tutkimuskysymystä, joihin meidän mielestämme oli realistisesti mahdollista vastata saatavilla olevan kirjallisuuden perusteella. Tutkimuskysymysten valinnan jälkeen määritellään menetelmät katsauksen tekoon. Menetelmät käsittävät hakusanojen ja tietokantojen valinnat. (Johansson 2007, 5-7; Salminen 2011, 3-6.) Hakusanojen valinnassa päädyimme vain yhteen hakusanaan, eli CyberKnife. Haun tiedonlähteiksi valitsimme koulun kautta tutuksi tulleet terveydenhuollon tieteellisten artikkeleiden tietokannat.

KUVIO 1. Katsauksen hyväksymis- ja poissulkukriteerit

Hyväksymiskriteerit	Hylkäskriteerit
Vastaa tutkimuskysymykseen	Muu kuin Suomen- tai Englanninkielinen
2000-luvulla tehty	Maksullinen
Tieteellinen artikkeli	
Väitöskirja	
Lisensiaattityö	
Oppikirja	
Käsikirja	

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus kohdistuu tarkasti rajattuun aineistoon. Aineiston valintaa varten laaditaan hyväksymis- ja poissulkukriteerit, jotka voivat kohdistua tutkimuksen kohdejoukkoon, interventioon, tuloksiin tai tutkimusasetelmaan (Kuvio 1). Käytettävän aineiston laadun arviointi on tärkeä osa systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tekoa. (Johansson 2007, 5-7; Salminen 2011, 3-6.) Tieteellisten artikkeleiden laatua voidaan mitata sillä, tuleeko niistä ilmi keskeiset tieteellisen artikkelin osatekijät: ongelma, viitekehys, tutkimuksen tarkoitus, tutkimusasetelma, otanta,

menetelmät ja päätelmä (Metsämuuronen 2006, 30-32). Nämä asiat otimme huomioon aineiston valinnassa.

Toisessa vaiheessa edetään tutkimussuunnitelman mukaisesti etsimällä ja valikoimalla mukaan otettava aineisto (Johansson 2007, 5-7). Tämä vaihe meillä käynnistyi kesän 2013 alussa, vaikka suunnitelmaa ei oltu vielä täysin hyväksytty. Se oli kuitenkin viimeistelyä vaille valmis, mistä syystä aloitimme jo aineiston hankinnan. Näitä tiedonhaun tuloksia ei otettu huomioon katsauksen tuloksissa puutteellisen dokumentoinnin vuoksi. Oikea tiedonhaku suoritettiin 2013 syksyllä. Aineisto valikoitui suunniteltujen kriteerien perusteella. Kirjallisuuskatsaukseen hyväksytyjen artikkeleiden lopullinen määrä selviää vasta artikkeleiden valinnan ja laadun arvioinnin jälkeen (Tuomi & Sarajärvi 2009, 103). Kun nämä vaiheet on suoritettu, jäljelle jää analysoitava aineisto. Aineiston analysoinnin ja tulosten esittämisen tarkoituksena on vastata mahdollisimman kattavasti ja objektiivisesti sekä selkeästi tutkimuskysymykseen. Analyysissä on kiinnitettävä huomiota tutkimusten sisällöllisiin kysymyksiin sekä niiden laatuun. Analyysitavan valintaan vaikuttavat tutkimuskysymykset ja tutkimusten lukumäärä, luonne, laatu sekä heterogeenisyys. Aineistolähtöisessä analyysissä voidaan tutkimuskysymysten avulla nostaa aineistosta esiin olennainen tieto. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 103.) Koimme, että tällä analyysimenetelmällä saamme parhaiten olennaiset tiedot tutkimuskysymysten vastaamiseen. Aineistoa kuvailevassa synteesissä kuvataan tulokset sekä konkreettiset yhtäläisyydet ja erot (Kääriäinen & Lahtinen 2006, 43).

Katsauksen viimeisessä vaiheessa tulokset raportoidaan ja tehdään johtopäätökset (Johansson 2007, 7). Tämä vaihe alkoi meillä syys- ja lokakuun 2013 vaihteessa. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen onnistumisen ja tulosten relevanttisuuden kannalta on todella tärkeää, että kirjallisuuskatsauksen kaikki vaiheet kirjataan tarkasti. (Johansson 2007, 7.)

4.2 Aineiston haku ja analysointi

Aloitimme aineistomme haun ja aiheeseen tutustumisen jo aihekuvausta tehdessä. Aiemmin hakemiamme artikkeleita emme kuitenkaan ottaneet mukaan katsauksemme, koska emme dokumentoineet niiden hakua riittävän tarkasti ja tämä olisi heikentänyt katsauksemme luotettavuutta. Varsinainen elektroninen aineistonhaku toteutettiin tietokantoihin PubMed, BioMed, CINAHL, Joanna Briggs Institute EBD Database, Plos, Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisut, THL, Medic ja terveysportti aikavälillä 2.–5.9.2013. Haimme aineistoa kaikista tietokannoista hakusanalla CyberKnife. Rajasimme hakuamme PubMedissä suodattamalla pois maksulliset sekä ennen 2000-lukua tehdyt artikkelit. PubMedistä saatiin tällä hakusanalla ja rajauksella ilmaisia hakutuloksia 136 kappaletta. Löytääksemme enemmän tuloksia kolmoishermostörynn hoidosta CK:lla, kokeilimme rajata PubMedin hakua vielä tarkentavalla hakusanalla trigeminal. Tällä rajauksella hakutuloksia tuli neljä, mutta kaikki olivat samoja, mitä olimme jo saaneet ilman tarkentavaa hakusanaa. Emme siis käyttäneet enää tästä eteenpäin tarkentavia hakusanoja, koska muiden tietokantojen hakutulosten määrät olivat niin pieniä. Muista tietokannoista haettiin siis vain CyberKnife -hakusanalla. CyberKnife -hakusanalla saimme kaikista tietokannoista yhteensä 264 hakutulosta. BioMedistä haetuista artikkeleista viisi oli samoja, mitä oli löydetty PubMedistä. Koska olimme saaneet tulokset ensimmäisenä PubMedistä, emme ottaneet samoja BioMedistä saatuja tutkimuksia huomioon.

Elektronisen tiedonhaun lisäksi suoritimme manuaalista tiedonhakua. Kävimme KYSin CK -hoitajien luona tapaamisella ja samalla tutustumassa laitteeseen. He ehdottivat meille, että haluaisimmeko saada heiltä sähköpostiin CK -aiheisia tutkimusviiteitä, joita heille lähetetään. Suostuimme tähän ja saimme heiltä kolme sähköpostia, joissa oli yhteensä 21 CK -aiheista tutkimusviitettä. Näistä tutkimusviitteistä vain kolme oli ilmaisia. Näistä kolmesta yksi ei vastannut meidän tutkimuskysymyksiimme ja loput kaksi olivat samoja, mitä löysimme PubMedistä. Manuaalinen tiedonhakumme ei siis tuottanut yhtään artikkelia. CK henkilökunnalta saatiin kuitenkin haastattelemalla runsaasti tarkentavaa tietoa. Ohessa elektronisen tiedonhaun hakutaulukko selventämään hakutulosten määrää. (Taulukko 2.)

TAULUKKO 2. Elektronisen tiedonhaun hakutulokset

Tietokanta	Hakusana	Tulokset	Otsikon ja abstraktin mukaan valitut	Koko artikkelin mukaan valitut
PubMed	CyberKnife	136	32	24
BioMed	CyberKnife	83	9	8
CINAHL	CyberKnife	25	2	2
THL	CyberKnife	12	0	0
Plos	CyberKnife	4	0	0
Terveysportti	CyberKnife	4	0	0
Joanna Briggs Institute EBD Database	CyberKnife	0	0	0
Medic	CyberKnife	0	0	0
Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisut	CyberKnife	0	0	0
Yhteensä:		264	43	34

Luimme kaikkien hakutulosten otsikot ja abstraktit. Jos hakutulos ei täyttänyt hyväksymis- ja poissulkukriteereitämme, se hylättiin (Kuvio 1). Otsikon ja abstraktin lukemisen perusteella hyväksytyjä artikkeleita jäi 43. Nämä kaikki artikkelit luimme kokonaan arvioimalla niitä samalla kriteereidemme mukaan. Lisäksi arvioimme artikkeleiden luotettavuutta keskeisten tieteellisten artikkeleiden osatekijöiden mukaan, ts. tuleeko artikkelista ilmi ongelma, viitekehys, tutkimuksen tarkoitus, tutkimusasetelma, otanta, menetelmät ja päätelmä (Metsämuuronen 2006, 30-32).

Kun olimme lukeneet artikkelit, jätimme vielä yhdeksän artikkelia pois, koska ne eivät täyttäneet kriteereitämme tai olleet mielestämme tarpeeksi luotettavia. Yksi artikkeli hylättiin, koska siinä ei ollut tehty CK-tutkimusta, vaan GK-tutkimus ja CK mainittiin ainoastaan yhden kerran jossain merkityksettömässä lauseessa. Toisessa tutkimuksessa sanottiin, että rakkosyöpää on hyvä hoitaa CK:lla, mutta otanta oli yksi potilas. Kolmas oli jonkinlainen videoartikkeli, jossa ei ollut minkäänlaista otantaa. Muut syöpien hoitoa koskevat artikkelit jätettiin pois vastaavilla syillä. Lopulta meille jäi analysoitavaksi 34 eri artikkelia. Artikkeleista kuusi oli Radiation Oncologyn ja neljä Frontiers In Oncologyn julkaisemia. Muut artikkelit oli julkaistu mm. eri maiden omissa syöpää käsittelevissä julkaisuissa. Suurin osa julkaisuista oli Yhdysvalloista (22) ja Koreasta (4). Loput olivat Ranskasta, Japanista, Kiinasta, Saksasta sekä Intiasta. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastaavia artikkeleita löytyi kolme, toiseen 29 ja kolmanteen kaksi.

Analysoimme aineistoamme hakemalla artikkeleista vastauksia tutkimuskysymyksiimme. Teimme analysointia helpottaaksemme taulukon, josta käy ilmi artikkelin nimi, julkaisuvuosi, julkaisumaa, tekstilaji, tekijät, tarkoitus, otos, metodi, keskeiset tulokset ja käyteyty tietokanta. Analysointitaulukko löytyy liitteenä 1.

5 TULOKSET

5.1 Mikä on CybeKnife?

CK:n ensimmäiset versiot rakennettiin 1990-luvun alussa. CK-järjestelmä rakennettiin alun perin kehyksettömäksi vaihtoehdoksi GK:lle ja perinteisille lineaarikiihdyttimille, joita käytetään stereotaktisissa hoidoissa. Jo ensimmäisessä CK -kokoonpanossa lineaarikiihdytin oli asennettu robottikäsiarven päähän. Sillä pystyttiin antamaan jatkuvassa röntgenkuvaseurannassa todella tarkasti useita itsenäisesti kohdistettuja, ei-isosentrisiä eri tasossa olevia hoitosäteitä. CK:n toimintaperiaate on pysynyt samana tähän päivään asti, mutta siihen on tehty huomattavia teknisiä parannuksia ja lisäyksiä viimeisen vuosikymmenen aikana. CK-järjestelmällä oli hoidettu jo vuoteen 2010 mennessä yli 90 000 potilasta. (Kilby ym. 2010, 1, 17.)

CK-järjestelmä koostuu robottikäsiarvesta, lineaarikiihdyttimestä, erilaisista kollimaattoreista, hengitystahdistuskamerasta, kahdesta röntgenputkesta ja detektorista, hoitopöydästä, fiksointivälineistä sekä valvontalaitteistosta (Kilby ym. 2010, 1-9).

Robottikäsiarvena on saksalainen KuKa KR240-2. Se pystyy toistamaan saman asennon alle 0.12mm tarkkuudella ja sillä on "kuuden asteen vapaus", ts. se voi liikkua eteen, taakse, ylös, alas, oikealle ja vasemmalle. Edellä mainitut ominaisuudet auttavat sitä liikkumaan erittäin tarkasti potilaan ympärillä. (Kilby ym. 2010, 5.) Robottikäsiarven poistaa myös kaikki samantasoisuuteen liittyvät rajoitteet hoidon antamisessa eli hoito voidaan antaa mistä tahansa kulmasta (Kurup 2010). Tätä kutsutaan ei-isosentriseksi hoidoksi. Liikkuvuuden haittapuolena CK vaatii huoneensa rakenteelta todella paljon. Rakenteellinen säteilysuojelu on erittäin tärkeää koko huoneessa, koska säteitä voi lähteä lähes mihin suuntaan tahansa. (Kilby ym. 2010, 5.)

Robottikäsiarven päähän on asennettu lineaarikiihdytin, joka tuottaa 6MV fotonisäteitä 1000 cGy/min annosnopeudella. Lineaarikiihdyttimen kompakti rakennesuunnittelu mahdollistaa sen, että kääntömagneettia ei tarvita. Tässä lineaarikiihdyttimessä ei ole myöskään sädekeilaa tasoittavaa suodatinta. Sekundäärinen kollimointi suoritetaan erilaisilla kollimaattoreilla. (Kilby ym. 2010, 5.)

Kollimaattoreita on 12 eri kokoa ja niiden tuottama kenttäkoko vaihtelee 0,5-6cm välillä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää Iris -kollimaattoria, jolla saadaan tuotettua samat kenttäkoot vaihtamatta kollimaattoria kesken hoidon. Kollimaattoreita voidaan vaihtaa manuaalisesti tai automaattisesti. (Kilby ym. 2010, 5.)

Kamerajärjestelmään kuuluu hengitystahdistuskamera sekä kaksi diagnostista röntgenputkea ja detektoria. Hengitystahdistuskamera on kattoon kiinnitetyssä puomissa, minkä ansiosta se voidaan kätevästi siirtää pois tieltä, kun sitä ei tarvita. Hengitystahdistuskameran toimivuus perustuu optisten merkkien seurantaan. Merkit ovat LED -valoja, jotka on asennettu potilaan ylle puettavaan liiviin. Liivejä käytetään hoidoissa, joissa rintakehän liikkeen seuranta on tarpeen, kuten esimerkiksi keuhkojen alueen hoidoissa. Röntgenputket on asennettu kiinteästi kattoon 45° kulmaan kattoon nähden. Detektorit on asennettu lattian alle vastaavasti samaan kulmaan. Säteiden kohtaamispaikassa sädekentän koko on noin 15x15cm. (Kilby ym. 2010, 6.)

Synkronoitu hengityksen seurantajärjestelmä tarjoaa reaaliaikaisen seurannan kasvaimille, jotka liikkuvat hengityksen mukana. Järjestelmä laskee kasvaimen sijainnin röntgenkuvien ja potilaaseen asennettujen sisäisten merkkien eli kultajyvien korrelaation perusteella. Robottikäsi voi seurata hengityksen seurantajärjestelmän avulla hengityksen tahdissa liikkuvia kasvaimia. Tarvittaessa jokaista hoitosädetä voidaan ohjata hengityksen mukaan hoidon aikana. Näin potilas voi hengittää hoidon aikana täysin normaalisti. Ulkoista hengityksen seuranta käytetään kuvantamisesta aiheutuvan säderasituksen vähentämiseksi. (Kilby ym. 2010, 7-8.)

Laitteen hoitopöytä on asennettu samanlaisen robottikäsiarven päähän kuin lineaarikiihdytin. Hoitopöydän asentoa voidaan muokata siis yhtä monipuolisesti kuin lineaarikiihdyttimen asentoa. (Kilby ym. 2010, 3-4; Tervo, 22.10.2013.) Fiksointivälineet ovat hyvin samanlaisia kuin normaalissa sädehoidossa, mutta seurantaominaisuuksien ansiosta potilasta ei tarvitse fiksoida niin tiukasti kuin muissa sädehoitolaiteissa (Quinn 2003, 1.) Valvontalaitteisto koostuu ääni- ja kuvayhteydestä hoituhuoneeseen, eikä se poikkea merkittävästi perinteisen sädehoitolaitteen valvontalaitteistosta (Tervo, 22.10.2013).

Annoslaskenta suoritetaan Ray-Tracing ja Monte Carlo algoritmeilla (Kilby ym. 2010, 10). CK -järjestelmällä on omat algoritminsa säteen painottamisen ja hoidon tehokkuuden optimoimiseen (Kilby ym. 2010, 10-12). CK:ssa on myös monia erilaisia laskenta-algoritmeja kallon, selkäytimen, keuhkojen ja sisäisten kultajyvien seurantaan (Kilby ym. 2010, 6-7).

Hoidon suunnittelu

CK -sädehoidon suunnittelu aloitetaan hankkimalla kohteesta yksi tai useampi kolmiulotteinen tietokonetomografia rekonstruktio. Kuvien perusteella määritetään hoitokohteen koko ja muoto sekä ympärillä olevat säteilyherkät elimet. Potilaan ruumiinrakenteen ja hoidossa käytettävän asettelun mukaan potilaan ympärille määritetään turva-alue, jonka sisäpuolelle CK ei saa tulla (Tervo, 22.10.2013). CK -hoito voidaan suunnitella joko isosentriseksi tai ei-isosentriseksi. (Kilby ym. 2010, 2-3.)

Suunnitteluohjelmalla määritetään jokaiselle säteelle lähde-, suunta- ja solmukepiste sekä käytettävä kollimaattori. Jokaista sädettä kuvaa lähde- ja suuntapisteen yhdistävä vektori. Lähdepiste on lineaarikiihdyttimen polttopiste ja suuntapiste määritetyn kohdealueen sisällä tai pinnalla. Teoriassa lähde- ja suuntapisteitä voidaan määrittää loputon määrä, mutta käytännössä suunnitellessa käytetään kuitenkin ennalta määritettyjä säteitä. Lähde- ja suuntapisteen yhdistävä vektori kulkee aina jonkin solmukepisteen kautta. Solmukepiste on kohta, jossa virtuaalisen ruudukkopallon vaaka- ja pystyakseli kohtaavat. Eri hoitokohteille on valmiiksi määritettyjä hoitopolkuja. Hoitopoluissa on määritetty hoitokohteen hoidossa käytettävissä olevat solmukepisteet. Solmukepisteiden määrä vaihtelee eri hoitopoluissa välillä 23-130. Pään hoidossa on käytössä 130 solmukepistettä, kun taas keskivartalon kohteiden hoitopoluissa solmukepisteitä on käytössä huomattavasti vähemmän, koska säteitä ei voida antaa esim. pään läpi. Sädehoidon suunnittelun alussa jokaiselle potilaalle valitaan sopiva hoitopolku. (Kilby ym. 2010, 2; Tervo, 22.10.2013.)

Suuntapisteet määritetään automaattisesti säteentuottotilan mukaisesti, joka on joko isosentrinen tai ei-isosentrinen. Isosentrinen tila sallii käyttäjän määrittää potilaan sisään yhden tai useampia virtuaalisia isosentreja. Näin voidaan saada jokaisesta solmukekohdasta lähtemään säde omaan virtuaaliseen isosentriinsä. Isosentrisessä tilassa annosjakauma on samanlainen kuin muissa pyöreitä kollimaattoreita käytävissä stereotaktisissa sädehoitolaitteissa. (Kilby ym. 2010, 3.)

Ei-isosentrisellä tilalla voidaan saavuttaa monipuolisempi hoitogeometria. Tässä tilassa hyödynnetään robottikäsivarren kykyä suunnata lineaarikiihdytintä. Jokaisen solmukepisteen kohdalta voidaan antaa säteilyä moneen eri pisteeseen kohdealueella. Näin käyttäjä voi estää paremmin säteiden kulkemista sädeherkkien elimien läpi, jolloin voidaan vähentää pienien ja sädeherkkien rakenteiden, kuten silmän linssin tai kilpirauhasen säderasitusta. Hoitoannos voidaan tuottaa siis useista eri suunnista vaihtelevan kokoisilla 6 MeV kentillä. Käyttäjä voi muokata sädekenttien kokoa valitsemalla eri kokoisen kollimaattorin. Yhteen hoitoon voidaan sisällyttää monella eri kokoisella kollimaattorilla annettavaa hoitoa. (Kilby ym. 2010, 3.)

Sädehoidon toteutus

Röntgenhoitajat asettelevat potilaan lasereiden mukaan hoitopöydälle. Potilas fiksoidaan eli kiinnitetään pöytään hoidon vaatimalla tavalla. Lisäksi jokaisen tutkimuksen alussa potilas kohdistetaan henkilökohtaisen sädehoitosuunnitelman ja reaaliaikaisten röntgenkuvien mukaan tutkimuspöydän asentoa muuttamalla. Suunnitelman asetuksista ja pöydän mallista riippuen, potilas on kohdistettava $\pm 10\text{mm}$ tai $\pm 25\text{mm}$ ja $\pm 1-5^\circ$ tarkkuudella jokaisen akselin mukaan. Manuaalisen asettelun tarkoituksena on vähentää hoidon aikan tapahtuvien automaattisten korjausten määrää. Kun oikea asento on saavutettu, voidaan hoito aloittaa. (Kilby ym. 2010, 3-4.)

Hoidon aikana robottikäsivarsi liikkuu sädehoitosuunnitelmaan määritettyä hoitopolkua pitkin. Hoitoa ei välttämättä anneta hoitopolun jokaiselta solmukepisteeltä. CK-järjestelmä laskee automaattisesti nopeimman mahdollisen reitin hoitopolun solmukepisteiden läpi niin, että se kulkee mahdollisimman vähän solmukepisteiden kautta, joilta ei anneta hoitoa. Robottikäsivarsi säättää lineaarikiihdyttimen asentoa jokaisen solmukepisteiden kohdalla niin, että säde lähtee tarkalleen oikeaan suuntaan. (Kilby ym. 2010, 4.)

Säteen suuntausta hoidon aikana tarkkaillaan vertailemalla potilaan 3D-mallista digitaalisesti rekonstruoituja röntgenkuvia sekä huoneen röntgenputkista saatuja röntgenkuvia. CK voi siis seurata hoidon aikana tapahtuvia potilaan liikkeitä ja tehdä sen mukaan reaaliaikaista liikekorjausta. Suuret liikehdinnät pysäyttävät hoidon automaattisesti. Normaalin hoidon aikana CK tarkistaa sijaintia 30-60 sekunnin välein. Tarkistuksen väliaikaa voidaan muuttaa tarvittaessa hoidon aikana. CK perustaa liikekorjauksensa aina viimeisimpään saatavilla olevaan tietoon. (Kilby ym. 2010, 4.)

5.2 Millaisten syöpien hoitoon CyberKnife soveltuu parhaiten?

Tähän tutkimuskysymykseen vastaavia tutkimuksia löytyi 29. Eniten tutkimuksia löytyi eturauhasen, keuhkojen ja keskushermoston syöpien hoidosta. Pään ja kaulan alueen syöpien hoidosta löytyi kolme tutkimusta. Muista kohteista löytyi yksi tai kaksi tutkimusta (Taulukko 3). Tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella CK:n käyttömahdollisuudet ovat laajat, mutta tällä hetkellä valtaosa CK-hoidoista on eturauhasen ja keuhkojen alueen tai keskushermoston syöpien hoitoja. CK:n kaksi hoitokohteen seurantamenetelmää mahdollistavat tehokkaan ja turvallisen hoidon liikkuvillekin elimille. Katsauksen perusteella seurantamenetelmiä hyödynnetäänkin varsin hyvin tällaisten kohteiden hoidossa. Seuraavaksi esittelemme tarkemmin tuloksiamme.

TAULUKKO 3. Syöpien hoitoon liittyvien artikkeleiden hakutulokset

Syöpä	Montako artikkelia löydettiin
Eturauhassyöpä	6
Keuhkosityöpä	6
Keskushermoston syöpä	5
Pään ja kaulan alueen syövät	3
Maksasyöpä	2
Peräsuolen syöpä	2
Gynekologinen syöpä	1
Korkean riskin kasvaimet	1
Lantion alueen uusiutuneet syövät	1
Pehmytkudos-sarkooma HPC	1
Rintasyöpä	1
Yhteensä:	29

Eturauhasen syöpä

Kuuden eturauhasen hoitoa käsittelevän tutkimuksen mukaan CK:lla annettu stereotaktinen sädehoito on lupaava hoitomuoto pieni-, keskisuuri- ja suuririskisten eturauhassyöpien hoidoissa. Katsaukseen kerätyistä tutkimuksista eturauhassyöpäpotilaita oli määrällisesti selvästi suurin määrä, eli 593. Pääasiassa potilaat sietivät hoidot erinomaisesti ja vain pieniä haittavaikutuksia ilmeni hoitojen jälkeen. Tällaisia oireita oli esim. lisääntynyt virtsaamisen tarve. CK-hoidon tehokkuus ja haittavaikutukset ovat verrattavissa tavanomaisiin IMRT- ja brakyterapiahoitoihin (Oliai ym. 2012). Tarkemman säteilyannoksen ja ei-invasiivisuuden ansioista CK -hoidon haittavaikutukset ovat kuitenkin lievempiä verrattuna muihin kilpaileviin eturauhassyövän hoitomuotoihin. Yksi CK -hoitojen merkittävimmistä eduista muihin hoitomuotoihin verrattuna on se, että hoito on hypofraktioitua. (Freeman & King 2011.) Katsaukseen kerätyissä tutkimuksissa eturauhasen syövän hoito annettiin pääasiassa viidessä fraktiossa viitenä päivänä. Joissain tapauksissa fraktiomäärää saatettiin hieman muuttaa tai hoitokertojen väliin laitettiin välipäiviä (Freeman & King 2011). Hoidot kestivät kuitenkin kokonaisuudessaan vain 1-2 viikon ajan, mikä on potilaiden kannalta hyvä piirre hoidossa.

Keuhkojen syövät

Keuhkosyöpien hoitamista CK:lla käsitteli myös kuusi tutkimusta. Yhteensä näihin tutkimuksiin osallistui 169 potilasta. Erityisesti tason 1a ei-pienisoluisen keuhkosyövän CK-hoidoissa saavutettiin hyvä hoitovaste (Vahdat ym. 2010). Myös perifeeraalisten keuhkometastaasien hoitoon CK oli toimiva hoitolaite (Snider ym. 2012). Bibault ym. (2012) tutkimuksen mukaan ilman kultajyviä toteutettava keuhkosyövän kasvaimen seuranta on lähes yhtä tarkkaa kuin kultajyvien kanssa toteutettava seuranta. Ilman kultajyviä hoidettaessa hoito on potilaalle miellyttävämpi, koska silloin potilaalle ei tarvitse laittaa kultajyviä neulan kautta ultraääniohjauksessa. Tällöin myös hoidon haittavaikutukset ovat tietysti pienempiä. Yleisesti ottaen CK-keuhkosyöpähoitojen haittavaikutukset ovat vähäisiä. Ne ilmenevät usein vain väsymyksenä ja pahoinvointina (Brown ym. 2007; Gibbs & Loo 2010; Vahdat ym. 2010; Bibault ym. 2012; Chen ym. 2012; Snider ym. 2012.)

CK on myös turvallinen, ei-invasiivinen ja tehokas vaihtoehto ajoissa havaittujen keuhkosyöpien hoitoon, joita ei voida hoitaa lääkkeillä (Brown ym. 2007). Keuhkosyöpien CK-hoidot annettiin tutkimusten perusteella pääsääntöisesti kolmessa fraktiossa noin kahden viikon sisällä. Joissakin harvoissa tapauksissa, joissa kasvain sattui olemaan liian lähellä välikarsinan rakenteita, hoito jaettiin neljään pienempiannoksiseen fraktioon. Tällaisen hoidon saaneiden potilaiden hoidon jälkeinen kuolleisuus oli korkeampaa kuin kuolleisuus kolmen fraktion hoidon saaneilla potilailla. (Bibault ym. 2012). Chen ym. (2012) vertailivat CK-hoidon ja kiilaresektiolla toteutetun kirurgisen poiston hoitotuloksia. CK-hoidolla päästiin samankaltaisiin lopputuloksiin kuin syövän kirurgisessa poistossa.

Keskushermoston syövät

Keskushermoston kasvaimien hoidossa CK vaikuttaa olevan paikalliskontrollissaan erinomainen. Syöpien hoitoa käsittelevistä tutkimuksista katsaukseen valikoitui viisi tutkimusta, joista yhdessä käsiteltiin potilastapausta. Tapaus kertoi potilaasta, joka oli saanut sekundäärisen aivokasvaimen viiden vuoden päästä munuaisen aivometastaasin hoidosta. Hoito oli annettu CK:lla (Abedalthagafi & Bakhshwin 2012). Näihin tutkimuksiin osallistui yhteensä 472 potilasta. Monissa tapauksissa selkäytimen kasvaimien hoidoissa kasvain pieneni merkittävästi tai jopa katosi kokonaan (Chang, Youn, Park, & Rhee 2009; Wang ym. 2011). Yksi kasvaimen takia jaloistaan halvaantunut potilas sai hoidon jälkeen jopa kävelykykynsä takaisin. (Wang ym. 2011.) Keskushermoston hoidot oli usein jaettu 1-5 fraktioon. Yhden ja useamman fraktion hoitovaikutusten eroja arvioitiin yhdessä tutkimuksessa ja tulokset olivat pääasiassa samankaltaisia. Kerta-annoksena annettussa hoidossa kivunlievitys oli nopeampaa, kun taas useampaan fraktioon jaetussa hoidossa paikalliskontrolli oli parempaa. (Heron ym. 2012.) Yleisesti näiden tutkimusten perusteella voidaan todeta, että CK-hoitojen palliatiivinen vaikutus on keskushermoston syöpien hoidossa erinomainen (Chang ym. 2009; Nikolajek ym. 2011; Wang ym. 2011; Heron ym. 2012).

Pään ja kaulan alueen syövät

Pään ja kaulan alueen syöpien hoitoja käsitteleviä tutkimuksia löytyi kaksi. Coppa ym. (2009) tutkimuksen perusteella CK-hoito vaikuttaa turvalliselta ja lupaavalta hoitomuodolta pään ja kaulan alueen syöpien hoidoissa. Kodani ym. (2011) raportoivat CK-hoidon olevan tehokas ja lyhyt hoitomuoto näiden syöpien hoitoon. Hoidot annettiin keskimäärin neljässä fraktiossa. Hoidon vaikutukset ovat verrattavissa muihin pään ja kaulan alueen stereotaktisiin sädehoitoihin (Coppa ym. 2009). Potilaita näissä tutkimuksissa oli yhteensä 66. Lisäksi löysimme yhden artikkelin, jossa raportoitiin yksi komplikaatio kallonpohjan kasvaimen hoidosta. Potilasta oli hoidettu post-operatiivisesti CK:lla. Kuukauden kuluttua hoidosta potilaan nenästä oli alkanut vuotaa aivo-selkäydinnestettä, ja hän oli mennyt tajuttomaksi. Potilaalle suoritettiin hätäkorjaus endoskooppisesti aivo-selkäydinnesteen vuotoon. Kahden viikon kuluttua potilas kotiutettiin eikä hänellä enää ollut neurologisia oireita. (Yamada ym. 2013.).

Naisten syövät

Naisten syöpien hoidoista aineistossamme on kaksi artikkelia, joista toisessa käsiteltiin naisten rintasyövän hoitoa ja toisessa gynekologisten metastaasien hoitoa. Rintasyövän hoitoa käsittelevässä tutkimuksessa potilasmäärä oli yhdeksän ja gynekologisten metastaasien hoitoa käsittelevässä artikkelissa 50. Molempien hoitoalueiden tapauksissa hoidon haittavaikutukset olivat minimaalisia. Gynekologisten metastaasien hoidoissa usealla potilaalla ilmeni 30 päivän kuluttua uupuneisuutta ja huonovointisuutta, mutta vakavampia hoidon haittavaikutuksia ei ilmennyt. Rintasyöpien hoidossa fraktioita oli viidestä kymmeneen, kun taas gynekologisten metastaasien hoidoissa fraktioita oli vain kolme. Kummankaan syöpätyypin hoidoissa tauti ei uusiutunut hoidon jälkeen. Rintasyöpähoitojen seuranta-aikojen mediaani oli seitsemän kuukautta ja gynekologisten metastaasien seuranta-aikojen mediaani 15 kuukautta. Rintasyöpien hoidossa hoidon kosmeettinen lopputulos oli hyvä. (Vermeulen ym. 2011; Kunos ym. 2012.)

Maksan syövät

Maksan CK-hoidosta löysimme kaksi tutkimusta. Maksasyövän hoidossa CK:n paikalliskontrolli on erinomainen. Toisessa tutkimuksessa CK-hoitoa verrattiin ei-invasiivisena vaihtoehtona kasvaimen kirurgiselle resektiolle ja toisessa hoito toimi lisäaikana potilaille, jotka jonottivat elinsiirtoa. Yhteensä potilaita Näihin tutkimuksiin osallistui yhteensä 52 potilasta. Maksasyövän hoidot annettiin kolmessa fraktiossa. Potilaat kokivat hoidosta lieviä haittavaikutuksia, mikä ilmeni huonovointisuutena. (Kwon ym. 2010; O'Connor ym. 2012.) CK-hoito vaikuttaa lupaavalta vaihtoehdolta kasvaimen kirurgiselle resektiolle, mutta potilaiden selviytymisprosentti ei kuitenkaan ollut tutkimusten tulosten mukaan yhtä hyvä kuin kirurgisessa poistossa (Kwon ym. 2010). Hoidolla oli erinomainen palliatiivinen vaikutus potilaille, jotka odottivat uutta siirtomaksaa (O'Connor ym. 2012).

Pehmytkudossarkooma

Pehmytkudossarkooman hoitoa käsitteleviä artikkeleita löysimme yhden. Tutkimukseen osallistui 14 potilasta. Tutkimuksen perusteella hoidon paikallinen kontrolli on erinomainen. Tutkimuksessa painotettiin, että hoito ei estä metastasointia. Postoperatiivisesti hoidon todettiin hidastavan uusiutumista ja pidentävän potilaan selviytymistä. Hoito oli jaettu yhdestä kolmeen fraktioon. (Veeravagu ym. 2011.)

Lantion alueen syövät

Lantion alueen syöpien hoidosta katsaukseen löydettiin yksi artikkeli ja peräsuolen alueen syöpien hoidosta kaksi artikkelia. Lantion alueen syöpien hoitoa käsittelevään tutkimukseen osallistui 23 potilasta ja peräsuolen syöpien hoitoa käsitteleviin tutkimuksiin yhteensä 37. Lantion alueen syövän hoidossa taudin paikallisessa leviämisessä oli havaittavissa selvästi hidastumista (Dewas ym. 2011). Molempien syöpätyyppien hoitojen palliatiivinen vaikutus oli hyvällä tasolla ja haittavaikutukset olivat vähäisiä (Kim ym. 2008; DeFoe ym. 2011; Dewas ym. 2011). Peräsuolen alueen syöpähoitokomplikaatiot ja hoitojen jälkeinen selviytymisaste ovat verrattavissa muihin hoitomuotoihin. Tämän syöpätyypin hoidoissa painotettiin myös että CK-hoitoa voidaan käyttää paikallisena ei-invasiivisena vaihtoehtona uusiutuvan peräsuolen syövän leikkauskelvottomiin, eristäytyneisiin metastaaseihin, jos ne ovat levittäytyneet alle neljään lantion imusolmukkeeseen ja muuta täsmällistä pelastavaa hoitoa tai kemoterapiaa ei ole saatavilla. (Kim ym. 2008.) Lantion alueen syöpien hoidot oli jaettu pääasiassa kuuteen fraktioon ja peräsuolen syöpien hoidot yhteen tai kolmeen fraktioon.

5.3 Mitä muita sairauksia kuin syöpää CyberKnifellä hoidetaan?

Tähän tutkimuskysymykseen vastaavia ilmaisia artikkeleita löytyi ainoastaan kaksi. Ensimmäisessä artikkelissa tutkitaan CK:n tehokkuutta akustikusneurooman hoitoon. Potilaat valitsivat CK-hoidon mieluummin, koska se oli ei-invasiivinen. Potilaita hoidettiin 5 x 25 Gy fraktioilla ja hoidolla saavutettiin hyvä kasvaimen hallinta pitkällä aikavälillä. 4,25 vuoden aikana yksikään kasvain ei vaatinut lisää hoitoa. Haitat kuulolle sekä aivohermoille olivat verrattavissa muista hoidoista raportoituihin haittavaikutuksiin. Tutkimuksen mukaan CK on siis turvallinen ja tehokas vaihtoehto hyvälaatuisen kuulo-tasapainohermon kasvaimen hoitoon. Potilaat olivat erittäin tyytyväisiä hoitoon. (Karam ym. 2013.)

Toisessa tutkimuksessa tutkittiin hyvälaatuisen aivolisäkkeen kasvaimen hoitamista CK:lla. 26 potilasta hoidettiin ja heidän saamansa kokonaisannos vaihteli 14-24 Gy:n välillä. Viisi potilaista sai kokonaisannoksen kerta-annoksena, muille hoito toteutettiin kolmessa fraktiossa. Tulokset hoidoista olivat todella myönteisiä. CK todettiin tässä tutkimuksessa turvalliseksi ja tehokkaaksi vaihtoehdoksi aivolisäkkeen kasvaimien hoitoon. Jotta voitaisiin täysin arvioida turvallisuus ja tehokkuus, vaaditaan vielä pidemmällä seuranta-ajalla tehtyjä tutkimuksia. (Cho ym. 2009, 5). Näiden tulosten perusteella voidaan sanoa, että CK soveltuu hyvin pään alueen pienten ja tarkkuutta vaativien hoitokohteiden, kuten akustikusneurooman ja aivolisäkkeen kasvaimien hoitoon. Myös potilaat ovat tyytyväisiä hoitoon, koska se on lyhytkestoinen, ei-invasiivinen ja siinä ei tarvitse kiinnittää päähän ruuveilla stereotaktista kehikkoa.

6 POHDINTA

Tämän kirjallisuuskatsauksen mukaan CK on hyvin tekninen ja edistyksellinen sädehoitolaite. Laitteen idea on sinänsä yksinkertainen ja sen toiminnan voi ymmärtää pintapuolisesti jokainen alallamme oleva ihminen. Kuitenkin kaiken tämän tekniikan toimintaan tarvitaan suuri määrä fysiikkaa ja matematiikkaa, joiden hallitsemiseen vaaditaan syvempää kouluttautumista. CK:sta on kehitetty tehokas ja potilasystävällinen sädehoitolaite. Pidämme tätä tärkeänä, sillä potilaslähtöinen hoito on jokaisen sädehoidon lähtökohta. GK:ssa ja perinteisessä lineaarikiihdyttimellä annettavassa stereotaktisessa sädehoidossa potilaan pää kiinnitetään stereotaktiseen kehikkoon, mitä CK:ssa ei tarvitse tehdä, jolloin hoito on potilaalle miellyttävämpää (Kurup 2010). CK:ssa pään fiksointiin käytetään samaa päämuottia kuin perinteisessä sädehoidossa ja TomoTherapy-laitteessa. CK on kuitenkin vielä TomoTherapy-laitettakin potilasystävällisempi, sillä potilaan ei tarvitse mennä ahtaan kuvauslaitteen sisään. Etuna muihin laitteisiin nähden CK:ssa on myös se, että potilas voi hengittää vapaasti, koska laite kykenee reaaliaikaisesti seuraamaan potilaan liikkeitä. Koska hoitoannos pystytään toimittamaan niin tarkasti ja laajalta alueelta, voidaan yhdellä hoitokerralla antaa hyvin suuria kerta-annoksia. (Kilby ym. 2010, 7-8.) Näin hoidoista tulee kokonaiskestoltaan lyhyempiä, eikä potilaan tarvitse käydä hoidoissa useita viikkoja. Kaikki nämä ominaisuudet tekevät CK:sta tehokkaan ja samalla potilasystävällisen hoitolaitteen.

Totesimme jo tuloksissamme että CK:lla hoidetaan eniten eturauhasen, keuhkojen ja keskushermoston syöpiä. Tämä on sikäli mielenkiintoinen lopputulos, sillä eturauhanen ja keuhkot ovat näistä elimistä keskimääräisesti muita elimiä liikkuvampia. Tästä voisi siis päätellä, että CK:n kasvaimen seurantajärjestelmät yhdistettynä tarkkaan paikalliskontrolliin toimivat hyvin näitä kohteita hoitaessa. CK-hoidot eivät vielä ole yleisiä syöpien primäärihoitoina, mutta lupaavien kliinisten tulosten perusteella CK-hoitoa on alettu käyttää eturauhassyövän hoidossa joissain tapauksissa primäärihoitona (Oliai ym. 2012). Erityisesti keskushermoston syöpien hoidoissa CK:n tehokas paikallinen hoitovaikutus sai aikaan hyviä tuloksia (Chang ym. 2009; Nikolajek ym. 2011; Wang ym. 2011; Heron ym. 2012). CK:n syövänhoitomahdollisuudet eivät rajoitu aineistomme perusteella pelkästään eturauhasen, keuhkojen ja keskushermoston syöpiin. Myös pään ja kaulan alueen, lantion alueen sekä rintojen ja maksan syöpiä hoidettiin palliatiivisesti ja niissä saavutettiin hyvä kasvaimen paikallinen hallinta (Dewas ym. 2011; Kodani ym. 2011; Vermeulen ym. 2011; O'Connor ym. 2012; Wang ym. 2012).

CK oli tehokas palliativisissa hoidoissa, joissa vaaditaan nopeaa kivun lievitystä (Kim ym. 2008; Chang ym. 2009; DeFoe ym. 2011; Dewas ym. 2011; Nikolajek ym. 2011; Wang ym. 2011; Heron ym. 2012; O'Connor ym. 2012). Laitteella saavutettiin useissa tutkimuksissa hyvä kasvaimen paikallinen kontrolli (Vahdat ym. 2010; Veeravagu ym. 2011; Wang ym. 2011; Abedalthagafi & Bakhshwin 2012; O'Connor ym. 2012; Snider ym. 2012; Wang ym. 2012; Karam ym. 2013). Myös CK:n paikallista hoitotehoa keuhuttiin monien tutkimustulosten yhteydessä (Oermann ym. 2010; Vahdat ym. 2010; Veeravagu ym. 2011; Wang ym. 2011; Kunos ym. 2012; O'Connor ym. 2012; Snider ym. 2012; Karam ym. 2013). Paikallinen hoitoteho on hyvä, koska laitteella voidaan antaa suuria annoksia pienille ja tarkoille kohteille ilman, että viereiset terveet kudokset saavat kuolettavaa määrää säteilyä. Hoito olikin tehokkaimmillaan sellaisten kasvainten hoidossa, jotka olivat tarkkarajaisia ja paikallisesti rajoittuneita.

CK:lla hoidettiin onnistuneesti myös muita sairauksia kuin syöpiä. Sillä voitiin hoitaa tehokkaasti ja turvallisesti akustikusneuroomia ja hyvänlaatuisia aivolisäkkeen kasvaimia (Cho ym. 2009, 5; Karam ym. 2013). Monissa tutkimuksissa kuitenkin painotettiin, että CK-hoitojen vaikutuksia ja haitallisuutta tulisi tutkia lisää kyseisten sairauksien osalta (Kim ym. 2008; Cho ym. 2009; Coppa ym. 2009; Kwon ym. 2010; Dewas ym. 2011; Kodani ym. 2011; Chen ym. 2012; Ju ym. 2013; Katz, Santoro, Diblasio, & Ashley 2013). Tämä pitää paikkansa, koska laitteella tehtävistä hoidoista ei ole niin laajoja ja pitkäkestoisia tutkimuksia kuin esim. perinteisillä sädehoitolaitteilla annetuista hoidoista. Näyttää siltä, että tutkijat alkavat olla tietoisia siitä, millaisiin syöpiin hoito sopii parhaiten ja milloin sitä hoitomuotona kannattaa harkita. Laitteita on kuitenkin Pohjoismaissa vain yksi ja se yksi sijaitsee Kuopiossa. Jos laite havaitaan hyväksi ja kustannuksiltaan järkeväksi, niin ehkä niitä hankitaan lisää Suomeen ja muualle Pohjoismaihin.

Arvioimme opinnäytetyömme luotettavuuden melko hyvälle tasolle. Työn tulos on tavoitteiden mukainen ja sen tuloksella on sovellusarvoa. Löysimme sopivia artikkeleita yhteensä 34 kappaletta. Kaikki käyttämämme artikkelit on löydetty luotettavista ja tunnetuista lääketieteellisten julkaisujen tietokannoista. Jokainen työhön hyväksytyt artikkeli käsittelee CK:a tieteellisestä ja objektiivisesta näkökulmasta. Löysimme kaikkiin tutkimuskysymyksiimme vastaukset. Luotettavimpana pidämme tulosta siitä, millaisten syöpien hoitoon CK soveltuu, koska tästä aiheesta löysimme ylivoimaisesti eniten tutkimustietoa. Aineiston hakuprosessi oli tavallaan yksinkertainen, koska aihe, josta haimme tietoa, on jo itsessään erittäin rajattu. CK on vain yksi ja ainoa nimeään kantava laite. Jos haemme tutkimusta, jossa on hoidettu CK:lla tai tutkittu CK:lla hoidettuja potilaita, löytyy se hakusanalla CK. Meidän ei siis tarvinnut käyttää tarkentavia hakusanoja, koska hakutuloksia jo pelkällä CK hakusanalla oli niin vähän, että pystyimme "manuaalisesti" tarkistamaan, ovatko nämä tutkimukset katsauksemme kannalta relevantteja. Emme usko että olisimme saaneet näistä tietokannoista enempää hakutuloksia tarkentavilla hakusanoilla.

Työssämme on kuitenkin muutamia luotettavuutta kyseenalaistavia tekijöitä. Meillä ei ollut työn tekemiseen varattuna ollenkaan rahallista budjettia, joten aineistoksi valittiin vain ilmaisia artikkeleita, joita oli saatavilla noin viidesosa kaikista CK:a jollain tavalla käsittelevistä artikkeleista. Lisää aineistoa löytyisi varmasti vapaasta internetistä sekä hakemalla suoraan tunnettujen julkaisijoiden sivuilta. Kuitenkin aineiston hankkimisessa raja on vedettävä johonkin, ja meidän rajamme olivat nämä tietokannat. Koska olimme rajanneet aineistomme näin, emme välttämättä saaneet täysin realistista kuvaa siitä, miten CK:a käytetään. Aineistostamme löytyi kuitenkin kaikki tarvittava johtopäätösten tekemiseksi. Koska CK on Suomessa verrattain uusi laite, ei siitä ollut myöskään tieteellisiä suomenkielisiä julkaisuja. Kaikki saamamme tulokset perustuvat siis englannin kielisiin artikkeleihin, jotka me olemme itse kääntäneet. Emme ole sädehoidon tai englanninkielen asiantuntijoita, joten käännöksissä voi esiintyä myös virheitä. Pyrimme kuitenkin kääntämään artikkelit parhaamme mukaan. Jos emme ymmärtäneet joitain sanoja, kysyimme niitä lehtoriltamme tai CK:n henkilökunnalta. Huolimatta aineiston rajallisuudesta ja tekemästämme käännöstyöstä saamamme tulokset ja tekemämme johtopäätökset ovat realistisia ja CK:n käyttöastetta kuvailevia.

Tämän opinnäytetyöprosessin aikana opimme runsaasti asioita kirjallisuuskatsauksen tekemisestä. Kehityimme paljon kirjoittajina ja olemme nyt mielestämme tehokkaampia etsimään tietoa sekä arvioimaan sen luotettavuutta. Työn tekeminen kehitti varmasti myös keskittymiskykyä ja kärsivällisyyttä. Työn tekemisen aikana koimme tietysti myös vastoinkäymisiä. Oman haasteensa toi se, että teimme suurimman osan työstä Skypen välityksellä. Opimme jo alussa, että meidän on tärkeää määrittää tarkoin se, mitä kohtaa työstä aiomme muokata. Näin emme tee päällekkäisiä korjauksia ja dokumenttien yhteen liittämisen on helpompaa. Töiden liittämässä tapahtui välillä huolimattomuusvirheitä. Kadonneita lähteitä tai muita asioita joutui pahimmillaan etsimään jopa kuukauden vanhasta versiosta.

Meillä kahdella on myös melko erilainen tapa ilmaista asioita ja kirjoittaa tekstiä. Toinen saattaa kirjoittaa lauseet erilaisella jäsentelyllä ja toinen ei käytä pilkkuja ollenkaan. Huomasimme pääsevämme parhaimpaan lopputulokseen, kun luimme ja korjasimme toisen kirjoittamaa työtä aina yhdistämisen jälkeen. Kirjoittamalleen tekstille voi tulla todella sokeaksi! Kun itse ei ole miettinyt tekstiä niin paljon kuin toinen, tekstiä osaa ajatella eri näkökulmasta ja muokata sen helpommin ymmärrettävään muotoon. Tämä on mielestämme yksi suurimmista parityöskentelyn hyödyistä opinnäytetyön teossa.

Työn alkuvaiheessa yritimme saada kaiken lähdetietomme Internetistä. Tämä ei olisi kuitenkaan kannattanut, sillä se vain hidasti työmme etenemistä. Työmme alkoi edetä paljon nopeampaa vauhtia, kun myönsimme itsellemme, että kirjastoa ja kirjallisia lähteitä on käytettävä. Valitettavasti kaikkia näitä asioita ei tiedosta tai halua uskoa alussa. Niinpä alkuun pääseminen voi olla melkoista taistelua. Etenimme prosessimme aikana usein ns. "jalat edellä puuhun"-periaatteella, mikä johtuu varmaankin siitä, että olemme molemmat luonteeltamme melko jääräpäisiä. Opimme ja uskomme asiat vasta tekemällä ne itse. Vaikka sitä ei ehkä haluaisi myöntää, uskomme että tästä opinnäytetyön tekemisestä voi ollakin meille hyötyä. Ei ehkä niiden röntgenkuvien ottamisen kannalta, mutta yleissivistävästi ja projektitöiden tekemisen kannalta.

Tavoitteenamme oli tehdä kirjallisuuskatsauksen menetelmin tiivis ja monipuolinen tietopakkaus CK:sta. Mielestämme onnistuimme tavoitteessamme kohtalaisesti. Saimme aikaan tiiviin paketin siitä, mikä CK on ja mitä sillä voidaan hoitaa. Tässä katsauksessa käsitellään aineiston riittämättömyyden takia CK:a hoitolaitteena ja syöpäsairauksien hoitomuotona. Näiden tutkimusten perusteella sen käyttöä olisi mahdollista soveltaa moniin tarkkuutta vaativiin liikkuviin ja pieniin kohteisiin. Jatkotutkimusten aiheiksi ehdottaisimmekin muiden hoitomahdollisuuksien kattavampaa kartoittamista.

LÄHTEET

- Abedalthagafi, M. & Bakhshwin, A. 2012. *Radiation-induced glioma following CyberKnife treatment of metastatic renal cell carcinoma: a case report* [verkkojulkaisu]. BioMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.jmedicalcasereports.com/content/6/1/271>.
- Accuray. [2013]. TomoTherapy. Treatment centers [verkkosivut]. [viitattu 9.10.2013]. Saatavissa: <http://www.tomotherapy.com/centers/index/>.
- Bibault, J-E., Prevost, B., Dansin, E., Mirabel, X., Lacornerie, T. & Lartigau, E. 2012. *Image-Guided Robotic Stereotactic Radiation Therapy with Fiducial-Free Tumor Tracking for Lung Cancer* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3432006/>.
- Brown, W. T. Wu, X., Amendola, B., Perman, M., Han, H., Fayad, F., Garcia, S., Lewin, A., Abitol, A., de la Zerda, A. & Schwade, G. *Treatment of Early Non-Small Cell Lung Cancer, Stage IA, by Image-Guided Robotic Stereotactic Radioablation CyberKnife* [verkkojulkaisu]. CINAHL [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17476136>.
- Cancer Research UK. 2011. CancerHelp. Cancers in general. What is cancer. Cells and cancer. *What cancer is* [verkkosivu], [viitattu 7.5.2013]. Saatavissa: <http://www.cancerresearchuk.org/cancer-help/about-cancer/what-is-cancer/cells/what-cancer-is>.
- Cancer.org -nettisivut. 2012. Learn About Cancer. Cancer Basics. The History of Cancer. *Evolution of cancer treatments: Radiation* [verkkojulkaisu], [viitattu 22.4.2013]. Saatavissa: <http://www.cancer.org/cancer/cancerbasics/thehistoryofcancer/the-history-of-cancer-cancer-treatment-radiation>.
- Chang, U-K., Youn, S. M., Park, S. Q. & Rhee, C. H. *Clinical Results of Cyberknife® Radiosurgery for Spinal Metastases* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22655258>.
- Chen, V. J., Oermann, E., Vahdat, S., Rabin, J., Suy, S., Yu, X., Collins, S. P., Subramaniam, D., Banovac, F., Anderson, E. & Collins, B. T. 2012. *CyberKnife with Tumor Tracking: An Effective Treatment for High-Risk Surgical Patients with Stage I Non-Small Cell Lung Cancer* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22655258>.
- Cho, C. B., Park, H. K., Joo, W. II., Chough, C. K., Lee, K. J. & Rha, H. K. 2009. *Stereotactic Radiosurgery with the CyberKnife for Pituitary Adenomas* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2666117/>.

Coppa, N. D., Raper, D. MS., Zhang, Y., Collins, B. T., Harter, W., Gagnon, G. J., Collins, S. P. & Jean, W. G. 2009. *Treatment of malignant tumors of the skull base with multi-session radiosurgery* [verkkajulkaisu]. BioMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19341478>.

Coste-Maniere, È., Olender, D., Kilby, W. & Schulz, R. A. 2005. Robotic whole body stereotactic radiosurgery: clinical advantages of the CyberKnife integrated system. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery* [verkkolehti]. 2005, nro 1 (2), 28-39 [viitattu 13.3.2013]. Saatavissa: <http://www.abmedica.it/CyberKnife%20Avantages.pdf>.

CyberKnife Centers of Tampa Bay. [2013]. About CyberKnife. History of CyberKnife [verkkosivu]. [viitattu 22.8.2013]. Saatavissa: <http://www.cyberknifetampabay.org/>.

Dandekar, P. J. 2011. *Role of Modern Radiotherapy in Improving Cancer Care* [verkkajulkaisu] [viitattu 7.5.2013]. Saatavissa: <http://healthcare.financialexpress.com/201112/radiology02.shtml>.

DeFoe, S. G., Bernard, M. E., Rwigema, J.-C., Heron, D. E., Ozhasoglu, C. & Burton, S. 2011. *Stereotactic body radiotherapy for the treatment of presacral recurrences from rectal cancers* [verkkajulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.cancerjournal.net/article.asp?issn=0973-1482;year=2011;volume=7;issue=4;spage=408;epage=411;aulast=DeFoe>.

Dewas, S., Bibault, J.E., Mirabel, X., Nickers, P., Castelain, B., Lacornerie, T., Jarraya, H. & Lartigau, E. 2011. *Robotic image-guided reirradiation of lateral pelvic recurrences: preliminary results* [verkkajulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3141526/>.

Elekta. [2013]. Patients. Treatment Centers. Leksell Gamma Knife® Centers: Europe & the Middle East [verkkosivut]. [viitattu 9.10.2013]. Saatavissa: www.elekta.com.

Freeman, D. E. & King, C. R. 2011. *Stereotactic body radiotherapy for low-risk prostate cancer: five-year outcomes* [verkkajulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3022740/>.

Ganz, J. C. 2010. *Gamma Knife Neurosurgery*. New York: Springer.

Gibbs, I.C. & Loo, B. W. Jr. 2010. *CyberKnife Stereotactic Ablative Radiotherapy for Lung Tumors* [verkkajulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.tcr.org/c4310/CyberKnife-Stereotactic-Ablative-Radiotherapy-for-Lung-Tumors-589-596-p17826.html>.

Heron, D. E., Rajagopalan, M. S., Stone, B., Burton, S., Gerszten, M. D., Dong, X., Gagnon, G. J., Quinn, A. & Henderson, F. 2012. *Single-session and multisession CyberKnife radiosurgery for spine metastases - University of Pittsburgh and Georgetown University experience* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22578235>.

Holsti, L. R. & Kajanti, M. 2005. Tiheämpi jaksottelu pään ja kaulan syöpien hoidossa [verkkojulkaisu]. *Duodecim* [viitattu 10.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ebm-guidelines.com/xmedia/duo/duo94979.pdf>.

James, S. 2013. *A guide to modern radiotherapy*. Opas. Saatavissa: <http://www.sor.org/learning/document-library/guide-modern-radiotherapy>.

Johansson, K. 2007. Kirjallisuuskatsaukset – huomio systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Julkaisussa: Johansson K., Axelin A., Stolt M. & Ääri R-L. (toim.) *Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen*. Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja A:51, 3-9.

Joseph, N. Jr. & Phalen, J. [2013]. *Biological Effects of Irradiation* [verkkojulkaisu]. Online Radiography Continuing Education for Radiologic X ray Tehcnologist [viitattu 26.6.2013]. Saatavissa: <http://www.ceessentials.net/article3.html>.

Ju, W. A., Wang, H., Oermann, E. K., Sherer, B. A., Uhm, S., Chen, V. J., Pendharkar, A. V., Hanscom, H. N., Kim, J. S., Lei, S., Suy, S., Lynch, J. H., Dritchilo, A. & Collins, S. P. 2013. *Hypofractionated stereotactic body radiation therapy as monotherapy for intermediate-risk prostate cancer* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 28.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3570380/>.

Karam, S. D., Tai, A., Strohl, A., Steehler, M. K., Rashid, A., Gagnon, G., Harter, K. W., Jay, A. K., Collins, S. P., Kim, J. H. & Jean, W. 2013. Frameless fractionated stereotactic radiosurgery for vestibular schwannomas: a single-institution experience [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 10.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3656472/>.

Katz, A. J., Santoro, M., Diblasio, F. & Ashley, R. 2013. *Stereotactic body radiotherapy for localized prostate cancer: disease control and quality of life at 6 years* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 28.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3674983/>.

Kilby, W., Dooley, J. R., Kuduvalli, G., Sayeh, S. & Maurer Jr, C. R. 2010. *The CyberKnife® Robotic Radiosurgery System in 2010* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.tcrt.org/c4309/The-CyberKnife-Robotic-Radiosurgery-System-in-2010-433-452-p17809.html>.

Kim, M-S., Choi, CW., Yoo, SY., Cho, CK., Seo, YS., Ji, YH., Lee, DH., Hwang., DY., Moon, SM., Kim, M. S. & Kang, HJ. 2008. *Stereotactic Body Radiation Therapy in Patients with Pelvic Recurrence from Rectal Carcinoma* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://jjco.oxfordjournals.org/content/38/10/695.long>.

King, C., R. Lehmann, J., Adler, J. R. & Hai, J. 2003. CyberKnife radiotherapy for localized prostate cancer: Rationale and technical feasibility [verkkojulkaisu]. Stanford: Stanford University School of

Kodani, N., Yamazaki, H., Tsubokura, T., Shiomi, H., Kobayashi, K., Nishimura, T., Aibe, N., Ikeno, H. & Nishimura, T. 2011. Stereotactic Body Radiation Therapy for Head and Neck Tumor: Disease Control and Morbidity Outcomes [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 10.10.2013]. Saatavissa: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrr/52/1/52_10086/_pdf.

Kouri, M. & Kangasmäki, A. 2009. Moderni sädehoito. *Duodecim*. 9/2009. Saatavissa: www.duodecimlehti.fi.

Kouri, M. & Tenhunen, M. 2013. Sädehoito. Teoksessa: Joensuu, H., Roberts, P. J., Kellopumpu-Lehtinen, P-L., Jyrkkö, S., Kouri, M. & Teppo, L. (toim.) *Syöpätaudit*. Helsinki: Duodecim, 148-166.

Kunos, C. A., Brindle, J., Waggoner, S., Zanotti, K., Resnick, K., Fusco, N., Adams, R. & Debernardo, R. 2012. *Phase II Clinical Trial of Robotic Stereotactic Body Radiosurgery for Metastatic Gynecologic Malignancies* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3514687/>.

Kurup, G. 2010. CyberKnife: A new paradigm in radiotherapy. *Journal of Medical Physics* [verkkolehti]. 2005, 35 (2), 63-64 [viitattu 13.3.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2884306/>.

Kwon, J. H., Bae, S. H., Kim, J.Y., Choi, B. O., Jang, H. S., Jang, J. W., Choi, J. Y., Yoon, S. K. & Chung, K. W. 2010. *Long-term effect of stereotactic body radiation therapy for primary hepatocellular carcinoma ineligible for local ablation therapy or surgical resection. Stereotactic radiotherapy for liver cancer* [verkkojulkaisu]. BioMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20813065>.

Kääriäinen, M. & Lahtinen, M. 2006. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus tutkimustiedon jäsentäjänä. Julkaisussa: *Hoitotiede* 1/2006

Lennox, A.J. [2013]. *High-Energy Neutron Therapy for Radioresistant Cancers* [verkkojulkaisu]. [viitattu 2.7.2013]. Saatavissa: <http://www.neutrontherapy.com/documents/Lennoxpaper.pdf>.

Medicine. Technology in Cancer Research & Treatment. Volume 2. Number 1. [viitattu 13.3.2013]. Saatavissa: http://www.tcrt.org/OpenAccess/K_TCRT_2_1_25.pdf.

Metsämuuronen, J. (toim.) 2006. *Laadullisen tutkimuksen käsikirja*. Helsinki: International Methelp.

National Cancer Institute^a. [2013]. Cancer Topics. What is Cancer? *Defining Cancer* [verkkosivu]. National Institutes of Health [viitattu 27.5.2013]. Saatavissa: <http://www.cancer.gov/cancertopics/cancerlibrary/what-is-cancer>.

National Cancer Institute^b. [2013]. SEER Training Modules. Cancer Registration & Surveillance Modules. Cancer Treatment. Radiation Therapy. *Curative Radiation Therapy* [verkkosivu]. [viitattu 26.6.2013]. Saatavissa: <http://training.seer.cancer.gov/treatment/radiation/therapy.html>.

Neurokirurgia. [2013]. *AVM eli arteriovenöosi malformaatio (Malformatio arteriovenosa)* [verkkosivu]. Opetusmateriaali. Aivoverisuonitaudit. [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.neurokirurgia.fi/>.

Niemi, M., Virtanen, I. & Vuorio, E. 1994. *Solu- ja molekyylibiologia*. 5. painos. Porvoo: WSOY.

Nikolajek, K., Kufeld, M., Muacevic, A., Wowra, B., Niyazi, M. & Ganswindt, U. 2011. *Spinal radio-surgery - efficacy and safety after prior conventional radiotherapy* [verkkosivukausi]. BioMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3264666/>.

Nobelprize. [2013]. The Nobel Prize in Physics 1901, Wilhelm Conrad Röntgen. Biography [verkkosivu]. [viitattu 7.5.2013]. Saatavissa: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1901/rontgen-bio.html.

O'Connor, J.K., Trotter, J., Davis, G.L., Dempster, J., Klintmalm, G.B. & Goldstein R.M. 2012. *Long-term outcomes of stereotactic body radiation therapy in the treatment of hepatocellular cancer as a bridge to transplantation* [verkkosivukausi]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/lt.23439/pdf>.

Oermann, E. K., Slack, R. S., Hanscom, H. N., Lei, S., Suy, S., Park, H. U., Kim, J. S., Sherer, B. A., Collins, B. T., Satinsky, A. N., Harter, K. W., Batopps, G. P., Constantinople, N. L., Dejter, S. W., Maxted, W. C., Regan, J. B., McGeach, K. G., Jha, R. C., Dawson, N. A., Dritschilo, A., Lynch, J. H. & Collins, S. P. 2010. *A Pilot Study of Intensity Modulated Radiation Therapy with Hypofractionated Stereotactic Body Radiation Therapy (SBRT) Boost in the Treatment of Intermediate- to High-Risk Prostate Cancer* [verkkosivukausi]. Technology in Cancer Research and Treatment [viitattu 29.10.2013]. Saatavissa: http://www.tcrt.org//mc_images/category/4309/03-oermann-1_tcrt_9_5.pdf.

Oliai, C., Lanciano, R., Sprandio, B., Yang, J., Lamond, J., Arrigo, S., Good, M., Mooreville, M., Garber, B. & Brady, L. W. 2012. *Stereotactic body radiation therapy for the primary treatment of localized prostate cancer* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3594824/>.

Paile, W. 2002. *Säteilyvammat* [verkkojulkaisu]. Säteilyturvakeskus. Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja [viitattu 7.3.2013]. Saatavissa: http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja4/.

Precision Radiotherapy. [2013]. Fact sheet. *TomoTherapy Hi-Art Helical Radiotherapy System* [verkkosivu]. [viitattu 29.5.2013]. Saatavissa: <http://www.precisionradiotherapy.com/TomoTherapy%20Fact%20Sheet.pdf>.

Quinn, A, M. 2003. CyberKnife®: A Robotic Radiosurgery System. [verkkojulkaisu]. CINAHL [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://web.ebscohost.com.ezproxy.savonia-amk.fi:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=7a0e76c2-c9a3-4dab-ad61-fc577344b231%40sessionmgr110&vid=4&hid=124>

Rydman, R.H. 2009. *What is a photon?* [verkkojulkaisu]. [viitattu 21.3.2013]. Saatavissa: <http://www.physicsinternational.com/WhatIsAPhoton.htm>.

Salminen, A. 2011. *Mikä on kirjallisuuskatsaus?* [verkkojulkaisu]. Vaasan yliopisto. Saatavissa: http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf.

Seppälä, M., Kouri, M., Minn, H., Tenhunen, M., Sandell, P. J., Heikkinen, E. & Jääskeläinen, J. E. 2008. Stereotaktinen sädehoito kallon alueelle. *Duodecim* 20/2008, 2349-2359 [viitattu 7.3.2013]. Saatavissa: <http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/etusivu>.

Sipilä, P. 2002. *Sädehoito* [verkkojulkaisu]. Säteilyturvakeskus. Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja [viitattu 7.3.2013] Saatavissa: http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja3.

Snider, J.W., Oermann, E.K., Chen, V., Rabin, J., Suy, S., Yu, X., Vahdat, S., Collins S.P., Banovac, F., Anderson E. & Collins B.T. 2012. *CyberKnife with Tumor Tracking: An Effective Treatment for High-Risk Surgical Patients with Single Peripheral Lung Metastases* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3386520/>.

Stanford Hospital & Clinics. [2013]. *History of Stanford CyberKnife* [verkkosivu]. [viitattu 22.8.2013]. Saatavissa: <http://med.stanford.edu/stanfordhospital/clinicsmedServices/COE/cyberknife/history.html>.

Suomen tietotoimisto. 2012. *CyberKnife-robotti osallistuu syövän hoitoon Kuopiossa* [verkkajulkaisu]. MTV3 [viitattu 22.8.2013]. Saatavissa: <http://www.mtv3.fi/uutiset/kotimaa.shtml/cyberknife-robotti-osallistuu-syovan-hoitoon-kuopiossa/2012/02/1500395>.

Säteilyturvakeskus. 1997. Sädehoitofysiikan sanastotyöryhmän ehdotus 1997. *Sädehoitofysiikan sanasto* [verkkajulkaisu]. [viitattu 28.5.2013]. Saatavissa: http://www.sateilyturvakeskus.fi/proinfo/muuta_tietoa/julkaisuja/fi_FI/sateilyturvakeskuksen_julkaisuja/_files/81692030269391661/default/FYSSAN.PDF.

Säteilyturvakeskus. 2009. *Säteilyn terveystaikutukset* [verkkajulkaisu]. [viitattu 28.5.2013]. Saatavissa: http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/katsaukset/_files/12222632510026360/default/katsaus_sateilyn_terveystaikutukset_elokuu_2009.pdf.

Säteilyturvakeskus. 2012. *Mitä säteily on?* [verkkosivu]. [viitattu 30.8.2013]. Saatavissa: http://www.stuk.fi/ihminen-ja-sateily/mitaonsateily/fi_FI/mitaonsateily/

Tenhunen, M. 2007. Sädehoidon fysiikka ja tekniikka [luentomoniste]. Helsinki: Aalto-yliopisto [viitattu 27.5.2013]. Saatavissa: https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/tyf-99.4271/materiaali/Tfy-99_4271_luentomoniste.4271luentomoniste2009.pdf

Terveyskirjasto. 2012. Sädehoito. *Sädehoidon suunnittelu* [verkkosivu]. [viitattu 26.8.2013]. Saatavissa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk01078#s1.

Tervo, Kari. 2013. Röntgenhoitaja. KYS Syöpäkeskus. Kuopio 22.10.2013. Henkilökohtainen tiedonanto.

TomoTherapy. [2013]. *Why TomoTherapy?* [verkkosivu]. Accuray [viitattu 29.5.2013]. Saatavissa: <http://www.tomotherapy.com/whytomo/>.

Tuomi, J. & Sarajarvi, A. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi

Vahdat, S., Oermann, E. K., Collins, S. P., Yu, X., Abedalthagafi, M., DeBrito, P., Suy, S., Yousefi, S., Gutierrez, C. J., Chang, T., Banovac, F., Anderson, E. D., Esposito, G. & Collins B. T. 2010. *CyberKnife radiosurgery for inoperable stage IA non-small cell lung cancer: 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography serial tumor response assessment*. [verkkojulkaisu]. BioMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2830958/>.

Veeravagu, A., Jiang, B., Patil, C. G., Lee, M., Soltys, S. G., Gibbs, I. & Chang, S. D. 2011. *CyberKnife Stereotactic Radiosurgery for Recurrent, Metastatic, and Residual Hemangiopericytomas* [verkkojulkaisu]. BioMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3118387/>.

Vermeulen, S., Cotrutz, C., Morris, A., Meier, R., Buchanan, C., Dawson, P. & Porter, B. 2011. *Accelerated Partial Breast Irradiation: Using the CyberKnife as the Radiation Delivery Platform in the Treatment of Early Breast Cancer* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3355980/>.

Wang, X., Wang, Y.-Y., Jiang, P., Ma, J.-J., Qu, Z., Liu, H.-C., Wang, S.-S. & Wang, Y.-S. 2011. *Clinical application of CyberKnife for high-risk central nervous system tumors: A clinical trial report of 60 cases* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3438679/>.

Wang, Y.-S., Wang, Y.-Y., Jiang, P., Ma, J.-J., Qu, Z., Wang, X.-L., Li, J.-T. & Jia, X.-F. 2012. *Short-term outcomes of CyberKnife therapy for advanced high-risk tumors: A report of 160 cases* [verkkojulkaisu]. PubMed [viitattu 28.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3438800/>.

Yamada, S. M., Ishii, Y., Yamada, S., Goto, Y., Murakami, H., Hoya, K. & Matsuno, A. 2013. *Skull base osteosarcoma presenting with cerebrospinal fluid leakage after CyberKnife® treatment: a case report* [verkkojulkaisu]. BioMed [viitattu 20.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3668228/>.

A	B	C	D	E	F	G
Nimi, julkaisu vuosi, julkaisumaa ja tekstilaji	Kirjoittaja(t)	Tarkoitus	Otos (Potilaiden ja kasvainten määrää, aikaväli, ikäjakauma, millaisia potilaita)	Menetelmät	Keskeiset tulokset	Käytetty hakukone
1 Accelerated Partial Breast Irradiation: Using the CyberKnife as the Radiation Delivery Platform in the Treatment of Early Breast Cancer. 2011. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.	Vermeulen, S., Cotrutz, C., Morris, A., Meier, R., Buchanan, C., Dawson, P. & Porter, B.	Arvioida CyberKnifen toimintaa osana APBI (accelerated partial breast irradiation) hoitoa varhaisen rintasyövän hoidossa.	Yhdeksän potilasta hoidettiin vuosina 2009-2011. Potilaat olivat iältään 46-68. Potilaiden keski-ikä oli 56. Hoito annettiin joko viidessä tai 10 fraktiossa. Potilailla oli joko luokan 0, I tai IIA histologisesti varmistettu invasiivinen ei-lobulaarinen karsinooma, tai duktaalinen karsinooma in situ.	Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista	Mediaanisen 7 kuukauden seurannan jälkeen yhdenkään potilaan syöpä ei ollut ilmennyt uudelleen. Hoidon haittavaikutukset olivat vähäisiä ja kosmeettinen lopputulema myös hyvä. Tämän tutkimuksen perusteella CK vaikuttaisi hyvältä vaihtoehdolta (tai jopa syrjäyttäjältä) sisäiseen sädehoitomenetelmään APBI sädehoidoissa.	PubMed
2 A Pilot Study of Intensity Modulated Radiation Therapy with Hypofractionated Stereotactic Body Radiation Therapy (SBRT) Boost in the Treatment of Intermediate- to High-Risk Prostate Cancer. 2010. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.	Oermann, E. K., Slack, R. S., Hanscom, H. N., Lei, S., Suy, S., Park, H. U., Kim, J. S., Sherer, B. A., Collins, B. T., Satinsky, A. N., Harter, K. W., Batopps, G. P., Constantinople, N. L., Dejter, S. W., Maxted, W. C., Regan, J. B., McGeach, K. G., Jha, R. C., Dawson, N. A., Dritschilo, A., Lynch, J. H. & Collins, S. P.	Tutkia CyberKnifen käyttöä tehosteena normaalin IMRT sädehoidon lisäksi keskivaikeaan ja vaikeaan eturauhassyöpään.	24 potilasta vuosina 2008-2009. Ikäjakauma 47-80, mediaani-ikä 68,5 vuotta. Kaikilla potilailla oli todettu eturauhassyöpä. Potilasta kolmeltaista oli keskivaikeaa ja yhdeltätoista vaikeaa eturauhassyöpä.	Kvantitatiivinen tutkimus.	Fraktioitu stereotaktinen sädehoito yhdistettynä intensiteettimuokattuun sädehoitoon on lupaava uusi hoitovaihtoehto keskivaikeisiin ja vaikeisiin eturauhassyöpiin. Akuutit haittavaikutuksen tutkimuksessa jäivät vähäisiksi ja potilaat näyttivät sietävän hoitoa hyvin, ilman suuria vaikutuksia elämäntaatuun. Aikaiset tulokset lupaavat rohkaisevaa biologista vastetta vähäisillä haittoilla. Tämän tutkimuksen tiedot toimivat perusteena toisen asteen kliinisten tutkimusten suunnitteluun.	PubMed
3 Clinical application of CyberKnife for high-risk central nervous system tumors: A clinical trial report of 60 cases. 2011. Kiina. Tutkimusartikkeli.	Wang, X., Wang, Y.-Y., Jiang, P., Ma, J.-J., Qu, Z., Liu, H.-C., Wang, S.-S. & Wang, Y.-S.	Arvioida CyberKnifen hoitomahdollisuuksia suuren riskin keskushermoston tuumoreiden hoidossa.	60 potilasta ja yhteensä 139 leesiota vuosina 2010-2011. Potilaat olivat iältään 6-63 vuotiaita, keski-ikä 50 vuotta. Diagnoosit oli tehty joko biopsialla tai kuvantamisella ja potilaat oli lajiteltu luokkiin III-IV WHO:n "Clinical staging system" luokittelun mukaisesti. Hoitokertoja oli 1-6 ja hoito kesti kokonaisuudessaan 1 viikon.	Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista	Hoidon jälkeisten kuvausten perusteella kasvaimet pienivät merkittävästi tai jopa katosivat kokonaan. Kaikki potilasta kokivat hoidon jälkeen helpotusta tai jopa tuumorin aiheuttaman painon tunteen ja kipujen katoamisen. Lisäksi yksi potilasta oli halvaantuneena thx alueella sijaitsevan selkäytimen sisäisen hemangiooman ansiosta; Neijän CK hoitokerran jälkeen hän kykeni kävelemään.	PubMed

A	B	C	D	E	F	G
<p>Clinical Results of Cyberknife® Radiosurgery for Spinal Metastases. 2009. Korea. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Chang, U.-K., Youn, S. M., Park, S. Q. & Rhee, C. H.</p>	<p>Arvioida CyberKnifeä käyttäen stereotaktisen sädehoiton tehokkuutta ja turvallisuutta selkärangan metastaseihin.</p>	<p>129 potilasta ja yhteensä 167 kasvainta vuosina 2002-2007. Ikäjakama oli 19-81 vuotta, mediaani-ikä 52 vuotta. Suurin osa potilaista (94%) kärsi kivusta ja 9 kärsi lisäksi motoriaan heikkenemisestä. 35 oli saanut aiemmin sädehoitoa.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista</p>	<p>Kipujen lievittyminen alkoi jo kahden viikon kuluttua hoidosta ja kuukauden jälkeen kipujen lievitymisestä voitiin olla varmoja suurimmalla osalla. Kuuden kuukauden seurannan aikana arviointi oli mahdollista 108 kasvaimessa. 98 kasvaimessa oli huomattavaa kivun helpottumista. 10 kasvaimessa kivun helpotus oli vähäistä ja lisää toimenpiteitä vaadittiin kivun taltuttamiseksi. 59 kasvaimessa arviointi oli mahdotonta joko seurannan epäonnistumisen, muiden kasvaimien tai potilaan kuoleman takia. Radiologista dataa tallennettiin 83 kasvaimessa. 8 kasvaimessa nähtiin kasvua, loput 75 pysyivät samana tai pienentyivät. CyberKnife todettiin tehokkaaksi ja turvalliseksi hoitovaihtoehdoksi selkärangan metastaseihin, myös potilaille jotka ovat aiemminkin saaneet sädehoitoa.</p>	<p>PubMed</p>
<p>5</p>	<p>Kurup, G.</p>	<p>Kertoo minkälainen laite CyberKnife on ja mitä etuja sillä on verrattuna muihin hoitolaitteisiin.</p>	<p>9 aiheeseen liittyvää lähdettä.</p>	<p>Kirjallisuuskatsaus.</p>	<p>Cyberknife on erittäin tarkka ja monipuolinen laite. Sen kliininen käyttö vaatii kuitenkin laitteen ja sen kykyjen hyvää tuntemusta.</p>	<p>PubMed</p>
<p>6</p>	<p>Quinn, A. M.</p>	<p>Kertoo lyhyesti mikä on CyberKnife.</p>	<p>1997-2001 vuosien tieto CyberKnifestä.</p>	<p>Katsaus.</p>	<p>CyberKnife on innovatiivinen tapa suorittaa stereotaktista sädehoitoa ja se tulee luultavasti olemaan standardina hoitona tulevaisuudessa. CyberKnife pystyy tuottamaan minkä tahansa muotoisia kenttiä sekä sillä voidaan antaa fraktioituja hoitoja.</p>	<p>CINAHL</p>
<p>7</p>						

	A	B	C	D	E	F	G
8	CyberKnife radiosurgery for inoperable stage IA non-small cell lung cancer: 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography serial tumor response assessment. 2010. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.	Vahdat, S., Oermann, E. K., Collins, S. P., Yu, X., Abedalthagafi, M., DeBrito, P., Suy, S., Yousefi, S., Gutierrez, C. J., Chang, T., Banovac, F., Anderson, Esposito, G. & Collins B. T.	Seurata 18F-FDG PET/CT kuvantamisella CyberKnife-hoidon vaikutusta tason IA ei-pienisoluiseseen keuhkosyöpään.	20 potilasta vuosina 2005-2008. Potilaat olivat iältään 64-86 vuotta, keski-ikä 57 vuotta. Kaikilla biopsialla todettu IA tason ei-pienisoluisen keuhkosyöpä. Selviytyjiä seurattiin vähintään 18kk.	Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinististä tuloksista	Keskimääräisen 43kk seurannan mukaan kahden vuoden Kaplan-Meier selviytymisarvio olisi 90% ja vastaavasti tuumorin kontrolli 95%. Cyberknifellä saavutettiin erinomainen kasvainien kontrolli ja potilaan selviytyminen tason IA ei-pienisoluisessa keuhkosyöpässä. 18F-FDG PET/CT hyödyllisyyttä ja tarkkuutta stereotaktisen sädehoidon seurannassa on kuitenkin tutkittava lisää.	BioMed
9	CyberKnife Stereotactic Ablative Radiotherapy for Lung Tumors. 2010. Yhdysvallat. Artikkel.	Gibbs, I.C. & Loo, B. W. Jr.	Käydä läpi keuhkotuumoreiden stereotaktista sädehoitoa Cyberknifellä.	60 potilasta ja yhteensä 139 leesiota vuosina 2010-2011. Potilaat olivat iältään 6-63 vuotiaita, keski-ikä 50 vuotta. Diagnoosit oli tehty joko biopsialla tai kuvantamisella ja potilaat oli lajiteltu luokkiin III-IV WHO:n "Clinical staging system" luokittelulla.	Retrospektiivinen katsaus kliinististä tuloksista.	Keuhkotuumoreiden hoitotulokset Cyberknifellä ovat vastaavasti yhtä lupaavat mitä laajemmassa kirjallisuudessa on raportoitu stereotaktisesta sädehoidosta.	PubMed
10	CyberKnife Stereotactic Radiosurgery for Recurrent, Metastatic, and Residual Hemangiopericytomas. 2011. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.	Veeravagu, A., Jiang, B., Patil, C. G., Lee, M., Soltys, S. G., Gibbs, I. & Chang, S. D.	Arvioida Cyberknifen osuutta uusiutuvien ja metastasoituvien pehmytkudossarkoomien sekä näiden jäännöksen hoidossa.	14 potilasta ja yhteensä 24 kasvainta vuosina 2002-2009. Ikäjakama oli 29-70 vuotta ja keski-ikä oli 52 vuotta. Kaikkia potilaita oli hoidettu aiemmin kirurgisella toimenpiteellä.	Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinististä tuloksista.	Kaikista potilaista joita oltiin voitu seurata riittävästi, yhdellä raportoitiin päänsärkyä, loppuilla ei mitään muutoksia oireisiin. Kukaan potilaista ei kuitenkaan kokenut kipujen pahenevan. 5 vuotta CyberKnife-hoitojen 81% potilaista oli elossa. Stereotaktinen sädehoito on paikallinen hoitovaihtoehto eikä estä metastasointia. Kirurginen poisto on edelleen ensimmäinen hoitokeino pehmytkudossarkoomaan. Post-operatiivisen stereotaktisen sädehoidon todetaan kuitenkin hidastavan uusiutumista ja pidentävän potilaan selviytymistä. Cyberknifellä, kuten muillakin stereotaktisilla sädehoitolaiteilla saavutetaan tehokas kasvaimen kontrolli.	BioMed

A	B	C	D	E	F	G
<p>CyberKnife with Tumor Tracking: An Effective Treatment for High-Risk Surgical Patients with Single Peripheral Lung Metastases. 2012. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Snider, J.W., Oermann, E.K., Chen, V., Rabin, J., Suy, S., Yu, X., Vahdat, S., Collins S.P., Banovac, F., Anderson E. & Collins B.T.</p>	<p>Arvioida CyberKnifen tehokkuutta yhden perifeeraalisen keuhkometastaasin omaavien suuren leikkausriskin potilaiden hoidossa. Hoidoissa käytettiin CKn tuumorin seurauksen ominaisuutta.</p>	<p>24 potilasta hoidettiin vuosina 2004-2010. Potilaat olivat iältään 53-85. Potilaiden mediaani-ikä oli 73 vuotta. Hoito annettiin kolmessa fraktiossa 3-11 päivän aikana.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista</p>	<p>Hoito saatiin annettua jokaiselle potilaalle keskeytyksettä. Hoitotulosten perusteella CK hoidon paikallisvaikutus hoitokohteeseen oli hyvä ja näin ollen CK olisi tehokas hoitokeino yksittäisiin perifeeraalisiin keuhkometastaaseihin. Neijälle potilaalle kuitenkin kehittyi komplikaationa ilmarinta. Suurimmalla osalla potilaista esiintyi lieviä säteilymyrkytyksen oireita heti hoidon jälkeen. Tämä ilmeni lyhyenä väsymyksenä. Lisäksi on hyvä mainita, että 19 potilasta kuoli seuranta jakson aikana. Kuolinsyyt eivät kuitenkaan johtuneet hoidosta tai hoidon epäonnistumisista.</p>	<p>PubMed</p>
<p>CyberKnife with Tumor Tracking: An Effective Treatment for High-Risk Surgical Patients with Stage I Non-Small Cell Lung Cancer. 2012. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Chen, V.J., Oermann, E., Vahdat, S., Rabin, J., Suy, S., Yu, X., Collins, S.P., Subramaniam, D., Banovac, F., Anderson, E. & Collins, B.T.</p>	<p>Esitellä CyberKnifen hoitotehoa ei-pienisoluisen keuhkosyövän hoidossa suuren leikkausriskin potilailla. Vertailuhoitona tutkimuksessa oli keuhkon kiilarsekti.</p>	<p>40 potilasta hoidettiin vuosina 2004-2009. Potilaat olivat iältään 63-87. Potilaiden mediaani-ikä oli 76 vuotta. Hoito annettiin kolmessa fraktiossa 3-13 päivän aikana.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista</p>	<p>Hoito saatiin annettua jokaiselle potilaalle ongelmitta. Kolmen vuoden jälkeen 75% potilaista oli vielä elossa. Tutkimuksen perusteella CK on kuitenkin tehokas hoito keino tämän kaltaisen syövän hoidossa. Lähestymistapa CK hoidossa on samantapainen kuin kiilarsektiossa (tuumorin tuhoaminen 1-2 cm marginaalilla). Myös hoitotulokset ovat jotakuinkin samanlaiset kuin kiilarsektiossa. Lopputulosten varmistamiseksi tarvittaisiin kuitenkin vielä tutkimuksia, joissa vertailtaisiin erityisesti CK hoitoa ja kiilarsektiota.</p>	<p>PubMed</p>

11

12

A	B	C	D	E	F	G
<p>Frameless fractionated stereotactic radiosurgery for vestibular schwannomas: a single-institution experience. 2013. Yhdysvallat</p>	<p>Karam, S. D., Tai, A., Strohl, A., Steehler, M. K., Rashid, A., Gagnon, G., Harter, K. W., Jay, A. K., Collins, S. P., Kim, J. H. & Jean, W.</p>	<p>Tutkia CyberKnifen hoidon tehokkuutta akustikusneurinoomaan.</p>	<p>37 potilasta vuosina 2002-2011. Potilaat olivat iältään 31-85 vuotiaita, mediaani-ikä 58. 95% potilaista hoidettiin viidessä fraktiossa, 25Gy kerralla. Potilaita seurattiin keskimäärin 4.25 vuotta.</p>	<p>Retrospektiivinen katsaus.</p>	<p>Fraktioitdulla CyberKnife hoidolla päästiin hyvään kasvainmenhallintaprosenttiin. Kuulonsäilyminen ja aivohermojen toksisuus on verrattavissa muuhun raportoituun kirjallisuuteen. Potilaat valitsivat tämän hoitomoudon koska se on ei-invasiivinen. Potilaat olivat erittäin tyytyväisiä tuloksiin. 4.25 vuoden seurannan aikana yksikään kasvain ei vaatinut lisää hoitoa. Kasvaimen hallinta oli siis 100%. Radiografinen hallinnan seurantatase oli 91%. 32 potilaalla keskimääräisen 3 vuoden seurannan aikana. 14 potilalla kuolon säilymistase oli 78% keskimääräisen 18 kk seurannan aikana.</p>	<p>PubMed</p>
<p>Hypofractionated stereotactic body radiation therapy as monotherapy for intermediate-risk prostate cancer. 2013. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Ju, W. A., Wang, H., Oermann, E. K., Sherer, B. A., Uhm, S., Chen, V. J., Pendharkar, A. V., Hanscom, H. N., Kim, J. S., Lei, S., Suy, S., Lynch, J. H., Dritchilo, A. & Collins, S. P.</p>	<p>Tutkia Cyberknifellä annetun fraktioitdun stereotaktisen sädehoidon annosjakaumaa ja aikaisia kliinisiä tuloksia keskiarkeassa eturauhassyövässä.</p>	<p>41 potilasta vuosina 2008-2009. Ikkäjakaumaltaan 60-92 vuotta, mediaani-ikä 69 vuotta. Kaikilla oli diagnosoitu keskivaikea eturauhassyöpä.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinististä tuloksista.</p>	<p>Aikaisten tietojen perusteella CyberKnife olisi turvallinen ja potentiaalisen tehokas hoito keskivaikeaan eturauhassyöpään. Lisää tutkimuksia ja pidempää seuranta vaaditaan myöhempien haittavaikutusten havainnoimiseksi.</p>	<p>BioMed</p>

13

14

A	B	C	D	E	F	G
<p>Image-Guided Robotic Stereotactic Radiation Therapy with Fiducial-Free Tumor Tracking for Lung Cancer. 2012. Ranska. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Bibault, J.-E., Prevost, B., Dansin, E., Mirabel, X., Lacournerie, T. & Lartigau, E.</p>	<p>Raportoida CyberKnifellä hoidettujen keuhkosyöpöpotilaiden hoitotuloksia liikkeenseurantamenetelmällä, jossa potilaan sisään ei laiteta invasiivisesti mitään merkkejä.</p>	<p>51 leikkauksen kykenemätöntä potilasta hoidettiin vuosina 2008-2011. Potilaat olivat iältään 50-85. Potilaiden mediaani-ikä oli 69 vuotta. Hoito annettiin kolmessa fraktiossa paitsi kolmelle potilaalle, joilla tuumori oli liian lähellä välikärsinan rakenteita. Tällöin fraktion annosta laskettiin ja hoitokertoja lisättiin yhdellä.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista</p>	<p>Tutkimuksen perusteella tällä liikkeenseurantamenetelmällä on hyvin samankaltaiset hoitotulokset, kuin kudoksensäisiä merkkejä vaativalla menetelmällä. Hoidon haitallisuus (myrkyllisyys) oli kuitenkin pienempi, sillä kehoon ei asennettu mitään. Tämä on hyvä hoitovaihtoehto sellaisille potilaille, joiden tuumori sijaitsee ainakin 15mm pois päin kylkiluista, jotka eivät kykene leikkaukseen tai merkkäusaineen asetus punktioihin. Tämän tutkimuksen perusteella kolmen fraktion hoito normaaliannoksella on parempi vaihtoehto, kuin neljännen fraktion lisääminen ja näin annoksen jakaminen, sillä tutkimuksessa neljän fraktion potilaita selvisi elossa suhteessa vähemmän.</p>	<p>PubMed</p>
<p>15</p> <p>Long-term effect of stereotactic body radiation therapy for primary hepatocellular carcinoma ineligible for local ablation therapy or surgical resection. Stereotactic radiotherapy for liver cancer. 2010. Korea. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Kwon, J. H., Bae, S. H., Kim, J. Y., Choi, B. O., Jang, H. S., Jang, J. W., Choi, J. Y., Yoon, S. K. & Chung, K. W.</p>	<p>Arvioida CyberKnifellä annetun stereotaktisen sädehoidon vaikutuksia maksasyöpään, joka ei ole hoidettavissa kirurgisesti eikä muilla paikallisilla hoidoilla.</p>	<p>42 potilasta vuosina 2004-2007. Keski-ikä 60.1 vuotta. 90% potilaista oli Child-Pugh-asteikkolla A. Kaikki potilaat olivat ECOG-asteikkolla 0-1. 15 potilaalla oli enemmän kuin yksi kasvain. Potilaita kahdeksaa ei oltu hoidettu aiemmin. Muita oltiin hoidettu verisuoniteitse kemo-embolisatiolla tai muilla paikallisilla hoidoilla tai näiden yhdistelmillä. Kaikki potilaat oltiin määrätty leikkauskelvottomiksi.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista</p>	<p>Cyberknifellä saavutettiin 58,6% selviytymisprosentti 3 vuoden jälkeen. Tämä on vain hieman pienempi kuin prosentti kuin kirurgisella poistolla. Kuitenkin ottaen huomioon kasvainten määrän ja niiden olinpaikat, on selviytymisprosentti melko hyvä. Cyberknife on toteuttamiskelpoinen ja tehokas hoito maksasyöpään. Cyberknife on lupaava ei-invasiivinen vaihtoehto kirurgiselle poistolle. Tarvitaan kuitenkin lisää tutkimuksia määrittämään oikeat hoitoannokset ja haittavaikutukset.</p>	<p>BioMed</p>
<p>16</p>						

A	B	C	D	E	F	G
<p>Long-term outcomes of stereotactic body radiation therapy in the treatment of hepatocellular cancer as a bridge to transplantation. 2012. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>O'Connor, J.K., Trotter, J., Davis, G.L., Dempster, J., Klintmalm, G.B. & Goldstein R.M.</p>	<p>Raportoida stereotaktisen sädehoidon tehokkuutta ja turvallisuutta hepatosellulaarisen syövän hoidossa, maksasiirron jälkeisen patologistista näytelöistä ja hoidon saaneiden potilaiden selviytymistä. Potilaat siis odottivat siirtomaksaa ja sädehoidolla pyrittiin luomaan silta tämän odotuksen ja uuden elimen saannin väliin. Hoidot annettiin CyberKnifellä.</p>	<p>10 potilasta hoidettiin vuosina 2005-2010. Potilaat olivat iältään 43-68. Potilaiden mediaani-ikä oli 59 vuotta. Hoito annettiin kolmessa fraktiossa kolmena peräkkäisenä päivänä.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista</p>	<p>Jokainen potilas oli elossa ja vapaa taudista vielä maksasiirron jälkeisen viiden vuoden seurannan päätyttyä. Neljällä potilaalla oli heti hoidon jälkeen akuuttia huonovointisuutta. Potilailla ei ollut kuitenkaan muita ongelmia hoidosta paranemisen kanssa. Poistettun maksan patologisten näytteiden mukaan 27%:lla potilaista tuumori oli täysin nekroosissa. Jokaisella potilaalla tuumorit saatiin paikallisesti hallittua hyvin. Tästä syystä tutkimuksen perusteella stereotaktinen sädehoito vaikuttaisi hyvältä hepatosellulaarisen syövän hoitomuodolta erityisesti potilaille, jotka tarvitsivat hieman lisää jonotusaikaa elinsiirtoa odotellessaan.</p>	<p>PubMed</p>
<p>Phase II Clinical Trial of Robotic Stereotactic Body Radiosurgery for Metastatic Gynecologic Malignancies. 2012. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Kunos, C. A., Brindle, J., Waggoner, S., Zanotti, K., Resnick, K., Fusco, N., Adams, R. & Debernardo, R.</p>	<p>Arvioida CyberKnife hoidon turvallisuutta ja tehokkuutta metastastaattisten gynecologisten syöpien hoidossa.</p>	<p>50 potilasta hoidettiin vuosina 2009-2011. Potilaat olivat iältään 27-82. Potilaiden ikien mediaani oli 66. Hoito annettiin kolmessa fraktiossa. Potilailla täytyi olla 1-4 patologistesti vahvistettua gynecologisten syövän metastasaa.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista</p>	<p>Potilaat kestivät hoidon hyvin. 30 päivän kuluessa hoidosta potilailla ei ilmennyt vakavia toksisia oireita, vaan pienissä määrin huonovointisuutta ja väsymystä. Yhdelekkään potilaalla ei hoidetussa paikassa enää ilmennyt tautia. Tämän tutkimuksen perusteella stereotaktinen sädehoito on turvallinen vaikuttavan sädeannoksen antotapa gynecologisten metastasien hoidossa. Hoito voidaan antaa pienellä toksisuudella jopa sellaisille potilaille jota on jo aikaisemmin hoidettu.</p>	<p>PubMed</p>
<p>Radiation-induced glioma following CyberKnife treatment of metastatic renal cell carcinoma: a case report. 2012. Yhdysvallat. Tapausraportti.</p>	<p>Abedalthagafi, M. & Bakhshwin, A.</p>	<p>Tapausraportti stereotaktisen sädehoidon aiheuttamasta toisen asteen astrozytoomasta.</p>	<p>43-vuotias nainen jolla oli munuaissyöpä joka oli metastasoimut aivoihin.</p>	<p>Tapausraportti.</p>	<p>5 vuotta stereotaktisen sädehoidon jälkeen potilaalle tuli vaikea sekundäärinen astrozytooma (aivokasvain). Cyberknifellä on tiedetty matala säteilyrasitus terveille kudokselle, ja se aiheuttaa vähän sekundäärisiä kasvaimia. Sekundäärinen kasvaimen riskistä täytyisi kuitenkin olla tietoinen ja tästä aiheesta tarvittaisiinkin lisää kirjallisuuskatsauksia.</p>	<p>BioMed</p>

A	B	C	D	E	F	G
<p>Robotic image-guided reirradiation of lateral pelvic recurrences: preliminary results. 2011. Ranska. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Dewas, S., Bibault, J.E., Mirabel, X., Nickers, P., Castelain, B., Lacomere, T., Jarrava, H. & Lartigau, E.</p>	<p>Kokeilla CyberKnifeä hoitomuotona leikkauskeivottomille lantionalueella uudelleen ilmeentyneille syöville.</p>	<p>16 potilasta hoidettiin vuosina 2007-2011. Potilaat olivat iältään 34-70. Potilaiden keski-ikä oli 55 vuotta. Hoito oli jaettu kuuteen fraktioon ja suoritettiin kolmen viikon aikana lukuunottamatta yhtä potilasta, jolla hoito voitiin suorittaa kolmessa fraktiossa.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista</p>	<p>Kaikki hoidot saatiin annettua onnistuneesti. CK -hoito hidasti selvästi taudin paikallista leviämistä jokaisella potilaalla. Lisäksi neijä potilasta koki hoidon jälkeen selvää kivun lievitystä. Potilailla ei myöskään ilmennyt vakavia hoidosta seuraavia sivouireita. Potilaista oli 46% elossa vuoden jälkeen hoidosta. Tämän tutkimuksen perusteella CK tarjoaa nopean ja hyvän siedetyn hoidon aiemmin sädetetyille lantionalueen syöville. Pitkäaikaisia vaikutuksia varten aihetta tulisi tutkia lisää.</p>	<p>PubMed</p>
<p>20</p> <p>Short-term outcomes of CyberKnife therapy for advanced high-risk tumors: A report of 160 cases. 2012. Kiina. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Wang, Y.-S., Wang, Y.-Y., Jiang, P., Ma, J.-J., Qu, Z., Wang, X.-L., Li, J.-T. & Jia, X.-F.</p>	<p>Arvioida CyberKnife hoidon lyhytaikaisia vaikutuksia potilailla, joilla on pidemmälle edenneitä suurten riskin kasvaimia.</p>	<p>160 potilasta hoidettiin vuosina 2010 ja 2011. Potilaat olivat iältään 6-81. Potilaiden mediaani-ikä oli 54 vuotta. Potilailla oli kasvaimia eri puolilla kehoa; Ne sijaitsivat pään-, kaulan-, rintakehän-, vatsan- ja selän alueilla. Hoidot annettiin yleensä 1-6 fraktiossa viikon aikana.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista.</p>	<p>Suurimmassa osassa tapauksista tuumorit pienenevät tai jopa katosivat kokonaan. 35 tapauksessa tuumoreiden koole ei tapahtunut mitään ja 8 tapauksessa tuumori suureni. Jokainen tutkittavista potilaista koki hoidon jälkeen jonkinlaista elämän laadun paranemista. CK hoito on siis erityisesti tehokas palliatiivinen hoitomenetelmä tällaisissa tapauksissa.</p>	<p>PubMed</p>
<p>21</p> <p>Single-session and multisection CyberKnife radiosurgery for spine metastases - University of Pittsburgh and Georgetown University experience. 2012. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Heron, D. E., Rajagopalan, M. S, Stone, B., Burton, S., Gerszten, M. D., Dong, X., Gagnom, G. J., Quinn, A. & Henderson, F.</p>	<p>Vertailla CyberKnifen kerta-annoksen (SSG) ja fraktioidun annoksen (MSG) vaikuttavuutta selkärangan metastaaseihin.</p>	<p>228 potilasta ja yhteensä 348 leesiota vuosina 2000-2008. SSG-hoitoon osallistuneet olivat iältään 31-85 vuotiaita, keski-ikä 59 vuotta. MSG-hoitoon osallistuneet olivat iältään 18-83 vuotiaita, keski-ikä 59 vuotta. 195 leesiota hoidettiin kerta-annoksella ja 153 leesiota hoidettiin fraktioidun. Kaikilla potilailla oli aiempi diagnoosi syövästä, joka metastasoi selkärankaan. Joitakin potilaita oli hoidettu joko sädehoidolla tai kirurgisesti.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista</p>	<p>Nopea kivunlievitys oli huomattavasti parempi SSG:llä. Pitkäaikaiseurannassa kivunlievitys oli molemmissa samalla tasolla. Neurologiset oireiden paraneminen oli myös samalla tasolla. Kasvaimen kontrolli oli parempi MSG:llä. SSG:ssä todettiin yksi kolmannen asteen komplikaatio, MSG:llä ei ollut yhtään toisen- tai kolmannen asteen komplikaatiota. MSG:llä hoidetuista pienemmälle määrälle tarvitsi suorittaa lisää hoitoja. Keskimääräinen selviytymisaika koko otannalle oli 13kk. 1 vuoden selviytymisaste oli korkeampi MSG:llä. CyberKnife sopii kerta-annoksena ja fraktioiduna selkärangan metastaasien hoitoon.</p>	<p>PubMed</p>
<p>22</p>						

A	B	C	D	E	F	G
<p>Skull base osteosarcoma presenting with cerebros pinal fluid leakage after CyberKnife® treatment: a case report. 2013. Japani. Tapausraportti.</p>	<p>Yamada, S. M., Ishii, Y., Yamada, S., Goto, Y., Murakami, H., Hoya, K. & Matsuno, A.</p>	<p>Raportoida CyberKnife-hoidosta aiheutunut aivo-selkäydinnesteen vuoto.</p>	<p>78-vuotias aasialainen nainen. Kallonpohjan kasvain.</p>	<p>Tapausraportti</p>	<p>Potilaalta oltiin poistettu ensin endoskoop pisesti tuumoria, mutta osa siitä oli jäänyt vielä sisään. Vuotoa ei vielä tässä vaiheessa havaittu. Jäänyt tuumoria alettiin hoitaa CyberKnife-hoidolla. 5kk päästä magneettikuivat osoittivat tuumorin pienenemistä ja potilas oli elänyt normaalia elämää ilman ongelmia. Kuu kauden päästä tästä potilas siirrettiin heidän klinikalleen tajuuttomuuden/kooman ja kovan kuumeen vuoksi. CT-kuvissa näkyi ilmaa kallossa, potilaalle diagnosoitiin heti "Rhinorrhea" "Vuotava nenä". Potilaalle suoritettiin hätäkorjaus endoskoop pisesti aivo-selkäydinnesteen vuotoon. CT-seurannassa ilmat hävisivät onkaloista. Potilas kotiutettiin 2 viikon kuluttua ilman neurologisia oireita.</p>	<p>BioMed</p>
<p>23</p> <p>Spinal radiosurgery - efficacy and safety after prior conventional radiotherapy. 2011. Saksa. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Nikolajek, K., Kufeld, M., Muavecic, A., Wowra, B., Niyazi, M. & Ganswindt, U.</p>	<p>Arvioida CyberKnifellä annetun stereotaktisen sädehoidon tehokkuutta ja soveltuvuutta aiemmin säteilytettyihin selkärangan metastaa selhin.</p>	<p>54 potilasta ja yhteensä 74 leesiota vuosina 2005-2009. Ikkä jakauma oli 17-82 vuotta, mediaani-ikä 56 vuotta. Kaikilla potilailla oli kipuja tai radiologisesti havaittavaa kasvua aiemmin säteilytettyillä alueella.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinistä tuloksista</p>	<p>Tiettyjen teknillisten ehtojen täytyessä CyberKnife on tehokas ja turvallinen hoitovaihtoehto selkärangan metastaa selhin potilaille, jotka ovat jo aiemmin saaneet sädehoitoa selkärankaan. Tapauksissa joissa on aiemmin epäonnistuttu paikallisessa hoidossa, CyberKnife osoittaa hyvää tulosta vähäisillä komplikaatioilla ja huomattavalla kivunlievenyksellä. Vaikka CyberKnife ei suositellakkaan primaarihoidoksi luustometastaa selhin, on se kuitenkin varteenotettava vaihtoehto aiemmin sädehoidetuille potilaille.</p>	<p>BioMed</p>
<p>24</p> <p>Stereotactic Body Radiation Therapy for Head and Neck Tumor: Disease Control and Morbidity Outcomes. 2011. Japani. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Kodani, N., Yamazaki, H., Tsubokura, T., Shiomi, H., Kobayashi, K., Nishimura, T., Aibe, N., Ikeno, H. & Nishimura, T.</p>	<p>Arvioida CyberKnifellä annetun stereotaktisen sädehoidon turvallisuutta ja tehokkuutta pään ja niskan kasvaimiin.</p>	<p>34 potilasta vuosina 2005-2008. Potilaat olivat iältään 17-88 vuotiaita, mediaani-ikä oli 66. 21 potilasta oli saanut aiemmin sädehoitoa.</p>	<p>Retrospektiivinen katsaus kliinistä tuloksista</p>	<p>Näiden alustavien tuloksien perusteella stereotaktinen sädehoito on tehokas hoitomuoto pään sekä kaulan kasvaimiin ja hoito kestää vain noin viikon. Tarvitaan kuitenkin enemmän kliinisiä tuloksia ja pidempää seuranta jotta tuloksista voidaan olla varmoja. Tämä tekniikka tarjoaa selviä etuja normaaliin fraktioituun sädehoitoon.</p>	<p>PubMed</p>
<p>25</p>						

A	B	C	D	E	F	G
Stereotactic body radiation therapy for the primary treatment of localized prostate cancer. 2012. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.	Ollaj, C., Lanciano, R., Sprandio, B., Yang, J., Lamond, J., Arrigo, S., Good, M., Mooreville, M., Garber, B. & Brady, L. W.	Arvioida CyberKnife hoidon tehokkuutta ja haittavaikutuksia eturauhassyövän primäärihoitona.	83 potilasta hoidettiin vuosina 2007-2010. Potilaiden mediaani-ikä 68 vuotta. Näistä potilaista 70 kuitenkin laskettiin tähän tutkimukseen mukaan, sillä heidän hoidon jälkeinen seuranta-aika oli vuoden tai pidempi. Hoidot annettiin viidessä fraktiossa.	Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista	Ainoastaan yhden potilaan kohdalla hoidon jälkeen syöpä levisi muuhun kehoon (rintarankaan). CK hoidon haittavaikutukset ovat näissä hoidoissa verrattavissa IMRT - hoitoihin. Tämän tutkimuksen perusteella CK hoito vaikuttaisi lupaavalta hoitomuodolta erityisesti keski-suuren ja suuremman riskin eturauhassyöpöpotilaille.	PubMed
26 Stereotactic Body Radiation Therapy in Patients with Pelvic Recurrence from Rectal Carcinoma. 2008. Korea. Tutkimusartikkeli.	Kim, M-S., Choi, CW., Yoo, SY., Cho, CK., Seo, YS., Ji, YH., Lee, DH., Hwang, DY., Moon, SM., Kim, M. S. & Kang, HJ.	Tutkia stereotaktisen sädehoidon (SBRT) kliinisiä käyttömahdollisuuksia uusiutuneen peräsuolen syövän hoitoon, selvitymisen ja haittavaikutuksien näkökulmasta.	23 potilasta vuosina 2002-2006. Ikäjakama 36-83, mediaani-ikä 55. Keskimääräinen seuranta-aika oli 31 kk. Kaikilla potilailla oli uusiutunut peräsuolen syöpä.	Retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista	Kun tarkastellaan potilaiden selviytymistä ja komplikaatioiden määrää, CyberKnifellä annettu SBRT on verrattavissa muihin hoitomuotoihin. Tämän tutkimuksen perusteella SBRT:tä voidaan käyttää paikallisena ei-invasiivisena vaihtoehtona uusiutuvan peräsuolen syövän leikkauskelvottomiin, eristäytyneisiin metastaaseihin, jos ne ovat levittäytyneet alle neljään lantion imusolkukkeeseen ja muuta täsmällistä pelastavaa hoitoa tai kemoterapiaa ei ole saatavilla. Vielä tarvitaan kuitenkin hyvin kontrolloitu ensimmäisen tai toisen tason tutkimus jotta voidaan määrittää optimaaliset hoitannokset ja rajoitukset.	PubMed
27 Stereotactic Body Radiation Therapy (SBRT) for clinically localized prostate cancer: the Georgetown University experience. 2013. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.	Chen, L. N., Suy, S., Uhm, S., Oermann, E. K., Ju, A. W., Chen, V., Hanscom, H. N., Laing, S., Kim, J. S., Lei, S., Batipps, G. P., Kowalczyk, K., Bandi, G., Pahira, J., McGeagh, K. G., Collins, B. T., Krishnan, P., Dawson, N. A., Taylor, K. L., Dritschilo, A., Lynch, J. H. & Collins, S. P.	Esitellä Georgetownin yliopistollisen sairaalan varhaisia kokemuksia paikallisen eturauhassyövän hoidosta CyberKnifellä.	100 potilasta hoidettiin vuosina 2008-2010. Potilaat olivat iältään 48-90. Potilaiden mediaani-ikä oli 69 vuotta. Hoito annettiin viidessä fraktiossa.	Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinisistä tuloksista	Tutkimuksen perusteella CK hoidon teho on verrattavissa sisäisen sädehoidon ja perinteisen sädehoidon hoitotuloksiin eturauhassyövän hoidossa. Potilaat sietivät hoidot hyvin. Hoiton haitallisuudet ovat myös verrattavissa edellämainittujen hoitomuotojen hoidoissa.	PubMed
28						

A	B	C	D	E	F	G
29	<p>Stereotactic body radiotherapy for localized prostate cancer: disease control and quality of life at 6 years. 2013. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.</p> <p>Katz, A. J., Santoro, M., Diblasio, F. & Ashley, R.</p>	<p>Esitellä kuuden vuoden ajalta CyberKnifellä hoidettujen eturauhasen syöpien hoitotuloksia.</p>	<p>304 potilasta hoidettiin vuosina 2006-2008. Potilaiden keski-ikä oli 69 vuotta. Jokaisella potilaalla oli annettiin viidessä fraktiossa. Hoidot potilaista oli pienen riskin potilaita (211), pienempi osa keski-suuren riskin (81) ja pienin osa vähäisen riskin potilaita (12).</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinististä tuloksista.</p>	<p>Potilaat eivät kokeneet vakavia myrkytyksen oireita ja kestivät hoidon hyvin. Hoidon tulokset olivat samaa luokkaa korkea-annoksisen sisäisen sädehoidon kanssa. Tutkimuksen perusteella CK olisi lupaava hoitokeino eturauhasen syövän hoitoon pienen ja keski-suuren riskin potilaille. Lisää tutkimuksia tarvittaisiin vielä suuremman riskin potilaille hoitokeinon puolustamiseksi.</p>	<p>PubMed</p>
30	<p>Stereotactic body radiotherapy for low-risk prostate cancer: five-year outcomes. 2011. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.</p> <p>Freeman, D. E. & King, C. R.</p>	<p>Esitellä CyberKnifellä hoidettujen pienen riskin eturauhasen syövän potilaiden hoitotuloksia.</p>	<p>41 potilasta hoidettiin vuosina 2003-2005. Potilaiden keski-ikä oli 66 vuotta. Hoidot annettiin viidessä fraktiossa viitenä peräkkäisenä päivänä kaikille muille paitsi kolmelle potilaille.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinististä tuloksista</p>	<p>Viiden vuoden seurannan jälkeen potilaita 93%:lla tauti ei edennyt. Taundin paikallinen hallinta on samaa luokkaa muiden kilpailevien hoitomuotojen kanssa, mutta hoidon siedettävyyttä on keskimääräisesti hieman parempi. Hoito on tavallista sädehoitoa huomattavasti lyhyempi. (vain 1-2 viikkoa, kun norm. 8-9) Tämän tutkimuksen perusteella siis stereotaktinen sädehoito (etenkin CK) olisi potilasystävällisempi tapa hoitaa kyseistä tautia.</p>	<p>PubMed</p>
31	<p>Stereotactic body radiotherapy for the treatment of presacral recurrences from rectal cancers. 2011. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.</p> <p>DeFoe, S. G., Bernard, M. E., Rwigema, J.-C., Heron, D. E., Ozhasoglu, C. & Burton, S.</p>	<p>Arvioida CyberKnife hoidon turvallisuutta ja tehokkuutta presakraaleiden uudelleen ilmeentyneiden syöpien hoidossa.</p>	<p>14 potilasta hoidettiin vuosina 2003-2008. Potilaiden keski-ikä oli 66 vuotta. Hoidot annettiin joko yhdessä tai kolmessa fraktiossa.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinististä tuloksista</p>	<p>Ennen hoitoa 7 potilasta valitti kipua ja hoidon jälkeen heistä 4 kertoi lopettaneensa kipulääkkeiden käyttöön. Vakavampia myrkyllisyyksiä ei hoitojen jälkeen potilaille ilmennyt. Paikallinen hoitoteho oli normaalien rajoissa. CK hoito vaikuttaa tutkimuksen perusteella ainakin lupaavalta kivun lievittäjältä näiden syöpien hoidossa.</p>	<p>PubMed</p>
32	<p>Stereotactic Radiosurgery with the CyberKnife for Pituitary Adenomas. 2009. Korea. Kliininen artikkeli.</p> <p>Cho, C. B., Park, H. K., Joo, W. I., Chough, C. K., Lee, K. J. & Rha, H. K.</p>	<p>Tutkia CyberKnifen hoitotuloksia ja komplikaatioita hyvälaatuisten aivolisäkkeen kasvaimien hoidossa.</p>	<p>26 potilasta vuosina 2004-2008. Keski-ikä 48,5 vuotta. Kaikilla todettu aivolisäkkeen hyvälaatuinen kasvain. 95% potilaita hoidettiin 5x25 Gy fraktioilla ja loput 3x21Gy fraktioilla.</p>	<p>Retrospektiivinen katsaus.</p>	<p>CyberKnife on turvallinen ja tehokas vaihtoehto aivolisäkkeen kasvaimien hoitoon. Jotta voitaisiin täysin arvioida turvallisuus ja tehokkuus, vaaditaan vielä pidemmällä seuranta ajalla tehtyjä tutkimuksia.</p>	<p>PubMed</p>

A	B	C	D	E	F	G
<p>The CyberKnife® Robotic Radiosurgery System in 2010. 2010. Yhdysvallat. Katsausartikkeli.</p>	<p>Kilby, W., Dooley, J. R., Kuduvalli, G., Sayeh, S. & Maurer Jr, C. R.</p>	<p>Tarjota kattava tekninen kuvaus CyberKnifestä.</p>	<p>CyberKnife tekniikka, hoidon suunnittelu, hoidon toteutus, erilaiset hoidoissa/laitteen ohjauksessa käytettävät algoritmit, hoidon suunnittelu ohjelmat ja laitteistot, hengitysseuranta.</p>	<p>Katsaus.</p>	<p>CyberKnife ei peruseriaatteiltaan ole muuttunut kymmenessä vuodessa. Tarjalleenottaen CyberKnife tarjooa radiokirurgian oleellimmat näkökulmat. Nämä näkökulmat ovat CTV-PTV marginaalin pienentäminen sekä hoidettujen ja säteilytettyjen alueiden minimointi.</p>	<p>PubMed</p>
33	<p>Brown, W. T. Wu, X., Amendola, B., Perman, M., Han, H., Fayad, F., Garcia, S., Lewin, A., Abitol, A., de la Zerda, A. & Schwade, G. 2007. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Arvioida CyberKnifen käyttömahdollisuuksia vaihtoehtoisena hoitomuotona potilaille, joilla on leikattavissa oleva mutta ei lääkkeillä hoidettava, tason IA ei-pienisolulinen keuhkosyöpä.</p>	<p>19 potilasta vuosina 2004-2006. Ikäjakama 52-88 vuotta, keski-ikä 75 vuotta. Kaikilla oli tason IA ei-pienisolulinen keuhkosyöpä. Potilaita hoidettiin kolmella fraktiolla yhteensä 24-60Gy kokonaisannoksella, 3-8 päivän aikana.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinististä tuloksista</p>	<p>Kaikki potilaat sietivät sädehoidon hyvin, yleisin oire oli väsymys. Neljä potilasta kuoli, kaksi muihin sairauksiin ja kaksi syövän etenemiseen. Kolmelle potilaista tuli tason 1 keuhkotulehdus sädehoidon seurauksena. kahdella potilaista on vakaa tauti. Kolmelle potilaalle tauti palasi annettujen hoitojen jälkeen. Yhdellä syöpä saatiin paikallisesti hallintaan mutta se metastasoitui. Yhdeksälle potilaalle hoitoon saatiin hyvä vaste ja syöpä saatiin hoidettua. CyberKnife on siis turvallinen, ei-invasiivinen ja tehokas vaihtoehto ajoissa havaittujen keuhkosyöpien hoitoon joita ei voida hoitaa lääkkeillä.</p>	<p>CINAHL</p>
34	<p>Coppa, N. D., Raper, D. MS., Zhang, Y., Collins, B. T., Harter, W., Gagnon, G. J., Collins, S. P. & Jean, W. G.</p>	<p>Arvioida fraktioituidun CyberKnife-hoidon turvallisuutta ja tehokkuutta kallonpohjan kasvaimien hoidossa.</p>	<p>31 potilasta ja yhteensä 31 kasvainta vuosina 2002-2007. Ikäjakama 11-81 vuotta, mediaani-ikä 57 vuotta. Kaikilla potilaila pahalaatuinen pallonpohjan kasvain.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinististä tuloksista</p>	<p>Haasteista huolimatta CyberKnifellä annettu stereotaktinen sädehoito osoittautui turvalliseksi ja kohtuullisen tehokkaaksi hoitomuodoksi kallonpohjan kasvaimiin. Kuvantamisohjattu ja fraktioitu stereotaktinen sädehoito on yhtä hyvä kuin muutkin stereotaktiset sädehoidon menetelmät. Luotettavan pitkäaikaisen selviytymisen ja tehokkuuden selvittämiseksi tarvitaan kuitenkin vielä lisää tutkimuksia ja vertailuja eri laitoisien välillä.</p>	<p>BioMed</p>
35	<p>Treatment of malignant tumors of the skull base with multi-session radiosurgery. 2009. Yhdysvallat. Tutkimusartikkeli.</p>	<p>Arvioida fraktioituidun CyberKnife-hoidon turvallisuutta ja tehokkuutta kallonpohjan kasvaimien hoidossa.</p>	<p>31 potilasta ja yhteensä 31 kasvainta vuosina 2002-2007. Ikäjakama 11-81 vuotta, mediaani-ikä 57 vuotta. Kaikilla potilaila pahalaatuinen pallonpohjan kasvain.</p>	<p>Kvantitatiivinen retrospektiivinen katsaus kliinististä tuloksista</p>	<p>Haasteista huolimatta CyberKnifellä annettu stereotaktinen sädehoito osoittautui turvalliseksi ja kohtuullisen tehokkaaksi hoitomuodoksi kallonpohjan kasvaimiin. Kuvantamisohjattu ja fraktioitu stereotaktinen sädehoito on yhtä hyvä kuin muutkin stereotaktiset sädehoidon menetelmät. Luotettavan pitkäaikaisen selviytymisen ja tehokkuuden selvittämiseksi tarvitaan kuitenkin vielä lisää tutkimuksia ja vertailuja eri laitoisien välillä.</p>	<p>BioMed</p>