

Fontys Paramedische Hogeschool

Opleiding Fysiotherapie



Figuur 1. (Saanichton Physiotherapy, 2014)

Onderzoeksverslag

“Afwijkingen transversus abdominis en multifidus bij chronische aspecifieke rugklachten”

Versie: 1.3, Datum: 1-6-2014

Inhoud

Personalialia.....	3
Samenvatting.....	4
Abstract.....	5
Inleiding	6
Methode.....	9
Zoekstrategie	9
Inclusie en exclusie criteria.....	9
Kwaliteitsbeoordeling.....	10
Data extractie.....	10
Bewijsniveau.....	11
Resultaten.....	12
Discussie	19
Conclusie	23
Aanbevelingen	24
Literatuur.....	25
Bijlagen.	29
Bijlage I. Zoekstrings.	29
Bijlage II. Data extractie tabel.....	30
Bijlage III. Confounding factoren contractie ratio.....	36
Bijlage IV. Protocol Chronische aspecifieke lage rugklachten.	37

Personalia

Student

Naam: Christian Benschop
Studentnummer: 1352855
Adres: Herteweide 40, 5467LE, Veghel
Telefoonnummer: +31 6 41846491
E-mail: c.benschop@student.fontys.nl
christian.benschop@kpnmail.nl

Onderwijsinstelling

Naam: Fontys Paramedische Hogeschool
Adres: Ds. Th. Fliednerstraat 2, 5631 BN, Eindhoven
Postadres: Postbus 347, 5600 AH, Eindhoven
Telefoonnummer: +31 88 5077011
E-mail: paramedisch@fontys.nl

Begeleider

Naam: Ellen van Korven
Functie: Docent Fysiotherapie
Telefoonnummer: +31 88 5084883
E-mail: e.korven@fontys.nl

Samenvatting

Achtergrond

Lage rugpijn komt veel voor onder de Nederlandse bevolking. Er wordt een stijging verwacht van 7% tussen 2005 en 2025. In 85% is er geen sprake van een specifieke lichamelijke oorzaak en is er sprake van aspecifieke lage rugpijn. Het disfunctioneren van het actieve subsysteem leidt tot meer belasting op het passieve systeem. Diverse onderzoeken rapporteren een afwijkende multifidus en transversus abdominis.

Doelstelling:

Het hoofddoel van deze studie is het onderzoeken of er sprake is van een afgenomen spierfunctie van de transversus abdominis en multifidus. Subdoelen zijn een mogelijke afname van de globale musculatuur en een mogelijke afwijking van de motor control.

Methode

Er is gebruik gemaakt van de zoektermen “transversus abdominis”, “multifidus”, “cross-sectional area”, “thickness”, “motor control”. Inclusie criteria: Chronische aspecifieke rugpijn, observationeel onderzoek, gemeten doormiddel van Computerized Tomography, Magnetic Resonance Imaging, Electromyography, Ultrasound. Exclusie criteria: Specifieke lage rugpijn, operaties wervelkolom, zwangerschap, ernstige comorbiditeiten.

Resultaten

Er zijn significante verminderingen gevonden van de cross sectional area van de multifidus op L4 en L5. Er zijn tegenstrijdige resultaten over de symmetrie van de multifidus. Ook zijn er tegenstrijdige resultaten over de contractie ratio van de transversus abdominis. Echter zijn er significante verschillen van de spierdikte van de transversus abdominis. Er zijn geen significante verschillen van de globale musculatuur. Ook zijn er significante verschillen van de motor control aangetroffen.

Conclusie

Er zijn afwijkingen gevonden van de omvang van de transversus abdominis en multifidus, dit geldt niet voor de globale musculatuur. Er zijn afwijkingen gevonden met betrekking tot de motor control.

Abstract

Background

Low back pain is a common problem for the Dutch population. An expected growth of 7% will take place until 2025. Pain is not attributed to a specific pathology in 85% of all patients. Dysfunction of the active subsystem leads to increased strain on the passive subsystem. Multiple studies indicate a reduced function of the multifidus and transversus abdominis.

Purpose:

The purpose of this study is to investigate the difference in muscle function/mass of the transversus abdominis, multifidus, global muscles and a possible altered motor control.

Method

PubMed and ScienceDirect were searched with the following keywords: “transversus abdominis”, “multifidus”, “cross-sectional area”, “thickness”, “motor control”. Studies were included if the following inclusion criteria were met: Chronic nonspecific back pain, observational study design, Computerized Tomography, Magnetic Resonance Imaging, Electromyography, Ultrasound. Studies were excluded if the following exclusion criteria were met: specific back pain, operations, pregnancy, severe comorbidities.

Results

Significant results were found concerning the cross sectional area of the multifidus on level L4-L5. Conflicting results were found concerning the symmetry of the multifidus. Conflicting results were found concerning the contraction rate of the transversus abdominis. Significant results were found concerning the muscle thickness of the transversus abdominis. No significant results were found concerning the global muscles. Significant results were found of the motor control between groups.

Conclusion

Significant results were found of the muscle size of the transversus abdominis and multifidus, no significant results were found of the global muscles. Significant changes of motor control were found.

Inleiding

Lage rugpijn is een veel voorkomende aandoening onder de Nederlandse bevolking. Uit onderzoek blijkt dat ongeveer 2,4 miljoen Nederlanders jaarlijks last hebben van lage rugklachten (Picavet, 2005). Naarmate de leeftijd vordert neemt de kans op rugklachten toe en dit stabiliseert rond de leeftijd van 55 jaar (Koes & van Tulder, 2013). Verwacht wordt dat er een stijging zal plaats vinden van 7% tussen 2005 en 2025 van patiënten met rugklachten (Lambeek et al., 2011).

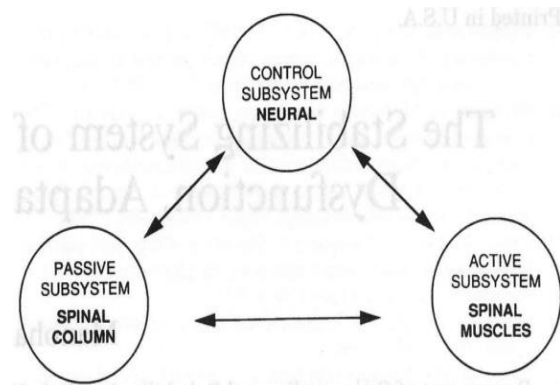
Lage rugpijn wordt ingedeeld in specifieke lage rugpijn en aspecifieke lage rugpijn (Staal et al., 2013). Onderzoek laat zien dat er in ongeveer 85% geen specifieke lichamelijke oorzaak aantoonbaar is (Airaksinen et al., 2006). Chronische aspecifieke lage rugpijn wordt geclassificeerd als een rugpijn die langer aanhoudt dan een periode van 3 maanden waarbij er geen specifieke lichamelijke oorzaak kan worden aangetoond (Chavannes et al., 2005).

Recent onderzoek toont aan dat lage rugklachten zonder uitstralende pijn behoort tot de top 5 van meest voorkomende klachten waarvoor een patiënt naar de eerstelijns fysiotherapeut gaat. De patiëntenpopulatie met deze rugklachten binnen dit onderzoek bedraagt 12% (Kooijman et al., 2013). Ook blijkt dat 34% van de patiënten in 2012 al eerder aan dezelfde klacht is behandeld (Kooijman et al., 2013).

Deze omvang toont aan dat lage rugklachten een belangrijk maatschappelijk probleem is. Verder blijkt uit onderzoek dat lage rugklachten een belangrijke oorzaak is voor werkverzuim, dit betekent dat het hierdoor zowel een economisch als een gezondheidsprobleem is (Staal et al., 2013). In 2007 was de kostenpost voor lage rugklachten 3,5 miljard euro (Lambeek et al., 2011). Indirecte kosten (waar onder andere werkverzuim valt) bedragen 88% van de totale kosten die gepaard gaan met rugpijn (Lambeek et al., 2011).

Aspecifieke lage rugklachten zijn een multidimensionaal probleem (O'Sullivan, 2005). Een methode is het gebruik van een classificatie model bij patiënten met chronische lage rugpijn (Dankaerts & O'Sullivan, 2011; O'Sullivan, 2005). Binnen dit model wordt het motor control model beschreven waarbij er met het disfunctioneren van de actieve structuren sprake is van een motor control impairment. Dit houdt in dat er een onvermogen is om de controle te handhaven rondom de neutral zone van een segment (O'Sullivan, 2005). De neutral zone van een segment is het gebied binnen de range of motion van een gewricht waarbij er minimale weerstand op de passieve stabiliserende structuren plaats vindt (Panjabi, 1992b).

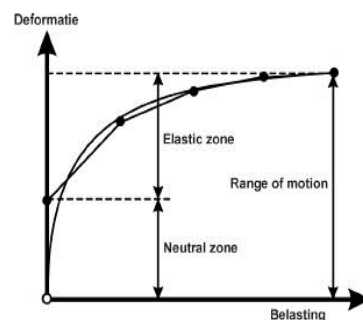
Het stabiliserende systeem van de wervelkolom bestaat uit 3 sub systemen, namelijk het actieve systeem, het passieve systeem en het neurale systeem (Panjabi, 1992a). Het actieve systeem bestaat uit spier en peesweefsel rondom de wervelkolom. Het passieve systeem bestaat uit de vertebrae, facetgewrichten, discus intervertebralis en kapsel / ligamenten. Het neurale systeem bestaat uit het perifere en centrale zenuwstelsel (Panjabi, 1992a).



Figuur 2. Stabiliteit (Panjabi, 1992a)

De musculatuur van de wervelkolom kan worden ingedeeld in 3 subgroepen, namelijk de “local stabilizers”, “global stabilizers” en de “global mobilizers” (Comerford & Mottram, 2001a, 2001b).

De local stabilizers behoren tot de dieper gelegen musculatuur direct rondom de wervelkolom. De belangrijkste functie van deze groep is het verzorgen van stabiliteit rondom de neutral zone (Comerford & Mottram, 2001b; Panjabi, 1992b). Deze actieve stabiliteit ontstaat met name tijdens isometrische contractie waardoor er compressie plaats vindt van de wervellichamen. Voorbeelden van deze groep zijn de transversus abdominis, psoas major en multifidus (Gibbons & Comerford, 2001).



Figuur 3. Neutral zone (Panjabi, 1992b)

De global stabilizers zijn met name verantwoordelijk voor het handhaven van stabiliteit van een segment tijdens een beweging doormiddel van excentrische activiteit. Voorbeelden van deze groep zijn de obliquus internus / externus en de spinalis (Gibbons & Comerford, 2001). Global mobilizers zijn oppervlakkig gelegen grote spiergroepen die verantwoordelijk zijn voor het uitvoeren van een beweging. Voorbeelden van deze groep zijn de rectus abdominis en de erector spinae (Comerford & Mottram, 2001b; Gibbons & Comerford, 2001).

Meerdere onderzoeken suggereren een verstoorde werking van de transversus abdominis en de multifidus bij chronische lage rugklachten. (Bos & van Groenewoud, 2009; Macedo, Maher, Latimer, & McAuley, 2009; O'Sullivan, 2000, 2005; Wallwork, Stanton, Freke, & Hides, 2009). Bij een onvoldoende actieve controle van de neutral zone nemen de krachten toe op de passieve structuren rondom de wervelkolom. Receptoren binnen het kapsel, ligamenten en facetgewrichten geven

signalen door aan het neurogene systeem dat deze te veel belast wordt (Panjabi, 1992a) dit leidt mogelijk tot compensatiemechanismen van de globale musculatuur.

De doelstelling van deze literatuurstudie is het onderzoeken of er sprake is van een verminderde functie van de transversus abdominis en multifidus en of deze verminderde functie gepaard gaat met een verminderde motor control. Verder is het van belang om vast te stellen of er sprake is van een geïsoleerde veranderde functie van de local stabilizers. Of dat er ook sprake is van een veranderde functie van het gehele spiersysteem. Dit vereist namelijk een andere aanpak van behandelen. Local stabilizers worden met name getraind door gebruik te maken van geïsoleerde low load oefeningen, terwijl er bij de globale musculatuur meer met kracht oefeningen getraind wordt (Boudreau, Farina, & Falla, 2010; Comerford & Mottram, 2001a).

De onderzoeksvraag wordt daarom als volgt gedefinieerd: *“In hoeverre zijn er afwijkingen te constateren van de transversus abdominis en multifidus bij patiënten met chronische aspecifieke rugklachten ten opzichte van gezonde mensen?”*

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen opgesteld:

1. In welke mate is er sprake van een verminderde spierdikte / omvang van de transversus abdominis en multifidus?
2. Zijn er naast afwijkingen van de transversus abdominis en multifidus ook afwijkingen van de global stabilizers en mobilizers?
3. In welke mate is er sprake van een verminderde motor control bij patiënten met chronische aspecifieke lage rugklachten?

Met behulp van deze informatie is men beter in staat om te onderbouwen welke therapievorm het beste bij de patiënt past en dit toe te passen. De uitkomsten van het onderzoek worden overgedragen aan de Fontys Paramedische Hogeschool Eindhoven.

Methode

Zoekstrategie

Voor dit literatuuronderzoek is er gezocht naar relevantie literatuur in de databanken PubMed en Science Direct. Er is gezocht naar observationele studies waarin de relatie tussen chronische aspecifieke rugklachten en een afwijkende functie van de transversus abdominis en multifidus worden beschreven.

De volgende zoekwoorden zijn gebruikt binnen de databases: ("motor control", "chronic nonspecific low back pain", "motor impairment", "transversus abdominis", "multifidus", "cross sectional area", "thickness") in combinatie met AND en OR (Bijlage I).

Er is gebruik gemaakt van de referentielijsten van de gevonden informatiebronnen (sneeuwbal methode). Verder is er gebruik gemaakt van de zoekmachine Google Scholar voor achtergrond informatie. Op 22-5-2014 is er gestopt met het zoeken van artikelen.

Inclusie en exclusie criteria

De volgende inclusie en exclusie criteria waaraan de artikelen moeten voldoen zijn opgesteld:

Tabel1. Inclusie/Exclusie criteria

Inclusie criteria:	Exclusie criteria
Chronische aspecifieke lage rug pijn	Acute lage rugpijn
Observationeel onderzoek (Cross-sectioneel, Case-control)	Lage rugpijn met neurologische verschijnselen
Engels	Ernstige co-morbiteiten zoals: fracturen, maligniteiten, spondylolisthesis, structurele scoliose, reumatische aandoeningen.
Functie multifidus/transversus abdominis	Eerdere operaties aan de wervelkolom
Functie vastgesteld doormiddel van medische beeldvorming Computerized Tomography (CT), Magnetic Resonance Imaging (MRI), Electromyography (EMG), Ultrasound (US)	Zwangerschap
Controlegroep: gezonde personen	

Kwaliteitsbeoordeling

Voor deze literatuurstudie wordt er gebruik gemaakt van observationele onderzoeken. Het beoordelen van deze studies volgens de Cochrane methode is gericht op de validiteit van een meet instrument (cross-sectioneel) of de mate van blootstelling (case control).

Dit onderzoek richt zich niet op de validiteit van een diagnostische test of de mate van blootstelling bij een rugpijngroep. Vanwege de aard van het onderzoek is er gekozen om de artikelen niet te beoordelen op methodologische kwaliteit. De resultaten van de artikelen moeten worden verricht met valide medische beeldvorming technieken (US, MRI, EMG) bij zowel de rugpijngroep als de controlegroep.

Data extractie

De belangrijke data van de geïnccludeerde artikelen wordt samengevoegd in onderstaande data extractie tabel. Als eerste worden de algemene gegevens genoteerd van het artikel: auteur en jaartal, type studie, populatie van de rugpijngroep en controlegroep, leeftijd van de proefpersonen en het gebruikte diagnostisch meetinstrument.

Vervolgens wordt de data ingevuld van de artikelen die gebruikt worden om de hoofdvraag te beantwoorden, namelijk of er afwijkingen aantoonbaar zijn van de transversus abdominis en de multifidus. De afwijkingen zijn onderverdeeld in de volgende deelvragen: een verminderde omvang / spierdikte van de transversus abdominis / multifidus en de resultaten op het gebied van motor control (Bijlage II).

Daarnaast wordt er genoteerd of er naast eventuele afwijkingen van de transversus abdominis en multifidus ook sprake is van afwijkingen van de global stabilizers en mobilizers. Bij deze kolommen wordt er ook gekeken naar statistische relevantie van de gevonden uitkomsten doormiddel van de P-waarde. Om te spreken van een significant resultaat geldt de waarde $P < 0,05$.

Tabel 2. Data extractie tabel

Auteur, Jaartal	Type artikel	Populatie	Leeftijd	Diagnostisch meetinstrument	Afwijkingen omvang / spierdikte transversus abdominis en multifidus	Afwijkingen omvang / spierdikte global stabilizers / global mobilizers	Resultaten motor control

Bewijsniveau

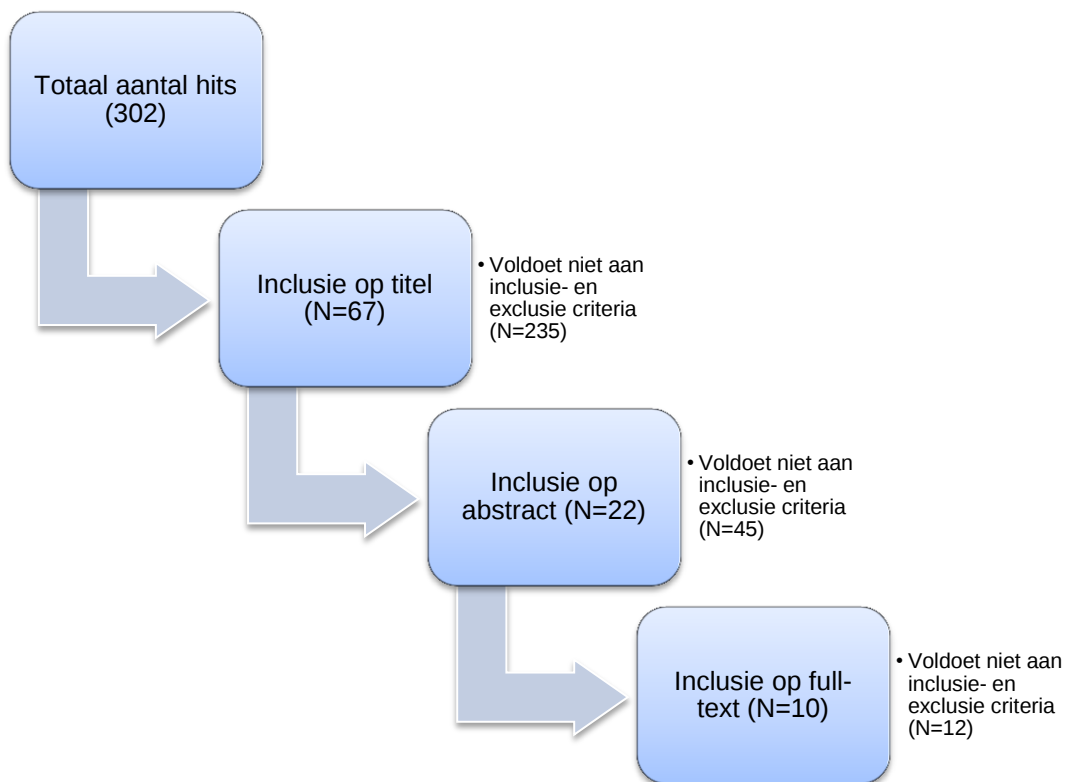
Het doel van het onderzoek is om aan te tonen of er sprake is van een mogelijke afname van de functie van de transversus abdominis en multifidus. Doordat er binnen deze literatuurstudie geen interventie wordt onderzocht, is er gekozen om gebruik te maken van observationele studies (cross-sectioneel en case control). Binnen deze studies wordt er gekeken naar de meting met een valide diagnostisch meetinstrument. Doordat dit onderzoek niet de validiteit onderzoekt van een diagnostisch meetinstrument of de mate van blootstelling bij een patiëntengroep worden de artikelen niet beoordeeld op methodologische kwaliteit. Dit heeft als gevolg dat er geen best evidence synthese wordt uitgevoerd.

De resultaten van de geïnccludeerde artikelen worden per artikel beschreven met als uiteindelijk doel te beschrijven wat de uitkomsten zijn van de opgestelde (deel) vragen. Doordat er geen best evidence synthese wordt uitgevoerd kan er geen uitspraak worden over het bewijsniveau (A t/m D).

Resultaten

Resultaten zoekstrategie

Er is gezocht in de PubMed en science direct databases met 4 zoekstrings (Bijlage I). Door middel van deze zoekstrings is een totaal van 302 hits gevonden. Van deze 302 hits zijn er 67 artikelen geïncludeerd op de titel. De overige 235 artikelen voldeden niet aan de opgestelde inclusie en exclusie criteria. Vervolgens zijn de artikelen gescreeend op abstract. Hiervan zijn er 22 artikelen geïncludeerd en voldeden 45 artikelen niet aan de opgestelde inclusie en exclusie criteria. Van de 22 artikelen zijn er uiteindelijk 10 artikelen geïncludeerd op full-tekst die tevens worden gebruikt in deze literatuurstudie. De voornaamste redenen voor exclusie zijn het onderzoeksdesign (interventie studies of systematic reviews in plaats van observationele studies), specifieke of recidiverende rugpijn, een te specifieke doelgroep, ook waren er een aantal artikelen niet beschikbaar in full-tekst.



Figuur 4. Flow Chart datasetselectie.

Bij het beschrijven van de resultaten worden de resultaten van de rugpijngroep vergeleken met de resultaten van de controlegroep.

Resultaten multifidus

Tabel 3. resultaten multifidus

Artikel	Rugpijngroep Man/vrouw	Resultaten Multifidus	Controlegroep Man/vrouw	Resultaten Multifidus
(Beneck & Kulig, 2012)	7/7	Afname volume multifidus in vergelijking met controlegroep: L4: P = 0,789 L5-S1: P = 0,026 (18,1%) S2-S3: P = 0,545 (6,8%) Afname spiercompartiment: P = 0,049 Toename vet massa spiercompartiment: P = 0,622	7/7	
(Danneels, Vanderstraeten, Cambier, Witvrouw, & De Cuyper, 2000)	17/15	CSA multifidus L4-L5: Incl. vet massa: 0,77±0,14 (P = 0,009) excl. vet massa 0,68±0,13 (P = 0,0012)	13/10	CSA multifidus L4-L5: Incl. vet massa: 0,9±0,15 excl. vet massa: 0,8±0,15
(Hides, Gilmore, Stanton, & Bohlscheid, 2008)	23/27	CSA multifidus L4: 3,40cm ² ± 3,11cm ² (P = 0,001) L5: 3,22cm ² ± 2,84cm ² (P = 0,001) Asymmetrie multifidus L4: 11,8% (P = 0,004) L5: 17,5% (P = 0,016)	27/13	CSA multifidus L4: 5,42cm ² ±1,88cm ² L5: 6,48cm ² ±1,72cm ² Asymmetrie multifidus L4: 3,4% L5: 1,9%
(Wallwork, Stanton, Freke, & Hides, 2009)	8/9	CSA multifidus L2: 2,40cm ² ±0,9cm ² (P = 0,047) L5: 3,81cm ² ±1,2cm ² (P = 0,001) Afname contractie ratio L5 (P = 0,02)	8/9	CSA multifidus L2: 1,94cm ² ±0,9cm ² L5: 5,56cm ² ±1,1cm ²

* CSA: cross sectional area (gemiddelde ± standaard deviatie) = dwarsdoorsnede van multifidus in cm²

* Asymmetrie multifidus verschil in % pijnlijke zijde ten opzichte van niet pijnlijke zijde

Het onderzoek van Danneels et al. (2000) laat zien dat er op niveau L4-L5 sprake is van een significante afname van de cross sectional area (CSA). Het onderzoek van Beneck & Kulig (2012) laat een significante afname van 18,1% zien van het volume van de multifidus op niveau L5-S1. De atrofie van de multifidus wordt verklaard door een afname van de gehele dwarsdoorsnede. Er is geen sprake van een procentuele toename van vet massa binnen deze dwarsdoorsnede. Op de overige niveaus van de multifidus zijn geen significante verschillen geconstateerd. (Beneck & Kulig, 2012; Danneels et al., 2000).

Het onderzoek van Hides et al. (2008) laat zien dat er op niveau L4 sprake is van een significante afname van de CSA van de multifidus van de rugpijngroep met unilaterale uitstraling in vergelijking met de controlegroep. De onderzoeken van Hides et al. (2008) en van Wallwork et al. (2009) laten beiden een significante afname zien van de CSA van de multifidus op niveau L5. Voor beide onderzoeken geldt dat er sprake is van een asymmetrie van de multifidus op niveau L4 en L5. Op niveaus L2 en L3 zijn geen significante verschillen aangetroffen (Hides et al., 2008).

Er zijn tegenstrijdige resultaten met betrekking tot de symmetrie van de multifidus, het onderzoek van Beneck & Kulig (2012) stelt dat er geen significante verschillen in symmetrie zijn, terwijl het onderzoek van Hides et al. (2008) stelt dat er significante verschillen zijn aangetroffen op niveaus L4 en L5. Het onderzoek van Wallwork et al. (2009) stelt dat er significante verschillen zijn aangetroffen maar dat dit geldt voor zowel de rugpijngroep als de controlegroep. Er is een relatie tussen de CSA van de multifidus op niveau L3 ($P = 0,03$), L4 ($P = 0,006$) en L5 ($P = 0,04$) en het activiteitsniveau van de patiënt. Dit geldt voor beide groepen ($P > 0,05$). Op de niveaus L2, L3, S2, S3 zijn er geen significante verminderingen aangetroffen van de CSA van de multifidus (Hides et al., 2008; Wallwork et al., 2009).

Resultaten transversus abdominis

Tabel 4. resultaten transversus abdominis

Artikel	Rugpijngroep Man/vrouw	Resultaten Transversus abdominis	Controlegroep Man/vrouw	Resultaten Transversus abdominis
(Cho, Kim, Baek, & Goo, 2013)	8/9	Contractie ratio (rust en maximale expiratie) $1,27 \pm 0,26$ ($P < 0,05$)	8/9	Contractie ratio (rust en maximale expiratie) $1,75 \pm 0,57$
(Kim, Cho, Goo, & Baek, 2013)	9/6	Spierdikte: Rust: $1,10 \pm 0,25$ ($P < 0,05$) Maximale expiratie: $1,06 \pm 0,22$ ($P < 0,05$)	9/6	Spierdikte: Rust: $1,26 \pm 0,31$ Maximale expiratie: $1,19 \pm 0,30$
(Pulkovski et al., 2012)	18/32	Contractie ratio d.m.v. Abdominal hollowing manoeuvre $1,35 \pm 0,14$ ($P = 0,03$) ** na aanpassing confounding factoren: ($P = 0,098$)	18/32	Contractie ratio d.m.v. Abdominal hollowing manoeuvre $1,44 \pm 0,24$
(Rasouli, Arab, Amiri, & Jaberzadeh, 2011)	20/0	% toename in spierdikte ten opzichte van rug lig. Stoel: $4,38 \pm 14,55$ ($P = 0,187$) Bal voeten op grond: $10,57 \pm 10,58$ ($P = 0,008$) Bal linkervoet opgetild: $34,57 \pm 20,65$ ($P = 0,001$)	20/0	% toename in spierdikte ten opzichte van rug lig. Stoel: $9,21 \pm 6,87$ Bal voeten op grond: $20,74 \pm 11,27$ Bal linkervoet opgetild: $80,30 \pm 27,87$

* Contractie ratio: spierdikte contractie / spierdikte rust

* Abdominal Hollowing Manoeuvre: Handeling om een wilsgeen tonische contractie op te wekken van de transversus abdominis door middel van rustig de navel in te trekken en deze positie aan te houden met normale ademcontrole (Pulkovski et al., 2012).

Het onderzoek van Cho et al. (2013) laat zien dat er sprake is van een significante afname van de contractie ratio van de transversus abdominis van de rugpijngroep in vergelijking met de controlegroep tijdens het staan. Tijdens het zitten of liggen zijn er geen significante verschillen aangetroffen voor de contractie ratio van de transversus abdominis. Er is een significante afname aangetroffen van de contractie ratio van de transversus abdominis bij de rugpijngroep in vergelijking met de controlegroep. Indien er rekening gehouden wordt met extra factoren (bijlage III) zoals geslacht, leeftijd, Body Mass Index (BMI), beoefening van sport is dit verschil niet meer significant (Pulkovski et al., 2012).

Het onderzoek van Kim et al. (2013) stelt dat er geen significante verschillen zijn aangetroffen van de contractie ratio van de transversus abdominis.

Er zijn significante verschillen aangetroffen van de dikte van de transversus abdominis tijdens rust en maximale expiratie (Kim et al., 2013). Uit een onderzoek van Rasouli et al. (2011) waarbij de proefpersonen diverse zithoudingen moeten aannemen (variërend van een stoel tot een fysio bal met één been opgetild) blijkt dat er een relatie is tussen de stabiliteit van het oppervlakte en de verandering in activiteit van de transversus abdominis. Dit is vastgesteld voor zowel de rugpijngroep als de controlegroep (Rasouli et al., 2011). Er is een significant verschil tussen de rugpijngroep en controlegroep bij de houding op een toenemende mate van een instabiele zitvlak.

Samenvattend kan er geconcludeerd worden dat er afwijkingen zijn aangetroffen van de transversus abdominis in de rugpijngroep in vergelijking met de controlegroep. Er zijn tegenstrijdige resultaten met betrekking tot de contractie ratio van de transversus abdominis. De onderzoeken van Cho et al. (2013) en (Pulkovski et al., 2012) demonstreren beiden significante verschillen van de contractie ratio van de transversus abdominis. Echter indien er rekening gehouden wordt met extra factoren zoals geslacht, leeftijd, BMI, beoefening van sport is dit verschil niet meer significant (Pulkovski et al., 2012). Het onderzoek van Kim et al. (2013) stelt dat er geen significante verschillen zijn aangetroffen van de contractie ratio van de transversus abdominis. Er zijn significante verschillen aangetroffen van de dikte van de transversus abdominis tijdens rust en maximale expiratie (Kim et al., 2013). Er is een relatie tussen de stabiliteit van een oppervlakte en de verandering in activiteit van de transversus abdominis, dit is vastgesteld voor zowel de rugpijngroep als de controlegroep (Rasouli et al., 2011). Echter is er een significant verschil tussen de rugpijngroep en controlegroep.

Resultaten functie global stabilizers en mobilizers

Tabel 5. resultaten global stabilizers en mobilizers

Artikel	Rugpijngroep Man/vrouw	Resultaten Global stabilizers / mobilizers	Controlegroep Man/vrouw	Resultaten Global stabilizers / mobilizers
(Beneck & Kulig, 2012)	7/7	Afname erector spinae L5-S1 van 3,9% (P = 0,805)	7/7	
(Cho, Kim, Baek, & Goo, 2013)	8/9	Geen verschil contractie ratio interne en externe obliquus (P > 0,05)	8/9	
(Danneels, Vanderstraeten, Cambier, Witvrouw, & De Cuyper, 2000)	17/15	Vershil CSA paraspinale groep L4-L5 2,46±0,4 (P = 0,048) Na verwijdering multifidus CSA (P = 0,25)	13/10	Vershil CSA paraspinale groep L4-L5 2,72±0,42

Artikel	Rugpijngroep Man/vrouw	Resultaten Global stabilizers / mobilizers	Controlegroep Man/vrouw	Resultaten Global stabilizers / mobilizers
(Rasouli, Arab, Amiri, & Jaberzadeh, 2011)	20/0	Geen verschil contractie ratio interne obliquus ($P > 0,05$)	20/0	

* CSA = cross sectional area (gemiddelde $\pm$ standaard deviatie)

* Contractie ratio: spierdikte contractie / spierdikte rust

Het onderzoek van Beneck & Kulig (2012) laat zien dat er sprake is van een niet significante afname van 3,9% van het volume van de erector spinae op niveau L5-S1 bij de rugpijngroep in vergelijking met de controlegroep. Het onderzoek van Cho et al. (2013) laat zien dat er geen sprake is van een significant verschil van contractie ratio van de interne en externe obliquus bij onderzoek in lig, zit en stand. Het onderzoek van Danneels et al. (2000) laat zien dat er sprake is van een significante afname van de paraspinale groep ter hoogte van niveau L4-L5. Wanneer het CSA van de multifidus hiervan wordt verwijderd is de afname niet meer significant. Het onderzoek van Rasouli et al. (2011) laat zien dat er geen sprake is van een significant verschil van de contractie ratio van de interne obliquus bij de verschillende posities.

Samenvattend kan er geconcludeerd worden dat er geen significante afwijkingen zijn aangetroffen van de global stabilizers en mobilizers (Beneck & Kulig, 2012; Cho et al., 2013; Danneels et al., 2000; Rasouli et al., 2011).

Resultaten motor control

Tabel 6. resultaten motor control

Artikel	Rugpijngroep Man/vrouw	Resultaten Motor control	Controlegroep Man/vrouw	Resultaten Motor control
(Mehta, Cannella, Smith, & Silfies, 2010)	14/16	Toename Onset latency IO/TrA: P = 0,003 105,94 Ms (95% CI 37,82 - 174,05) EO: P = 0,002 84,86 Ms (95% CI 32,34 – 137,39) RA: P = 0,01 97,32ms (95% CI 23,52 – 171,13) sLM: P = 0,001 94,74 ms (95% CI 39,79 – 149,69) Afname cocontractie duur (ms): P = 0,004 Afname burst duur (activatie): IO/TrA: P = 0,009 -72,56ms (95% CI -126,18 - -18,94) EO: P 0,008 -146,30ms (95% CI -252,08 - -40,53) RA: P = 0,008 -136,01ms (95% CI – 235,68 - -36,34) Eerdere deactivatie multifidus: (P < 0,001)	9/21	
(Silfies, Squillante, Maurer, Westcott, & Karduna, 2005)	5/7	Toename spieractivatie: RA: P = 0,0001 EO: P = 0,028 Toename multifidus activiteit met 14% met 5lbs load: (P = 0,016) Afname co contracties Zonder 5lbs IO/RA: P = 0,025 EO/RA: P 0,028 Met 5lbs EO/RA: P = 0,041	4/16	Toename multifidus activiteit met 28% met 5lbs load

* Gegevens van aspecifieke rugpijn groep

* IO = interne obliquus, EO = externe obliquus, TrA = transversus abdominis, RA = rectus abdominis, sLM = superficial Lumbar Multifidus

* lbs: Libra Pounds

* 95%CI: 95% confidence interval

* Onset latency: het tijd verschil tussen de start van de contractie van de rompmusculatuur en de start van de contractie van de deltoideus pars clavicularis, waarbij de EMG activiteit hoger is dan 42ms

* Offset latency: het tijd verschil tussen de start van de contractie van de rompmusculatuur en de start van de contractie van de deltoideus pars clavicularis, waarbij de EMG activiteit lager is dan 42ms

* Burst: Het verschil tussen onset latency en offset latency

Het onderzoek van Mehta et al. (2010) laat zien dat er sprake is van een significante vertraging (onset latency) van de rompmusculatuur is bij patiënten met aspecifieke chronische lage rugklachten. Er is sprake van een significant kortere burst activiteit van de rompmusculatuur. In controlegroep werd de multifidus door middel van het feedforward mechanisme geactiveerd, bij de rugpijngroep was hiervan

geen sprake. Er is sprake van een significant afname in de mate van co-contractie van de synergisten. De multifidus wordt eerder gedeactiveerd dan de abdominale musculatuur.

Het onderzoek van Silfies et al. (2005) laat zien dat er sprake is van een significante toename in de spieractivatie van de rectus abdominis en interne obliquus bij patiënten met rugklachten. Tussen de verschillende rugpijn groepen (ernstige instabiliteit en aspecifieke lage rugklachten) zijn er geen significante verschillen aangetroffen. Bij een externe lading van 5 lbs neemt de multifidus toe in activiteit met 28% bij de controlegroep en met 14% bij de chronische lage rugpijngroep. Er is sprake van een significante afname in de mate van co contracties van de rugpijn groep ten opzichte van de controlegroep (interne obliquus/rectus abdominis ratio: zonder gewicht, externe obliquus/rectus abdominis ratio: zonder gewicht, met 5lbs).

Discussie

Het doel van deze literatuurstudie is het onderzoeken van mogelijke verschillen van de transversus abdominis en multifidus bij patiënten met chronische aspecifieke lage rugklachten ten opzichte van gezonde personen. Daarnaast is ook onderzocht of er afwijkingen zijn waargenomen van de global stabilizers en mobilizers. Tevens is er onderzocht of er sprake is van een motor control impairment.

Uit de resultaten blijkt dat er significante afwijkingen van de CSA van de multifidus zijn aangetroffen op niveau L4 (Hides et al., 2008), L4-L5 (Danneels et al., 2000), L5 (Hides et al., 2008; Wallwork et al., 2009) en L5-S1 (Beneck & Kulig, 2012). Er zijn tegenstrijdige resultaten met betrekking tot de symmetrie van de multifidus (Beneck & Kulig, 2012; Hides et al., 2008; Wallwork et al., 2009). Er zijn tegenstrijdige resultaten met betrekking tot de contractie ratio van de transversus abdominis (Cho et al., 2013; Pulkovski et al., 2012). Er zijn significante afnames aangetroffen van de spierdikte van de transversus abdominis (Kim et al., 2013; Rasouli et al., 2011). Uit de resultaten blijkt dat er geen significante verschillen zijn aangetroffen van de global stabilizers en mobilizers (Beneck & Kulig, 2012; Cho et al., 2013; Danneels et al., 2000; Rasouli et al., 2011). Uit de resultaten blijkt dat er significante verschillen met betrekking tot de motor control van de rugpijngroep ten opzichte van de controlegroep zijn (Mehta et al., 2010; Silfies et al., 2005).

Resultaten multifidus

De metingen naar de CSA van de multifidus zijn in het onderzoek van Beneck & Kulig (2012) uitgevoerd door middel van MRI. De metingen van het onderzoek van Danneels et al. (2000) zijn uitgevoerd door middel van CT. De metingen van de onderzoeken van Hides et al. (2008) en Wallwork et al. (2009) zijn uitgevoerd doormiddel van US. MRI wordt gebruikt als de gouden standaard (Hides et al., 2008; Wallwork et al., 2009). Uit onderzoek blijkt dat CT vergelijkbare resultaten meet als MRI (Mitsiopoulos et al., 1998) en dat er sprake is van een hoge interne validiteit (0,81-0,92) (Danneels et al., 2000). Uit onderzoek blijkt dat US vergelijkbare resultaten meet als MRI (Hides, Richardson, & Jull, 1995).

De segmenten L4-L5 en L5-S1 hebben een afwijkende biomechanica ten opzichte van de overige lumbale segmenten, met name de translatie die gepaard gaat met flexie en extensie van de lumbale wervelkolom (Banton, 2012). Deze afwijkende biomechanica verklaart mogelijk de toename van de CSA van de multifidus per segment van craniaal naar caudaal. De innervatie van de multifidus is uni-segmentaal (Bogduk, Wilson, & Tynan, 1982; Lonnemann, Paris, & Gorniak, 2008), dit geeft een mogelijke verklaring voor de gelokaliseerde atrofie.

Het onderzoek van JA Hides, Richardson, & Jull (1996) suggereert dat er na een episode van acute lage rugpijn afwijkingen zijn aangetroffen van de CSA van de multifidus en dat deze niet spontaan herstelt nadat de patiënt de klachten niet meer ervaart. Het onderzoek van MacDonald, Moseley, &

Hodges (2009) vermeld bovendien dat er een relatie is tussen een dysfunctie van de multifidus en recidiverende rugklachten. Verder suggereert een onderzoek van Julie Hides, Stanton, Mendis, & Sexton (2011) dat er een relatie is tussen de pijnlijke zijde en het vermogen om de multifidus bewust te kunnen aanspannen. Bovendien wordt er vermeld dat er een relatie is tussen een afname van de CSA van de multifidus en de tijdsduur van de symptomen.

Er is onderzoek gedaan naar de validiteit van een classificatie systeem voor chronische aspecifieke lage rugklachten (Dankaerts, O'Sullivan, Straker, Burnett, & Skouen, 2006; Dankaerts & O'Sullivan, 2011; O'Sullivan, 2005). Een van de modellen binnen dit classificatiemodel is het motor control model, dit model verklaart dat er sprake is van een verminderde controle rondom de neutral zone van een gewricht. Controle rondom de neutral zone is een low load activiteit (Comerford & Mottram, 2001a). Verantwoordelijk hiervoor is de musculatuur die met name bestaat uit type I vezels. De multifidus bestaat voornamelijk uit type I vezels (Regev, Kim, Thacker, & Tomiya, 2010) en de transversus abdominis bestaat voor 55-58% uit type I vezels (Häggmark & Thorstensson, 1979). Onderzoek suggereert dat de diepe korte vezels van de multifidus voornamelijk zorgen voor een inter-segmentale beweging terwijl de lange oppervlakkige vezels van de multifidus zorgen voor een globale beweging / controle (Moseley, Hodges, & Gandevia, 2002). Uit het onderzoek van Häggmark, Eriksson, & Jansson (1986) blijkt dat er een sprake is van een afname van type I vezels na letsel of een immobilisatie periode, dit geeft mogelijk een verklaring voor de afname van de multifidus na de eerste episode van acute lage rugklachten (Hides et al., 1996). Een afname van type I vezels heeft als gevolg dat de musculatuur de low load activiteiten minder lang kan volhouden. Dit resulteert in een verminderde actieve controle rondom de neutral zone.

Indien er sprake is van een verminderde actieve controle rondom de neutral zone van een gewricht zal dit mogelijk leiden tot een verhoogde stress op de passieve structuren. Receptoren binnen het kapsel, ligamenten en facetgewrichten geven signalen door aan het neurogene systeem (Panjabi, 1992a). Bij het onvermogen van de local stabilizers om dit te stabiliseren kan dit als gevolg hebben dat er een compensatiemechanisme van de globale musculatuur plaats vindt (Panjabi, 1992a).

Resultaten transversus abdominis

De metingen naar de spierdikte en contractie ratio van de transversus abdominis zijn uitgevoerd doormiddel van US (Cho et al., 2013; Kim et al., 2013; Pulkovski et al., 2012; Rasouli et al., 2011). Uit het onderzoek van McMeeken, Beith, Newham, Milligan, & Critchley (2004) blijkt dat er een relatie bestaat tussen een toename in spierdikte van de transversus abdominis en een toename in EMG activiteit. Uit het onderzoek van Kiesel et al. (2007) blijkt dat US een goed alternatief is voor het meten van de spieractiviteit.

De resultaten uit de onderzoeken van Kim et al. (2013) en Rasouli et al. (2011) laten een significante afname zien van de spierdikte van de transversus abdominis bij de rugpijngroep. Het onderzoek van

Rasouli et al. (2011) meet de procentuele toename van de spierdikte van de transversus abdominis. Dit wordt onderzocht door de proefpersonen plaats te laten nemen op diverse zitoppervlakten (stoel, fysio bal). Uit de resultaten blijkt dat er sprake is van een significante toename in spierdikte van de transversus abdominis bij het plaats nemen op onstabiele oppervlakten. Er is een significant verschil tussen de rugpijngroep en de controlegroep.

Het onderzoek van Cho et al. (2013) laat een significante afname zien van de contractie ratio van de transversus abdominis in staande positie, maar niet in rug lig of zit. Het onderzoek van Kim et al. (2013) laat geen significante verschillen zien van de contractie ratio van de transversus abdominis in rug lig. Ook in het onderzoek van Pulkovski et al. (2012) is er een significante afname te zien van de contractie ratio van de transversus abdominis in rug lig. Echter wanneer er een uitgebreid statistisch model wordt gebruikt dat rekening houdt met extra factoren zoals geslacht, leeftijd, gewicht, lengte, BMI is deze afname niet meer significant (Pulkovski et al., 2012). De aanpassingen met deze extra variabelen past beter bij de data binnen dit onderzoek ($P = 0,0025$). In het onderzoek van Cho et al. (2013) is hier geen rekening mee gehouden. Een mogelijke verklaring voor het verschil van de contractie ratio is de verhoogde activiteit van de transversus abdominis in staande positie (Mew, 2009).

Resultaten motor control

Uit het onderzoek van Mehta et al. (2010) blijkt dat er een gebrek van feedforward van de multifidus is. Er lijkt ook sprake van een verminderde feedforward mechanisme van de transversus abdominis (Tsao, Galea, & Hodges, 2008). Een verminderde feedforward mechanisme gaat gepaard met een afwijkende activatie van de rompmusculatuur ten opzichte van de controlegroep (Tsao et al., 2008). Een onderzoek van Descarreaux et al. (2005) naar het positioneren van de romp blijkt dat de chronische rugpijn groep meer pogingen nodig heeft om de romp weer in de correcte positie te brengen. Daarnaast blijkt uit het onderzoek van Descarreaux et al. (2005) dat de rugpijngroep een significante toename heeft in de bewegingsduur en dat er sprake is van een significante toename van de deceleratiefase van de beweging. Uit het onderzoek van Mehta et al. (2010) blijkt dat er sprake is van een toename van de onset latency. Dit verklaart mogelijk de toename van de bewegingsduur.

De rugpijngroep is uiteindelijk in staat om dezelfde herpositioneringstaken te voltooien (Descarreaux et al., 2005). Een mogelijke verklaring kan een compensatiemechanisme door de globale musculatuur zijn. Het onderzoek van Silfies et al. (2005) toont aan dat er sprake is van een significante toename van de activiteit van de rectus abdominis en externe obliquus. Een soortgelijk verschijnsel zijn de 'aberrant motions' die geassocieerd zijn met lumbale segmentale instabiliteit (O'Sullivan, 2000; Rehorst, 2006).

Uit het onderzoek van MacDonald, Moseley, & Hodges (2009) blijkt dat er bij de rugpijngroep een significant vertraagde EMG activiteit is waargenomen van de korte spiervezels van de multifidus ten

opzichte van de controlegroep. Ook is er een significante vertraging aangetroffen op de pijnlijke zijde ten opzichte van de niet pijnlijke zijde. Bij de lange spiervezels zijn er geen significante verschillen aangetroffen.

Uit het onderzoek van (Hodges, Moseley, Gabrielsson, & Gandevia, 2003) waarbij er gebruikt gemaakt werd van een hypertonische saline injectie die pijn veroorzaakt blijkt dat pijn een negatieve invloed heeft op het feedforward mechanisme ten opzichte van de controlegroep. Uit het onderzoek van Flor, Braun, Elbert, & Birbaumer (1997) blijkt dat er bij chronische rugpijn patiënten sprake is van een corticale reorganisatie en dat de pijngebieden meer naar mediaal verplaatsen op de somatosensorische cortex (Flor et al., 1997). Uit onderzoek blijkt dat er sprake is van een verminderde grijze massa in de prefrontale cortex bij patiënten met chronische lage rugklachten (Apkarian et al., 2004; Tsao et al., 2008). Corticale veranderingen hebben mogelijk een afwijkende motorische functie als gevolg (Boudreau et al., 2010) deze motorische dysfunctie kan ook mogelijk leiden tot een afwijkende feedforward en feedback van de multifidus en transversus abdominis.

Deze literatuurstudie heeft zich met name verdiept in de mogelijke oorzaken voor een afwijking van de multifidus en transversus abdominis bij patiënten met chronische aspecifieke lage rugklachten. In de inleiding is geschreven over een gesuggereerde dysfunctie van de transversus abdominis en multifidus bij chronische aspecifieke lage rugklachten (Bos & van Groenewoud, 2009; Macedo et al., 2009; O'Sullivan, 2000, 2005; Wallwork et al., 2009). De bevindingen van deze literatuurstudie bevestigen de gesuggereerde dysfunctie van de transversus abdominis en multifidus. Uit onderzoeken blijkt dat er na de eerste episode van rugklachten al een afname van de CSA is van de multifidus die niet uit zichzelf verbeterd. Uit diverse onderzoeken van chronische lage rugpijn patiënten blijkt dat er sprake is van een verminderde omvang van de transversus abdominis en multifidus, echter zijn er geen afwijkingen van de globale musculatuur aangetroffen. Ook is er sprake van een afwijkende motor control bij de chronische rugpijn groep. Bij chronische pijnklachten zijn er veranderingen zichtbaar van de somatosensorische cortex en verminderingen van de grijze stof van de prefrontale cortex. Zowel de multifidus als de transversus abdominis bestaan voor een groot gedeelte uit type I spiervezels. Het trainen van stabiliserende musculatuur is vooral gebaat met low load oefeningen (Comerford & Mottram, 2001a). Ook blijkt dat er sprake is van een afgenomen feedforward functionaliteit van de transversus abdominis en multifidus. Low load motor control training vergt meer aandacht en vaardigheden dan krachttraining (Boudreau et al., 2010; Tsao et al., 2008).

Sterke punten van dit onderzoek zijn onder meer de gestructureerde uitwerking van dit onderzoek. Indien mogelijk is er altijd gerefereerd naar de oorspronkelijke artikelen die bepaalde informatie bevatten. Er is gekozen om de meting van de omvang van de multifidus en transversus abdominis te laten plaats vinden doormiddel van medische beeldvorming technieken waarvan blijkt dat deze valide en toepasbaar is. Tevens is er gekeken naar de motor control. Als laatste is er gekeken naar de invloed van chronische klachten met betrekking tot het brein.

Er zijn een aantal zwaktes in deze literatuurstudie. Met betrekking tot het zoeken van geschikte literatuur zijn de zoekstrings opgesteld om alleen te kijken naar de afwijkingen op de transversus abdominis en multifidus met een eventuele motor control impairment. Er is niet gezocht naar overige factoren zoals psychosociale problematiek. Vanwege het onderzoeksdesign zijn de geïncludeerde artikelen niet beoordeeld op hun methodologische kwaliteit waardoor er geen best evidence synthese is opgesteld. Dit heeft als gevolg dat er geen niveau van bewijskracht aan de conclusie van dit onderzoek meegegeven kan worden. Ook waren de populatiegroottes van de geïncludeerde studies kleinschalig of niet evenredig verdeeld (man/vrouw, rugpijngroep / controlegroep). Hierdoor kan er niet gesteld worden dat deze representatief zijn voor de gehele doelgroep. Bovendien gaat het merendeel van de studies over de transversus abdominis of multifidus. Er is beperkte informatie aanwezig met betrekking tot de samenwerking van de transversus abdominis en de multifidus. Als laatste is de gehele datasetselectie en verwerking uitgevoerd door één onderzoeker, dit heeft een mogelijk "bias" als gevolg met betrekking tot het selecteren en verwerken van de artikelen.

Conclusie

Bij de rugpijngroep zijn er significante afnamen van de CSA van de multifidus aangetroffen in vergelijking met de controlegroep. Dit geldt niet voor de globale musculatuur. Tevens zijn er significante afnamen aangetroffen van de spierdikte van de transversus abdominis. Er zijn echter tegenstrijdige resultaten met betrekking tot de contractie ratio van de transversus abdominis, de verschillen worden verklaard door de uitgangshoudingen van de diverse studies. Als laatste zijn er significante verschillen met betrekking tot de motor control van de rugpijngroep. Hierbij valt op dat de feedforward van de multifidus en transversus abdominis afwezig zijn en er een vergrote activiteit aanwezig is van de globale musculatuur.

Aanbevelingen

Na de eerste episode van acute lage rugklachten zijn er verminderingen aangetroffen van de CSA van de multifidus. Zonder specifieke interventie blijkt uit de studie van Hides et al., (1996) dat er geen verbeteringen op treden van de CSA van de multifidus. Het is onduidelijk of een soortgelijk mechanisme ook ontstaat voor de transversus abdominis. Het is aan te bevelen om een vervolgstudie te doen naar de spierdikte en contractie ratio van de transversus abdominis bij acute rugpijn patiënten en het natuurlijke verloop hiervan.

Het ontstaansmechanisme van de gelokaliseerde atrofie van de multifidus is nog niet zeker. Onderzoek suggereert een afwijkende biomechanica van de niveaus L4-L5 en L5-S1 (Banton, 2012) en een uni segmentale innervatie van de multifidus (Bogduk et al., 1982; Lonnemann et al., 2008). Het is aan te bevelen om verder onderzoek te doen naar de ontstaansmechanismen van de gelokaliseerde atrofie van de multifidus.

Het merendeel van de beschikbare onderzoeken bestuderen een afname in functie van de multifidus of transversus abdominis. Het is aan te bevelen om verder onderzoek te doen naar de samenwerking van de multifidus en transversus abdominis.

De contractie ratio van de transversus abdominis wordt met name onderzocht in rug lig of in zit. Uit onderzoek blijkt dat er in stand meer activiteit aanwezig is van de transversus abdominis dan in lig of zit (Mew, 2009). Van de geïnccludeerde artikelen heeft alleen het onderzoek van Cho et al. (2013) onderzoek verricht naar de contractie ratio in stand. Ook blijkt uit het onderzoek van Pulkovski et al. (2012) dat het verschil in contractie ratio niet significant is indien er rekening gehouden wordt met extra factoren zoals geslacht, leeftijd, gewicht, lengte, BMI. Het onderzoek van Cho et al. (2013) heeft deze factoren niet meegenomen. Het is aan te bevelen een vervolgstudie te doen naar de contractie ratio van de transversus abdominis in staande positie, rekening houdend met deze extra factoren.

Uit onderzoek blijkt er een relatie te zijn tussen chronische pijn en reorganisatie van de somatosensorische cortex. Ook blijkt er een verminderde grijze massa in de prefrontale cortex. Het is aan te bevelen om een vervolgonderzoek te doen naar deze factoren bij personen waarbij er sprake is van een significant verminderde CSA van de multifidus en een significant verminderde spierdikte van de transversus abdominis.

Vanwege de omvang van aspecifieke rugklachten onder de bevolking is het aan te bevelen om bij de vervolgstudies een grotere onderzoekspopulatie in te richten.

In samenwerking met Miriam ter Laak is een protocol ontwikkeld voor patiënten met chronische aspecifieke lage rugklachten. Dit protocol is onderbouwd met de data van het onderzoek van Miriam ter Laak en deze literatuurstudie (Bijlage IV).

Literatuur

- Airaksinen, O., Brox, J. I., Cedraschi, C., Hildebrandt, J., Klaber-Moffett, J., Kovacs, F., ... Zanolli, G. (2006). Chapter 4. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 15 Suppl 2, S192–300. doi:10.1007/s00586-006-1072-1
- Apkarian, a V., Sosa, Y., Sonty, S., Levy, R. M., Harden, R. N., Parrish, T. B., & Gitelman, D. R. (2004). Chronic back pain is associated with decreased prefrontal and thalamic gray matter density. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 24(46), 10410–5. doi:10.1523/JNEUROSCI.2541-04.2004
- Banton, R. A. (2012). Biomechanics of the spine. *Journal of The Spinal Research Foundation*, 7(2), 12–20. Retrieved from <http://archsurg.ama-assn.org/cgi/content/abstract/107/3/418>
- Beneck, G. J., & Kulig, K. (2012). Multifidus atrophy is localized and bilateral in active persons with chronic unilateral low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(2), 300–6. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22289241>
- Bogduk, N., Wilson, a S., & Tynan, W. (1982). The human lumbar dorsal rami. *Journal of Anatomy*, 134(Pt 2), 383–97. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1167925&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Bos, C. J., & van Groenewoud, D. J. (2009). Stabiliteitstraining: herstel van een verstoord motorisch programma. *Linnaeus Medisch Journaal*, 17(3), 109–112.
- Boudreau, S. a, Farina, D., & Falla, D. (2010). The role of motor learning and neuroplasticity in designing rehabilitation approaches for musculoskeletal pain disorders. *Manual Therapy*, 15(5), 410–4. doi:10.1016/j.math.2010.05.008
- Chavannes, A., Mens, J., Koes, B., Lubbers, W., Ostelo, R., & Spinnewijn, WEM Kolnaar, B. (2005). NHG-Standaard Aspecifieke lage rugpijn. *Huisarts Wet*;48(3). Retrieved February 12, 2014, from <https://www.nhg.org/standaarden/volledig/nhg-standaard-aspecifieke-lagerugpijn>
- Cho, S.-H., Kim, K. H., Baek, I.-H., & Goo, B.-O. (2013). Comparison of contraction rates of abdominal muscles of chronic low back pain patients in different postures. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(8), 907–9. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3820206&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Comerford, M. J., & Mottram, S. L. (2001a). Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Manual Therapy*, 6(1), 3–14. doi:10.1054/math.2000.0389
- Comerford, M. J., & Mottram, S. L. (2001b). Movement and stability dysfunction--contemporary developments. *Manual Therapy*, 6(1), 15–26. doi:10.1054/math.2000.0388
- Dankaerts, W., & O'Sullivan, P. (2011). The validity of O'Sullivan's classification system (CS) for a sub-group of NS-CLBP with motor control impairment (MCI): overview of a series of studies and review of the literature. *Manual Therapy*, 16(1), 9–14. doi:10.1016/j.math.2010.10.006
- Dankaerts, W., O'Sullivan, P., Straker, L. M., Burnett, a F., & Skouen, J. S. (2006). The inter-examiner reliability of a classification method for non-specific chronic low back pain patients with motor control impairment. *Manual Therapy*, 11(1), 28–39. doi:10.1016/j.math.2005.02.001

- Danneels, L. a, Vanderstraeten, G. G., Cambier, D. C., Witvrouw, E. E., & De Cuyper, H. J. (2000). CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 9(4), 266–72. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3611341&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Descarreaux, M., Blouin, J.-S., & Teasdale, N. (2005). Repositioning accuracy and movement parameters in low back pain subjects and healthy control subjects. *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 14(2), 185–91. doi:10.1007/s00586-004-0833-y
- Flor, H., Braun, C., Elbert, T., & Birbaumer, N. (1997). Extensive reorganization of primary somatosensory cortex in chronic back pain patients. *Neuroscience Letters*, 224(1), 5–8. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9132689>
- Gibbons, S. G. T., & Comerford, M. J. (2001). Strength Versus Stability Part I Strength Versus Stability Part I ; Concept and Terms, (April), 21–27.
- Häggmark, T., Eriksson, E., & Jansson, E. (1986). Muscle fiber type changes in human skeletal muscle after injuries and immobilization. *Orthopedics*, 9(2), 181–185.
- Häggmark, T., & Thorstensson, A. (1979). Fibre types in human abdominal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 107(4), 319–325. doi:10.1111/j.1748-1716.1979.tb06482.x
- Hides, J., Gilmore, C., Stanton, W. R., & Bohlscheid, E. (2008). Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects. *Manual Therapy*, 13(1), 43–9. doi:10.1016/j.math.2006.07.017
- Hides, J., Richardson, C. A., & Jull, G. A. (1995). Magnetic resonance imaging and ultrasonography of the lumbar multifidus muscle. Comparison of two different modalities. *Spine*, 20(1), 54–58. doi:10.1097/00007632-199501000-00010
- Hides, J., Richardson, C., & Jull, G. (1996). Multifidus Muscle Recovery Is Not Automatic After Resolution of Acute, First- Episode Low Back Pain. *Spine*, 21(23), 2763–2769. Retrieved from http://journals.lww.com/spinejournal/Abstract/1996/12010/Multifidus_Muscle_Recovery_Is_Not_Automatic_After.11.aspx
- Hides, J., Stanton, W. R., Mendis, M. D., & Sexton, M. (2011). The relationship of transversus abdominis and lumbar multifidus clinical muscle tests in patients with chronic low back pain. *Manual Therapy*, 16(6), 573–7. doi:10.1016/j.math.2011.05.007
- Hodges, P., Moseley, G. L., Gabrielsson, A., & Gandevia, S. C. (2003). Experimental muscle pain changes feedforward postural responses of the trunk muscles. *Experimental Brain Research*, 151(2), 262–71. doi:10.1007/s00221-003-1457-x
- Kiesel, K. B., Underwood, F. B., Mattacola, C. G., Nitz, A. J., & Malone, T. R. (2007). A comparison of select trunk muscle thickness change between subjects with low back pain classified in the treatment-based classification system and asymptomatic controls. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37(10), 596–607. doi:10.2519/jospt.2007.2574
- Kim, K. H., Cho, S.-H., Goo, B.-O., & Baek, I.-H. (2013). Differences in Transversus Abdominis Muscle Function between Chronic Low Back Pain Patients and Healthy Subjects at Maximum Expiration: Measurement with Real-time Ultrasonography. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(7), 861–3. doi:10.1589/jpts.25.861

- Koes, B., & van Tulder, M. (2013). Hoe vaak komen nek- en rugklachten voor, hoeveel mensen sterven eraan en neemt dit toe of af? *Nationaal Kompas Volksgezondheid*. Retrieved February 12, 2014, from <http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/ziekten-en-aandoeningen/bewegingsstelsel-en-bindweefsel/nek-en-rugklachten/omvang/>
- Kooijman, M. K., Verberne, L. D. M., Barten, J. A., Leemrijse, C. J., Veenhof, C., & Swinkels, I. C. S. (2013). Jaarcijfers 2012 en trendcijfers 2008-2012. *Landelijke Informatievoorziening Paramedische Zorg / Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn*.
- Lambeek, L. C., van Tulder, M., Swinkels, I. C. S., Koppes, L. L. J., Anema, J. R., & van Mechelen, W. (2011). The trend in total cost of back pain in The Netherlands in the period 2002 to 2007. *Spine*, 36(13), 1050–8. doi:10.1097/BRS.0b013e3181e70488
- Lonnemann, M., Paris, S., & Gorniak, G. (2008). A morphological comparison of the human lumbar multifidus by chemical dissection. *Journal of Manual & ...*, 16(4), 84–92. Retrieved from <http://www.maneyonline.com/doi/abs/10.1179/jmt.2008.16.4.84E>
- MacDonald, D., Moseley, G. L., & Hodges, P. (2009). Why do some patients keep hurting their back? Evidence of ongoing back muscle dysfunction during remission from recurrent back pain. *Pain*, 142(3), 183–8. doi:10.1016/j.pain.2008.12.002
- Macedo, L. G., Maher, C. G., Latimer, J., & McAuley, J. H. (2009). Motor control exercise for persistent, nonspecific low back pain: a systematic review. *Physical Therapy*, 89(1), 9–25. doi:10.2522/ptj.20080103
- McMeeken, J. M., Beith, I. D., Newham, D. J., Milligan, P., & Critchley, D. J. (2004). The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 19(4), 337–42. doi:10.1016/j.clinbiomech.2004.01.007
- Mehta, R., Cannella, M., Smith, S. S., & Silfies, S. P. (2010). Altered trunk motor planning in patients with nonspecific low back pain. *Journal of Motor Behavior*, 42(2), 135–44. doi:10.1080/00222891003612789
- Mew, R. (2009). Comparison of changes in abdominal muscle thickness between standing and crook lying during active abdominal hollowing using ultrasound imaging. *Manual Therapy*, 14(6), 690–5. doi:10.1016/j.math.2009.05.003
- Mitsiopoulos, N., Baumgartner, R., Heymsfield, S., Lyons, W., Gallagher, D., & Ross, R. (1998). Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *Journal of Applied ...*, 85, 115–122. Retrieved from <http://www.jappt.org/content/85/1/115.short>
- Moseley, G. L., Hodges, P., & Gandevia, S. C. (2002). Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm movements. *Spine*, 27(2), E29–36. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11805677>
- O'Sullivan, P. (2000). Lumbar segmental “instability”: clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Manual Therapy*, 5(1), 2–12. doi:10.1054/math.1999.0213
- O'Sullivan, P. (2005). Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. *Manual Therapy*, 10(4), 242–55. doi:10.1016/j.math.2005.07.001
- Panjabi, M. M. (1992a). The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of Spinal Disorders*, 5(4), 383–9; discussion 397. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1490034>

- Panjabi, M. M. (1992b). The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *Journal of Spinal Disorders*, 5(4), 390–6; discussion 397. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1490035>
- Picavet, H. (2005). Aspecifieke lage rugklachten: omvang en gevolgen. *Centrum Voor Preventie- En Zorgonderzoek PZO 2005/07*, 1–8.
- Pulkovski, N., Mannion, a F., Caporaso, F., Toma, V., Gubler, D., Helbling, D., & Sprott, H. (2012). Ultrasound assessment of transversus abdominis muscle contraction ratio during abdominal hollowing: a useful tool to distinguish between patients with chronic low back pain and healthy controls? *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 21 Suppl 6, S750–9. doi:10.1007/s00586-011-1707-8
- Rasouli, O., Arab, A. M., Amiri, M., & Jaberzadeh, S. (2011). Ultrasound measurement of deep abdominal muscle activity in sitting positions with different stability levels in subjects with and without chronic low back pain. *Manual Therapy*, 16(4), 388–93. doi:10.1016/j.math.2011.01.009
- Regev, G., Kim, C., Thacker, B., & Tomiya, A. (2010). Regional Myosin Heavy Chains Distribution in Selected Paraspinal Muscles. *Spine*, 35(13), 1265–1270. doi:10.1097/BRS.0b013e3181bfcd98.Regional
- Rehorst, J. (2006). Lumbale Segmentale Instabiliteit Diagnosestelling: Een studie naar herkenbaarheid van symptomen en bruikbare klinische.
- Saanichton Physiotherapy. (2014). Saanichton Physical Therapy Blog. Retrieved February 20, 2014, from <http://www.saanichtonphysio.com/diagnosis-and-treatment-of-low-back-pain/>
- Silfies, S. P., Squillante, D., Maurer, P., Westcott, S., & Karduna, A. R. (2005). Trunk muscle recruitment patterns in specific chronic low back pain populations. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 20(5), 465–73. doi:10.1016/j.clinbiomech.2005.01.007
- Staal, J. B., Hendriks, E. J. M., Heijmans, M., Kiers, H., Lutgers-Boomsma, A. M., Rutten, G., ... Custers, J. W. H. (2013). KNGF-richtlijn lage rugpijn. *Koninklijk Nederlands Genootschap Voor Fysiotherapie (KNGF)*.
- Tsao, H., Galea, M. P., & Hodges, P. (2008). Reorganization of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain : A Journal of Neurology*, 131(Pt 8), 2161–71. doi:10.1093/brain/awn154
- Wallwork, T. L., Stanton, W. R., Freke, M., & Hides, J. (2009). The effect of chronic low back pain on size and contraction of the lumbar multifidus muscle. *Manual Therapy*, 14(5), 496–500. doi:10.1016/j.math.2008.09.006

Bijlagen.

Bijlage I. Zoekstrings.

De volgende zoekstrings zijn gebruikt in PubMed, dat geeft de volgende resultaten.

(chronic[All Fields] AND ("low back pain"[MeSH Terms] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "low back pain"[All Fields])) AND ("Motor Control"[Journal] OR ("motor"[All Fields] AND "control"[All Fields]) OR "motor control"[All Fields]) → Dit geeft 120 hits in PubMed

(chronic[All Fields] AND ("low back pain"[MeSH Terms] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "low back pain"[All Fields])) AND (motor[All Fields] AND impairment[All Fields]) → Dit geeft 36 hits in PubMed

chronic[All Fields] AND ("low back pain"[MeSH Terms] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "low back pain"[All Fields]) AND ("paraspinal muscles"[MeSH Terms] OR ("paraspinal"[All Fields] AND "muscles"[All Fields]) OR "paraspinal muscles"[All Fields] OR "multifidus"[All Fields]) → geeft 144 hits in PubMed

(chronic[All Fields] AND ("low back pain"[MeSH Terms] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "low back pain"[All Fields])) AND (transversus[All Fields] AND abdominis[All Fields]) → geeft 31 hits in PubMed

(chronic[All Fields] AND ("low back pain"[MeSH Terms] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "low back pain"[All Fields]) AND ("paraspinal muscles"[MeSH Terms] OR ("paraspinal"[All Fields] AND "muscles"[All Fields]) OR "paraspinal muscles"[All Fields] OR "multifidus"[All Fields])) AND "cross-sectional area"[All Fields] → geeft 29 hits in PubMed

chronic[All Fields] AND ("low back pain"[MeSH Terms] OR ("low"[All Fields] AND "back"[All Fields] AND "pain"[All Fields]) OR "low back pain"[All Fields]) AND transversus[All Fields] AND abdominis[All Fields] AND thickness[All Fields] → geeft 9 hits in PubMed

De resultaten van de zoekstrings zijn in PubMed gekopieerd naar het Clipboard, daar zijn uiteindelijk 302 initiële hits uit voortgekomen.

Bijlage II. Data extractie tabel.

Auteur, Jaartal	Type artikel	Populatie	Leeftijd	Diagnostisch meetinstrument	Afwijkingen omvang / spierdikte transversus abdominis en multifidus	Afwijkingen omvang / spierdikte global stabilizers / global mobilizers	Resultaten motor control
(Beneck & Kulig, 2012)	Cross-Sectioneel	Chronische lage rugpijn n = 14 (7 vrouw, 7 man), gezonde mensen n = 14 (7 vrouw, 7 man)	Chronische lage rugpijn: 34 ± 5,4 jaar Gezonde mensen: 32,8 ± 6,1 jaar	MRI	Afname multifidus volume L5-S1 met 18,1% (P = 0,026) Geen verschil tussen pijnlijke zijde en niet pijnlijke zijde Multifidus atrofie verklaard door afname spiercompartiment (P = 0,049), niet door toename van niet-spiermassa (P = 0,622) Geen afname multifidus volume L4 (P = 0,789) Afname multifidus volume S2-S3 met 6,8% (P = 0,545) Geen verschil tussen pijnlijke zijde en niet pijnlijke zijde	Afname Erector spinae volume L5-S1 bij patiënten met lage rug klachten met 3,9% (P=0,805)	////////
(Cho et al., 2013)	Case Control	Chronische lage rugpijn n = 17 (8 man, 9 vrouw), gezonde mensen n = 17 (8 man, 9 vrouw)	Chronische lage rugpijn: 34,29 ± 9,51 jaar Gezonde mensen: 29 ± 6,91 jaar	US	Verskil van contractie ratio in staande positie van patiënten met chronische lage rugpijn vs gezonde personen TrA 1,27 ± 0,26 vs 1,75 ± 0,57 (P < 0,05) Liggend: TrA 1,89 ± 0,59 vs 2,04 ± 0,78 (P > 0,05) Zittend: TrA 1,46 ± 0,26 vs 1,69 ± 0,78 (P > 0,05)	Metingen voor de Interne en externe obliquus liggend, zit en staand P > 0,05	////////

Auteur, Jaartal	Type artikel	Populatie	Leeftijd	Diagnostisch meetinstrument	Afwijkingen omvang / spierdikte transversus abdominis en multifidus	Afwijkingen omvang / spierdikte global stabilizers / global mobilizers	Resultaten motor control
(Danneels et al., 2000)	Case Control	Chronische lage rugpijn n = 32 (17 man, 15 vrouw), gezonde mensen n = 23 (13 man, 10 vrouw)	Chronische lage rugpijn: 37,34 ± 9,78 jaar Gezonde mensen: 36,91 ± 10,26 jaar	CT	L4 CSA Multifidus + vet 0,77 ± 0,14 patiënt vs 0,9 ± 0,15 gezond (P = 0,009) CSA Multifidus 0,68 ± 0,13 patiënt vs 0,8 ± 0,15 gezond (P = 0,012)	L4 CSA Paraspinaal + vet 2,46 ± 0,4 patiënt vs 2,72 ± 0,42 gezond (P = 0,048) CSA Paraspinaal 2,01 ± 0,37 patiënt vs 2,26 ± 0,39 gezond (P = 0,036) CSA Erector Spinae: Berekend door Paraspinaal - Multifidus L3 (P = 0,79) L4 Hoog (P = 0,707) L4 Laag = (P = 0,25)	////////
(Hides et al., 2008)	Case-Control (Met retrospectieve audit)	Chronische lage rugpijn n = 50 (23 man, 27 vrouw), gezonde mensen n = 40 (27 man, 13 vrouw)	Chronische lage rugpijn: 46,8 ± 13,2 jaar Gezonde mensen: 28,4 ± 5,7 jaar	US	Multifidus CSA (unilateraal is referentie voor P) ** L2/L3 niet statistisch significant L4 Gezond: 5,43 ± 1,88 (P = 0,001) Bilateraal: 4,07 ± 1,88 (P = 0,065) Unilateraal: 3,40 ± 3,11 L5 Gezond: 6,48 ± 1,72 (P = 0,001) Bilateraal: 3,78 ± 1,73 (P = 0,093) Unilateraal: 3,22 ± 2,84 Multifidus Asymmetrie CSA (percentage tussen zijdes) ** L2/L3 niet statistisch significant	////////	////////

Auteur, Jaartal	Type artikel	Populatie	Leeftijd	Diagnostisch meetinstrument	Afwijkingen omvang / spierdikte transversus abdominis en multifidus	Afwijkingen omvang / spierdikte global stabilizers / global mobilizers	Resultaten motor control
					L4 Gezond: $3,4 \pm 12,0$ ($P = 0,003$) Bilateraal: $5,1 \pm 12,2$ Unilateraal: $11,8, \pm 19,1$ ($P = 0,004$) L5 Gezond: $1,9 \pm 15,2$ ($P = 0,001$) Bilateraal: $10,5 \pm 15,5$ Unilateraal: $17,5, \pm 24,2$ ($P = 0,016$)		
(Kim et al., 2013)	Case Control	Chronische lage rugpijn n = 15 (9 man, 6 vrouw) gezonde mensen n = 15 (9 man, 6 vrouw)	Chronische lage rugpijn: $28,93 \pm 6,35$ jaar Gezonde mensen: $34,8 \pm 10,5$ jaar	US	Dikte TrA (in mm) In rust ($P < 0,05$) Gezond: $1,26 \pm 0,31$ CLBP: $1,10 \pm 0,25$ Maximale expiratie ($P < 0,05$) Gezond: $1,19 \pm 0,30$ CLBP: $1,06 \pm 0,22$ Geen significant verschil in percentage verandering ($P > 0,05$) Gezond: $94,33 \pm 43,21$ CLBP: $81,17 \pm 43,13$	////////	////////
(Mehta et al., 2010)	Case Control	Chronische lage rugpijn n = 30 (14 man, 16 vrouw) gezonde mensen n = 30 (9 man, 21 vrouw)	Chronische lage rugpijn: $41,4 \pm 8$ jaar Gezonde mensen: $39,6 \pm 9,5$ jaar	EMG	////////	////////	Significante vertraging van romp musculatuur (onset latency) van IO ($P = 0,003$), TrA ($P = 0,003$), EO ($P = 0,002$), RA ($P = 0,01$) en multifidus ($P = 0,001$) Bij NSLBP groep Multifidus eerder gedeactiveerd dan abdominale musculatuur ($P < 0,001$) GEEN feedforward van de multifidus bij rugpijn groep. Kortere burst rompmusculatuur

Auteur, Jaartal	Type artikel	Populatie	Leeftijd	Diagnostisch meetinstrument	Afwijkingen omvang / spierdikte transversus abdominis en multifidus	Afwijkingen omvang / spierdikte global stabilizers / global mobilizers	Resultaten motor control
							(P=0,013) 66-70% IO/TrA/sLM 58-59% RA/EO Co-contractie significant lager in NSLBP groep (P < 0,05)
(Pulkovski et al., 2012)	Case control	Chronische lage rugpijn n = 50 (18 man, 32 vrouw) Gezonde mensen n = 50 (18 man, 32 vrouw)	Chronische lage rugpijn: 46,3 ± 12,5 jaar Gezonde mensen: 43,4 ± 13,0 jaar	US	Dikte TrA In rust (P > 0,05) Gezond: 3,8 ± 1,0 CLBP: 4,1 ± 0,9 Abdominal hollowing manoeuvre (P > 0,05) Gezond 5,3 ± 1,1 CLBP: 5,4 ± 1,0 Contractie ratio (P = 0,03) Gezond: 1,44 ± 0,24 CLBP: 1,35 ± 0,14 ** na toevoeging confounding factors P = 0,098	////////	////////
(Rasouli et al., 2011)	Case Control	Lage rugpijn n = 20 (man) Gezond mensen n = 20 (man)	Lage rugpijn: 26,65 ± 3,71 jaar Gezonde mensen: 26,4 ± 3,57 jaar	US	Contractie ratio TrA Stoel/Beide voeten op grond: (P = 0,187) (Mean: 4,83) Gezond: 9,21 ± 6,87 LBP: 4,38 ± 14,55 Bal/Beide voeten op grond: (P = 0,008) (Mean: 10,16) Gezond: 20,74 ± 11,27 LBP: 10,57 ± 10,58 Bal/Voet links opgetild: (P = 0,001)	Geen significante verschillen met IO ratio bij de verschillende posities	////////

Auteur, Jaartal	Type artikel	Populatie	Leeftijd	Diagnostisch meetinstrument	Afwijkingen omvang / spierdikte transversus abdominis en multifidus	Afwijkingen omvang / spierdikte global stabilizers / global mobilizers	Resultaten motor control
					(Mean: 45,72) Gezond: 80,30 ± 27,87 LBP: 34,57 ± 20,65		
(Silfies et al., 2005)	Case Control	Ernstige instabiliteit n = 20 (4 vrouw, 16 man), Chronische aspecifieke rugpijn n = 12 (7 vrouw 5 man), gezonde mensen n = 20 (4 vrouw, 16 man)	Ernstige instabiliteit: 42,9 ± 8,7 jaar Chronische aspecifieke lage rugpijn: 44,3 ± 5,9 jaar Gezonde mensen: 40,6 ± 8,9 jaar	Surface EMG	////////	////////	Spieractivatie RA (P=0,0001) en EO (P=0,028) verhoogd bij Ernstige instabiliteit groep vs control groep. Bij 5 lbs load, toename Multifidus activiteit met 28% bij gezonde groep en 14% bij chronische rugpijn groep (P = 0,016). CLBP groepen significant lager No load: IO/RA ratio (P = 0,025) EO/RA ratio (P = 0,028) 5lbs load: EO/RA ratio (P = 0,041) Geen significant verschil tussen de ernstige instabiliteit groep en aspecifieke rugpijn groep.
(Wallwork et al., 2009)	Cross-Sectioneel	Chronische lage rugpijn n = 17 (8 man, 9 vrouw) gezonde mensen n = 17 (8 man, 9 vrouw)	Chronische lage rugpijn: 41,9 ± 13,7 jaar Gezonde mensen: 33,9 ± 11,2 jaar	US	Significant kleiner CSA multifidus bij rugpijngroep op L5 niveau (P = 0,001) iets groter op L2 niveau (P = 0,047). Grootte multifidus afhankelijk van activiteitsniveau op L3 (P = 0,03) L4 (P = 0,006) en L5 (P = 0,04) Significant lagere volume multifidus L5 (P = 0,02) bij contractie patiëntgroep vs gezonde groep.	////////	////////

Auteur, Jaartal	Type artikel	Populatie	Leeftijd	Diagnostisch meetinstrument	Afwijkingen omvang / spierdikte transversus abdominis en multifidus	Afwijkingen omvang / spierdikte global stabilizers / global mobilizers	Resultaten motor control
					Op elk niveau een asymmetrie ($P < 0,05$) voor beide groepen.		

Bijlage III. Confounding factoren contractie ratio.

De volgende confounding factoren worden meegenomen in het uitgebreide statistische model van (Pulkovski et al., 2012).

	Estimate	95% HPD CI	<i>p</i> value
Intercept	0.176	−2.01; 2.30	0.950
Sex (male vs. female)	0.039	−0.01; 0.09	0.117
Age (per 10 years)	0.016	−0.00; 0.03	0.065
Weight (per 10 kg)	−0.037	−0.19; 0.10	0.550
Height (per 10 cm)	0.023	−0.10; 0.16	0.648
BMI (per 10 units)	−0.026	−0.41; 0.40	0.967
Incontinence (yes vs. no)	0.003	−0.05; 0.06	0.903
Sport (yes vs. no)	0.015	−0.03; 0.05	0.495
Group (cLBP vs. control)	−0.030	−0.07; −0.01	0.098

The estimates show how much the log(TrA ratio) is expected to change if a factor is increased by 1 unit. Example: an increase in weight of 10 kg corresponds to a decrease in the log(TrA ratio) of −0.037

Bijlage IV. Protocol Chronische aspecifieke lage rugklachten.

Protocol MCP

Bij chronische aspecifieke lage rugklachten

Christian Benschop & Miriam ter Laak

30-5-2014

Co-contractie:

- De transversus abdominis en multifidus zijn via de fascia thoracolumbalis met elkaar verbonden en zorgen voor de directe stabiliteit rondom de wervel middels isometrische contracties (Danneels & Vanthillo, 2005).
- Er is een relatie tussen multifidus en transversus abdominis contractie (Hides et al., 2011).
- In het MCP worden de transversus abdominis en multifidus gezamenlijk getraind (O' Sullivan, 2000; Richardson & Jull, 1995)

Afwijkingen transversus abdominis en multifidus:

- Er zijn afwijkingen geconstateerd van de local stabilizers van de wervelkolom (multifidus en transversus abdominis):
 - Er zijn afwijkingen geconstateerd van de multifidus:
 - Er zijn significante afnamen van de cross sectional area van de multifidus op niveaus L4, L4-L5, L5 en L5-S1 (Beneck & Kulig, 2012; Danneels et al., 2000; Hides et al., 2008; Wallwork et al., 2009).
 - *De afwijkingen ontstaan na de eerste episode van acute lage rugpijn en verbeterd niet automatisch* (Hides et al., 1996).
 - *Er is een relatie tussen een dysfunctie van de multifidus en recidiverende rugklachten* (MacDonald et al., 2009).
 - Er zijn afwijkingen geconstateerd van de transversus abdominis:
 - Zijn er significante afnamen van de spierdikte van de transversus abdominis (Kim et al., 2013; Rasouli et al., 2011).
 - Er zijn tegenstrijdige resultaten met betrekking tot de contractie ratio van de transversus abdominis
 - *In lig of zit houding zijn er geen significante afnemen* (Kim et al., 2013; Pulkovski et al., 2012).
 - *Tijdens stand is er een significant verschil van de contractie ratio* (Cho et al., 2013).

Reorganisatie motorische cortex:

- Er zijn significante veranderingen in het centrale zenuwstelsel bij chronische (rug)pijn patiënten:
 - Er is sprake van een corticale reorganisatie van de somatosensorische cortex (Flor et al., 1997).
 - *Somatosensorische cortex: het gebied in de hersenen dat verantwoordelijk is voor de verwerking van sensorische informatie. Opgebouwd doormiddel van een somatotopische kaart / sensorische homunculus, bij het prikkelen van de*

somatosensorische cortex wordt vermeld waar de persoon een bepaalde sensatie voelt (van Cranenburgh, 2009).

- Er is sprake van een afname van de grijze stof massa van de prefrontale cortex en thalamus (Apkarian et al., 2004).
 - *Prefrontale cortex: geassocieerd met het gedrag, echter ook met het uitvoeren in tijd. Ook verantwoordelijke voor het verwerken van informatie (van Cranenburgh, 2009).*
 - *Thalamus: Verwerkt sensorische informatie, stuurt dit door naar de diverse hersengebieden (van Cranenburgh, 2009).*
- Het trainen van een specifieke component van een beweging vereist meer vaardigheden en aandacht dan krachttraining (Boudreau et al., 2010).

Afwijkingen motor control:

- Er zijn significante afwijkingen met betrekking tot de motor control:
 - Verminderde feedforward mechanisme van de transversus abdominis (Tsao et al., 2008).
 - Afwezige feedforward mechanisme van de multifidus (Mehta et al., 2010).
 - *Afwijkende activatie rompmusculatuur (Mehta et al., 2010; Silfies et al., 2005; Tsao et al., 2008).*

Spiervezels:

- Multifidus bestaat voornamelijk uit type I spiervezels (Regev et al., 2010). Transversus abdominis bestaat voor 55-58% uit type I spiervezels (Häggmark & Thorstensson, 1979).
 - Na een letsel of immobilisatie periode is er sprake van een afname van type I vezels (Häggmark et al., 1986).
 - Lokale musculatuur (met type I vezels) trainen door gebruik te maken van low load oefeningen (Comerford & Mottram, 2001a) (Richardson & Jull, 1995).
 - Type I vezels zijn slow twitch vezels met een tonisch karakter die minder zullen toenemen in spiermassa in vergelijking tot type II (de Morree et al., 2006).

Resultaten spierfunctie en pijnvermindering van het MCP in vergelijking tot andere interventies:

- Uit onderzoek blijkt dat het MCP in vergelijking tot manuele therapie en algemene oefentherapie de hoogste resultaten behaalt in het verbeteren van de spierfunctie zoals contraction thickness ratio TrA en/of MF, feedforward en lateral slide TrA (Ferreira et al., 2010; Franca et al., 2012; Akbari et al., 2008; Puntumetakul et al., 2013; Hosseinifar et al., 2013).
- Uit onderzoek blijkt dat het MCP in vergelijking tot manuele therapie, algemene oefentherapie en slingoefeningen de hoogste resultaten behaalt in het verminderen van de spierfunctie (Unsgaard-Tondel et al., 2010; Puntumetakul et al., 2013; Akbari et al., 2008; Franca et al., 2012; Hosseinifar et al., 2013).

- Uit onderzoek zijn aanwijzingen dat het MCP en Graded Activity dezelfde resultaten behalen in de mate van pijnvermindering (Macedo et al., 2009)
 - *Graded activity is een methode die veel wordt gebruikt binnen de chronische pijn. Dat houdt in dat er sub maximale oefeningen worden uitgevoerd, waarbij de pijn niet leidend is. Hierbij wordt tijd-contingent gewerkt. Het gaat hierbij om cardiovasculaire oefeningen, waarbij de patiënt zelf bepaald wanneer hij/zij een niveau verhoogd. Dit is gebaseerd op Operante-conditionering. Positieve bekrachtiging en pijneducatie spelen hierbij een grote rol (Lindstrom et al., 1992).*
- Uit onderzoek zijn aanwijzingen dat de therapeutische verbondenheid, bij aanvang van de interventie, tussen patiënt en therapeut een aspecifieke voorspellende factor is voor de uitkomstmaat pijn (Ferreira et al., 2013).

Invloed psychosociale factoren op aspecifieke CLRP

- Uit onderzoek is matig bewijs dat mentale factoren voorspellend zijn voor de mate van herstel gemeten met de QBPDS (Verkerk et al., 2013)
- Uit onderzoek zijn aanwijzingen dat een bio-psychosociale aanpak zorgt voor een significante pijnafname (Mosely, 2003; Verkerk et al., 2013).
- Uit onderzoek blijkt dat psychosociale factoren ook de oorzaak zou kunnen zijn van pijn en een verminderde motor control (O'Sullivan, 2005).
- Uit een onderzoek van Campbell et al. (2012) blijkt dat psychische factoren voorspellend zijn voor de mate van herstel zoals pijnverwachting, lagere zelf-effectiviteit, na 6 maanden, en de factoren passieve coping en verminderde emotionele representaties, na 5 jaar follow-up.

Het MCP is ingedeeld volgens 3 fases (O'Sullivan, 2000)

- Fase 1: de cognitieve fase (3 – 6 weken)
 - Voornamelijk gericht op geïsoleerde isometrische co-contractie van de transversus abdominis met multifidus met ademcontrole (hierbij is het van belang om geen gebruik te maken van de globale musculatuur).
 - *In deze fase wordt er met name getraind op neuromusculaire controle (de Morree, Jongert, & van der Poel, 2006)*
 - *In deze fase worden de beschadigingen aan de spiervezels hersteld (van den Berg, 2003).*
- Fase 2: de associatieve fase (8 weken – 4 maanden)
 - Voornamelijk gericht op het onderhouden van de geïsoleerde co-contractie van de transversus abdominis en multifidus in “deelpatronen”. Segmentale controle en controle van pijn is zeer belangrijk. De oefeningen worden steeds complexer naarmate de fase vordert.
 - *In deze fase wordt er getraind op neuromusculaire controle (de Morree et al., 2006), dit stabiliseert rond de 20 weken*
 - *In deze fase begint ook de hypertrofie toe te nemen (de Morree et al., 2006), dit stabiliseert rond de 40 weken.*
 - *In deze fase wordt een start gemaakt met het trainen van de globale musculatuur (Comerford & Mottram, 2001a; O'Sullivan, 2000).*
- Fase 3: de autonome fase (t/m 1 jaar)
 - Voornamelijk gericht op functionele activiteiten. In deze fase worden de therapie sessies afgebouwd en zal de patiënt steeds zelfstandiger functioneren.
 - *De turnover ratio van kapsel en ligament weefsel is 300-500 dagen (de Morree, 2009)*
 - *Conversie naar oorspronkelijke hoeveelheid type I spiervezels kan jaren duren (Häggmark et al., 1986).*

Kracht training wordt volgens de Rehaboom opgebouwd (van de Goolberg, 2005).

- Stabiliteit (3-4 series, 10-15 herhalingen, <10% 1RM)
 - Na 6-8 weken verzadigingstendens (van den Berg, 2003).
- Krachtuithoudingsvermogen (3-4 series, 10-40 herhalingen, 20-60% 1RM)
 - Na 6-8 weken verzadigingstendens (van den Berg, 2003).
- Hypertrofie (4-6 series, 8-12 herhalingen, 60-75% 1RM)
 - Na 10-12 weken verzadigingstendens (van den Berg, 2003).

Fase 1: Cognitieve fase (3-6 weken)

Afname klinimetrie VAS – Tampa schaal – QBPDS (Quebeck Pain Disability Scale)

Fysiek

Mobiliserende oefeningen

- knie naar de borst
- roteren knieën
- één been langer maken
- bekken kantelen
- kwispel oefening

Stabiliserende oefeningen

- selectief isometrisch aanspannen TrA en MF zonder activiteit van de globals middels ADIM
- visualisatie van de correcte aanspanning (stabiliteit van de cilinder TrA/MF)
- co-contractie TrA en MF met neutrale lordose stand
- facilitatie technieken
- goede concentratie vereist
- 20-30 % van 1 RM 15 HH 3 series

Verschillende uitgangshoudingen stabiliserende oefeningen

- Handen en knieën stand
- Buiklig en/of ruglig met PBU stabilizer voor feedback
- (het liefst handen en knieën stand en buiklig, omdat de m. rectus abdominis dan het minst wordt aangespannen)

Huiswerk oefeningen

Oefening: 1-2-3-4-7-8-9 van de LowerBackPain App (Herik, 2014).

Mentaal

- Hulpvraag uitvragen en therapiedoelen opstellen samen met de patiënt
- Uitleg anatomie van de rug
- Relaxatieoefeningen bij patiënten die veel spanning ervaren
- Pijneducatie
 - Uitleg basisfysiologie van pijn
 - Uitleg schade, herstel en sensitisatie
 - Gedachten over pijn en beweging bespreken (coping strategieën – zelf-effectiviteit)
 - Bij ernstige irrealistische gedachten of weinig vooruitgang over pijn en beweging wordt er doorverwezen naar een psycholoog / psychosomatische fysiotherapeut
- Uitleg over- en onder belasting (belasting-belastbaarheid model)
 - Grenshantering in fysieke inspanningen / ADL-activiteiten / werk
- Uitleg persoons- en omgevingsfactoren op functies, activiteiten en participatie (ICF model)

N.B. Het mentale gedeelte wordt alleen toegepast als de patiënt hinder ondervindt van bovenstaande factoren of als er een hoge score uit de Tampa schaal komt.

Fase 1 is afgesloten als de patiënt een goede mobiliteit heeft en de lokale spieren selectief kan aanspannen zonder activiteit van de globale spieren en dit 3 x 15 HH kan uitvoeren zonder vermoeidheid. Daarnaast als de patiënt de voorlichting, tips en adviezen adequaat begint toe te passen.

Fase 2: Associatieve fase (8 weken tot 4 maanden)

Evaluatie klinimetrie VAS – Tampa schaal – QBPDS

Fysiek

Stabiliserende oefeningen

- co-contracties uitvoeren van de TrA en MF in situaties/houdingen waarin de patiënten normaal pijn ervaren
- adequate ademhaling
- co-contracties tijdens statische en dynamische oefeningen toepassen

Kracht oefeningen

Het is de bedoeling dat de globale spieren ook worden getraind voor een optimaal herstel van het hele lichaam.

Brug / Bird-dog / Superman	Plank / Side plank ** Kniesteun / Lying leg raise	Lunge / Squat	Paloff press
Stabiliserende fase			
2 sets 10 herhalingen	2 sets 10 herhalingen 10 seconden	2 sets 10 herhalingen	2 sets 10 herhalingen
2 sets 12 herhalingen	2 sets 12 herhalingen 10 seconden	2 sets 12 herhalingen	2 sets 12 herhalingen
2 sets 15 herhalingen	2 sets 15 herhalingen 10 seconden	2 sets 15 herhalingen	2 sets 15 herhalingen
4 sets 10 herhalingen	4 sets 10 herhalingen 10 seconden	4 sets 10 herhalingen	4 sets 10 herhalingen
4 sets 12 herhalingen	4 sets 12 herhalingen 10 seconden	4 sets 12 herhalingen	4 sets 12 herhalingen
4 sets 15 herhalingen	4 sets 15 herhalingen 10 seconden	4 sets 15 herhalingen	4 sets 15 herhalingen
Krachtuithoudingsvermogen fase			
2 sets 20 herhalingen	2 sets 20 herhalingen 15 seconden	2 sets 20 herhalingen 20% 1RM	2 sets 20 herhalingen
2 sets 25 herhalingen	2 sets 25 herhalingen 15 seconden	2 sets 25 herhalingen 25% 1RM	2 sets 25 herhalingen
2 sets 30 herhalingen	2 sets 30 herhalingen 15 seconden	2 sets 30 herhalingen 30% 1RM	2 sets 30 herhalingen
4 sets 20 herhalingen	4 sets 20 herhalingen 20 seconden	4 sets 25 herhalingen 40% 1RM	4 sets 20 herhalingen
4 sets 25 herhalingen	4 sets 25 herhalingen 20 seconden	4 sets 20 herhalingen 50% 1RM	4 sets 25 herhalingen
4 sets 30 herhalingen	4 sets 30 herhalingen 20 seconden	4 sets 15 herhalingen 55% 1RM	4 sets 30 herhalingen

Bruggetje / Bird-dog / Superman

*Krachtuithoudingsvermogen fase ** verzwaard door een pauze moment op het einde van de beweging.*

Plank (hoover) / Side plank ** Kniesteun / Lying leg raise (knee raise bij stabiliserende fase)

*Krachtuithoudingsvermogen fase ** verzwaard door de tijd op te voeren van de beweging (en bij leg raise been uitstrekken)*

Lunge / Squat

Stabiliserende fase (alleen lichaamsgewicht)

*Krachtuithoudingsvermogen fase ** verzwaard door het toevoegen van dumbbells / barbells (aangepast op 1RM van patiënt, percentage 1RM stijgt, herhalingen dalen)*

Paloff press

Stabiliserende fase (armen tot 50% uitgestrekt, lichte theraband)

*Krachtuithoudingsvermogen fase ** verzwaard door de last arm te vergroten door de armen verder uit te strekken, zwaardere weerstandbanden*

Conditionele oefeningen

In fase 2 wordt gestart met conditionele oefeningen volgens de Graded Activity methode. Hierin staat de patiënt centraal om eigen keuzes te maken in de hoeveelheid fysieke training onder begeleiding.

Het doel is dat de patiënt zelf zijn eigen grenzen leert kennen in de hoeveelheid belasting-belastbaarheid. Hierin wordt ook een start gemaakt met de beweeg- en fitnorm.

Voorbeeld

Fietsen / wandelen / cross trainer 3 x per week 10 a 20 min

De volgende beweegnormen zijn opgesteld ("Nederlands Instituut voor Sport & Bewegen," n.d.)

- Jeugdigen (4- 17 jaar): dagelijks minimaal één uur matige intensieve activiteit 5-8 MET, waarvan minimaal twee keer per week kracht, mobiliteit en coördinatioefeningen.
- Volwassenen (18-55 jaar): Minimaal 5 dagen per week minimaal 30 minuten matig intensieve activiteit 4-6,5 MET.
- Ouderen (55+) minimaal 5, bij voorkeur 7 dagen per week matig intensieve activiteit 3-5 MET.

Fitnorm: Minimaal drie keer per week zwaar intensieve activiteiten voor minimaal 20 minuten.

Huiswerk oefeningen

Oefening: 10-11-12-14-15-16-17 van de LowerBackPain App

Mentaal

- Therapiedoelen evalueren en eventueel bijstellen samen met de patiënt
- Relaxatioefeningen bij patiënten die veel spanning ervaren
- Pijneducatie
 - Uitleg basisfysiologie van pijn
 - Uitleg schade, herstel en sensitatie
 - Gedachten over pijn en beweging bespreken (coping strategieën – zelf-effectiviteit)
 - Bij ernstige irreële gedachten of weinig vooruitgang over pijn en beweging wordt er doorverwezen naar een psycholoog / psychosomatische fysiotherapeut
- Uitleg over- en onderbelasting (belasting-belastbaarheid model)
 - Grenshantering in fysieke inspanningen / ADL-activiteiten / werk
- Uitleg persoons- en omgevingsfactoren op functies, activiteiten en participatie (ICF model)
- Uitleg beweeg- en fitnorm

Fase 2 is bereikt als de patiënten de verschillende bewegingen en houdingen in ADL-situaties kan uitvoeren met een lage intensiteit, soepele co-contractie, gecontroleerde ademhaling en een correcte houding. Daarnaast als de patiënt de voorlichting, tips en adviezen in het merendeel van de gevallen adequaat toepast. Tevens als de patiënt leert om zijn eigen grenzen te bewaken tijdens fysieke inspanning.

Fase 3: Automatische fase (t/m 1 jaar)

Evaluatie klinimetrie VAS – Tampa schaal – QBPDS

Fysiek

Stabiliserende oefeningen

- co-contracties uitvoeren in de ADL-situaties
- co-contracties tijdens dynamische taken
- weinig energie en concentratie is nodig om de co-contracties te behouden

Kracht oefeningen

Lunge / Squat	Plank / Side plank / Brug / Bird-Dog	Fietsen / Scharen
Hypertrofie fase		
2 sets 12 herhalingen 60% 1RM	2 sets 12 herhalingen 10 seconden	2 sets 12 herhalingen 10 seconden
2 sets 12 herhalingen 62,5% 1RM	2 sets 12 herhalingen 12 seconden	2 sets 12 herhalingen 12 seconden
2 sets 12 herhalingen 65% 1RM	2 sets 12 herhalingen 15 seconden	2 sets 12 herhalingen 15 seconden
4 sets 12 herhalingen 60% 1RM	4 sets 12 herhalingen 10 seconden	4 sets 12 herhalingen 10 seconden
4 sets 12 herhalingen 62,5% 1RM	4 sets 12 herhalingen 12 seconden	4 sets 12 herhalingen 12 seconden
4 sets 12 herhalingen 65% 1RM	4 sets 12 herhalingen 15 seconden	4 sets 12 herhalingen 15 seconden
2 sets 12 herhalingen 67,5% 1RM	2 sets 12 herhalingen 20 seconden	2 sets 12 herhalingen 20 seconden
2 sets 10 herhalingen 70% % 1RM	2 sets 10 herhalingen 25 seconden	2 sets 10 herhalingen 25 seconden
2 sets 8 herhalingen 75% 1RM	2 sets 8 herhalingen 30 seconden	2 sets 8 herhalingen 30 seconden
4 sets 12 herhalingen 67,5% 1RM	4 sets 12 herhalingen 20 seconden	4 sets 12 herhalingen 20 seconden
4 sets 10 herhalingen 70% % 1RM	4 sets 10 herhalingen 25 seconden	4 sets 10 herhalingen 25 seconden
4 sets 8 herhalingen 75% 1RM	4 sets 8 herhalingen 30 seconden	4 sets 8 herhalingen 30 seconden

Opbouw: Lunge / Squat

*Hypertrofie fase ** toevoegen extern gewicht (barbell, dumbell)*

Opbouw: Plank (hoover) / Side plank (zonder kniesteun) / Brug / Bird-dog

*Hypertrofie fase** bird-dog eventueel halter toevoegen*

Opbouw: Fietsen / scharen

*Hypertrofie fase ** week 1 t/m 6 korte last arm, week 7-12 lange last arm*

Conditionele oefeningen

In fase 3 wordt ook met conditionele oefeningen volgens de Graded Activity methode gewerkt. Hierin wordt toegewerkt om de eigen keuzes zelfstandig te gaan maken in de hoeveelheid fysieke training.

Het doel is dat de patiënt zelfstandig zijn eigen grenzen hanteert in de hoeveelheid belasting-belastbaarheid. Hierin wordt zelfstandig toegewerkt naar de trainingsintensiteit van de beweeg- en fitnorm.

Voorbeeld

Fietsen / wandelen / hardlopen

2 x per week 20 min / 5 x per week 30 min

Huiswerk oefeningen

Oefening: 16-20-21-24-25 van de LowerBackPain App

Mentaal

- Therapiedoelen evalueren en eventueel bijstellen samen met de patiënt
- Relaxatioefeningen bij patiënten die veel spanning ervaren
- Uitleg recidieven – hoe hiermee om te gaan

Fase 3 is afgesloten als de therapiedoelen zijn behaald en de patiënt de lokale spieren selectief kan aanspannen (co-contractie) tijdens statische en dynamische ADL-situaties. Daarnaast als de patiënt het mentale gedeelte zoals de voorlichting over pijneducatie, belasting-belastbaarheid en invloed van persoons- en omgevingsfactoren zelfstandig kan toepassen. Bovendien als de patiënt de opgedane kennis, vaardigheden en attitude bij een terugval/recidief zelfstandig kan hervatten. Tevens als de patiënt fysieke activiteiten zelfstandig uitvoert volgens de beweeg- en/of fitnorm.

(“Metabolic Equivalent of Various Exercises,” 2014)

MET (Metabolic Equivalent) Values of Common Physical Activities Classified as Light, Moderate, or Vigorous Intensity		
Light (< 3 METs)	Moderate (3-6 METs)	VIGOROUS (> 6 METs)
Walking	Walking	Walking, jogging, and running
Walking (slowly) = 2	Walking 3.0 mph = 3	Walking (very, very briskly, 4.5 mph) = 6.3
	Walking (very briskly, 4 mph) = 5	Walking/hiking (moderate pace with grade) = 7
Household and Occupation		Hiking (steep grade with 10-40 lb pack) = 7.5-9
Sitting (at desk, typing, etc.) = 1.5	Household and Occupation	Jogging (5 mph) = 8
Standing (light work, making bed, dishes) = 2-2.5	Cleaning (heavy, washing windows, car) = 3	Jogging (6 mph) = 10
	Sweeping floors, vacuuming, mopping = 3-3.5	Running (7 mph) = 11.5
Leisure Time and Sports	Carpentry = 3.6	
Billiards = 2.5	Carrying/stacking wood = 5.5	Household and Occupation
Boating -- power = 2.5	Mowing lawn (power mower) = 5.5	Shoveling sand, coal, etc. = 7
Croquet = 2.5		Carrying heavy loads (bricks, etc.) = 7.5
Darts = 2.5	Leisure Time and Sports	Heavy farming (baling hay, etc.) = 8
Fishing -- sitting = 2.5	Badminton = recreational = 4.5	Shoveling, digging ditches = 8.5
Playing most musical instruments = 2.0-2.5	Basketball (shooting around) = 4.5	
	Bicycling on flat (light effort, 10-12 mph) = 6	Leisure Time and Sports
	Dancing (ballroom, slow) = 3	Basketball game = 8
	Dancing (ballroom, fast) = 4.5	Bicycling on flat (moderate, 12-14 mph) = 8
	Golf (walking, pulling clubs) = 4.3	Bicycling on flat (fast, 14-16 mph) = 10
	Sailing or windsurfing = 3	Cross-country skiing (slow, 2.5 mph) = 7
	Swimming leisurely = 6	Cross-country skiing (fast, 5-7.9 mph) = 9
	Table tennis = 4	Soccer (casual) = 7
	Tennis (doubles) = 5	Soccer (competitive) = 10
	Volleyball (non-competitive) = 3-4	Swimming (moderate to hard) = 8-11
		Tennis (singles) = 8
		Volleyball (competitive at gym or beach) = 8

Recreated from Ainsworth, B. (2000). Compendium of physical activities: An update of activity codes and MET intensities. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (suppl), S498-S504.

Ontspanningsoefening: Ruglig → voeten optrekken

ruglig, benen lang	voel hoe de benen liggen
trek de tenen naar je toe, houd de voeten zo opgetrokken, adem door 2-3 keer	voel waar je aanspant
stop ermee, laat de voeten los, waar je voelt dat je aanspande, laat het daar los	voel het afnemen van de spanning, adem door en vergelijk hoe de benen liggen
<i>[herhaal dit twee keer]</i>	let elke keer op de plaats waar het aanspannen voelbaar is en wat er gebeurt, dit kan elke keer anders zijn
laat de benen stil liggen	vergelijk hoe de benen liggen, de rug, het bekken
trek de voeten op, houd dit zo, adem door en voel waar de benen aanspannen	let op de onderrug, de buik en het ademen
ontspan de voeten en de benen helemaal	vergelijk de onderrug, het ademen en de buik
herhaal dit twee keer	wat is het verschil in ademen met de benen los en de benen aangespannen?
leg een hand op de buik	volg het ademen
adem rustig in door de neus, blaas zachtjes door de lippen uit, adem weer in door de neus en blaas door de lippen met een `ff'-geluid uit	doe dit 5-6 keer
stop ermee, adem gewoon door de neus in en uit	vergelijk het ademen
nu combineren we deze twee	
adem in door de neus; als de inademing klaar is, wacht even, trek de voeten op, houd de voeten opgetrokken en blaas zachtjes uit; als de uitademing klaar is, ontspan de voeten en benen helemaal, adem rustig in en laat je vullen	alsof je inademt door de benen en voeten los te laten en alsof je uitademt door de voeten op te trekken
adem 2-3 keer gewoon, met de voeten los en combineer opnieuw	herhaal dit zo vaak je wilt
stop ermee	vergelijk rug, adem, stemming, benen
kom zitten en staan	hoe sta je?

Akbari, A., KHorashadizadeh. S., & Abdi, Gholam. (2008). The effect of motor control exercise versus general exercise on lumbar local stabilizing muscle thickness: Randomized controlled trial of patients with chronic low back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, (21), 105-112

Apkarian, a V., Sosa, Y., Sonty, S., Levy, R. M., Harden, R. N., Parrish, T. B., & Gitelman, D. R. (2004). Chronic back pain is associated with decreased prefrontal and thalamic gray matter density. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 24(46), 10410–5.

Beneck, G. J., & Kulig, K. (2012). Multifidus atrophy is localized and bilateral in active persons with chronic unilateral low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(2), 300–6.
Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22289241>

Berg, van, den, F. (2003). *Toegepaste fysiologie deel 3* (pp. 114–177).

Boudreau, S. a, Farina, D., & Falla, D. (2010). The role of motor learning and neuroplasticity in designing rehabilitation approaches for musculoskeletal pain disorders. *Manual Therapy*, 15(5), 410–4.

Cho, S.-H., Kim, K. H., Baek, I.-H., & Goo, B.-O. (2013). Comparison of contraction rates of abdominal muscles of chronic low back pain patients in different postures. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(8), 907–9.

Comerford, M. J., & Mottram, S. L. (2001). Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Manual Therapy*, 6(1), 3–14.

Cranenburgh, van, B. (2009). *Neurowetenschappen deel 1* (p. 332).

Danneels, L. a, Vanderstraeten, G. G., Cambier, D. C., Witvrouw, E. E., & De Cuyper, H. J. (2000). CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 9(4), 266–72.

Danneels, L. & Vanthillo B. (2005). *Oefentherapie bij rugaandoeningen*. Antwerpen: Standaard Uitgeverij.

De Morree, J. (2009). *Dynamiek van het menselijk bindweefsel* (p. 33).

De Morree, J., Jongert, M., & van der Poel, G. (2006). *Inspanningsfysiologie oefentherapie en training* (p. 45).

Ferreira, P. H., et al. (2010). Changes in recruitment of transversus abdominis correlate with disability in people with chronic low back pain. *Sports medicine*, 44,1166-1172.

Ferreira, P. H., et al. (2013). The Therapeutic Alliance Between Clinicians and Patients Predicts Outcome in Chronic Low Back Pain. *Physical Therapy*, 93, 470-478.

Flor, H., Braun, C., Elbert, T., & Birbaumer, N. (1997). Extensive reorganization of primary somatosensory cortex in chronic back pain patients. *Neuroscience Letters*, 224(1), 5–8.

Franca, F.R., Burke, T. N., Caffaro, R. R., Ramos, L. A., & Marques, A. P. (2012). Effects of Muscular Stretching and Segmental Stabilization on Functional Disability and Pain in Patients with Chronic Low Back Pain: A Randomized, Controlled Trial. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, (5), 279-285

Goolberg Van De, T. (2005). *De rehaboom*. Maarssen: Elsevier Gezondheidszorg.

Häggmark, T., Eriksson, E., & Jansson, E. (1986). Muscle fiber type changes in human skeletal muscle after injuries and immobilization. *Orthopedics*, 9(2), 181–185.

Häggmark, T., & Thorstensson, A. (1979). Fibre types in human abdominal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 107(4), 319–325.

Herik van den, L. (2014). CareByApp.

Hides, J., Gilmore, C., Stanton, W. R., & Bohlscheid, E. (2008). Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects. *Manual Therapy*, 13(1), 43–9.

Hides, J., Richardson, C., & Jull, G. (1996). Multifidus Muscle Recovery Is Not Automatic After Resolution of Acute, First-Episode Low Back Pain. *Spine*, 21(23), 2763–2769.

Hides, J., Stanton, W. R., Mendis, M. D., & Sexton, M. (2011). The relationship of transversus abdominis and lumbar multifidus clinical muscle tests in patients with chronic low back pain.

HosseiniFar, M., Akbari, M., Behtash, H., Amiri, M., & Sarrafzadeh, J. (2013). The Effects of Stabilization and McKenzie Exercises on Transverse Abdominis and Multifidus Muscle Thickness, Pain, and Disability: A Randomized Controlled Trial in Nonspecific Chronic Low Back Pain.

Kim, K. H., Cho, S.-H., Goo, B.-O., & Baek, I.-H. (2013). Differences in Transversus Abdominis Muscle Function between Chronic Low Back Pain Patients and Healthy Subjects at Maximum Expiration: Measurement with Real-time Ultrasonography.

- Lindstrom, I., et al. (1992). The effect of graded activity on patients with subacute low back pain: a randomized prospective clinical study with an operant-conditioning behavioral approach. *Physical therapy*, 72, 279-290.
- MacDonald, D., Moseley, G. L., & Hodges, P. (2009). Why do some patients keep hurting their back? Evidence of ongoing back muscle dysfunction during remission from recurrent back pain. *Pain*, 142(3), 183–188.
- Macedo, L.G., et al. (2011). Effect of Motor Control Exercises Versus Graded Activity in Patients With Chronic Nonspecific Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, (92), 363-377.
- Mannion, A. F., Caporaso, F., & Pulkovski, N. (2012). Spine stabilization exercises in the treatment of chronic low back pain: a good clinical outcome is not associated with improved abdominal muscle function. *European Spine*, (21), 1301-1310.
- Mehta, R., Cannella, M., Smith, S. S., & Silfies, S. P. (2010). Altered trunk motor planning in patients with nonspecific low back pain. *Journal of Motor Behavior*, 42(2), 135–44.
- Metabolic Equivalent of Various Exercises. (2014). Retrieved May 30, 2014, from <http://www.physical-fitness-exercises.com/Statistics-On-Physical-Fitness.html>
- Moseley, G. L. (2003). Joining Forces – Combining Cognition-Targeted Motor Control Training with Group or Individual Pain Physiology Education: A Successful Treatment for Chronic Low Back Pain. *The Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 2, 88-94.
- Nederlands Instituut voor Sport & Bewegen. (n.d.). Retrieved May 30, 2014, from <http://www.nisb.nl/weten/normen/beweegnormen.html>
- O’Sullivan, P. (2000). Lumbar segmental “instability”: clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Manual Therapy*, 5(1), 2–12.
- Pulkovski, N., Mannion, A. F., Caporaso, F., Toma, V., Gubler, D., Helbling, D., & Sprott, H. (2012). Ultrasound assessment of transversus abdominis muscle contraction ratio during abdominal hollowing: a useful tool to distinguish between patients with chronic low back pain and healthy controls? *European Spine Journal: Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 21(6), 750–759.
- Rasouli, O., Arab, A. M., Amiri, M., & Jaberzadeh, S. (2011). Ultrasound measurement of deep abdominal muscle activity in sitting positions with different stability levels in subjects with and without chronic low back pain. *Manual Therapy*, 16(4), 388–93. doi:10.1016/j.math.2011.01.009

Regev, G., Kim, C., Thacker, B., & Tomiya, A. (2010). Regional Myosin Heavy Chains Distribution in Selected Paraspinal Muscles. *Spine*, 35(13), 1265–1270.

Silfies, S. P., Squillante, D., Maurer, P., Westcott, S., & Karduna, A. R. (2005). Trunk muscle recruitment patterns in specific chronic low back pain populations. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 20(5), 465–73.

Tsao, H., Galea, M. P., & Hodges, P. (2008). Reorganization of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain : A Journal of Neurology*, 131(8), 2161–71.

Unsgaard-Tondel, M., Fladmark, A. M., Salvesen, O., & Vasseljen, O. (2010). Motor Control Exercises, Sling Exercises, and General Exercises for Patients With Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial With 1-Year Follow-up. *Physical Therapy*, (90), 1426-1440.

Vasseljen, O., & Fladmark, A. M. (2010). Abdominal muscle contraction thickness and function alter specific and general exercises: A randomized controlled trial in chronic low back pain patients. *Manual Therapy*, (15), 482-489.

Verkerk, K., et al. (2013). Prognosis and Course of Disability in Patients With Chronic Nonspecific Low Back Pain: A 5- and 12-Month Follow-up Cohort Study. *Physical Therapy*, 93, 1603-1614.

Wallwork, T. L., Stanton, W. R., Freke, M., & Hides, J. (2009). The effect of chronic low back pain on size and contraction of the lumbar multifidus muscle. *Manual Therapy*, 14(5), 496–500.