
Wat is de compressiekracht in Newton op segment L5/S1 bij verschillende tiltechnieken berekend volgens gekoppelde modellen?

Een systematische review

Eindexamenopdracht afdeling fysiotherapie, Hogeschool Utrecht
Geschreven door: Schenkelaars, N. E. (1544761), Kraats, C.G. van de (1550658)
Datum: 21-05-2012

SAMENVATTING

Achtergrond: Doordat bij tillen veel belasting op de lage rug komt te staan zijn er voor op de werkvloer criteria opgesteld rondom het tillen. Deze belasting die plaatsvindt op de lage rug wordt beïnvloed door veel variabelen, zoals het tilgewicht, de tilhoogte en de tiltechniek.

Vraagstelling: Wat is de compressiekracht in Newton op segment L5/S1 bij verschillende tiltechnieken berekend volgens gekoppelde modellen?

Methode: Er is naar literatuur gezocht, met verschillende zoektermen, binnen de volgende digitale databases: Pubmed, CINAHL, ScienceDirect. De gebruikte studies zijn beoordeeld met de STROBE Statement.

Resultaten: De volgende factoren die de compressiekracht op het segment L5/S1 beïnvloeden en in de artikelen genoemd worden zijn: de tilhoogte, de box-omvang en het tilgewicht. Deze zijn beschreven voor de squat (door de knieën buigen), de stoep (tillen met gestrekte knieën) tiltechnieken en de vrije tiltechniek. Bij een tilgewicht van 15 kg en een tilhoogte van 0.28 m geeft de squat techniek het minst compressiekracht, namelijk 20% minder dan de vrije tiltechniek en 3% minder dan de stoep techniek. Bij tilhoogte van 0.28 m, tilgewicht 15 kg getild met de stoep is de compressiekracht 7% minder t.o.v. tilhoogte 0.05 m. Wanneer de squat bij deze variabelen als tiltechniek wordt gebruikt, is de compressiekracht 19% minder in vergelijking met een tilhoogte van 0.05 m.

Conclusie: De compressiekracht is afhankelijk van de tilcondities.

Key Words: Lifting, lumbosacral region, disc load, intervertebral, intersegmental, disc, spine load, back load, lifting techniques, stoep lifting, squat lifting, low back pain, biomechanics.

Inleiding

Het is bekend dat een correlatie bestaat tussen zware til activiteiten en het ontwikkelen van lage rug klachten (Kuiper et al, 2005). Dit heeft waarschijnlijk te maken met de hoge belasting die plaatsvindt op de lage rug (Wilke, Neef, Caimi, Hoogland & Claes, 1999). In het artikel van Damkot, Pope, Lord & Frymoyer (1984) wordt vermeld dat bij 33% van de werk gerelateerde lage rugklachten, deze worden veroorzaakt door tillen en buigen. Dit is een groot percentage en daarom is het goed om rondom tilactiviteiten de belasting op de lage rug zoveel mogelijk te beperken. Voor het handmatig werk gerelateerd tillen zijn er dan ook criteria opgesteld zodat de krachten die op de rug komen te staan tijdens het tillen worden beperkt (National Institute for Occupational Safety and Health, 1981; Waters, Putz-Anderson, Garg & Fine, 1993).

Tijdens het tillen komen er veel krachten te staan op de lage rug, zoals bijvoorbeeld de compressiekracht. Deze compressiekracht wordt beïnvloedt door veel factoren. Deze factoren zijn onder andere het tilgewicht, de tilhoogte (Marras, Granata, Davis, Allread & Jorgensen, 1999) en de box-omvang.

Als het tilgewicht vermindert (Davis & Marras, 2000) of als de box-omvang verkleint (Kingma, Faber, Bakker & van Dieën, 2006), neemt de compressiekracht op de lage rug af.

Ook heeft de tiltechniek invloed op de compressiekracht. In de literatuur worden veel verschillende soorten tiltechnieken beschreven. In deze literatuurstudie is ervoor gekozen om voor de squat, de stoep en voor een vrije tiltechniek de waardes te documenten. De stoep en de squat worden in de literatuur veel beschreven (van Dieën, Hoozemans & Toussaint, 1999; Delitto, Rose & Apts, 1987). De vrije tiltechniek (Kingma, Bosch, Bruins & van Dieën, 2004) is representatief voor de tiltechniek die gebruikt wordt in het dagelijks leven.

Om een goed beeld te krijgen van de compressiekracht die plaatsvindt bij tillen, zijn verschillende modellen ontwikkeld om deze te berekenen. In de loop van de jaren zijn verschillende modellen ontwikkeld voor het onderzoeken van de compressiekracht die plaatsvindt in de lage rug, maar elk model heeft zijn eigen beperkingen. Er is dus geen gouden standaard. Veel gebruikte modellen zijn: linked segmental model en electromyographic (EMG)-basedmodel (Kingma et al, 2001).

Aan de hand van deze modellen is er een beeld ontstaan wat de compressiekracht is die plaatsvindt in diverse segmenten (Arjmand & Shirazi-Adl, 2005). Hierin valt op dat de compressiekracht bij verschillende tiltechnieken het hoogst is in het segment L5/S1. Door dit gegeven is gekozen om specifiek dit segment te bekijken in deze literatuurstudie.

Het doel van deze literatuurstudie is om een aantal variabelen die van invloed zijn op de compressiekracht op de lumbo-sacrale wervelkolom tijdens tillen in kaart te brengen. De variabelen die in dit artikel gebruikt zijn, zijn de volgende: tilgewicht, tilhoogte, omvang van box en de tiltechniek. In de literatuur zijn nog veel meer variabelen beschreven zoals de snelheid waarmee je een voorwerp optilt (Kingma et al, 2001), horizontaal tillen versus verticaal tillen (Ferguson, Gaudes-Maclaren, Marras, Waters & Davis, 2002), die in dit artikel verder niet benoemd of uitgewerkt zullen worden.

De vraagstelling van dit artikelen luidt als volgt: Wat is de compressiekracht in Newton op segment L5/S1 bij verschillende tiltechnieken berekend volgens gekoppelde modellen? Om deze vraagstelling te kunnen beantwoorden zijn de volgende subvragen opgesteld:

- Bij welke tiltechniek (squat, stoop of vrije tiltechniek) is de compressiekracht op niveau L5/S1 het laagst en bij welke tiltechniek het hoogst?
- Wat gebeurt er met de compressiekracht op niveau L5/S1 bij alle tiltechnieken tijdens het tillen van een lager gewicht?
- Wat gebeurt er met de compressiekracht op niveau L5/S1 bij alle tiltechnieken tijdens het tillen vanaf een lagere tilhoogte?
- Wat is de invloed van de box-breedte op de compressiekracht op niveau L5/S1?

Methode

Voor het zoeken van literatuur is gebruik gemaakt van diverse digitale databases en combinaties van zoektermen. Binnen de volgende digitale databases is gezocht: Pubmed, Cinahl en ScienceDirect.

Voor een overzicht van zoektermen en combinaties tussen de zoektermen waarmee gezocht is in de verschillende databanken zie figuur 1.

Bij het screenen van de gevonden artikelen zijn de volgende in- en exclusie criteria gehanteerd:

Inclusie criteria:

1. Artikel in Engels of Nederlands geschreven.
2. Studie waarin til technieken beschreven staan.
3. Artikel waarin de segmentale belasting van L5/S1 word onderzocht.
4. Artikel waarbij de compressiekracht op segment L5/S1 tijdens tillen beschreven is.
5. Artikel mag maximaal 10 jaar oud zijn.
6. De proefpersonen mogen niet bekend zijn met episodes van rugklachten.

Exclusie criteria:

1. Artikel waarin de segmentale belasting van L5/S1 niet word onderzocht.
2. Artikel waarbij de compressiekracht op segment L5/S1 tijdens tillen niet beschreven is.
3. Artikel ouder dan 10 jaar.

De geselecteerde studies zijn cohort studies. In tabel 1 staan o.a. niveaus van bewijskracht beschreven volgens Sackett (1989) en Rich (2005). Hieruit blijkt dat een cohort studie het 3^e niveau van bewijskracht heeft op een schaal van 5.

Voor de kwaliteitsbeoordeling van de artikelen is de "Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE)" gebruikt (Van den Broucke et al, 2007). Het doel van de opstellers van de STROBE is: `Ensure clear presentation of what was planned, done, and found in an observational study.` (Van den Broucke et al, 2007, p 1629)

De STROBE statement is een checklist voor observatie studies en is onderverdeeld in de volgende items: titel/abstract, introductie, methode, resultaten en discussie. In totaal wordt er door middel van 34 onderdelen een indruk gegeven van de methodologische kwaliteit van het betreffende artikel. De STROBE statement maakt onderscheid tussen cohort, case-control en cross-sectional studies. Bij dit artikel is de checklist voor cohort studies gebruikt. In bijlage 1 is de beoordelingslijst te zien.

In deze literatuurstudie zijn 3 tiltechnieken bekeken. Dit zijn de stoop techniek (tillen met gestrekte knieën), de squat techniek (door de knieën buigen en deze naar buiten draaien, de rug zo recht mogelijk houden) en de vrije tiltechniek. De stoop en de squat techniek zijn in figuur 2 te zien.

Bij het uitvoeren van de stoop en de squat worden specifieke instructies gegeven voor het uitvoeren van deze tiltechnieken. De enige instructie die bij de vrije tiltechniek is gegeven om het gewicht op te tillen (Kingma, I., Faber, G. S. & Dieën, J. H. van, 2010). De proefpersonen moeten veelal eerst tillen met de vrije techniek voordat getild moet worden met de stoop of de squat techniek. Dit omdat de vrije techniek anders teveel wordt beïnvloed door de andere technieken.

Resultaten

Tijdens het zoeken in de literatuur binnen de gebruikte digitale databanken zijn er 486 artikelen gevonden. Na toepassing van de beschreven criteria hebben we 9 studies geselecteerd. Aan de hand van deze 9 artikelen is een data-extractie tabel ingevuld, zie tabel 2. In deze tabel staat onder andere de score die voortvloeit uit de STROBE statement. De hoogste score is 17 van de te behalen 34 punten en het laagste is 14 van de te behalen 34 punten, met een gemiddelde van 15 punten. Daarnaast zijn de eigenschappen van de onderzoekspopulatie in deze tabel opgenomen.

In tabel 3 zijn de resultaten van de geselecteerde artikelen te zien. 8% van de hierin beschreven resultaten zijn tot stand gekomen door waardes uit verschillende onderzoeken. De overige resultaten zijn afkomstig uit een enkel onderzoek.

De verschillende variabelen zijn in groepen geclusterd. De variabele gewicht is geclusterd in drie subvariabelen, namelijk: 10, 15 en 19 kilogram. De variabele tilhoogte is geclusterd in 3 subvariabelen, deze zijn: 0.05, 0.28 en 1.08 meter. De variabele box-breedte is geclusterd in twee subvariabelen, namelijk: 0.29 en 0.54 meter. Getracht is om de variabelen zo nauw mogelijk bij elkaar aan te laten sluiten om de waardes zo gestandaardiseerd mogelijk te maken. In het artikel van Arjmand & Shirazi-Adl (2005) zijn variabelen tilhoogte en box-breedte niet opgenomen. Daarom zijn de resultaten uit dit artikel anders vermeld. In de tabel zijn deze waardes te herkennen door de vermelding van een asterisk (*).

Enkele resultaten zijn niet beschikbaar omdat de beschreven variabelen niet in elk artikelen worden vermeld. Deze staan in tabel 2 en 3 vermeld met een X.

In figuur 3 zijn enkele resultaten uit tabel 3 uitgezet in staafdiagrammen. Hierin is onder andere het volgende te zien:

1. Bij een tilgewicht van 15 kg en een tilhoogte van 0.28 m geeft de squat techniek het minst compressiekracht, namelijk 20% minder dan de vrije tiltechniek en 3% minder dan de stoop techniek.
 2. Bij een tilgewicht van 10 kg, getild met de vrije tiltechniek is de compressiekracht 8% minder dan bij het tilgewicht van 15 kg. Bij een tilgewicht van 15 kg getild met de stoop techniek is de compressiekracht 22% minder t.o.v. het tilgewicht 19 kg. Bij 15 kg, getild met de squat techniek is de compressiekracht 20% minder in vergelijking met het tilgewicht van 19 kg.
 3. Bij een tilgewicht van 10 kg getild met de stoop techniek is de compressiekracht 24% lager t.o.v. de squat techniek. Wanneer het tilgewicht 19 kg is, geeft de stoop techniek 6% minder compressiekracht in vergelijking met de squat techniek.
- Bij een laag tilgewicht en een lage tilhoogte geeft de stoop techniek duidelijk minder compressiekracht in vergelijking met de squat techniek. Maar bij een hoger tilgewicht is het verschil in compressiekracht met de beide tiltechnieken minder uitgesproken.
4. Bij tilgewicht 10 kg, box-breedte 0.29 m en tiltechniek squat is de compressiekracht gelijk t.o.v. een box-breedte van 0.54 m. Bij tilgewicht 10 kg, box-breedte 0.29 m en tiltechniek stoop

is de compressie kracht 6% minder in vergelijking met een box-breedte van 0.54 m. Bij de vrije tiltechniek is de compressiekracht bij een box-breedte van 0.29 m 9% minder in vergelijking met box-breedte van 0.54 m.

5. Bij tilhoogte van 0.28 m, tilgewicht 15 kg getild met de stoep is de compressiekracht 7% minder t.o.v. tilhoogte 0.05 m. Wanneer de squat bij deze variabelen als tiltechniek wordt gebruikt, is de compressiekracht 19% minder in vergelijking met een tilhoogte van 0.05 m. Bij tilhoogte 0.05 m, tilgewicht 15 kg getild met de stoep is de compressiekracht 7% minder dan wanneer de squat hierbij als tiltechniek wordt gebruikt. Bij tilhoogte 0.28 m, tilgewicht 15 kg getild met de stoep is de compressiekracht 4% meer t.o.v. de squat techniek bij deze variabelen.

De artikelen met de hoogste methodologische kwaliteit zijn die van Arjmand et al (2005) en Davis et al (2000). Arjmand et al vermeldt de waardes rondom de vrije tiltechniek en Davis et al beschrijft de stoep en de squat.

Bij een gewicht van 18 Kg bij de vrije tiltechniek is de compressiekracht op niveau L5/S1 3579 N.

Bij een gewicht van 20 kg bij de stoep is de compressiekracht op niveau L5/S1 5478 N.

Bij een gewicht van 20 kg bij de squat is de compressiekracht op niveau L5/S1 5318 N.

Hieruit blijkt dat tillen met de vrije tiltechniek minder compressiekracht oplevert dan tillen met de stoep of squat. Wel is bij de vrije tiltechniek getild met 2 kg minder dan bij de stoep en squat techniek.

Discussie

Deze literatuurstudie vergelijkt de compressiekracht op segment L5/S1 bij verschillende tiltechnieken en onderzoekt de invloed van de variabelen gewicht, tilhoogte en box-breedte op deze compressiekracht.

Bij welke tiltechniek (squat, stoep of vrije tiltechniek) is de compressiekracht op niveau L5/S1 het laagst en bij welke tiltechniek het hoogst?

Bij een tilgewicht van 15 kg en een lage tilhoogte (0.05 m) levert de stoep techniek een minder grote compressiekracht op dan de squat. Bij een hogere tilhoogte (0.28 m) is de compressiekracht van de squat techniek minder groot dan bij de stoep techniek. Dit komt overeen met de resultaten uit Kingma et al (2004, p. 1381) die beschrijven namelijk het volgende: *'When lifting from 0.05 m, low back loading was substantially higher in squat lifting than in stoop lifting, but this effect completely disappeared when lifting from 0.5 m'* Dit verschil word door dezelfde studie toegeschreven aan een meer achterwaarts gelegen L5/S1 positie en meer bovenste extremiteit acceleratie richting extensie bij de squat techniek. Dit in vergelijking tot de stoep techniek bij een tilhoogte van 0.05 m. De meer achterwaarts gelegen L5/S1 positie tijdens de lage squat tiltechniek zou komen door het bereiken van de maximale heupflexie bij deze lage tilhoogte. Dit resulteert in een vergrote lumbale flexie, waardoor de positie van L5/S1 minder prominent is. Bij een hogere tilhoogte wordt de maximale heupflexie niet bereikt, waardoor de positie van L5/S1 minder achterwaarts gelegen is dan bij de squat techniek.

Wat gebeurt er met de compressiekracht op niveau L5/S1 bij alle tiltechnieken tijdens het tillen van een lager gewicht?

Uit de hierboven beschreven resultaten blijkt het volgende: hoe zwaarder het tilgewicht is des te groter is de compressiekracht.

Wat gebeurt er met de compressiekracht op niveau L5/S1 bij alle tiltechnieken tijdens het tillen vanaf een lagere tilhoogte?

De resultaten laten zien dat hoe lager de tilhoogte hoe groter de compressiekracht. Dit komt overeen met de bevindingen van Hoozemans, Kingma, de Vries & van Dieën (2008) en Ferguson, Gaudes-Maclaren, Marras, Waters & Davis (2002) die onderzoek deden naar de invloed van tilhoogte en tilgewicht op de lage rug belasting tijdens tilactiviteiten.

Uit de resultaten blijkt dat de factor tilhoogte bij de vrije tiltechniek weinig invloed heeft op de compressiekracht. Uit de resultaten, te zien in tabel 3, blijkt namelijk dat bij een tilhoogte van 0.05 m en tilgewicht 15 kg getild met de vrije tiltechniek de compressiekracht 5032 N is. Uit de resultaten van Kingma & Dieën (2003) blijkt dat de compressiekracht bij een tilhoogte van 0.23 m en tilgewicht 15 kg getild met de vrije tiltechniek de compressiekracht 6342 N. Hieruit blijkt dat de tilhoogte wel degelijk van invloed is op de compressiekracht. Dit verschil is te verklaren vanuit de vorming van de subgroepen. De tilhoogte 0.23 m is samen genomen met tilhoogtes 0.32 en 0.34 m en hiervan is een gemiddelde compressiekracht berekend. De tilhoogtes 0.32 en 0.34 m zijn verantwoordelijk voor een daling van dit gemiddelde dit geeft een vertekend beeld.

Wat is de invloed van de box-breedte op de compressiekracht op niveau L5/S1?

Het blijkt dat hoe breder de box is, hoe groter de compressiekracht. Dit gegeven komt overeen met de resultaten van Kingma et al (2004).

Begrenzings van de generaliseerbaarheid van dit artikel zijn: ten eerste hebben de studies die beschreven zijn in dit artikel een beperkte onderzoekspopulatie met gemiddeld 11 mannelijke proefpersonen per studie. Deze mannelijke proefpersonen hadden geen eerdere episodes van rugklachten. Lage rugklachten zijn namelijk van invloed op de lage rug belasting tijdens tillen (Marras, Ferguson, Burr, Davis & Gupta, 2004). Er zijn geen vrouwelijke proefpersonen gebruikt, omdat resultaten dan anders kunnen uitvallen (Lindbeck and Kjellberg, 2001). Ten tweede heeft dit artikel alleen gekeken naar symmetrische tiltechnieken en niet naar asymmetrische tiltechnieken. Symmetrisch tillen is echter wel degelijk relevant. In een overzicht van tilactiviteiten liet Dempsey (2003) zien dat ongeveer 50% van de tilactiviteiten, die plaatsvinden in industriële bedrijven, symmetrisch zijn.

Ten derde is in dit artikel niet ingegaan op de invloed van de voetpositie op lage rug belasting. Kingma, Bosch, Bruins & van Dieën (2004) hebben aangetoond dat voetpositie wel degelijk van invloed is op de lage rug belasting tijdens tiltechnieken. De reden dat niet is ingegaan op de invloed van de voetpositie op de lage rug belasting is dat in sommige bestudeerde artikelen niets staat vermeld over de voetpositie. Hierdoor kan de voetpositie binnen de bestudeerde artikelen afwijken. Echter Kingma et al (2004) beschrijven ook dat, wanneer de proefpersonen zelf hun voetpositie mochten bepalen, de voetpositie altijd voor het gewicht was. Dus wanneer er geen instructie gegeven wordt over de voetpositie zetten de proefpersonen hun voeten vaak in eenzelfde positie.

Ten vierde is de methodologische kwaliteit van de beschreven artikelen gering. De artikelen hebben een gemiddelde score van 15,4 op de STROBE waar de maximale score 34 is. In bijlage 2 staat per artikelen de STROBE per item uitgewerkt. De items nummers 5, 6a, 12d, 13a en 14c zijn onder andere allemaal beoordeeld met een N. Dit betekent dat in de artikelen deze items niet worden benoemd. Dit heeft te maken met het feit dat in geen enkel artikel gebruik is gemaakt van een follow-up hetgeen gezien de aard van het onderzoek begrijpelijk is. De STROBE is vooral bedoeld voor klinische studies en niet voor fundamenteel onderzoek. Voor de gebruikte artikelen is er geen andere meetlat beschikbaar. Naast deze items zijn de volgende items nummers bij alle artikelen ook beoordeeld met een N: 6b, 10, 12c, 13b, 13c, 14b en 15. Bij het onderdeel 'resultaten' zijn, in vergelijking met de andere onderdelen, de meeste items met een N beoordeeld. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de opzet van de studie.

Enkele andere begrenzings zijn dat binnen de 9 gebruikte studies 2 studies statisch uitgevoerd zijn, waarbij de proefpersonen het gewicht moeten vastpakken in rechtopstaande positie. Het is onduidelijk wat de uitwerking is van het verschil tussen de statische en dynamische tiltechniek op de compressiekracht. Ook zijn binnen de 9 gebruikte studies 6 verschillende auteurs dit houdt in dat enkele studies dezelfde auteur hebben. Dit beperkt het draagvlak van deze studie. Verder zijn de gebruikte resultaten niet allemaal significant. Dit vergroot de kans dat de resultaten op toeval gebaseerd zijn. De betrouwbaarheid van de resultaten gepresenteerd in dit artikel wordt ook beperkt door de manier waarop sommige resultaten zijn overgenomen uit de geselecteerde artikelen. De resultaten die overgenomen zijn staan in het oorspronkelijke artikel namelijk verschillend beschreven. Er worden tabellen en grafieken gebruikt. Wanneer grafieken worden gebruikt staat de exacte waarde van de compressiekracht niet altijd vermeld. In dat geval is een schatting gemaakt van de compressiekracht kijkend naar de maatverdeling op de Y-as. Bij 2 studies zijn de resultaten op deze manier verkregen.

Begrenzings aan de opzet van deze studie zijn: ten eerste is tijdens het proces van datacollectie gekozen om te zoeken binnen 3 databanken. Voor een complete indruk binnen de literatuur hadden meer databanken gebruikt kunnen worden.

Ten tweede is er een selectie gemaakt van 3 variabelen die de compressiekracht van de lage rug tijden tillen beïnvloeden. Er zijn echter meer variabelen die hierop van invloed zijn.

Ten derde is gekozen om de modellen niet te specificeren vanwege het beperkt aantal artikelen dat eenzelfde meetinstrument heeft gebruikt.

Ten vierde zijn de variabelen in groepen geclusterd. Het nadeel hiervan is dat de resultaten een vertekent beeld kunnen geven. Zo is de standaard deviatie bij de gemiddelde tilhoogte 0.28 m groter dan de SD bij de gemiddelde tilhoogte 0.05 m. Hierdoor is de compressiekracht niet recht evenredig met variabelen als gewicht, tilhoogte en box-breedte.

Binnen de artikelen die gebruikt zijn in deze studie zijn verschillende meetinstrumenten gebruikt om de lage rugbelasting te meten. Hoofdzakelijk zijn dit: 2D linked segment model (Looze, Kingma, Bussmann & Toussaint, 1992), full-body dynamic 3D linked segment model (Kingma et al, 1996). Ook is het EMG drive trunk muscle model gebruikt (van Dieën 1997, van Dieën & Kingma 2005). Het 3D linked segment model wordt gebruikt om het netto kracht moment op segment L5/S1 te schatten. Het EMG model wordt gebruikt om de netto spierkracht te schatten. Uiteindelijk wordt de uitkomst van de totale kracht op het intervertebrale L5/S1 gewicht in Newton verkregen door de netto reactie kracht (berekend door 3D linked segment model) en de spierkracht (berekend met het EMG-driven model) bij elkaar op te tellen.

Doordat verschillende meetmodellen zijn gebruikt om de compressiekracht te berekenen is de betrouwbaarheid van het samenvoegen van resultaten uit verschillende artikelen beperkt. Dit is echt maar in 8% van de resultaten gebeurd. Door dit verschil in meetmodellen tussen de artikelen is de inter-articulaire vergelijking ook minder betrouwbaar.

De onderwerpen die in deze discussie aangevoerd zijn, geven aanleiding tot enkele aanbevelingen:

- Meer en beter onderzoek naar de compressiekracht op de lage rug tijdens tillen met verschillende tiltechnieken met daarin opgenomen de beschreven variabelen in dit artikel.
- Kwaliteit van onderzoek naar compressiekracht tijden tillen kan verbeteren door:
 - Eenduidigheid in gebruik van variabelen en meetinstrumenten, waardoor onderzoeken vergeleken kunnen worden en niet meer op zichzelf staan.
 - Grotere onderzoekspopulatie met ook vrouwen daarin opgenomen, waardoor gegevens beter generaliseerbaar zijn.

- Andere onderzoeksopzet met een follow-up hierdoor worden uitkomsten mogelijk nog significanter.

Conclusie

De gepresenteerde resultaten laten zien dat bij een tilgewicht van 15 kg en tilhoogte 0.28 m de squat techniek superieur is ten opzichte van de stoop techniek en de vrije tiltechniek. De laatst genoemde tiltechniek geeft de hoogste compressiekracht bij de genoemde variabelen.

Wanneer het tilgewicht 10 kg is en de tilhoogte 0.05 m zijn de stoop en vrije tiltechniek te adviseren. De squat techniek is af te raden bij een lage tilhoogte en aan te raden bij een hoge tilhoogte. De stoop techniek daarentegen is te adviseren bij lage tilhoogtes en af te raden bij hogere tilhoogtes. Het tillen van een brede box aan de onderkant hiervan is af te raden wanneer toch getild word is de stoop techniek en vrije tiltechniek te prevaleren boven de squat techniek. De compressiekracht op L5/S1 in N is blijkt dus afhankelijk van de tilcondities.

Literatuur

Arjmand, N., Gagnon, D., Plamondon, A., Shirazi-Adl, A., Larivière, C. (2009). Comparison of trunk muscle forces and spinal loads estimated by two biomechanical models. *Clinical Biomechanics* 24, 533–541

Arjmand, N., Shirazi-Adl, A. (2005). Biomechanics of Changes in Lumbar Posture in Static Lifting. *SPINE* 30 (23), 2637–2648

Bazrgari, B., Shirazi-Adl, A., Arjmand, N. (2007). Analysis of squat and stoop dynamic liftings: muscle forces and internal spinal loads. *Eur Spine J* 16, p 687–699

Damkot, D. K., Pope, M. H., Lord, J., Frymoyer, J. W. (1984). The relationship between work history, work environment and low-back pain in men. *Spine* 9, 395–9.

Delitto, R. S., Rose, S. J., Apts, D. W. (1987) Electromyographic Analysis of Two Techniques for Squat Lifting. *PHYS THER* 67, 1329-1334.

Dempsey, P. G. (2003). A survey of lifting and lowering tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics* 31, p 11–16.

Dieën, J. H. van, (1997). Are recruitment patterns of the trunk musculature compatible with a synergy based on the maximization of endurance? *Journal of Biomechanics* 30, 1095-1100

Dieën, J. H. van, Hoozemans, M. J. M., Toussaint, H. M. (1999). Stoop or squat: a review of biomechanical studies on lifting technique. *Clinical Biomechanics* 14, 685-696

Dieën, J. H. van, Kingma, I. (2005). Effects of antagonistic co-contraction on differences between electromyography based and optimization based estimates of spinal forces. *Ergonomics* 48, 411-426

Faber, G. S., Kingma, I., Bakker, A. J. M., Dieën, J. H. van, (2008). Low-back loading in lifting two loads beside the body compared to lifting one load in front of the body. *Journal of Biomechanics* 42, 35–41.

Ferguson, S. A., Gaudes-Maclaren, L. L., Marras, W. S., Waters, T. R., Davis, K. G. (2002). Spinal loading when lifting from industrial storage bins. *Ergonomics* 45, 399 – 414.

Hoozemans, M. J. M. , Kingma, I., Vries, W .H .K . de, Dieën, J. H. van, (2008). Effect of lifting height and load mass on low back loading. *Ergonomics* 51 (7), 1053–1063

Kingma, I., Baten, C. T. M., Dolan, P., Toussaint, H. M., Dieën, J. H. van, Looze, M. P. de, Adams, M. A. (2001). Lumbar loading during lifting: a comparative study of three measurement techniques. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 11, 337–345.

Kingma, I., Bosch, B., Bruins, L., Dieën, J. H. van, (2004). Foot positioning instruction, initial vertical load position and lifting technique: effects on low back loading. *Ergonomics* 13 (47), 1365 – 1385

Kingma, I., Dieën, J. H. van, (2003). Lifting over an obstacle: effects of one-handed lifting and hand support on trunk kinematics and low back loading. *Journal of Biomechanics* 37, 249–255.

Kingma, I., Faber, G. S., Bakker, A. J. M., Dieën, J.H. van, (2006). Can low back loading during lifting be reduced by placing one leg beside the object to be lifted? *Physical Therapy* 86, 1091–1105.

Kingma, I., Faber, G. S., Dieën, J. H. van, (2010). How to lift a box that is too large to fit between the knees. *Ergonomics* 53, 1228–1238.

Kingma, I., Looze, M.P. de, Toussaint, H.M., Klijnsma, H.G., Bruijnen, T.B.M. (1996) Validation of a full body 3-D dynamic linked segment model. *Human Movement Science* 15, 833–860.

Kuiper, J. I., Burdorf, A., Frings-Dresen, M. H., Kuijer, P. P. F. M., Spreeuwers, D., Lötters, F. J., Miedema, H. S. (2005). Assessing the work relatedness of non specific low-back pain. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 31, 237–243.

Looze, M. P. de, Kingma, I., Bussmann, J. B. J., Toussaint, H. M. (1992) Validation of a dynamic linked segment model to calculate joint moments in lifting. *Clinical Biomechanics* 7, 161–169.

Lindbeck, L., Kjellberg, K., (2001). Gender differences in lifting technique. *Ergonomics* 44, 202–214.

Marras, W. S., Ferguson, S. A., Burr, D., Davis, K. G., Gupta, P. (2004). Spine loading in patients with low back pain during asymmetric lifting exertions. *The Spine Journal* 14, 64–75.

Marras, W. S., Granata, K. P., Davis, K. G., Allread, W. G., Jorgensen, M. J. (1999). Effects of box features on spine loading during warehouse order selecting. *Ergonomics* 42, 980–996.

National Institute for Occupational Safety and Health. (1981). *A Work Practices Guide for Manual Lifting* [Technical report no. 81–122]. Cincinnati, OH, U.S. Department of Health and Human Services, 30–43.

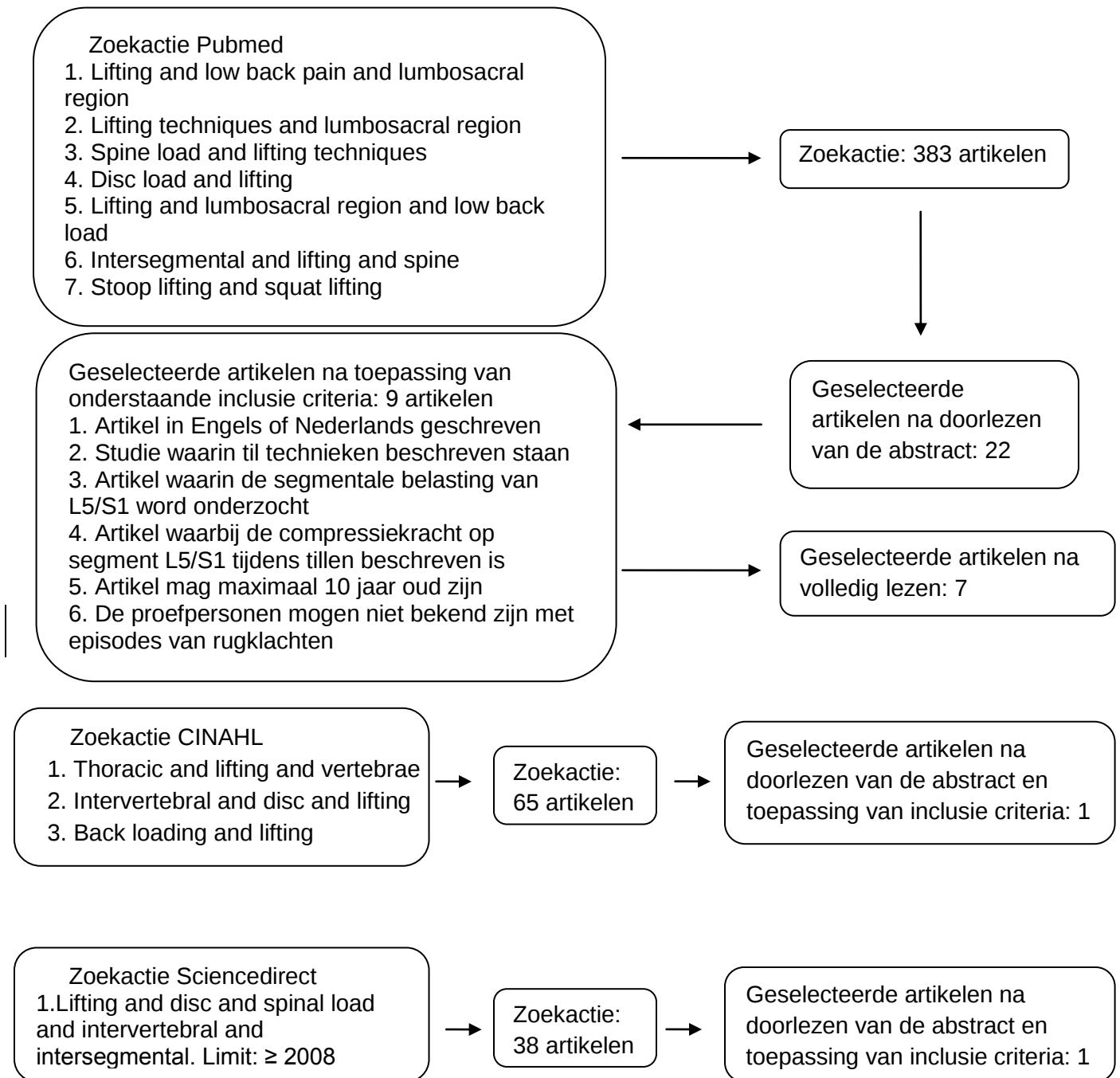
Rich, N. C. (2005). Levels of evidence. *Journal of Women's Health Physical Therapy* 29, 19–20

Van den Broucke, J. P., von Elm, E., Altman, D. G., Gøtzsche, P. C., Mulrow, C. D., Pocock, S. J., Pooles, C., Schlesselman, J. J., Egger, M. (2007). Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): Explanation and Elaboration. *PLoS Medicine* 4 (10), 1628–1654

Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., Fine, L. J. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics* 36, 749 – 776.

Wilke, H. J., Neef, P., Caimi, M., Hoogland, T., Claes, L. E. (1999). New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine* 24, 755–762.

Figuur 1: Zoekactie per databank



Tabel 1: Niveau van bewijs volgens Sackett (1989) en Rich (2005)

Level of evidence	Research
I	Systematic Review of Randomized Controlled Trials Large randomized controlled trials with clear results
II	Small randomized trials with uncertain results Systematic Review Cohort Studies
III	Cohort studies Systematic Review of Case-Controlled Studies
IV	Case series without control participants Nonrandomized, historical control group
V	Case reports

Figuur 2: De stoop (l) en de squat (r) volgens Kingma, I., Faber, G. S., Dieën, J. H. van, 2010



Tabel 2:

Artikel	N (man)	Leeftijd (Jaren)	Lengte (Meter)	Gewicht (Kg)	Til techniek	Dyna-misch/ statisch	Til-gewicht (Kg)	Til hoogte (Meter)	Box-omvang (Meter) hxdxb	Strobe -score
Faber et al., (2008)	12	26.1	1.78	68.7	Stoop, squat	D	10.0	0.29	1:0.27, 0.20, 0.30 2:0.27, 0.20, 0.60	16/34
Kingma et al., (2003)	10	24.8	1.80	73.8	Free	D	15.0	0.23	0.38, 0.41, 0.23	16/34
Kingma et al., (2010)	11	25.3	1.76	71.8	Free, stoop, squat	D	15.0	0.34/0.07	0.38, 0.38, 0.57	15/34
Kingma et al., (2004)	10	22.3	1.83	76.3	Free, stoop, squat	D	10.5	0.5/0.05	1: 0.23, 0.20, 0.33 2: 0.34, 0.33, 0.48	15/34
Arjmand et al., (2005)	15	30.0	1.77	74.0	Free	S	18.0	X	X	17/34
Bazrgari et al. (2007)	15	30.0	1.77	74.0	Stoop, squat	D	18.0	0.20	X	14/34
Kingma et al. (2006)	12	26.1	1.78	68.7	Stoop, squat	D	20.0	0.05/0.29	1: 0.27, 0.20, 0.30 2: 0.27, 0.20, 0.60	17/34
Hoozemans et al., (2008)	10	24.8	1.80	73.8	Free	D	15.0	0.32/0.73/ 1.14	0.23, 0.36, 0.46	15/34
Arjmand et al., (2009)	1	52.0	1.74	68.4	Free	S	10.4	0.90/1.20	X	14/34

X= Niet beschikbaar

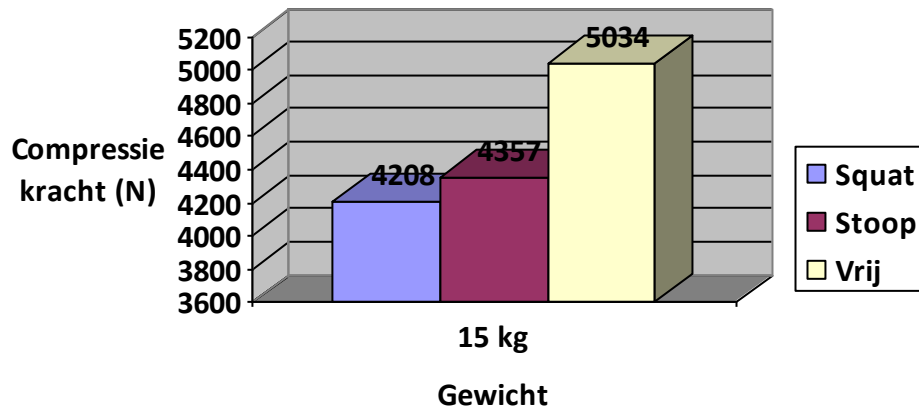
Tabel 3:

	G 10			G 15			G 19			G 10 & B 0.54		G 10 & B 0.29		G 19 & B 0.54		G19 & B 0.29	
	T0.05	T0.28	T1.08	T0.05	T0.28	T1.08	T0.05	T0.28	T1.08	T0.05	T0.28	T0.05	T0.29	T0.05	T0.28	T0.05	T0.28
Squat	5700	4053	X	5012	4208	X	6007	4326	X	5700	4653	5700	3453	6868	5277	5145	3980
Stoop	4650	4748	X	4653	4357	X	5686	5051	X	4800	4898	4500	4598	5926	5480	5446	5060
Vrij	4600	X	2160	5032	5034	2800	X	3850*	3308*	4800	X	4400	X	X	X	X	X

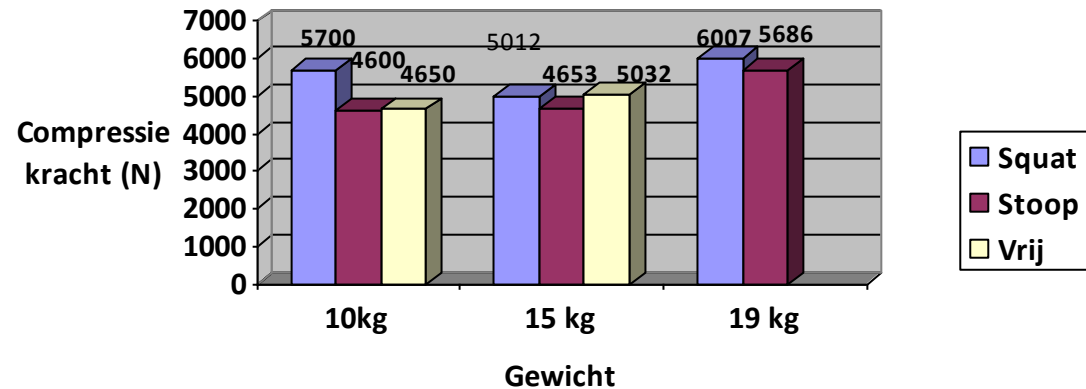
G= gewicht in Kilogram, T= tilhoogte in meter, B= box-breedte in meter, X= Niet beschikbaar, *= tilhoogte niet van toepassing

Figuur: 3

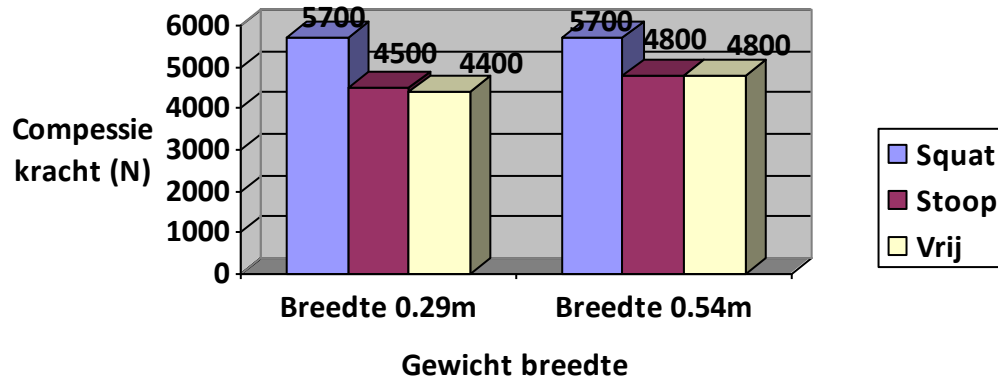
**Compressiekracht bij 15 Kg gewicht en
tilhoogte 0.28 M**



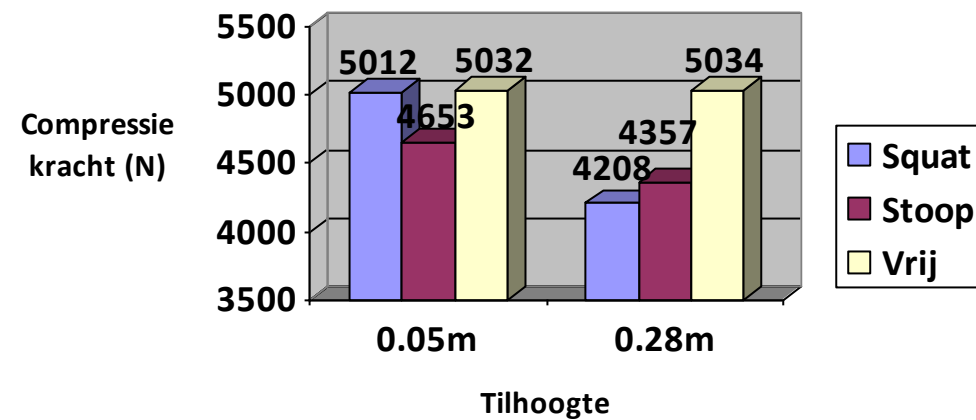
**Compressiekracht bij 10/15/19 Kg gewicht en
tilhoogte 0.05 M**



**Compressiekracht bij 10 Kg gewicht, tilhoogte
0.05 M en gewicht breedte 0.29/0.54 M**



**Compressiekracht bij 15 Kg gewicht en
tilhoogte 0.05/0.28 M**



Bijlage 1: Strobe Statement

STROBE Statement—Checklist of items that should be included in reports of *cohort studies*

	Item No	Recommendation
Title and abstract	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract (b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found
Introduction		
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses
Methods		
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection
Participants	6	(a) Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. Describe methods of follow-up (b) For matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias
Study size	10	Explain how the study size was arrived at
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding (b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions (c) Explain how missing data were addressed (d) If applicable, explain how loss to follow-up was addressed (e) Describe any sensitivity analyses
Results		
Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed (b) Give reasons for non-participation at each stage (c) Consider use of a flow diagram
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders (b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest (c) Summarise follow-up time (eg, average and total amount)
Outcome data	15*	Report numbers of outcome events or summary measures over time
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included (b) Report category boundaries when continuous variables were categorized (c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period

Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses
Discussion		
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results
Other information		
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based

*Give information separately for exposed and unexposed groups.

Note: An Explanation and Elaboration article discusses each checklist item and gives methodological background and published examples of transparent reporting. The STROBE checklist is best used in conjunction with this article (freely available on the Web sites of PLoS Medicine at <http://www.plosmedicine.org/>, Annals of Internal Medicine at <http://www.annals.org/>, and Epidemiology at <http://www.epidem.com/>). Information on the STROBE Initiative is available at <http://www.strobe-statement.org>.

Bijlage 2: Beoordeling STROBE statement bij elk artikel, per item beoordeelt. De N= No, de Y= Yes.

Auteur	1a	1b	2	3	4	5	6a	6b	7	8	9	10	11	12a	12b	12c	12d	12e
Faber et al, 2009	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	N	N	N
Kingma et al, 2003	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	N	N	N
Kingma et al, 2010	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	N	N	N
Kingma et al, 2004	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	N	N	N
Arjmand et al, 2005	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	N	N	N
Hoozemans et al, 2008	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	N	N	N
Arjmand et al, 2009	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	Y	N	Y	N	N	N
Bazrgari et al, 2007	N	Y	Y	N	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	N	N	N
Kingma et al, 2006	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	N	N	N
Aantal Y per item	2	9	9	9	9	0	0	0	9	9	2	0	9	8	9	0	0	0

Auteur	13a	13b	13c	14a	14b	14c	15	16a	16b	16c	17	18	19	20	21	22	Totaal
Faber et al, 2008	N	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	16/34
Kingma et al, 2003	N	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	16/34
Kingma et al, 2010	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	15/34
Kingma et al, 2004	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	15/34
Arjmand et al, 2005	N	N	N	Y	N	N	N	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	17/34
Hoozemans et al, 2008	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	15/34
Arjmand et al, 2009	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	14/34
Bazrgari et al, 2007	N	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	14/34
Kingma et al, 2006	N	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	17/34
Aantal Y per item	0	0	0	1	0	0	0	5	1	1	8	9	9	9	9	4	