

10

Nederlandse samenvatting

Relevantie van het proefschrift

In de orthopedische en neurochirurgische praktijk worden vaak oudere patiënten gezien met klachten behorende bij symptomatische degeneratieve lumbale spinale stenose. In 1950 was Verbiest de eerste die beschreef dat de neurologische symptomen een gevolg van lumbale stenose en daarmee van neurale compressie waren. De specifieke symptomen betreffen (intermitterende) pijn in de benen, tintelingen, gevoelloosheid en spierzwakte. Klachten nemen vaak af wanneer een patiënt voorover buigt. Voorafgaand hebben patiënten veelal een lange historie van lage rugklachten. Er zijn meerdere pathofysiologische mechanismen die kunnen leiden tot deze symptomen. Degeneratieve afwijkingen, spondylolisthesis en (osteoporotische) fracturen kunnen allemaal compressie op neurologische structuren veroorzaken. In dit proefschrift ligt de nadruk op de chirurgische behandeling van symptomatische degeneratieve lumbale spinale stenose door middel van een laminectomie, ongeacht de pathogenese. Na het stellen van de diagnose symptomatische lumbale degeneratieve spinale stenose heeft een patiënt in het algemeen drie behandelopties, te weten niet-operatieve behandelingen, chirurgische decompressie (meestal een laminectomie) en spinale decompressie chirurgie in combinatie met instrumentatie.

Wanneer een patiënt neurologische klachten heeft bij een degeneratieve lumbale spinale stenose dan wordt hij of zij eerst conservatief behandeld. Conservatieve behandeling kan bestaan uit één of meer van de volgende componenten: het vermijden van pijnlijke activiteiten, educatie, pijnstilling en bewegings- of fysiotherapie. Indien er zogenaamde alarmsymptomen (bijvoorbeeld het cauda equina syndroom) aanwezig zijn wordt er uiteraard chirurgisch ingegrepen.

Wanneer conservatieve behandeling faalt wordt in de meeste gevallen een chirurgische ingreep overwogen. Bij patiënten ouder dan 65 jaar is symptomatische degeneratieve lumbale spinale stenose de meest voorkomende indicatie voor spinale chirurgie. Diverse decompressietechnieken, zoals laminectomie, laminotomie, foraminotomie en facetectomie zijn in het verleden bewezen effectief bevonden. Deze technieken worden allen gebruikt om gecompriëerde zenuwwortels of de cauda equina te decomprimeren en daarmee de symptomen te verlichten. Onder deze vormen van decompressie is facet sparende laminectomie de meest gebruikte chirurgische interventie voor degeneratieve lumbale spinale stenose. Na laminectomie verdwijnen over het algemeen de (intermitterende) neurologische symptomen, zoals pijn in de benen, tintelingen, gevoelloosheid en zwakte in grotere mate dan wanneer conservatieve behandeling wordt voortgezet. Bovendien is aangetoond dat de kwaliteit van leven na een decompressie laminectomie toeneemt.

Hoewel een laminectomie in de meeste gevallen de symptomen verlicht, wordt door deze techniek de anatomie veranderd, waardoor ook de biomechanica van de lumbale wervelkolom beïnvloedt wordt. Veranderende biomechanica van de wervelkolom na laminectomie kan leiden tot symptomatische postoperatieve lumbale instabiliteit of postoperatief falen van het behandelde spinale segment, ook wel het post-laminectomie syndroom genoemd. De meest frequent gerapporteerde complicaties na laminectomie die in de literatuur worden gemeld zijn postoperatieve segmentale instabiliteit van de lumbale wervelkolom of postoperatieve iatrogene spondylolisthesis. Symptomatische spondylolisthesis rechtvaardigt een heroperatie waarbij het instabiele segment wordt gestabiliseerd met als uiteindelijk doel fusie van het segment. De incidentie van spondylolisthesis of het zogenaamde post-laminectomie syndroom na een facet sparende laminectomie varieert van 8 %- 31 %.

Hoewel de facetgewrichten vaak behouden blijven bij een laminectomie worden de lamina, interspinale-, supraspinale- en flavum ligamenten ingesneden en/of verwijderd. Gezien het feit dat deze structuren een stabiliserende functie hebben en ondersteuning bieden aan diverse spiergroepen kan verwijdering of beschadiging van deze structuren tot klinisch relevante spinale instabiliteit, vervorming (bijvoorbeeld scoliose of spondylolisthesis) of pijn leiden. De biomechanische effecten van een laminectomie op één niveau zijn echter nog niet grondig onderzocht. Daarnaast is het niet bekend of deze effecten kunnen worden voorspeld door preoperatieve identificatie van segmenten die een hoge kans hebben op progressie tot een klinische instabiliteit. Als dit mogelijk zou zijn zouden chirurgen voorafgaand aan de operatie kunnen voorspellen welke patiënten baat kunnen hebben bij het tijdens de laminectomie operatie plaatsen van aanvullende instrumentatie om het gedecomprimeerde segment te stabiliseren.

Momenteel zijn er geen strikte richtlijnen met betrekking tot de vraag wanneer aanvullende instrumentatie dient te worden gebruikt. In de operatiekamer is de ervaring van de chirurg tot op heden beslissend. In het geval dat er instrumentatie wordt gebruikt betreft het meestal een posterieure pedikelschroef/staaf-constructie met daarbij een botplastiek. Posterieure fusie wordt beschouwd als standaard chirurgisch handeling die kan worden toegepast bij een gedecomprimeerde lumbale wervelkolom waarbij het vermoeden bestaat dat zich postoperatieve klinisch instabiliteit kan ontwikkelen. Bij het gebruik van posterieure instrumentatie streeft een chirurg naar een arthrodese waarbij fusie van een segment plaatsvindt door botvorming. Succesvolle arthrodese van een segment na posterieure lumbale fusie wordt gezien bij ongeveer 90 % van de patiënten en leidt tot goede klinische resultaten.

Echter, het gebruik van instrumentatie verhoogt de kans op implantaat gerelateerde complicaties, zoals infecties, neurologische stoornissen, verhoogd bloedverlies tijdens de operatie, langere duur van de ingreep, breken of loslating van instrumentatie en op problemen in aangrenzende segmenten, oftewel *adjacent segment disease* (ASD) genoemd. De kans op implantaat gerelateerde complicaties moet daarom worden afgewogen tegen het risico van postoperatieve complicaties na laminectomie zonder stabilisatie. Tenslotte moet worden opgemerkt dat het gebruik van instrumentatie de kosten van de operatie ook aanzienlijk verhoogt.

Gezien het bovenstaande is het van belang dat de chirurg beter in staat wordt gesteld om een wetenschappelijk onderbouwde keuze te maken tussen het verrichten van een ongeïnstrumenteerde en geïnstrumenteerde laminectomie bij de individuele patiënt. Daarnaast is het van belang dat hij of zij inzicht krijgt in de effecten van instrumentatie op de lumbale wervelkolom.

Doelstellingen proefschrift

In de hoofdstukken 2 tot en met 8 worden in totaal zeven experimentele studies gepresenteerd. De hoofdstukken 2 tot en met 5 beschrijven experimenten tot falen op een enkel niveau (L2- L3 of L4- L5), terwijl in de hoofdstukken 6 tot en met 8 submaximale testen van de gehele lumbale wervelkolom (L1- L5) worden beschreven. Bij alle experimentele studies werd gebruik gemaakt van vers ingevroren humane lumbale wervelkolommen.

De doelen van dit proefschrift zijn om:

- 1 . De effecten van een laminectomie op de biomechanica bij afschuifkrachten op het behandelde segment te onderzoeken (Hoofdstuk 2).
- 2 . Te onderzoeken of het biomechanisch gedrag bij afschuifkrachten na laminectomie kan worden voorspeld (Hoofdstuk 3).
- 3 . De effecten van een laminectomie op torsie biomechanica van het behandelde segment (Hoofdstuk 4) te onderzoeken.
- 4 . Te onderzoeken of torsie biomechanica na laminectomie kan worden voorspeld (Hoofdstuk 5).
- 5 . De methodologie voor submaximale biomechanische testen van spinale segmenten (Hoofdstuk 6) te verbeteren.
- 6 . De effecten van laminectomie op het submaximale biomechanisch gedrag van behandelde en aangrenzende segmenten (Hoofdstuk 7) te onderzoeken.
- 7 . De effecten van geïnstrumenteerde laminectomie op het submaximale biomechanisch gedrag van behandelde en aangrenzende segmenten (Hoofdstuk 8) te onderzoeken.

Op basis van de resultaten van de voorgaande hoofdstukken wordt in de discussie (Hoofdstuk 9) een stroomdiagram gepresenteerd dat kan helpen bij de chirurgische besluitvorming ten behoeve van het handelen bij een decompressie laminectomie.

Samenvatting van hoofdstukken

In het 2e en 3e hoofdstuk bleek dat laminectomie resulteert in een afname van afschuifsterkte (44.2 %), afname van de afschuiving waarbij het segment faalt (38.6 %), en afname van de afschuivingsstijfheid (19.9 %). Verder nam de *yield force*, de kracht waarbij overgang van elastische tot plastische vervorming plaats vindt, met 41.1 % af na laminectomie. Voor segmenten waarop een laminectomie werd uitgevoerd, was de afschuifstijfheid significant gecorreleerd met de mate van degeneratie van de tussenwervelschijf en van de facetgewrichten. De *yield force* was gecorreleerd met tussenwervelschijf geometrie (lengte, oppervlakte en volume), botmineraalgehalte (BMC) en frontaal oppervlak. De sterkte van het spinale segment bij falen bleek gecorreleerd te zijn met de voor-achterwaartse lengte van de tussenwervelschijf, BMC en de botmineraaldichtheid (BMD). Met de bovengenoemde variabelen konden de afschuivingsstijfheid, de *yield force* en de kracht tot falen na laminectomie goed worden voorspeld (r^2 -waarden waren respectievelijk 0.53, 0.81 en 0.77). Er werd geconcludeerd dat verlies van afschuif sterkte en stijfheid redelijk voorspeld kan worden door combinatie van DXA-afgeleide maten van botkwantiteit en -kwaliteit (respectievelijk BMC en BMD), van geometrie van de tussenwervelschijf en van degeneratieve parameters. Dit suggereert dat een lage BMC of BMD, kleine tussenwervelschijven en osteofyten de mogelijke ontwikkeling van postoperatieve afschuifinstabiliteit na lumbale laminectomie kunnen voorspellen.

In de hoofdstukken 4 en 5 bleek dat bij torsie-belasting de belasting-verplaatsingscurves een typische bifasisch patroon hebben met een duidelijk verschil tussen torsiestijfheid in de beginfase en in de late fase. Na laminectomie werd een aanzienlijke daling van de stijfheid gevonden, zowel in de beginfase (34.1 %) als in de late fase (30,1 %). Het torsiemoment tot falen daalde in mindere mate (17.6 %) na laminectomie. Maten voor botkwaliteit, een reeks van geometrische kenmerken, en een aantal maten van degeneratie van de tussenwervelschijf bleken geassocieerd te zijn met de biomechanische eigenschappen van de lumbale segmenten in torsie. Multivariate analyses toonden aan dat met een combinatie van bovengenoemde maten de beginfase en late fase stijfheid en het torsiemoment tot falen zeer goed waren te voorspellen voor segmenten die werden behandeld met een laminectomie (r^2 -waarden waren respectievelijk 0.95, 0.87 en 0.93). Hierbij waren, net als bij afschuiving, BMC en BMD de belangrijkste voorspellers. Bovendien bleken de geometrie van de tussenwervelschijf en het verschil in de hoek van de linker en rechter facetgewrichten ook voorspellend te zijn. Er werd geconcludeerd dat, net als voor afschuifbiomechanica, DXA-afgeleide bot parameters

en geometrie kunnen worden gebruikt om de mogelijke ontwikkeling van postoperatieve torsie instabiliteit na lumbale laminectomie te voorspellen.

Hoofdstuk 6 beschrijft een methodologische studie naar het effect van herhaling van belastingscycli op biomechanische parameters. De studie is bedoeld als aanvulling op de huidige gouden standaard, die wordt gebruikt bij submaximale testprocedures voor de lumbale wervelkolom in flexie en extensie (FE), laterale buigingen (LB) en axiale rotatie (AR). Gevonden werd dat bij de opgelegde belasting het bewegingsbereik de *range of motion* (ROM) absoluut gezien in kleine, maar significant mate toenam in alle richtingen na drie (FE: 1.0 %, LB: 1.5 % en AR: 1.5 %) en na tien testcycli (FE: 2.9 %, LB: 3.3 % en AR: 3.3 %). Stijfheid, gemeten rond de neutrale zone, werd niet significant beïnvloed maar varieerde aanzienlijk gedurende de testcycli. Er werd geconcludeerd dat, hoewel de effecten klein waren, de beoordeling van de tiende cyclus in plaats van de gebruikelijke derde cyclus de mogelijke visco-elastische effecten bij herhaalde metingen van de ROM vermindert, omdat de wervelkolom zich dichterbij een evenwichtssituatie bevindt. Bovendien zou de beoordeling van stijfheid kunnen worden verbeterd door een gemiddelde van tien testcycli te nemen.

Hoofdstuk 7 liet zien dat bij het verrichten van submaximale testen, de ROM op het niveau van laminectomie significant toenam in FE (7.3 %), LB (7.5 %) en AR (12.2 %). De ROM van aangrenzende segmenten werd niet significant beïnvloed door een laminectomie, met uitzondering van LB (-7.7 %). Controle segmenten werden niet beïnvloed. De stijfheid rond de neutrale zone van de behandelde, aangrenzende en controle segmenten werd niet beïnvloed door laminectomie.

In hoofdstuk 8 werden soortgelijke testen uitgevoerd als in hoofdstuk 7, maar nu werden de testen ook herhaald na toepassing van instrumentatie. Hoewel de resultaten enigszins afweken van hoofdstuk 7, bleek, net als in hoofdstuk 7, dat een laminectomie slechts beperkte gevolgen had voor de submaximale biomechanica van het behandelde segment en had deze ingreep een nog kleiner effect op aangrenzende segmenten. In de behandelde segmenten nam de ROM in AR significant toe (19.4 %) en de stijfheid rond de neutrale zone nam significant af (- 18.0 %) na laminectomie, terwijl er geen significant effect na laminectomie op FE en LB werd gezien. In de aangrenzende segmenten nam de ROM in AR enigszins toe (11.0 %) terwijl de ROM in FE en LB niet veranderde. Na het aanbrengen van posterieure instrumentatie verminderde de ROM sterk in FE (-74.3 %), LB (-71.6 %) en AR (-59.8 %). De ROM van aangrenzende segmenten na instrumentatie werd alleen beïnvloed in LB waarbij er een afname in ROM werd gezien van 12.9 %. De spinale stijfheid van aangrenzende segmenten werd niet beïnvloed door instrumentatie. Geconcludeerd werd dat, terwijl enerzijds posterieure instrumentatie, zoals verwacht, de beweeglijkheid van de behandelde

segmenten sterk reduceerde, dit niet leidde tot veranderingen in de beweeglijkheid of stijfheid van aanliggende segmenten. Er blijkt dan ook geen biomechanische argumentatie te bestaan om proximaal of distaal aan een posterieure fusie additionele stabilisatie toe te passen om het ontstaan van instabiliteit te voorkomen.

Interpretatie

In de orthopedische en neurochirurgische praktijk worden oudere patiënten met symptomatische degeneratieve lumbale spinale stenose vaak behandeld met een laminectomie. Postoperatieve symptomatische klinische instabiliteit die na deze ingreep kan ontstaan rechtvaardigt re-operatie om het instabiele segment te stabiliseren en te fuseren. Hoewel spinale stabiliteit toeneemt na het plaatsen van posterieure instrumentatie, veroorzaakt de procedure van stabilisatie zelf, volgens de klinische literatuur een verhoogde kans op implantaat gerelateerde complicaties, waaronder ASD. Bovendien verhoogt het gebruik van posterieure instrumentatie de kosten van de operatie aanzienlijk.

Dit proefschrift is het eerste complete overzicht van spinale biomechanica na een lumbale (geinstrumenteerde) laminectomie op één niveau. In het geval van deze specifieke decompressie techniek werden in de literatuur over het algemeen experimenten op diermodellen of eindige elementen modellen beschreven. Bovendien werden er in het verleden in hoofdzaak resultaten van uitgebreide decompressie technieken gepubliceerd en werd instabiliteit van het aangrenzende segment na laminectomie slechts in een zeer beperkt aantal studies beschreven. Literatuur met betrekking tot de biomechanische effecten van aangrenzende segmenten na rigide posterieure instrumentatie is eveneens schaars.

Op basis van de gepresenteerde resultaten in dit proefschrift kan gesteld worden dat er biomechanische redenen zijn waarom, na laminectomie, de kans op het ontwikkelen van een post-laminectomie syndroom aanzienlijk is. Men kan zich daarom afvragen of patiënten, na lumbale laminectomie, veilig fysiek veeleisende taken, zoals het tillen van zware voorwerpen vanaf de grond, kunnen uitvoeren. Tijdens deze activiteiten ontstaat er immers een hoge belasting in het lumbale gebied. Aan de andere kant staat de mogelijkheid van het ontstaan van ASD, na het verrichten van een posterieure fusie, steeds vaker in de belangstelling bij wervelkolomchirurgen.

In de operatiekamer zou een chirurg keuzes met betrekking tot de eventuele toepassing en het specifieke type posterieure instrumentatie beter kunnen onderbouwen wanneer hij of zij postoperatief biomechanisch gedrag na laminectomie zou kunnen voorspellen. De patiënt zou hiervan kunnen profiteren. Momenteel beslissen wervelkolomchirurgen om al dan niet om extra instrumentatie technieken bij een laminectomie te gebruiken op basis van persoonlijke ervaring.

De data die in dit proefschrift worden gepresenteerd, suggereren dat laminectomie een patiënt in een risicovolle situatie brengt ten aanzien van het ontwikkelen van een post-laminectomie syndroom, met name bij het uitvoeren van activiteiten die een zware belasting van de rug opleveren. Naast de biomechanische factoren, die in dit proefschrift worden behandeld, is er nog een reden dat laminectomie de kans op een post-laminectomie syndroom verhoogt: bij het verrichten van een laminectomie worden lokale spinale spieren (deels) verwijderd terwijl deze spieren essentieel zijn voor het stabiliseren van de wervelkolom. De toevoeging van spinale instrumentatie verstoort de integriteit van de spieren mogelijk nog meer. Veranderingen in de *in vivo* spierfunctie zijn mogelijk ook mede een oorzaak voor postoperatieve instabiliteit en daarmee voor daaropvolgende complicaties op de lange termijn.

De gegevens uit dit proefschrift kunnen gebruikt worden om het biomechanische risico op een post-laminectomie syndroom preoperatief mede in te schatten, omdat er is gebleken dat meerdere onafhankelijke variabelen samen in hoge mate de stijfheid en de faalsterkte van lumbale spinale segment na een laminectomie bepalen. Voor zowel biomechanisch gedrag in de afschuifrichting als voor torsie-biomechanica bleek dat segmenten met een lage botkwaliteit, kleine tussenwervelschijven, kleine afmetingen van benige structuren, verschil tussen linker en rechter hoeken van de facetgewrichten en osteofyten de stijfheid en sterkte na lumbale laminectomie kunnen voorspellen. Voor torsie was het effect van botkwaliteit op spinale sterkte zelfs groter dan de effecten van laminectomie. Deze informatie kan de chirurg helpen om te bepalen welke patiënten een grote kans maken op het ontwikkelen van een post-laminectomie syndroom, waardoor de keuze van de chirurgische techniek reeds tijdens de preoperatieve planning kan worden bepaald.

Enkele van de maten die in dit proefschrift werden gebruikt om de spinale biomechanica na een lumbale laminectomie te voorspellen, kunnen worden bepaald op basis van de standaard preoperatieve röntgenfoto's, CT- en MRI-scans. Echter, de standaard preoperatieve beeldvorming voor laminectomie bevat niet de methode die de best voorspellende variabelen oplevert, namelijk een DXA-meting om botdichtheid te kwantificeren. Bij patiënten met een matige tot slechte botkwaliteit kan aanvullende posterieure geïnstumenteerde stabilisatie nodig zijn om postoperatieve instabiliteit te voorkomen. Wanneer, in de klinische praktijk, botkwaliteit-parameters gebruikt worden, betreft het vaak een BMD-waarde. Dit proefschrift heeft echter aangetoond dat de geometrische parameters ook van belang zijn bij de schatting van postoperatieve spinale biomechanica. Om die reden is voor laminectomie de BMC een betere parameter dan BMD om risico's in te schatten, omdat de BMC zowel vertebrale botdichtheid als afmetingen integreert in één waarde. BMC wordt immers gedefinieerd als BMD (g/cm^2) vermenigvuldigd met het totale segmentale oppervlak van de spinale segment

(cm²). Naast de associatie tussen botkwaliteit en afschuiving- en torsie biomechanica werd in eerdere studies ook axiale compressiesterkte van spinale segmenten gecorreleerd met BMC.

Om een richtlijn voor het gebruik van BMC in de klinische praktijk te bieden, zou men kunnen stellen dat het een veilige strategie zou zijn om uit te gaan van een voorspelde afschuivings- en rotatiesterkte na laminectomie die tenminste even groot is als de laagste waarde in de onbehandelde populatie. We vonden dat schuifkracht tot falen van onbehandelde segmenten varieerde van 3284 - 909N. Na laminectomie varieerde dit van 1886 - 561 N bij een totaal van tien segmenten. Vier segmenten hadden na laminectomie een sterkte die kleiner was dan 909 N. De torsie sterkte van onbehandelde segmenten varieerde 79.2 – 27.8 Nm. Na laminectomie varieerde deze sterkte van 72.2 – 23.7 Nm bij een totaal van tien segmenten. Drie segmenten hadden na laminectomie een sterkte kleiner dan 27,8 Nm. Gezien de overeenkomstige BMC-waarden bij de zwakste segmenten in beide experimenten zou de drempel voor instrumentatie, gebaseerd op het voorgestelde criterium, op een BMC < 20 g/cm² komen te liggen. Een definitief BMC afkappunt kan nauwkeuriger worden bepaald door het uitvoeren van klinische studies in de toekomst. Daarnaast zijn er verschillende zaken, die in acht moeten worden genomen, wanneer men een dergelijk afkappunt introduceert. Immers, het risico op falen hangt niet alleen af van de belastbaarheid maar ook van de belasting. De belasting van de rug in het dagelijks leven zal sterk afhangen van het lichaamsgewicht, de lichaamslengte en dagelijkse activiteiten.

Praktisch gezien betekent het gebruik van een BMC-waarde in de klinische praktijk dat alle patiënten waarbij een lumbale laminectomie wordt verricht, preoperatief een DXA-scan moeten ondergaan. Deze scan zal een chirurg niet alleen de nodige informatie over postoperatieve spinale biomechanica verschaffen, maar hem of haar ook in staat stellen om mogelijke complicaties met schroef plaatsing en op de lange termijn *pull-out* kracht van pedikelschroeven te voorzien. De zogenaamde *pull-out* kracht van spinale implantaten bleek eerder sterk afhankelijk te zijn van de BMD.

Indien bij een patiënt het gebruik van spinale instrumentatie noodzakelijk wordt geacht, dan zou de primaire focus moeten zijn re-stabilisatie van het niveau waarop de laminectomie werd uitgevoerd. Immers, er werden geen substantiële effecten van een lumbale laminectomie op aangrenzende segmenten gevonden. Overwegingen met betrekking tot postoperatief falen van een segment zijn, gezien de resultaten van dit proefschrift, hierbij het meest belangrijk. Immers, de in dit proefschrift gerapporteerde effecten van laminectomie op maximale afschuif- en torsie belastbaarheid waren aanzienlijk groter dan de effecten van laminectomie op submaximale biomechanische parameters. Gezien de afwezigheid van effecten op aangrenzende segmenten werd er, vanuit biomechanisch oogpunt, geen reden gevonden

voor het gebruik van lange constructen bij een lumbale laminectomie op één niveau of voor het gebruik van *topping-off* procedures proximaal bij een rigide posterieure fusie. *Topping-off* procedures combineren rigide fusie met een flexibel pedikelschroefstelsel. Ook werden in de literatuur geen aanwijzingen gevonden dat *topping-off* procedures naast posterieure fusie een preventief effect hebben op ASD. Dergelijke procedures verhogen het risico van implantaat gerelateerde complicaties echter wel. Er lijkt op basis van dit proefschrift geen biomechanische argument te bestaan die pleit voor een oorzakelijk verband tussen rigide fusie bij laminectomie en het bestaan van ASD.

Tot slot, de discussie rond *topping-off* procedures illustreert de huidige veranderingen binnen de wervelkolomchirurgie en in de gezondheidszorg. In het licht van *Evidence Based Medicine* en *Health Technology Assessment*, worden de kosten van de gezondheidszorg interventies in toenemende mate van belang geacht. Gezien het feit dat een chirurg in staat moet zijn om goed onderbouwde beslissingen te nemen, is het van het grootste belang om valide en betrouwbare informatie over veiligheid, effectiviteit en kosteneffectiviteit van interventies te verkrijgen. Het is bekend dat het gebruik van instrumenten naast een laminectomie de kosten van de procedure verhoogt. In het algemeen moet worden gesteld dat de klinische effecten van een geïnstrumenteerde procedure, rekening houdend met de kosten, aanzienlijk beter moeten zijn dan een niet-geïnstrumenteerd laminectomie wil de ingreep aan de richtlijnen van *Evidence Based Medicine* en *Health Technology Assessment* voldoen.

Conclusies

De belangrijkste conclusie van dit proefschrift is dat facet sparende lumbale laminectomie op één spinaal niveau de wervelkolom destabiliseert. Om deze biomechanische veranderingen in klinisch perspectief te zetten is een uitdaging. Toch vonden we dat een preoperatieve DXA-scan om de BMC te kwantificeren de chirurg een praktisch instrument kan bieden om te voorspellen welke patiënten een hoog risico hebben op het ontwikkelen van een post-laminectomie syndroom. Er werd hiertoe een in de kliniek toepasbare beslisboom voorgesteld. De beslisboom stelt voor dat de chirurg, bij falend conservatieve behandeling, een DXA scan laat maken en vervolgens de BMC van de patiënt vergelijkt met een drempel. Bij een te lage BMC besluit de chirurg volgens de beslisboom tot aanvullende stabilisatie. Hierbij zou de startwaarde van de drempel 20 gram kunnen zijn, waarbij deze drempel eerst nog wel aangepast wordt aan de feitelijke belasting van de patiënt. Als een chirurg besluit aanvullend stabiliserende technieken te gebruiken dan lijkt het voldoende om alleen het gedecomprimeerde segment te stabiliseren. Een laminectomie lijkt immers niet het biomechanische gedrag van de aangrenzende segmenten te veranderen. Gebaseerd op deze resultaten kan er worden gesteld dat bij geïnstrumenteerde decompressie op één niveau er in principe geen reden is voor een wervelkolomchirurg om de spondylodeses aan te vullen met een rigide of *topping-off* systeem.

