

SYVENTÄVIEN OPINTOJEN KIRJALLINEN TYÖ

C1–C2-segmentin anatomisen variaation merkitys oireettomilla henkilöillä

Arvo Valkama

Turun yliopisto – 2025

Sisällysluettelo

<i>Tiivistelmä</i>	3
<i>Johdanto</i>	4
<i>Kaularangan anatomia</i>	5
<i>Instabiliteetti C1–C2-tasolla</i>	7
<i>Whiplash vs. instabiliteetti</i>	8
<i>Aineisto ja menetelmät</i>	9
<i>Tulokset</i>	11
<i>Pohdinta</i>	19
<i>Lähteet</i>	20

Tiivistelmä

C1–C2-segmentti vastaa noin puolesta kaularangan rotaatiokapasiteetista, ja lievää rotaatioasymmetriaa on kuvattu myös oireettomilla henkilöillä. C1–C2-tason kuvantamislöydösten kliininen merkitys on kuitenkin herättänyt keskustelua erityisesti whiplash-oireyhtymän yhteydessä, ja osaa löydöksistä on tulkittu patologisiksi ilman selkeää kliinistä korrelaatiota. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli määrittää C1–C2-segmentin rotaation ja siihen liittyvien mittausarvojen normaalivariaatiota oireettomassa populaatiossa.

Tutkimus toteutettiin retrospektiivisesti analysoimalla 100 oireettoman henkilön korkean resoluution varjoainetehosteiset kaulavaltimoiden tietokonetomografiat (CTA). Kuvista mitattiin pään aksiaalinen asento, densin rotaatio suhteessa C1:een, C1–C2-rotaatio, densin lateraalinen siirtymä, C1–C2-fasettien anteroposterioriset siirtymät sekä C1- ja C2-fasettipintojen pituudet. Tilastollisina menetelminä käytettiin Welch'n t-testiä ja Pearsonin korrelaatiota. Tilastollisen merkitsevyyden rajana oli $p \leq 0,05$.

C1–C2-rotaation keskiarvo oli noin 3–4 astetta ilman systemaattista suuntautumista myötä- tai vastapäivään. Densin lateraalinen siirtymä pysyi keskimäärin alle yhden millimetrin eikä osoittanut lateraalista epäsymmetriaa. C1–C2-rotaation ja vasemman–oikean fasettisiirtymän erotuksen välillä havaittiin erittäin voimakas positiivinen korrelaatio ($r = 0,789$, $p < 0,0001$), mikä kuvastaa segmentin normaalia biomekaniikkaa. Densin lateraalinen siirtymä ei korreloinut rotaation suuruuden kanssa. Fasettipintojen pituuksissa ei todettu lateraalista epäsymmetriaa, vaikka C1- ja C2-tasojen välillä havaittiin normaaliin anatomiaan liittyvä mittaero.

Lievä C1–C2-rotaatio ja siihen liittyvä fasettien vastakkaissuuntainen siirtymä ovat tavallisia löydöksiä oireettomilla henkilöillä. Pelkkä kuvantamisessa todettu rotaatioasymmetria ei osoita rakenteellista instabiliteettia ilman kliinistä korrelaatiota. Normaalivariaation tunteminen on keskeistä yli diagnostiikan ja tarpeettomien kirurgisten toimenpiteiden välttämiseksi.

Johdanto

Whiplash- eli piiskaniskuvammat ovat yleisiä liikenneonnettomuuksien jälkeen, mutta niiden pitkäaikaisoireiden mekanismi ja kliininen merkitys ovat edelleen osin kiistanalaisia. Suomessa whiplash-oireyhtymälle ei ole omaa Käypä hoito -suositusta, vaan sitä käsitellään osana niskakipua koskevaa suositusta. Suosituksessa painotetaan kliinisen arvion ensisijaisuutta kuvantamisen sijaan [1]. Kansainväliset katsaukset viittaavat siihen, että whiplash-oireiden pitkittyminen on yleisempää maissa, joissa diagnoosi vaikuttaa vakuutus- tai korvauskäytäntöihin [2].

Liettuassa tehdyssä prospektiivisessä tutkimuksessa 202 whiplash-potilasta seurattiin vuoden ajan, eikä kenelläkään todettu pysyviä oireita [3]. Suomalaisille vakuutusyhtiöille ilmoitettiin tilastojen mukaan vuonna 1998 508 niskan retkahdusvammaa. Näistä noin 10 % johti yli kuukauden työkyvyttömyyteen, ja samansuuruinen osuus terveydentilan heikentymiseen havaittiin myös vuoden kuluttua [1]. Toisessa prospektiivisessä väestövertailussa ei havaittu eroa whiplash-potilaiden ja kontrolliryhmän välillä niskakivun esiintyvyydessä seurannan aikana [4].

Viime vuosina huomiota on kiinnitetty erityisesti C1–C2-segmentin rotaatioon mahdollisena anatomisena tekijänä whiplash-oireiden taustalla. Kaularangan rotaatiokapasiteetista arviolta 50–60 % sijoittuu C1–C2-segmenttiin, ja lievä rotaatioasymmetria on kuvattu tavalliseksi löydökseksi myös täysin oireettomilla henkilöillä [5]. Rotaatiolöydöksiä on kuitenkin ajoittain ylitulkittu patologisiksi, ja joidenkin potilaiden kohdalla tämä on johtanut jopa C1–C2-luudutusleikkaukseen. Näiden leikkausten perustelut on myöhemmin kyseenalaistettu [6].

Tämän tutkimuksen tavoitteena on arvioida C1–C2-rotaatiota ja siihen liittyviä mittausrvoja oireettomilla henkilöillä, jotta normaalivariaation rajat voidaan määrittää ja erottaa ne aiemmin patologisina pidetyistä löydöksistä.

Kaularangan anatomia

Atlaksen (C1) ja kiertäjänikaman (C2) muodostama kaularangan yläosa poikkeaa rakenteeltaan muista kaulanikamista ja mahdollistaa merkittävän osan pään rotaatioliikkeestä. C2-nikaman erityispiirteenä on dens axis -uloke, joka niveltyy atlaksen anteriorista kaarirakennetta vasten ja muodostaa rotaatioakselin [5]. Arviolta 50–60 % kaularangan rotaatiokapasiteetista sijoittuu C1–C2-tasolle, jossa dens axis toimii liikkeen kiertymisakselina [5]. Tämä liike perustuu paitsi nikamarakenteiden muotoon myös ligamenttien, kuten poikittaisen atlaksen ligamentin ja alaariligamenttien, stabiloivaan vaikutukseen [6]. C1-nikamassa ei ole varsinaista corpus-osiota, vaan se muodostuu rengasmaisesta rakenteesta, jonka ylä- ja alapinnalla sijaitsevat fasettipinnat mahdollistavat liikkeen suhteessa kalloon ja C2-nikamaan [5,9]. Poikittainen ligamentti pitää densin paikallaan estäen sen etusiirtymisen dorsaalisesti, kun taas alaariligamentit säätelevät rotaatioliikkeen laajuutta ja estävät liiallisen sivuttaiskallistuksen [6,9].

C1–C2-segmentin liikettä rajoittavat sekä ligamenttien stabiloiva vaikutus, että nikamien luinen geometria, joka ohjaa rotaatioliikkeen suuntaa ja laajuutta [5]. Atlaksen ja aksiksen fasettipintojen muoto, koko ja kallistuskulma vaihtelevat yksilöiden välillä ja vaikuttavat siihen, miten rotaatioliike jakautuu nivelpinnoille [5,7]. Nivelpintojen orientaatio mahdollistaa laajan rotaatioliikkeen, mutta samalla johtaa siihen, että kuvantamistutkimuksissa voi esiintyä vähäistä epäsymmetriaa ilman, että kyseessä on patologinen löydös [5,9]. Densin sijainti suhteessa C1:n nivelpintoihin sekä fasettipintojen keskinäinen suhde määrittävät rotaatioliikkeen mekaanisen akselin. Tämän vuoksi havaittu rotaatio tai fasettien vastakkaissuuntainen siirtymä voi edustaa normaalia biomekaanista variaatiota [7]. Näin ollen C1–C2-alueen luisten rakenteiden yksilöllinen anatominen vaihtelu on tavallista oireettomilla henkilöillä, eikä vähäisille rotaatio- tai muotovariaatioille ole kirjallisuudessa määritelty instabiliteettiä osoittavia raja-arvoja [5,8,9].

Kuvantamistutkimuksissa on osoitettu, että yläniskarangan ligamenttien rakenne- ja signaalivaihtelua esiintyy myös täysin oireettomilla henkilöillä, eikä yksittäinen kuvantamislöydös ennusta oireilua [6,7]. Tulkinnan kannalta on lisäksi huomioitava, että pään lateraalinen kallistus saattaa kuvantamisessa tuottaa rotaatiolta näyttävän ilmiön, vaikka todellista instabiliteettiä ei olisikaan [6]. Näin ollen normaalipopulaation

anatomisen vaihteluvälin tunteminen on keskeistä, jotta kuvantamisessa havaittuja löydöksiä ei tulkita patologisiksi ilman kliinistä näyttöä.

Instabiliteetti C1–C2-tasolla

Atlantoaksiaalinen subluksaatio (AAS) tarkoittaa tilaa, jossa C1–C2-segmentin liike ylittää normaalin anatomisen vaihtelun ja siihen liittyy riski selkäytimen tai hermojuurten kompressiolle [10]. Kirjallisuuden perusteella aikuisilla densin posteriorista yli 3 mm:n siirtymää kaularangan fleksiassa pidetään subluksaationa [8].

Alaariligamentin signaalimuutoksia magneettikuvauksessa on aiemmin pidetty vaurion merkinä, mutta uudemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että vastaavanlaisia löydöksiä esiintyy myös oireettomilla henkilöillä, eikä yksittäinen kuvantamislöydös sellaisenaan ennusta oireilua [9]. Funktionaalista MRI-kuvantamista, jossa kaularankaa kuvataan eri asennoissa, on ehdotettu instabiliteetin lisäarviointimenetelmäksi, mutta sitä ei ole standardisoitu, patologisia raja-arvoja ei ole, eikä sitä suositella käytettäväksi hoitopäätösten perusteena. Kirurgista hoitoa, kuten C1–C2-luudutusta, pidetään perusteltuna ainoastaan tilanteissa, joissa todetaan sekä rakenteellinen instabiliteetti että siihen liittyvät neurologiset löydökset [10]. Kirurginen indikaatio atlantoaksiaaliseen instabiliteettiin perustuu kliiniseen ja radiologiseen kokonaisarvioon, eikä pelkkä kuvantamislöydös ilman kliinistä oirekuvaa kirjallisuuden mukaan oikeuta kirurgiseen interventioon [10].

Whiplash vs. instabiliteetti

Whiplash-oireyhtymä (WAD, Whiplash-Associated Disorder) on kliininen kokonaisuus, jolle on tyypillistä laaja-alainen ja usein epäspesifi oirekuva. Quebec Task Force -luokituksen mukaan WAD I–II-luokissa oireet ovat pääasiassa subjektiivisia, eikä niihin liity neurologisia löydöksiä [11]. Atlantoaksiaalissa subluksaatiossa oirekuva on luonteeltaan selvästi fokaalisempi, ja siihen voi liittyä esimerkiksi raajapareeseja, spastisuutta, hienomotoriikan häiriöitä tai selkäytimen kompressioon viittaavia löydöksiä, kuten refleksimuutoksia.

Whiplash-potilaiden oireet, kuten ajattelun hitaus, näköhäiriöt, pahoinvointi ja yleinen kuormittuneisuuden tunne, eivät vastaa atlantoaksiaalisen subluksaation tyypillistä kliinistä kuvaa [11]. Atlantoaksiaaliseen instabiliteettiin voi sen sijaan liittyä selkäytimen kompressioon viittaavia neurologisia löydöksiä, kuten tunto- ja liikehäiriöitä [10]. Tämän vuoksi kuvantamislöydösten ja oireiden välinen kliininen yhteys tulee arvioida kriittisesti, eikä C1–C2-tason kuvantamismuutosta tule tulkita automaattisesti oireiden selittäjäksi ilman näyttöä rakenteellisesta instabiliteetista tai neurologisesta vauriosta [10].

Atlantoaksiaalisen subluksaation kirurginen hoito perustuu C1–C2-segmentin stabilointiin ja liikkeen pysyvään estämiseen. Yleisimmin käytetty toimenpide on posteriorinen C1–C2-fuusio, jossa atlas ja axis kiinnitetään toisiinsa ruuvien ja tankojen avulla. Toimenpiteen tavoitteena on poistaa C1–C2-nikamien välinen liike, estää instabiliteetin eteneminen ja suojata selkäydintä vaurioitumiselta. Leikkauksen seurauksena C1–C2-tason rotaatioliike menetetään, minkä vuoksi kirurgiseen hoitoon päädytään ainoastaan tilanteissa, joissa instabiliteetti on kliinisesti merkittävä ja siihen liittyy neurologisia oireita [13].

Koska whiplash-oireet poikkeavat tyypillisesti todellisen atlantoaksiaalisen subluksaation kliinisestä oirekuvasta, pelkkä kuvantamisessa todettu C1–C2-rotaatio tai siirtymä ei yksinään muodosta indikaatiota kirurgiselle hoidolle. Hoitopäätös edellyttää kliinistä kokonaisarviointia sekä objektiivista näyttöä rakenteellisesta instabiliteetista [12]. Käytännössä tämä korostaa normaalivariaation tuntemisen merkitystä, jotta C1–C2-tason kuvantamislöydöksiä ei ylitulkita whiplash-potilailla.

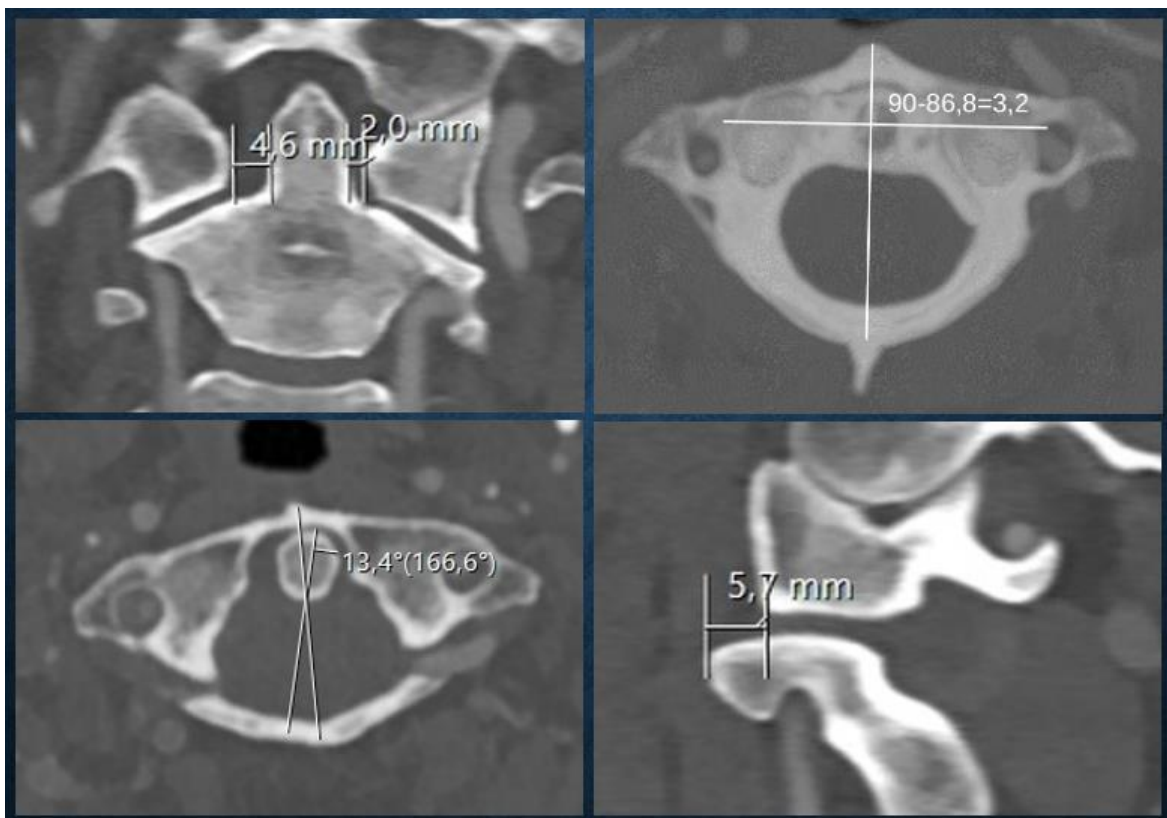
Aineisto ja menetelmät

Tutkimukseen valittiin retrospektiivisesti 100 henkilöä, joille oli tehty korkean resoluution varjoainetehosteinen kaulavaltimoiden tietokonetomografia (CTA, computed tomography angiography) ajanjaksolla 5.9.2022–11.1.2023. Potilastiedot käytiin läpi, ja mukaan otettiin ainoastaan henkilöt, joiden sairauskertomuksissa ei ollut merkintöjä niskavaivoista, kaularankavammasta tai aiemmista kaularangan kirurgisista toimenpiteistä. Tavoitteena oli varmistaa, että aineisto edusti anatomisesti oireetonta populaatiota. Seulonnan jälkeen analyysiin sisältyi yhteensä 100 henkilöä.

Kuvantamistutkimusten leikepaksuus oli 0,625 mm sekä aksiaalisuunnassa että multiplanaarisesti reformoiduissa sagittaalisissa ja koronaalisissa tasoissa. CTA-tutkimukset analysoitiin standardoidulla työasemalla.

Kuvista mitattiin seuraavat parametrit (kuva 1):

1. Pään asento suhteessa CT-telineeseen aksiaalisessa tasossa, mitattuna kulmana (asteina myötä- tai vastapäivään).
2. Densin rotaatio suhteessa C1:een, mitattiin kulma C1:n sagittaalilinjan ja densin keskikolmanneksen linjan välillä (asteina myötä- tai vastapäivään).
3. C2-nikamarungon asento suhteessa C1:een, arvioituna nikamakorpusten sagittaalilinjojen välisenä kulmana (asteina myötä- tai vastapäivään).
4. Densin siirtymä sivusuunnassa koronaalikuvista (millimetreinä keskilinjasta oikealle tai vasemmalle).
5. C2:n yläfasetin sijainti suhteessa C1:n alafasettiin sagittaalisuunnassa (millimetreinä eteen- tai taaksepäin).
6. C1- ja C2-fasettien pituus (millimetreinä fasetin keskeltä).



Kuva 1: Kuvassa mitataan C1–C2-tason (atlantoakiaalisen nivelen) rakenteellista suhdetta eri mittauksilla. Kyseessä on CT-kuvista tehty analyysi. Erittely ruuduittain: Ylävasemmalla densin lateraalinen sijainti suhteessa atlakseen. Yläoikealla C1 ja C2 corpusosien välinen rotaatio. Alavasemmalla C1 nikaman ja densin välinen rotaatio. Alaoikealla C1 ja C2 nikamien fasettipintojen välinen siirtymä.

Mittausarvot analysoitiin R-ohjelmistolla (R-Studio). Analyysimenetelminä käytettiin riippumattomien otosten t-testiä (Welch's t-test) sekä Pearsonin korrelaatioanalyysiä. Tilastollisen merkitsevyyden rajana toimi $p \leq 0,05$.

Tulokset

4.1 Pään asento suhteessa CT-telineeseen

Yhdeksältä kymmeneältä kahdeksalta henkilöltä voitiin mitata pään lähtöasento suhteessa CT-telineeseen aksiaalisessa tasossa. Welch'in t-testissä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa pään kiertosuunnan (CW, clockwise; myötäpäivään; CCW, counterclockwise; vastapäivään) ja kiertokulman välillä ($t = -1,05$; $p = 0,30$). Keskimääräinen rotaatiokulma oli CCW-ryhmässä $2,64^\circ$ ja CW-ryhmässä $3,38^\circ$.

Tulos viittaa siihen, että pään lähtöasento vaihteli yksilöiden välillä, mutta ei systemaattisesti painottunut kumpaankaan kiertosuuntaan.

4.2 Densin rotaatio suhteessa C1:een

Densin rotaatiokulmassa suhteessa C1:een ei todettu tilastollisesti merkitsevää eroa kiertosuunnan (CW vs. CCW) välillä ($t = 0,496$, $p = 0,6215$). Keskimääräinen rotaatio oli $3,82^\circ$ (CCW) ja $3,57^\circ$ (CW).

Yksilökohtainen vaihtelu oli suurta, eikä aksiaalisen rotaatiokulma myöskään painottunut kumpaankaan suuntaan.

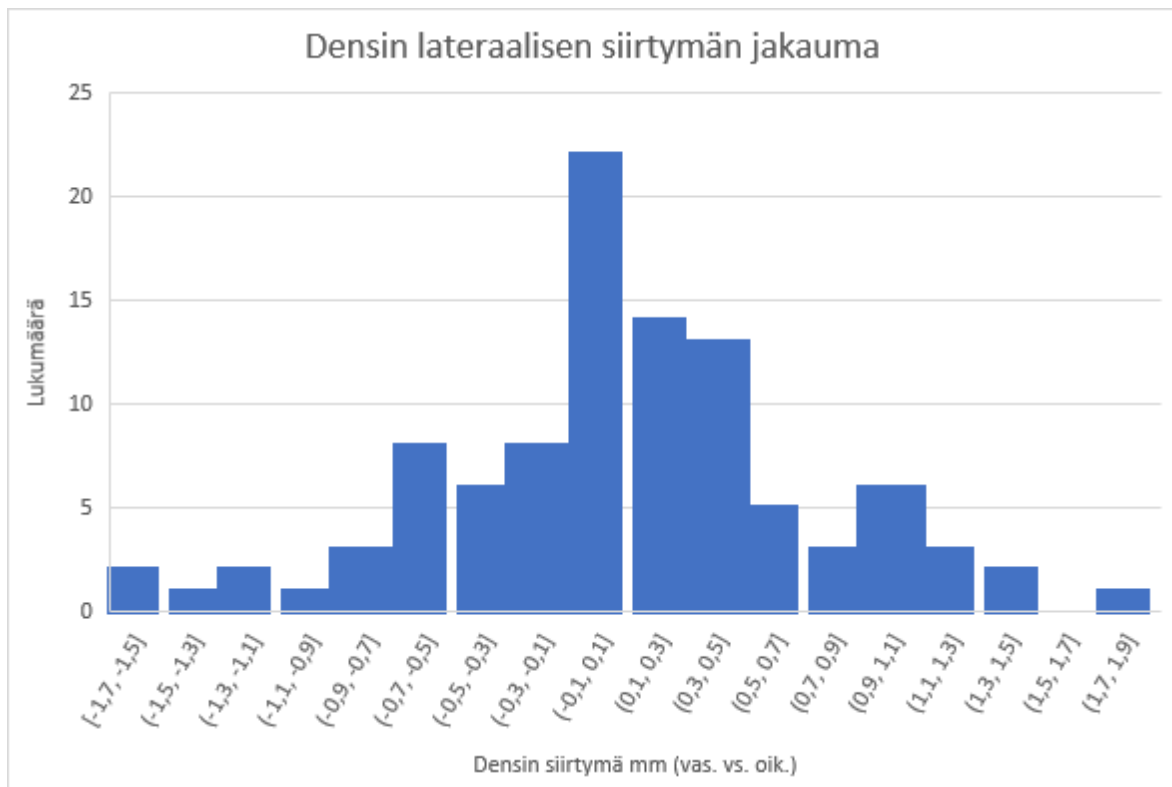
4.3 C1–C2-korpusten välinen rotaatio

Myöskään C1–C2-rakenneyksikön keskinäisessä kierto- ja kiertoliikkeessä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa kiertosuuntien välillä ($t = 0,755$, $p = 0,4529$). Keskimääräinen rotaatio oli $3,88^\circ$ (CCW) ja $3,45^\circ$ (CW). Rotaation jakauma oli tasainen, eikä aineistossa todettu viitteitä systemaattisesta suuntautumisesta kumpaankaan kiertosuuntaan.

4.4 Densin lateraalinen siirtymä (vasen vs. oikea)

Densin lateraalinen poikkeama keskilinjasta ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi vasemman ja oikean suunnan välillä ($t = -0,149$, $p = 0,8822$). Keskimääräinen siirtymä vasemmalle oli $0,58$ mm ja oikealle $0,60$ mm (kuva 2).

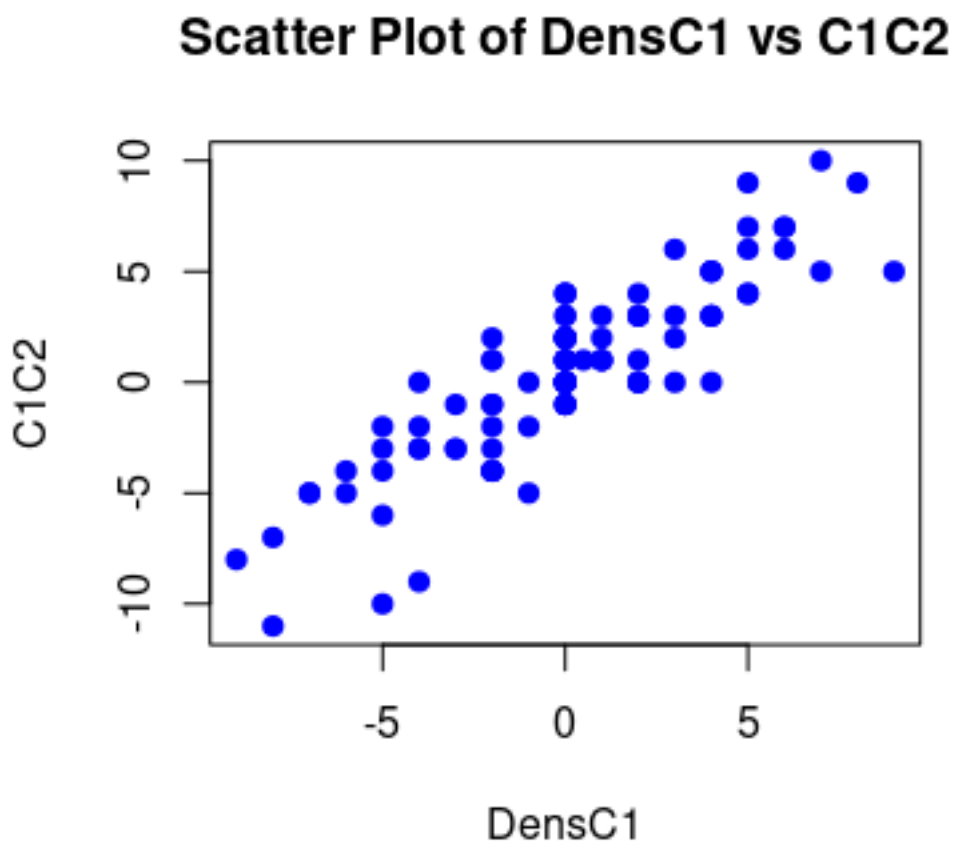
Tuloksen perusteella densin lateraalinen sijainti pysyi hyvin lähellä keskiviivaa, eikä selkeää rakenteellista puolieroja todettu.



Kuva 2. Densin lateraalisen siirtymän jakauma millimetreinä. Arvot on esitetty suhteessa keskiviivaan siten, että neg. arvot kuvaavat siirtymää vasemmalle ja pos. arvot oikealle.

4.5 Densin ja C1/C2-rotaation välinen korrelaatio

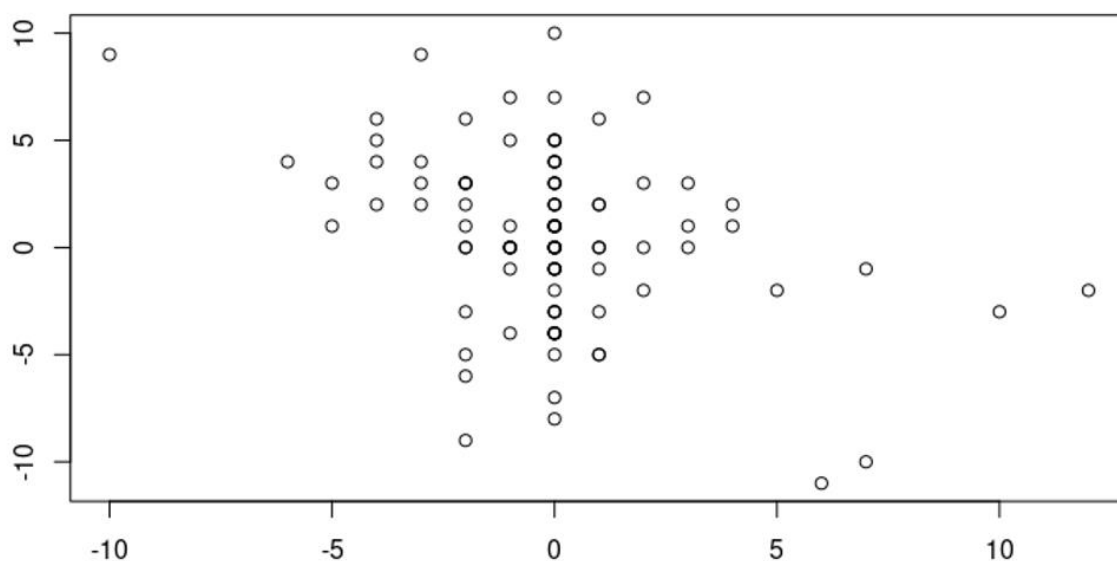
Densin rotaation ja C1–C2-välisen rotaatiokulman välillä havaittiin erittäin voimakas positiivinen korrelaatio ($r = 0,869$, $p < 0,0001$; kuva 3). Tämä sopii yhteen sen kanssa, että densin rotaatio on tiiviisti yhteydessä C2-nikaman kanssa, mikä on loogista, koska dens on osa C2-nikamaa. Tämä yhteys ei kuitenkaan ole absoluuttinen, koska aineistossa oli kolme potilasta, joilla dens ja C2 runko-osa olivat kiertyneet vastakkaisiin suuntiin.



Kuva 3. Densin rotaation (Dens–C1) ja C1–C2-rotaation välinen yhteys. Pistekaavio osoittaa erittäin vahvan positiivisen korrelaation.

4.6 Pään asento ja C1–C2-rotaatio

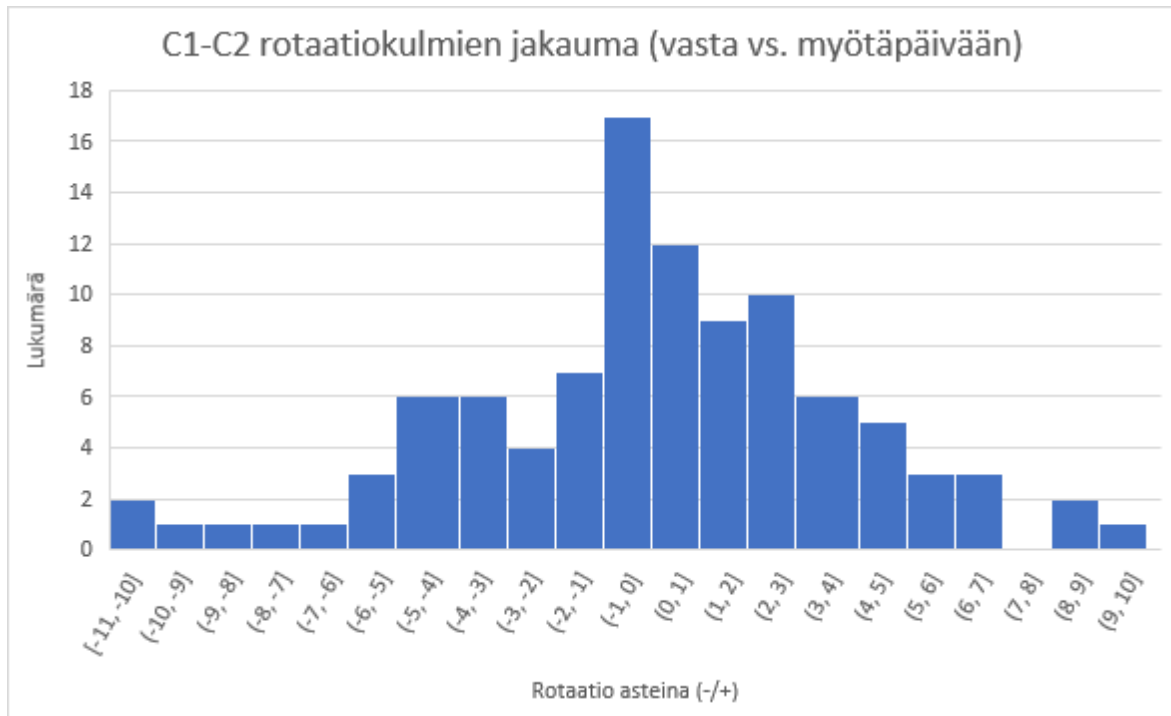
Pään lähtöasennon ja C1–C2-rotaation välillä havaittiin heikko, mutta kuitenkin tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio ($r = -0.369$, $p = 0.00016$). Tulos viittaa siihen, että pään alkuasento on yhteydessä mitattuun rotaatioon, mutta ei yksin selitä havaittua rotaatiovaihtelua (kuva 4).



Kuva 4. Pään aksiaalisen lähtöasennon ja C1–C2-rotaation välinen korrelaatio ($r = -0,369$; $p = 0,00016$). Hajonta osoittaa, että yhteys on heikko ja yksilökohtainen vaihtelu suurta.

4.7 C1–C2-rotaatio ja densin lateraalinen siirtymä

C1–C2-rotaation ja densin lateraalipoikkeaman välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ($r = -0,047$, $p = 0,6386$). Densin lateraalinen siirtymä ei siten ollut yhteydessä rotaation suuruuteen (kuva 5).



Kuva 5. C1–C2-rotaatiokulmien jakauma vastapäivään (neg.) ja myötäpäivään (pos.). Histogrammi esittää mitattujen rotaatiokulmien (asteina) frekvenssijakauman.

4.8 C1- ja C2-fasettipintojen pituudet (vasen vs. oikea)

C1-tason fasettipintojen pituuksien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa ($t = -1.604$, $df = 99$, $p = 0.112$). Keskimääräinen ero vasemman ja oikean fasetin välillä oli $-0,20$ mm.

Myöskään C2-tason fasettipintojen keskipituudet eivät poikenneet merkitsevästi toisistaan ($t = 0.874$, $df = 99$, $p = 0.3843$), ja keskimääräinen ero oli $0,14$ mm.

Molemmissa nikamatasoissa havaitut erot olivat suuruusluokaltaan vähäisiä eivätkä viittaa systemaattiseen lateraaliseen epäsymmetriaan oireettomilla henkilöillä.

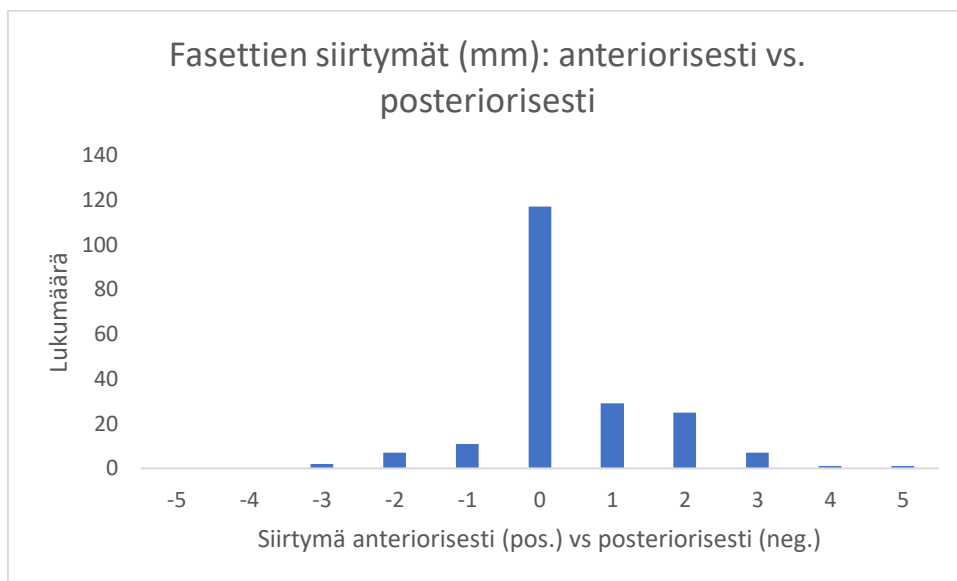
4.9 Yhdistettyjen C1–C2-fasettipituuksien vertailu

Kun C1- ja C2-fasettipituuksia verrattiin keskenään, havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevä ero ($t = -8.649$, $df = 99$, $p < 0.0001$). Keskiarvojen perusteella C2-fasettipinnat olivat keskimäärin $2,16$ mm lyhyemmät kuin C1-fasettipinnat.

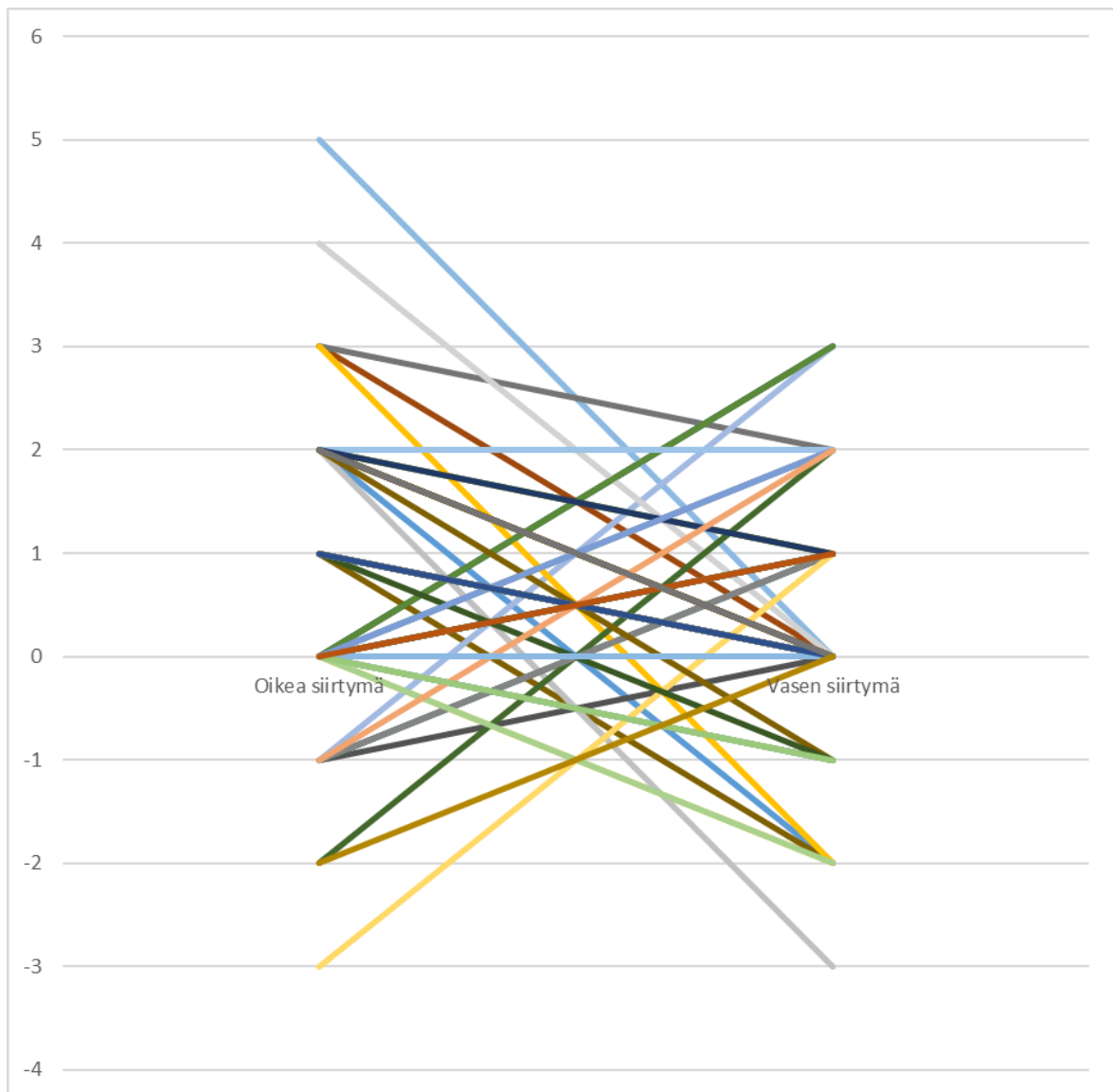
Ero kuvastaa nikamatasojen välistä normaalia anatomista mittaeroa eikä viittaa lateraaliseen epäsymmetriaan.

4.10 Fasettien siirtymä (vasen vs. oikea)

C1–C2-tason fasettien anteroposteriorisen siirtymän suuruudessa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa vasemman ja oikean puolen välillä ($t = 1,229$, $df = 99$, $p = 0,2219$). Keskimääräinen vasemman ja oikean puolen välinen ero oli 0,22 mm. Yleensä C2 fasetti oli antepositiossa C1 fasettiin nähden (kuvat 6 ja 7).



Kuva 6. C1–C2-tason fasettien anteroposterioriset siirtymät (mm) vasemmalla ja oikealla.



Kuva 7. C1–C2-tason fasettien vasemman ja oikean puolen sagittaaliset siirtymät (mm). Kukin viiva kuvaa yksittäisen henkilön oikean ja vasemman fasetin välistä siirtymää. Arvot jakautuvat molemmin puolin ilman lateraalista epäsymmetriaa.

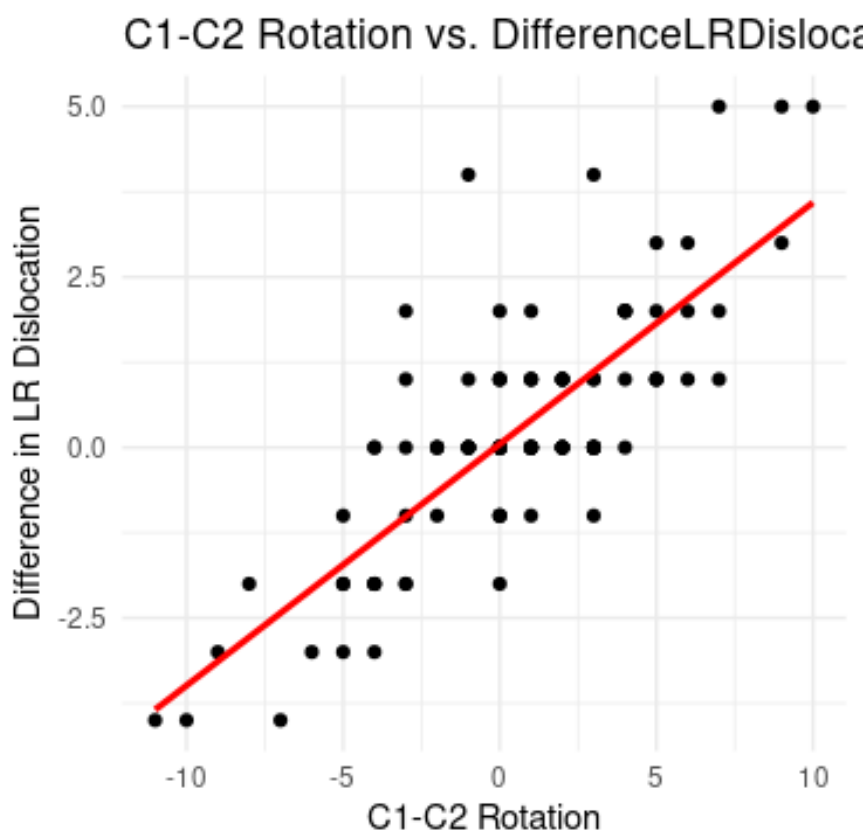
4.11 Siirtymät vasemmalla ja oikealla – keskinäinen korrelaatio

Vasemman ja oikean puolen fasettisiirtymien välillä todettiin tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio ($r = -0.234$, $p = 0.0189$). Tämä viittaa siihen, että toisen puolen anteriorinen siirtymä liittyi vastakkaisen puolen posterioriseen siirtymään, mikä on linjassa C1–C2-segmentin rotaatiomekaniikan kanssa. Havainto tukee käsitystä fysiologisesta vastakkaissuuntaisesta liikkeestä eikä viittaa instabiliteettiin. Korrelaatio oli kuitenkin heikko, eikä ilmiö ollut yksilötasolla absoluuttinen. Aineistossa oli 11 potilasta, joilla

siirtymä oli havaittavissa vain toisessa fasetissa ja 3 potilasta, joilla C2-fasetti oli antepositiiossa C1 fasettiin nähden molemmilla puolilla.

4.12 C1–C2-rotaatio ja fasettien siirtymien ero (vasen–oikea)

C1–C2-rotaation ja vasemman ja oikean fasetin sijaintieron (difference LR dislocation) välillä todettiin erittäin voimakas positiivinen korrelaatio ($r = 0.789$, $p < 0.0001$). Rotaation lisääntyessä myös fasettien välinen sijaintiero kasvoi systemaattisesti (kuva 8). Tämä viittaa siihen, että mitattu rotaatioliike heijastuu nivelpinnoissa vastakkaissuuntaisena siirtymänä, mikä on biomekaanisesti johdonmukainen löydös eikä viittaa rakenteelliseen instabiliteettiin.



Kuva 8. C1–C2-rotaation ja vasemman ja oikean fasetin sijaintieron välinen korrelaatio. Rotaation kasvaessa fasettien välinen ero lisääntyy lineaarisesti.

Pohdinta

Tässä tutkimuksessa arvioitiin C1–C2-segmentin rotaatiota ja siihen liittyviä mittausarvoja 100 oireettomalla henkilöllä. Kirjallisuuden perusteella C1–C2-segmentissä esiintyy laajaa anatomista ja biomekaanista vaihtelua oireettomilla henkilöillä [5,7,9]. Tässä aineistossa rotaation keskiarvo oli 3–4 astetta, ja densin lateraalinen siirtymä pysyi kaikissa tapauksissa alle yhden millimetrin. Tulokset viittaavat siihen, että tällaiset pienet rotaatio- ja sijaintivaihtelut edustavat normaalivariaatiota oireettomilla henkilöillä.

C1–C2-rotaation ja C1–C2-fasettien siirtymän erotuksen välillä havaittiin erittäin voimakas positiivinen korrelaatio. Tämä viittaa siihen, että rotaatioliike heijastuu anatomisesti fasettien vastakkaissuuntaisena kompensaationa, mikä on biomekaanisesti johdonmukainen ilmiö.

Whiplash-oireyhtymän oireprofiili eroaa selvästi atlantoaksiaalisen subluksaation kliinisestä kuvasta. Whiplash-potilaiden oireet ovat usein sensorisia ja kognitiivisia, kuten valonarkuus, huimaus ja keskittymisvaikeudet, kun taas instabiliteettiin liittyvät oireet painottuvat fokaalisiin neurologisiin puutoksiin tai selkäytimen kompressioon. Vaikka C1–C2-alueella voidaan kuvantamisessa todeta anatomista variaatiota, se ei yksinään muodosta kirurgista hoitoindikaatiota ilman selkeää kliinistä oirekuvaa.

Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat, että C1–C2-tason rotaatiolöydökset ja niihin liittyvä fasettipintojen symmetrinen liike ovat tavallisia myös oireettomilla henkilöillä. Pelkkää kuvantamisessa todettua rotaatioasymmetriaa ei siten tule tulkita patologiseksi ilman selkeää kliinistä korrelaatiota. Suurin osa C1–C2-tason löydöksistä kuvantamisessa ei aiheuta oireita, eikä löydöksiä tule pitää whiplash-oireiden rakenteellisena selittäjänä ilman muuta kliinistä näyttöä. Tulokset korostavatkin kliinisen kokonaisarvion merkitystä erityisesti tilanteissa, joissa C1–C2-alueella havaitaan lieviä rotaatio- tai asentopoikkeamia ilman neurologista oirekuvaa. Normaalivariaation tunteminen voi ehkäistä yli diagnostiikkaa ja tarpeettomia kirurgisia interventioita.

Lähteet

1. Käypä hoito -suositus. Niskakipu. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim; 2022 [viitattu 8.10.2025]. Saatavilla: <https://www.kaypahoito.fi>
2. Ferrari R, Schrader H. Cultural differences and whiplash-associated disorders. *Spine*. 2001;26(1):90-3.
3. Obelieniene D, Schrader H, Bovim G, Miseviciene I, Sand T. Pain after whiplash: a prospective controlled inception cohort study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1999;66(3):279-83.
4. Radanov BP, Di Stefano G, Schnidrig A, Sturzenegger M. Psychosocial stress, cognitive performance and disability after common whiplash. *J Psychosom Res*. 1993;37(1):1-10.
5. White AA, Panjabi MM. *Clinical biomechanics of the spine*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott; 1990.
6. Fielding JW, Hawkins RJ. Atlanto-axial rotatory fixation. *J Bone Joint Surg Am*. 1977;59(1):37-44.
7. Pang D, Li V. Atlantoaxial rotatory fixation: Part 1: Biomechanics of normal rotation at the atlantoaxial joint in children. *Neurosurgery*. 2004;55(3):614-25.
8. Fielding JW, Hawkins RJ. Atlanto-axial rotatory fixation. In: Rothman RH, Simeone FA, editors. *The cervical spine*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott; 1989. p. 393-405.
9. Van den Hauwe L, Parizel PM, De Belder F, Van Goethem J. Craniocervical junction: normal anatomy and imaging. *Eur Spine J*. 2010;19(Suppl 1):2-10.
10. Mehta A, Robertson PA. Surgical indications for atlantoaxial instability: a modern review. *J Spine Surg*. 2019;5(1):57-65.
11. Spitzer WO, Skovron ML, Salmi LR, et al. Scientific monograph of the Quebec Task Force on Whiplash-Associated Disorders: redefining "whiplash" and its management. *Spine*. 1995;20(8 Suppl):1S-73S.
12. Henderson FC Sr, Henderson FC Jr. Diagnosis of atlantoaxial instability requires clinical suspicion to drive the radiological investigation. *J Spine*. 2017; 6:364.
13. Goel A, Shah A. The surgical treatment principles of atlantoaxial instability focusing on rheumatoid arthritis. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2015;6(1):1-8.

