

Core-stability tests bij sporters en de relevantie voor professionele dansers

Veronika Gruber

Eindexamenopdracht afdeling fysiotherapie,
Hogeschool Utrecht, 2009

Samenvatting

Inleiding: Het begrip core-stability wordt veelvuldig gebruikt en er zijn aanwijzingen dat er een relatie bestaat tussen core-stability en rugklachten en sportblessures. Het testen van core-stability zou een rol kunnen spelen bij blessurepreventie bij sporters. Met betrekking tot de hoge fysieke belasting en hoge prevalentie van blessures zijn professionele dansers vergelijkbaar met sporters. Voor dansers is echter weinig wetenschappelijke literatuur beschikbaar. Het doel van dit artikel is het evalueren van beschikbare core-stability tests voor sporters en hun relevantie voor professionele dansers.

Vraagstelling: Zijn core-stability tests voor sporters bruikbaar in de fysiotherapeutische praktijk, en zijn deze tests relevant voor professionele dansers?

Methode: De term 'core-stability' wordt gedefinieerd op basis van recente reviews. Zeven core-stability tests voor sporters en gezonde personen, van minimaal acceptabele wetenschappelijke kwaliteit, worden geëvalueerd op betrouwbaarheid, validiteit, en toepasbaarheid in een fysiotherapeutische setting. Tevens wordt de relevantie voor professionele dansers besproken. De gebruikte literatuur is maximaal vijf jaar oud.

Discussie: Kwalitatief goede literatuur over core-stability tests is schaars en klinimetrische gegevens zijn gebrekkig. Het gebruik van de term 'core-stability' is discutabel op basis van uiteenlopende definities. Over de aard van de aangetoonde relatie met blessurepreventie is relatief weinig bekend. Over de functionaliteit van de tests bestaan ernstige twijfels.

Conclusie: 'Core-stability' is onvoldoende gedefinieerd. De onderzochte tests zijn niet betrouwbaar en valide voor alle deelaspecten van core-stability. Een aantal tests zijn wel bruikbaar voor het testen van of neuromusculaire controle of kracht van de romp mits rekening wordt gehouden met de beperkingen van de test. Er zijn aanwijzingen dat de tests van Roussel et al³⁶ relevant zijn voor dansers, meer onderzoek hierover is wenselijk.

Inleiding: Relevantie van core-stability in sport en dans

Core-stability is de afgelopen jaren een populair en veel gebruikt begrip in de fysiotherapie en in de sport. In de literatuur zijn aanwijzingen dat onvoldoende core-stability één van de risicofactoren is voor het oplopen van sportblessures,^{25, 40, 41} en dat core-stability een rol zou kunnen spelen bij het optimaliseren van prestaties.¹⁹ Tussen onvoldoende core-stability en letsel van het ligamentum cruciatum anterius is een relatie is aangetoond.^{40, 41} Ook houden patellofemorale pijn en het iliotibiale frictie syndroom mogelijk verband met onvoldoende core-stability en daaruit resulterende mal-alignement van de onderste extremiteit.²⁵ Evidentie voor prestatieverbetering door core-stability training is zwak,^{19, 39} core-stability training zou echter mogelijk kunnen leiden tot minder blessures en daardoor meer trainingscontinuïteit. Indirect zou hierdoor de prestatie verbeterd kunnen worden.¹⁹

In Nederland ontstaan jaarlijks gemiddeld anderhalf miljoen sportblessures, waarvan 40% medisch wordt behandeld.⁴² Behandeling of preventie van sportblessures is fysiotherapeutisch relevant. Gezien de aangetoonde relatie tussen onvoldoende core-stability en sportblessures zal de fysiotherapeut moeten inschatten of de core-stability 'voldoende of onvoldoende' is. Voor sporters zijn een aantal core-stability tests beschreven,^{14, 27, 28} een gouden standaard ontbreekt echter.¹⁹ Tot op heden is core-stability vooral onderzocht in het kader van lumbale instabiliteit en lage rugpijn, in veel mindere mate voor gezonde personen en sporters. De onderzoekscriteria voor sporters zijn echter anders dan die voor rugpatiënten.³⁰ Bij rugpatiënten ligt de nadruk op low-threshold en relatief langzame bewegingen, bij sporters op low-load én high-load, high-threshold,¹² grotere piekbelastingen en driedimensionale bewegingen.¹⁹ Dit maakt aannemelijk dat de gebruikelijke tests voor rugpatiënten niet geschikt zijn voor sporters, en dat voor het testen van sporters specifieke core-stability tests vereist zijn.

In dit artikel wordt in het bijzonder ingegaan op

core-stability bij professionele dansers. Dit beroep stelt fysiek hoge eisen en is in dat opzicht vergelijkbaar met topsport. Gezien de korte en intensieve carrière van dansers en de hoge prevalentie van blessures is preventie en revalidatie van groot belang. Internationaal raakt tot 95% van de professionele dansers jaarlijks geblesseerd.^{17, 20, 32} Van alle dansblessures zijn volgens Gamboa¹⁷ 90,6% blessures van de onderste extremiteit en 9,4 % van de rug, volgens Nilsson³² is dit respectievelijk 75% en 17%. Op basis van de aangetoonde relatie tussen core-stability en blessures van de rug en de onderste extremiteit^{25, 40, 41} is het aannemelijk dat testen van core-stability van meerwaarde zou kunnen zijn in het kader van blessurepreventie en revalidatie bij dansers. Echter, gestandaardiseerde klinimetrie voor dansers is schaars,¹⁷ en ook een gestandaardiseerde core-stability test voor dansers ontbreekt voor zover bekend bij de auteur van dit artikel. Voor professionele dansers is relatief weinig kwalitatief goed wetenschappelijk onderzoek gedaan,²⁰ mogelijk mede omdat het tot voor kort niet gebruikelijk is geweest om traditionele dans-trainingsprincipes te achtervragen.⁹ Op basis van de vergelijkbaar hoge fysieke belasting van sporters en dansers is daarom in dit artikel gekozen voor het onderzoeken van core-stability tests bij sporters, en wordt vervolgens de vertaalslag gemaakt naar professionele dansers.

De vraagstelling van dit artikel is: Zijn core-stability tests voor sporters bruikbaar in de fysiotherapeutische praktijk, en zijn deze tests relevant voor professionele dansers? Aandacht zal worden besteed aan de definitie van core-stability. Vervolgens worden op basis daarvan zeven core-stability tests voor sporters of gezonde personen geëvalueerd op hun betrouwbaarheid, validiteit en bruikbaarheid in de fysiotherapeutische praktijk en wordt de relevantie van deze tests voor professionele dansers besproken.

Methode

De in dit artikel gehanteerde definitie van core-stability is gebaseerd op core-stability reviews gepubliceerd op *pubmed* tussen januari 2005 en januari 2009. 'Core stability' leidt tot 1802 hits waarvan 134 reviews, die op basis van de titel grotendeels als niet relevant voor fysiotherapie of sport te beoordelen zijn. Om niet relevante literatuur zoals scheikundige artikelen te elimineren is gezocht op 'core stability' in combinatie met fysiotherapeutisch relevante zoektermen (training, exercise). 'Core stability exercise' levert 41 hits op, waarvan 14 reviews. Daarvan zijn op basis van de titel en samenvatting vier potentieel relevant voor dit artikel. 'Core stability training' levert 95 hits op, waarvan 17 reviews. Daarvan zijn 10 relevant, maar twee komen overeen met de zoekresultaten van 'core stability training'. Op basis van titel, abstract en toegankelijkheid, zijn van de in totaal 12 relevante reviews vijf gebruikt voor dit artikel.

Literatuur niet ouder dan vijf jaar is gezocht in de databestanden en databanken *pubmed/medline, picarta,*

Lucas, catalogi van de Universiteit Utrecht en Amsterdam, Vrije Universiteit Amsterdam en de Hogeschool Utrecht, en in referenties van geselecteerde artikelen, waarbij de zoekterm 'core stability' in combinatie met *assessment, measuring, test, evaluation, riskfactor, ballet, dance, injury, risk of risk-assessment* e.a. is gebruikt. De eerste selectie is gemaakt op basis van titel en abstract, bij twijfel op basis van full text. Veel literatuur is gevonden over *core stability training* en over *lumbale stabiliteit* bij rugpatiënten, maar over klinimetrie voor core-stability bij gezonde personen of sporters is weinig literatuur beschikbaar. Aanvullende informatie is gezocht op dezelfde manier en geselecteerd op basis van wetenschappelijke bruikbaarheid en relevantie voor het onderwerp. Naast gegevens uit de literatuur is middels persoonlijke communicatie met de fysio-/manueel therapeut van de medische staf van het *Nederlands Dans Theater* informatie verkregen over gebruikelijke core-stability tests bij professionele dansers in Nederland. Veel literatuur over dansers is van lage 'level of evidence', gepubliceerd in niet-wetenschappelijke (dans-) vaktijdschriften, en daarom niet gebruikt voor dit artikel. De te beoordelen core-stability tests zijn gekozen op basis van vooraf bepaalde inclusiecriteria:

- De test voldoet minimaal gedeeltelijk aan de criteria van de voor dit artikel vastgestelde definitie van core stability, gebaseerd op relevante reviews gepubliceerd tussen 2004 en januari 2009.
- De test is van minimaal redelijke wetenschappelijke kwaliteit en gepubliceerd in gerenommeerde vaktijdschriften tussen 2004 en januari 2009.
- De doelgroep van de test zijn sporters, dansers of gezonde, a-symptomatische personen.
- Het doel van de test is het meten van core-stability of deelaspecten ervan, óf in een klinische setting, óf in het laboratorium, wél of niet gerelateerd aan blessures.

De volgende exclusiecriteria zijn toegepast:

- De voor de test gehanteerde definitie van core-stability komt geheel niet overeen met de in dit artikel vastgestelde definitie.- De test meet core-stability bij patiënten met pijnklachten of bij andere dan de geïncludeerde populaties.

Op basis van de inclusie- en exclusie-criteria zijn de volgende tests geselecteerd:

1. Cowley et al, 2008:¹⁴
Front Abdominal Power (FAPT)
Side Abdominal Power (SAPT)
2. Ladeira et al, 2005:²⁴
Double Leg Lowering Manoeuvre (DLLM), gemeten met dynamometer
3. Leetun et al, 2004:²⁵
Heup abductie en exorotatie kracht, gemeten met *hand held dynamometer*
Straight Leg Lowering Test (SLLT)/ McGill test
Gemodificeerde Beiring- Sorensen test
Sidebridge (SBR)
4. Liemohn et al, 2005:²⁷
Kneeling Arm Raise (KAR)

Quad Arm Raise Parallel (QAR-par)

Quad Arm Raise Perpendicular (QAR-per)

Bridging (BR)

5. Maroy et al, 2008:²⁸

Isometric Double Straight Leg Lowering (DSL) versus isokinetische meting van de rompmusculatuur

6. Roussel et al, 2009:³⁶

Active Straight Leg Raising (ASLR)

Bent Knee Fall Out (BKFO)

Knee Lift Abdominal Test (KLAT)

Standing Bow (SB)

7. Zazulak, 2007:⁴⁰

romp-verplaatsing na plotselinge evenwichtsverstoring, in laboratoriumsetting

De geselecteerde tests worden geëvalueerd op validiteit, betrouwbaarheid, en bruikbaarheid in de klinische praktijk. Bij het evalueren van de validiteit wordt rekening gehouden met de in de definitie beschreven deelaspecten van core-stability. Als in de test een relatie tussen core-stability en blessures wordt beschreven, dan worden sensitiviteit en specificiteit geëvalueerd. De betrouwbaarheid wordt aangegeven als ICC waarden (intraclass correlation coefficient) met 95% betrouwbaarheidsinterval, of met een r-waarde als correlatiemaat. De resultaten worden beschouwd als klinisch significant bij een ICC waarde van minimaal 0.8 of -0.8 en een nauw betrouwbaarheidsinterval, of bij $r \geq 0.80$ en $p \leq 0.05$. Voor het beoordelen van de validiteit wordt de correlatie met de gouden standaard of met andere valide meetinstrumenten gebruikt, uitgedrukt in een correlatie coëfficiënt. Voor het aantonen van een relatie met blessures zijn sensitiviteit en specificiteit van belang, aangegeven in % en significant bij $p \leq 0.05$, of uitgedrukt op basis van odds ratio OR, significant bij $p \leq 0.05$. Onder bruikbaarheid in de klinische praktijk wordt verstaan: fysiotherapeutische toepasbaarheid op basis van praktische en financiële overwegingen. Daarbij wordt ook rekening gehouden met de beschreven standaardisatie van de test.

Resultaten

Definitie van Core Stability

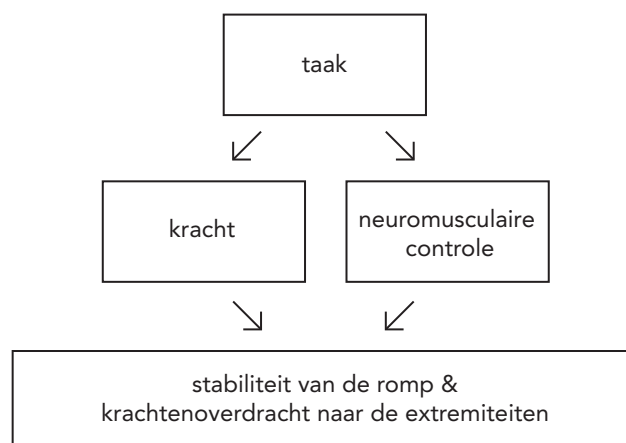
Core-stability is een veel gebruikte term, vaak is de inhoud van dit begrip echter onduidelijk. De term wordt o.a. gebruikt voor lumbale stabilisatie, dynamische stabilisatie, rompstabilisatie, en motor control training.³ Onder 'core' wordt in de literatuur verstaan de gehele rompmusculatuur, vaak inclusief diafragma en bekkenbodem.^{3,8,10,19} bij sporters vaak inclusief heup en schoudermusculatuur omdat hier de mechanische krachtenoverdracht van de romp naar de extremiteiten plaatsvindt.^{3,22,25} Voor sporters is weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan over core-stability, dit in tegenoverstelling tot rugpatiënten.³ Gebaseerd op bevindingen bij patiënten met lage rugklachten met vertraagde respons van de m.transversus abdominus (TrA)³⁵ werd de TrA lange tijd gezien als de

spier die samen met de mm.multifidi een dynamisch stabiliserend 'korset' van de romp zou vormen.²¹ Evidentie voor de sleutelrol van deze spier bij het stabiliseren van de romp is echter zwak. Vertraagde activatie van de TrA bij rugpatiënten zou volgens Allison⁵ te maken hebben met de verminderde rotatiecomponent van het antalgisch bewegingspatroon, en niet met een specifiek motor control probleem van deze spier. Volgens Allison⁴ is de respons van de TrA richtingsspecifiek, asymmetrisch, en unilateraal tijdens rotaties. Dit heeft implicaties voor de rol als bilateraal stabiliserend 'korset' die aan deze spier wordt toegekend.⁴ De beperkte rol van de TrA bij het stabiliseren van de lumbale wervelkolom wordt bevestigd door ander onderzoek.¹⁸ Recente literatuur benadrukt dan ook het belang van co-contractie van verschillende rompspieren zonder nadruk op één specifieke spier.^{3, 10, 16, 22, 29}

In de meeste reviews wordt core-stability omschreven als de bijdrage van de actieve structuren van de romp aan de stabiliteit van de romp, met nadruk op het stabiliseren van de lumbale wervelkolom.^{8, 10, 19} De aspecten kracht en aansturing van de rompmusculatuur worden doorgaans beschreven. Over heup- en schoudermusculatuur, diafragma en bekkenbodem zijn vaak geen duidelijke uitspraken gedaan. Onder 'kracht' wordt vaak krachthuoudingsvermogen verstaan, soms is dit echter niet of onvoldoende gedefinieerd. Een algemeen geaccepteerde definitie ontbreekt. Tabel 1 geeft een overzicht van verschillende definities van core-stability zoals beschreven in recente reviews.

Voor het doen van uitspraken over core-stability is een eenduidige definitie van het begrip van groot belang. Voor dit artikel is de volgende definitie van core-stability gekozen op basis van de meest relevante gegevens uit de literatuur: Core-stability is de taakspecifieke co-contractie van de rompmusculatuur met als doel het handhaven van de functionele stabiliteit van de romp. Voor sporters speelt naast kracht en neuromusculaire controle ook krachtenoverdracht van de romp naar de extremiteiten een rol. Zie afbeelding 1.

Afbeelding 1



Tabel 1:

Definitie van core-stability volgens verschillende auteurs

eerste auteur	romp-musculatuur	krachtenoverdracht via heupen/of schouder musculatuur	bekkenbodem en/of diafragma	musculaire activiteit, kracht	neuro-musculaire sturing, motor control	bijzonderheden
Akuthota, 2004	ja	ja	ja	ja	ja	nadruk op functionaliteit van de stabiliteit
Barr, 2005	ja	ja	ja	ja	ja	nadruk op dynamisch proces
Borghuis, 2008	ja	nee	-	ja	ja	nadruk op sensomotorische controle, recruitment en timing
Hibbs, 2008	ja	ja	ja	ja	ja	'core ability' = strength and stability (kracht en controle)
Smith, 2008	ja	-	-	ja	ja	statische en dynamische stabiliteit

Klinimetrie voor core-stability

Op basis van bovenstaande definitie van core-stability zijn in dit artikel zeven onderzoeken als potentieel relevant bevonden voor het testen van core-stability bij sporters of gezonde personen. Deze artikelen testen minimaal gedeeltelijk core stability zoals omschreven in de definitie. Voor een beschrijving van de testbeweging zie *tabel 2*. Per test ligt de nadruk op verschillende deelaspecten van core-stability. De tests van Cowley et al¹⁴, Liemohn et al²⁷, Maroy et al²⁸ en Leetun et al²⁵ zijn opgezet als 'core-stability test'. In het onderzoek van Ladeira et al²⁴ wordt de test niet specifiek 'core-stability' test genoemd, maar wordt in feite dezelfde test als die van Maroy et al²⁸ onderzocht. Roussel et al³⁶ onderzoeken neuromusculaire controle (*lumbopelvic movement con-*

trol), dit valt onder de in dit artikel gehanteerde definitie van core-stability. Zazulak et al⁴⁰ testen de *core neuromuscular control* en beschrijven deze als factor die gerelateerd is aan core-stability.

Tabel 2 geeft een overzicht van de per test gemeten deelaspecten van core-stability.

De tests tonen overeenkomsten en verschillen:

De onderzoeken van Liemohn et al²⁷, Roussel et al³⁶ en Zazulak et al⁴⁰ zijn gericht op het proprioceptieve aspect van core-stability. De tests van Roussel et al³⁶ en Liemohn et al²⁷ zijn gebaseerd op hetzelfde principe, namelijk het stabiliseren van de romp en de bekkengordel tijdens actieve bewegingen elders in de keten. Liemohn et al²⁷ houden

Tabel 2:

Het gemeten aspect van core-stability, in relatie tot de in dit artikel gedefinieerde deelaspecten van core-stability.

eerste auteur	taak	rompmusculatuur	kracht component, 'core-strength'	neuromusculaire sturing, 'motor control'	krachtenoverdracht van de romp naar de extremiteiten
Cowley, 2008	bal gooien vanuit buikspierkracht	nadruk op ventrale rompmusculatuur	ja	nee	ja
Ladeira, 2005	omlaag brengen van beide benen in ruglig tijdens handhaven van functionele lumbale stabiliteit	ja	nee	ja	nee
Leetun, 2004	krachtmeting van de ventrale, laterale, dorsale rompmusculatuur en van de heupabductoren en exorotatoren	ja	ja	nee	nee
Liemohn, 2005	testbatterij afgeleid van core-stability oefeningen op Stability Platform	ja	niet of nauwelijks	ja	nee
Maroy, 2008	omlaag brengen van beide benen in ruglig versus isokinetisch testen van de rompmusculatuur	ja	ja	nee	nee
Roussel, 2009	testbatterij voor lumbo-pelvic motion control	ja	niet of nauwelijks	ja	nee
Zazulak, 2007	rompverplaatsing na externe verstoring van de stabiliteit, laboratoriumsetting	ja	niet of nauwelijks	ja	nee

rekening met de variabiliteit van het testresultaat op basis van de invloed van het motorisch leerproces. Daarom wordt de test afgenomen over een periode van vier dagen, het gemiddelde van de trials 2-5 op dag drie worden gescoord als testresultaat. Bij Roussel et al³⁶ wordt het motorisch leerproces niet benoemd. Zazulak et al⁴⁰ voeren de test uit in het laboratorium, de test is goed gestandaardiseerd maar door de setting weinig functioneel.

Cowley et al¹⁴ en Leetun et al²⁵ meten het krachtaspect van core-stability. Bij Cowley et al¹⁴ ligt de nadruk op het overdragen van de rompkraacht naar de armen d.m.v. het gooien van een bal via explosieve contractie van de rug- en heupflexoren. Leetun et al²⁵ maken voor de isometrische krachtmeting van romp- en heupspieren gebruik van de gefixeerde posities die gebruikelijk zijn voor het manueel meten van kracht. Hierdoor is de krachtmeting beter gestandaardiseerd maar minder functioneel.

Ladeira et al²⁴ noemen hun test niet 'core-stability test', maar omschrijven de deelaspecten van core-stability zoals bepaald in de definitie van dit artikel. Door Maroy et al²⁸ wordt dezelfde testbeweging wél uitgevoerd als core-stability test. Maroy et al²⁸ en Ladeira et al²⁴ onderzoeken in feite dezelfde test (*DSLL/ SLLM*) maar komen tot verschillende conclusies. Ladeira et al²⁴ tonen aan dat deze test gebruikt kan worden voor het meten van de neuromusculaire controle en beoordeelt de test als niet valide voor het testen van kracht; Maroy et al²⁸ tonen een lage correlatie aan met een krachttest van de rompmusculatuur (isokinetische meting met de *cybex dynamometer* bij 120u/s), maar trekken de conclusie dat deze twee tests elkaar complimenteren.

In de beschreven onderzoeken wordt core-stability gemeten met twee verschillende doelen: het evalueren van de test op zich versus het meten van core-stability in relatie tot blessures. De gegevens over betrouwbaarheid en validiteit zijn heterogeen en ontbreken veelal. De doelstellingen per onderzoek zijn weergegeven in Tabel 3.

Betrouwbaarheid en Validiteit

Gegevens over betrouwbaarheid en validiteit zijn niet voor alle tests bekend. Zie tabel 4.

Bruikbaarheid voor sporters in de klinische setting

In de fysiotherapeutische praktijk zijn naast betrouwbaarheid en validiteit van de klinimetrie ook praktische en financiële overwegingen van belang. Over het laatste is in de literatuur weinig te vinden.

Op basis van de in de literatuur beschreven standaardisatie zijn de tests van Cowley et al¹⁴, Liemohn et al²⁷ en Roussel et al³⁶ goed te reproduceren en eenvoudig uit te voeren. De test van Cowley et al¹⁴ legt de nadruk op kracht, de tests van Liemohn et al²⁷ en Roussel et al³⁶ meten voornamelijk het neuromusculaire deelaspect van core-stability. Aanvullende gegevens van de tests van Roussel et al³⁶ zijn ook gepubliceerd in eerder onderzoek van Roussel et al³⁷. Ladeira et al²⁴ gebruiken een duidelijk protocol, maar over de bruikbaarheid van de test zijn ernstige twijfels gezien de test bij foutieve uitvoering belastend is voor de lage rug. Bovendien is de test bedoeld voor het meten van kracht maar toont een lage correlatie met de *Nicholas Handheld Dynamometer*, de gouden standaard voor krachtmetingen. Het protocol van Leetun et al²⁵ is goed gestandaardiseerd en reproduceerbaar, o.a. door gebruik van gefixeerde houding, maar de tests zijn weinig functioneel en daarom twijfelachtig in het kader van core-stability. Op basis van lage standaardisatie en slechte reproduceerbaarheid is de test van Maroy et al²⁸ als niet bruikbaar te beoordelen. De test van Zazulak et al⁴⁰ is door de laboratoriumsetting niet geschikt voor gebruik in de praktijk.

Core Stability bij professionele dansers

Slechts één artikel (Roussel et al³⁶) onderzoekt lumbopelvicaal motion control specifiek bij dansers en beoordeelt de *Knee Lift Abdominal Test (KLAT)* en de *Standing Bow (SB)*

Tabel 3:
doelstelling per onderzoek

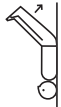
eerste auteur	taakspecifiek test	doel van het onderzoek is het beoordelen van core-stability tests op zich	doel van het testen van core-stability is het aantonen van een relatie met blessures	gegevens beschikbaar over		
				betrouwbaarheid	validiteit als core-stability test	validiteit ten opzichte van blessures
Cowley, 2008	FAPT, SAPT	X	–	X	–	–
Ladeira, 2005	DLLM	X	–	X	X	–
Leetun, 2004	krachtmeting van de romp- en heupmusculatuur	–	X	–	–	X
Liemohn, 2005	KAR, QAR-par, QAR-per, BR	X	–	X	–	–
Maroy, 2008	DSLL (versus isokinetische meting van de rompmusculatuur)	X	–	–	X	–
Roussel, 2009	ASLR, BKFO, KLAT, SB	X	X	X	X	X
Zazulak, 2007	Rompverplaatsing na externe verstoring	–	X	–	–	X

X: ja –: nee

Tabel 4:
betrouwbaarheid en validiteit

eerste auteur	test	uitvoering	testpopulatie	betrouwbaarheid	validiteit: correlatie met gouden standaard	validiteit: specificiteit	Validiteit: sensitiviteit
Cowley, 2008	• FAPT • SAPT	 	• N =24 • jonge vrouwen zonder cardiovasculaire of neuromusculaire aandoening	goede betrouwbaarheid voor krachtcomponent: • FAPT: ICC 0.95 (0.89-0.98), $p \leq 0.05$ • SAPT: ICC 0.93 (0.85-0.97), $p \leq 0.05$ • FAPT: random error 67.5 cm; systematic bias 6.4 cm; SEM 24 cm • SAPT: limits of agreement ratio 36.8%; CV 9.8 % • 3% verbetering per trial is niet relevant, leerproces speelt dus geen rol	–	–	–
Ladeira, 2005	• DLLM		• N=28 (16 mannen, 12 vrouwen) • a-symptomatische gezonde personen zonder musculaire, neurologische, of cardiopulmonale aandoening	• goede betrouwbaarheid: $r = 0.932$ • average ICC 0.955 (0.904-0.979, 95% betrouwbaarheidsinterval) • singel measure ICC 0.914 (0.825-0.959, 95% betrouwbaarheidsinterval); 99% power; $\alpha = 0.05$ • statistisch significant	• niet valide voor krachtmeting: lage correlatie met Nij-cholas hand-held dynamometer (gouden standaard voor krachtmeting): Pearson correlation: $r = -0.338$ tot -0.446; $\alpha = 0.05$ • statistisch significant	–	–
Leetun, 2004	• isometrische heupkracht abductie en exorotatie, • SLIT/ Mc Gill test, • gomod. Beiring-Sorensen test, • SBR basismeting en 1 jaar follow-up per sporter met blessureregistratie	    	• N=140 (80 vrouwen, 60 mannen) • sporters (basketbal, atletiek) • zonder pijnklachten van de romp, rug, of onderste extremiteit	De gebruikte tests zijn gebruikelijk voor manuele krachtmetingen en zijn volgens Leetun et al (2004) in eerdere onderzoeken als betrouwbaar beoordeeld.	• De correlatie tussen de verschillende tests is matig maar significant: • SB heeft goede correlatie met alle andere tests: $r = 0.383/0.44/0.564$, $p < 0.05$ • Kracht van de rugextensoren heeft lage correlatie met de heupkrachtscore: $r = 0.165/0.087$, $p < 0.05$	• verminderde isometrische heupexorotatiekracht is significante risicofactor • OR = 0.86 (0.77-0.97, 95% betrouwbaarheidsinterval), coëfficiënt -0.154, $p = 0.002$, t-statistiek = -3.15 • Testbatterij voorspelt 62.6% van de blessures correct, $p < 0.013$	–
Liemohn, 2005	• KAR • QAR-par • QAR-per • BR	  	• N =16 • gezonde personen zonder orthopedische klachten	• goede betrouwbaarheid bij het testen op 3 dagen met 5 trials per dag, met daarvoor 1 dag trials als oefening, betrouwbaarheid op dag 3 en 4: • KAR: 0.94 • QARpar: 0.93, • QARperp: 0.84 • BR: 0.83 (>80 = goed, >90 = zeer goed) • p = onbekend	–	–	–

Vervolg tabel 4:
betrouwbaarheid en validiteit

eerste auteur	test	uitvoering	testpopulatie	betrouwbaarheid	validiteit: correlatie met gouden standaard	validiteit: specificiteit	Validiteit: sensitiviteit
Maroy, 2008	• DSLR vs isokinetische rompkracht-meting		• N=56 • asymptomatische voetballers	–	• lage correlatie met isokinetische krachttest van de rompspieren (cybex dynamometer) Pearson $r = 0.21085$, $p = 0.026$ / Spearman $r = 0.19476$, $p = 0.04$	–	–
Roussel, 2009	• ASLR • BKFO • KLAT • SB Basismeting en 6 maanden follow-up met blessureregistratie	   	• N = 32 (27 danastudenten (26 vrouwen, 6 mannen) 32 voor uitgebreide studie met meerdere doelen, 27 ter evaluatie van de testbatterij	De tests zijn door Roussel et al in eerder onderzoek (2007) als betrouwbaar beoordeeld • ASLR en BKFO: matige tot goede inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid ICC 0.61-0.91 • KLAT: goede betrouwbaarheid ICC > 0.85 • SB: zeer goede inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid voor gezonde personen Kappa 0.80, $p < 0.001$	• hoge interne consistentie ASLR, BKFO, KLAT voor gezonde personen: Cronbach alfa-coëfficiënt 0.65 $p < 0.01$, alle tests testen movement control • SB en KLAT zijn bruikbaar om lumbopelvic motor control te testen	• KLAT en SB plaatsen 78% van de dansers in de correcte groep: verhoogd risico op blessure vs geen verhoogd risico • $p < 0.05$ • Significant (power 0.90)	–
Zazulak, 2007	• Rompverplaatsing na plotselinge externe verstoring Basismeting en 3 jaar follow-up registratie van knieblessures		• N = 277 (140 vrouwen, 137 mannen) • college sporters • historie zonder knieklachten	–	–	• rompverplaatsing flexie-extensie en lateraal 76% specifiek voor VKB letsel ($p = 0.002$) • rompverplaatsing in 3 richtingen in combinatie met historie van LBP: 68% specifiek voor ligamenteus knieletsel ($p = 0.001$) • voor vrouwen is laterale verplaatsing 100% sensitief voor ligamenteus knie letsel ($p = 0.024$), maar voor mannen niet.	• rompverplaatsing flexie-extensie en lateraal 83% sensitief voor VKB letsel ($p = 0.002$) • rompverplaatsing in 3 richtingen in combinatie met historie van LBP: 91 % sensitief voor ligamenteus knieletsel ($p = 0.001$) • voor vrouwen is laterale verplaatsing 100% sensitief voor ligamenteus knie letsel ($p = 0.024$), maar voor mannen niet.

als betrouwbare meetinstrumenten voor *lumbopelvic movement control*. Volgens deze studie zijn de *KLAT* en de *SB* significante voorspellers van een vergroot risico op musculoskeletale blessures van de onderste extremiteit en klachten van de lumbale wervelkolom bij dansers (zie tabel 4). Op basis van de voor dit artikel gekozen definitie van core-stability vormt *lumbopelvic movement control* een onderdeel van core-stability. In deze tests wordt echter geen rekening gehouden met de kracht-component en functionaliteit van core-stability. Gegevens over betrouwbaarheid en interne consistentie van de testbatterij is onderzocht in ander onderzoek³⁷ en in een niet volledig gepubliceerde pre-trial door dezelfde auteur (zie tabel 4).

Discussie

De vraagstelling van dit artikel wordt negatief beantwoord op basis van de volgende discussiepunten.

Gezien de uiteenlopende en onduidelijke definities van het begrip core-stability, dient de fysiotherapeut zich bij het toepassen van een test bewust te zijn van de gehanteerde definitie. Zelfs bij het inkaderen tot één definitie blijven verschillende deelaspecten van actieve stabilisatie (kracht, neuromusculaire controle, taakspecificiteit) die het testen van core-stability d.m.v. één test onmogelijk lijken te maken. Het is de vraag in hoeverre de term 'core-stability' van meerwaarde is ten opzichte van het benoemen van de afzonderlijke deelaspecten. De term lijkt juist tot verwarring en misverstanden te leiden. In dit artikel is géén test gevonden die valide is voor alle deelaspecten van core-stability. Om de volle lading van de term te dekken zou op zijn minst een testbatterij moeten worden gebruikt met zowel tests voor kracht als voor neuromusculaire sturing in een functionele context. De term 'core-stability test' is dus niet correct voor een test die enkel één aspect van core-stability meet.

Sommige van de beschreven tests zouden relevant kunnen zijn voor het testen van sporters en dansers in de fysiotherapeutische praktijk. Hierbij dient echter rekening te worden gehouden met de beperkingen van de test, te weten gebrekkige gegevens over validiteit en betrouwbaarheid mede door het ontbreken van een gouden standaard, en de onvolledige dekking van het begrip 'core-stability'. Verder moeten de specifieke testbewegingen functioneel relevant zijn voor een bepaalde sport:

- De *FAPT* en de *SAPT* zijn volgens Cowley et al¹⁴ betrouwbaar voor het meten van de krachcomponent van de rompmusculatuur.
- De testbatterij van Liemohn et al²⁷ lijkt betrouwbaar, maar het is niet bekend in hoeverre deze uitkomsten gebaseerd zijn op toeval (p is onbekend). De betrouwbaarheid heeft betrekking op de neuromusculaire component mits uitgevoerd op drie dagen met vijf trials, waarbij de eerste dag en de eerste trial van elke erop volgende dag als oefenperiode wordt gezien. De testscore is het gemiddelde van trial 2-5 van dag drie. De vier-

voetersstand (quadruped) oefening maakt deel uit van deze testbatterij en is in ander onderzoek¹⁸ als geschikt bevonden voor het trainen van de lokale motor control.

- De *DLLM* is volgens Ladeira et al²⁴ zeer betrouwbaar maar niet valide voor het testen van de kracht van de rompmusculatuur door lage correlatie met de gouden standaard. De *DLLM* lijkt door zijn goede betrouwbaarheid wel geschikt voor het in kaart brengen van de neuromusculaire component van core-stability. De nadruk ligt dan op het voorkomen van het kantelen van het bekken (pelvic tilt).
- De *KLAT* en de *SB* zoals beschreven in het onderzoek van Roussel et al³⁶ zijn op basis van zeer goede interbeoordelaarsbetrouwbaarheid bruikbaar voor het testen van de neuromusculaire component van core-stability. Bovendien zijn er aanwijzingen voor een relatie tussen een positieve *KLAT* en *SB* en verhoogde kans op musculoskeletale blessures van de rug of van de onderste extremiteit bij dansers.

Veel tests zijn onderzocht op relatief kleine groepen proefpersonen, waardoor de wetenschappelijke relevantie matig is. Géén van boven genoemde tests meet zowel de kracht als de neuromusculaire component van core-stability. De functionele component is bij alle test beperkt tot één testbeweging of tot maximaal vier bewegingen in de testbatterij van Liemohn et al²⁷ of Roussel et al.³⁶ Leetun et al²⁵ beschrijven vijf tests, maar door de gefixeerde houdingen is de functionaliteit gering.

Het American College of Sports Medicine², een autoriteit op het gebied van sport en geneeskunde, maakt geen uitspraken over core-stability en meldt enkel dat een verband zou kunnen bestaan tussen onvoldoende abdominaal krachthoudingsvermogen en rugklachten. Als test hiervoor wordt de *curl-up/crunch* aanbevolen. In het kader van dit artikel is ook deze test niet valide voor het testen van core-stability en over de functionaliteit en veiligheid van deze test bestaan twijfels.

Taakspecificiteit is een belangrijk aspect van core-stability. Core-stability is een dynamisch proces⁸ waarbij de recrutering van spieren constant veranderd afhankelijk van de taak.²⁹ Hierdoor lijkt het zinvol om functioneel te testen, tijdens een beweging die zoveel mogelijk overeenkomt met de sportspecifieke motoriek en waarbij de deelaspecten van core-stability geïntegreerd moeten worden.²² Daarbij moet niet alleen met de beweging op zich rekening worden gehouden, maar ook met de vereiste dynamiek. Voor sporters zijn er aanwijzingen dat zowel low-load als high-load bewegingen van belang zijn, waarbij de opbouw niet lineair is.¹² Uitkomsten zijn niet generaliseerbaar voor andere dan de geteste taken. Dit maakt het testen van core-stability bij dansers moeilijk gezien de grote diversiteit van bewegingen en dynamiek die kenmerkend zijn voor dans. Verder dient de fysiotherapeut zich ervan bewust te zijn dat het motorisch leerproces mogelijk van invloed is op de testscores en zo een systematische bias kan vormen.

Het begrip 'sporters' is breed en de externe validiteit van de uitkomsten is beperkt. Om binnen de populatie

‘sporters’ voldoende te kunnen specificeren is te weinig literatuur beschikbaar. Door gebrek aan sportspecifiek onderzoek is in dit artikel ook onderzoek bij een gezonde populatie geïnccludeerd, echter wordt ook het begrip ‘gezond’ door de verschillende auteurs van de test verschillende ingevuld (zie *tabel 4*). In tegenstelling tot de gemiddelde populatie is bij sporters sprake van een hoge fysieke belasting, hoge piekbelastingen, explosieve bewegingen en bewegingen in alle anatomische vlakken.²² Echter zijn de sportspecifieke verschillen en de verschillen tussen sporters en dansers groot. Literatuur over professionele dansers is schaars en vaak van lage wetenschappelijke kwaliteit. Voor de relatie tussen stabiliteit en blessures bij dansers is bij de auteur van dit artikel maar één onderzoek van goede wetenschappelijke kwaliteit bekend, namelijk Roussel et al.³⁶ Meer wetenschappelijk onderzoek op dit gebied is wenselijk.

De rol van core-stability in het kader van blessurepreventie bij sporters is door een aantal auteurs onderzocht.^{25, 40, 41} In tegenstelling tot rugpatiënten, waarbij verminderde kracht en controle van de rugextensoren op de voorgrond staan,¹⁵ lijken bij sporters de heupspiers een rol te spelen^{22, 25} en zijn naast krachthoudingsvermogen op lage percentage van de maximale kracht ook grotere a-specifieke krachttontwikkeling van alle rompspiers van belang voor de stabiliteit.¹² Het is aannemelijk dat dit ook geldt voor professionele dansers.

In de literatuur wordt een nauwe relatie beschreven tussen core-stability en proprioceptie en balans.^{6, 8, 15} Zazulak et al.^{40, 41} toont een relatie aan tussen verminderde proprioceptie van de romp en letsel van het bandapparaat van de knie, o.a. letsel van de voorste kruisband (VKB). Proprioceptie van de romp kan op basis van de definitie van core-stability van dit artikel worden gezien als deelaspect van core-stability. In vergelijking met sporters komt letsel van de VKB bij dansers echter relatief weinig voor.²⁶ Liederbach²⁶ oppert de hypothese dat de relatief lage prevalentie van traumatisch knieletsel te maken zou kunnen hebben met de manier van trainen van professionele dansers met veel nadruk op sprongtechniek, en op balans en (indirect) proprioceptie. Met name bij klassiek ballet worden veel bewegingen met de extremiteiten uitgevoerd terwijl de romp wordt gestabiliseerd. Volgens de in dit artikel gehanteerde definitie van core-stability is dit te beschouwen als core-stability training, mits uitgevoerd met de nodige aandacht voor het stabiliseren van romp en bekken zonder compensatoire bewegingen. Dit maakt aannemelijk dat bewegingen uit het bewegingsvocabulair van de (klassieke) dans, waarbij de romp gestabiliseerd moet worden tijdens bewegingen van de extremiteiten, ook gebruikt zouden kunnen worden ter evaluatie van het functionele neuromusculaire aspect van core-stability. De methodiek van een klassiek-ballet training is gestandaardiseerd en bouwt op van langzame, low-threshold, low-load bewegingen (bijvoorbeeld *battement tendu*) naar explosieve, high-threshold, high-load bewegingen met groter bewegingsuitslag (bijvoorbeeld *grand battement sauté*). Hierdoor zou op verschillende belastingsniveaus functio-

neel getest kunnen worden. Voor het testen van core-stability bij dansers zou het correct en zonder compensaties uitvoeren van deze dansbewegingen van meerwaarde kunnen zijn boven een ‘extra’ core-stability test. Het kunnen voorkomen van compensatoire bewegingen in de mechanische keten als screeningstest voor sporters wordt gesteund door de theorieën van Mottram en Comerford.¹² Zij werken met een uitgebreide *matrix-formule* waarmee d.m.v. een tiental testcategorieën de ‘zwakste schakel’ in de motorische keten wordt opgespoord a.h.v. een fail-pass procedure.¹² Ongecontroleerde, compensatoire bewegingen zouden duiden op veranderde neuromusculaire aansturing (motor control). De *movement control* definitie van Comerford/Mottram, namelijk het actief handhaven van een stabiele houding tijdens actieve bewegingen elders in de motorische keten, lijkt relevant voor dansers. Tijdens dansen wordt de stabiliteit nauwelijks verstoord door externe factoren²⁶ maar wel wordt de rompstabiliteit op de proef gesteld door het bewegen van de extremiteiten ten opzichte van de romp of vice versa. De *matrix-formule* lijkt theoretisch redelijk onderbouwd, maar door de uitgebreide testprocedure neemt het testen te veel tijd in beslag.⁴³ Gegevens over standaardisatie, betrouwbaarheid en validiteit van deze procedure ontbreken. Meer wetenschappelijk onderzoek naar de klinimetrische kwaliteit van deze testprocedures en naar een efficiëntere manier van toepassen is wenselijk.

Gezien het feit dat veel dansblessures ontstaan op basis van ‘over-use’¹¹ of overbelasting op lange termijn is de waarde van een eenmalige test beperkt. Ook zijn geen uitspraken mogelijk over de mate waarin een danser de gemeten aspecten van core-stability functioneel toepast in de praktijk. Om functionele core-stability te implementeren valt te denken aan individuele fysiotherapeutische aanbevelingen of aan een vervolgtraject na het testen, eventueel in samenwerking met dansdocenten. Dansers balanceren op de lijn tussen stabiliteit en mobiliteit, maar door artistieke en esthetische eisen lijkt de nadruk vaak te liggen op mobiliteit. Meer aandacht voor de stabiliteit van de bekkengordel en romp tijdens bewegingen van de extremiteiten zou een rol kunnen spelen in het voorkomen van blessures.

Tevens is de rol van core-stability bij blessurepreventie beperkt omdat louter een relatie maar geen causaal verband aangetoond is tussen core-stability en blessures, en omdat ook andere fysieke, psychische en externe factoren gerelateerd zijn aan het oplopen van blessures bij dansers, zoals bijvoorbeeld klachtenhistorie,¹⁷ stress en vermoeidheid,¹⁷ slechte algemene fitness of overtraining,²³ onvoldoende functionele ‘turn-out’ van de heupen,^{13, 31} mentaliteit en beroeps cultuur,¹ psychologische factoren,³³ etc.

Conclusie

‘Core-stability’ is geen eenduidig gedefinieerd begrip. Zelfs bij het inkaderen van het begrip volgens een bepaalde definitie blijft core-stability een complex samenspel

van verschillende factoren: taakspecificiteit, musculaire activiteit van verschillende spieren, neuromusculaire controle en veelal ook overdracht van krachten van proximaal naar distaal. Gezien het complexe samenspel van verschillende factoren tijdens het handhaven van stabiliteit bestaan ernstige twijfels of het gebruik van de term 'core-stability' wenselijk is.

Geen van de in dit artikel onderzochte tests meet alle deelaspecten van core-stability, er is dus geen valide test voor core-stability gevonden. Sommige tests zijn wel als valide en andere als betrouwbaar beschreven, maar dit geldt alleen voor deelaspecten van core-stability en niet voor core-stability als geheel.

Gezien de onduidelijkheden rondom de term 'core-stability' en de gebrekkige wetenschappelijke onderbouwing is terughoudendheid geboden bij het toepassen van deze tests en bij het interpreteren van de uitkomsten.

Literatuur

- 1 Aalton A., *Listening to the dancer's body*, in The Sociological Review, 2007, vol 55 nr 1
- 2 American College of Sports Medicine, *ASM's guidelines for exercise testing and prescription*, 7th edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia/Baltimore, 2006
- 3 Akuthota V., Nadler S.F., *Core strengthening*, in Arch Phys Med Rehabil 2004; 85(3 Suppl 1):S86-92.
- 4 Allison G.T., Morris S., Lay B., *Feedforward Responses of Transversus Abdominis Are Directionally Specific and Act Asymmetrically: Implications for Core Stability Theories*, in J Orthop Sports Phys Ther, 2008 May, 38 (5)
- 5 Allison G.T., Morris S., *Transversus abdominis and Core Stability: has the pendulum swung?*, in British Journal of Sports Medicine, 2008, Nov, Vol.42 issue11:630-31
- 6 Anderson K., Behm D.G., *The impact of instability resistance training on balance and stability*, in Sports Med 2005, 35 (1)
- 7 Aufdemkampe G., van den Berg J., van der Windt D.A.W.M., *Hoe vind ik het?* Bohn Stafleu van Loghum, Houten 2003, tweede herziene druk
- 8 Barr K.P., Griggs M., Cadby T., *Lumbar stabilization: Core concepts and current literature, part 1*, in Am J Phys Med Rehabil 2005, 84:473-480
- 9 Byhring S., Bø K., *Musculoskeletal injuries in the Norwegian National Ballet: a prospective cohort study*, in Scand J Med Sci Sports. 2002 Dec;12(6):365-70.
- 10 Borghuis J., Hof A.L., Lemmerink A.P.M., *The Importance of Sensory-Motor Control in Providing Core Stability, Implications for Measurement and Training*, in Sports Medicine 2008: 38 (11)
- 11 Bronner S., Ojofeitimi S., Rose D., *Injuries in a modern dance company: effect of comprehensive management on injury incidence and time loss*, in Am J Sports Med. 2003 May-Jun;31(3):365-73
- 12 Comerford M., Mottram S., *A New Perspective on Risk Assessment*, in Physiotherapy in Sport, 2008, nr. 9
- 13 Coplan J.A., *Ballet dancer's turnout and its relationship to self-reported injury*, in J Orthop Sports Phys Ther, Volume 32, Number 11, November 2002
- 14 Cowley P.M., Swensen T.C., *Development and reliability of two core stability field test*, in Journal of Strength and Conditioning Research 2008, March, 22 (2): 619-24
- 15 Ebenbichler G.R., Oddson L., Kollmitzer J, et al, *Sensory motor control of the lower back: Implications for rehabilitation*, in Med Sci Sports Exerc 2001, 33:1889-98
- 16 Faries M.D., Greenwood M., *Core training: stabilizing the confusion*, in Strength & Conditioning Journal 2007-04-0129:2, 10(16)
- 17 Gamboa J.M., Roberts L.A., Maring J., Fergus A., *Injury patterns in elite preprofessional ballet dancers and the utility of screening programs to identify risk characteristics*, in Journal of orthopaedic & sports Physical Therapy, march 2008, vol 38 nr 3
- 18 Grenier S.G., McGill S.M., *Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies*, in Archives of physical medicine and rehabilitation, 2007 Jan Volume 88 Issue 1, 54-62
- 19 Hibbs A.E., Thompson K.G., French D., Wrigley A., Spears I., *Optimizing performance by improving core stability and core strength*, in Sports Med. 2008, 38(12): 995-1008
- 20 Hincapié C.A., Morton E.J., Cassidy J.D., *Musculoskeletal injuries and pain in dancers: a systematic review*, in Arch Phys Med Rehabil. 2008 Sep;89(9):1819-29
- 21 Hodges P.W., Richardson C.A., *Contraction of the Abdominal Muscles Associated With Movement of the Lower Limb*, in Physical Therapy, 1997, vol 77, feb nr 2
- 22 Kibler W.B., Press J., Sciascia A., *The Role of Core Stability in Athletic Function*, in Sports Medicine, 2006, 36 (3)
- 23 Koutedakis Y., Jamurtas A., *The dancer as a performing athlete: physiological considerations*, in Sports Med 2004; 34 (10): 651-661
- 24 Ladeira C.E., Hess L.W., Galin B.M., Fradera S., Harkness M.A., *Validation of an abdominal muscle strength test with dynamometry*, in J Strength Cond Res. 2005 Nov;19(4):925-30
- 25 Leetun D.T., Ireland M.L., Willson J.D., Ballantyne B.T., Davis I.M., *Core Stability measures as Risk Factors for Lower Extremity Injury in Athletes*, in Medicine & Science in Sports & Exercise, 2004, vol 36, nr 6
- 26 Liederbach M., Dilgen F.E., Rose D.J., *Incidence of Anterior Cruciate Ligament Injuries Among Elite Ballet and Modern Dancers, A 5-year Prospective Study*, in Am J Sports Med. 2008 Sep;36(9):1779-88.
- 27 Liemohn W.P., Baumgartner T.A., Gagnon L.H., *Measuring Core Stability*, in Journal of Strength and Conditioning Research, 2005, 19 (3): 583-586
- 28 Maroy M., Fieuws S., Peers K., *Pre-season evaluation of core stability in elite football players: isometric double straight leg-lowering test versus isokinetic trunk muscle testing*, in British Journal of Sports Medicine 2008-06-0142:6, 532(1)
- 29 McGill S.M., Grenier S., Kavcic N., Cholewicki J., *Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine*, in Journal of Electromyography and Kinesiology 2003, vol 13, 353-359
- 30 Mironov S.P., Burmakova G.M., *Lumbosacral pain syndrome in sportsmen and ballet-dancers (diagnostic algorithm)*, in Vetn Ross Akad Med Nauk 2008; 8:8-12.

- 31 Negus V., Hopper D., Briffa N.K., *Associations between turnout and lower extremity injuries in classical ballet dancers*, in J Orthop Sports Phys Ther. 2005 May;35(5):307-18
- 32 Nilsson C., Leandrson J., Wykman A., Strender L.E., *The injury panorama in a Swedish professional Ballet company*, in Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2001 Jul;9(4):242-6.
- 33 Noh Y.E., Morris T., Andersen M.B., *Psychological intervention programs for reduction of injury in ballet dancers*, in Res Sports Med. 2007 Jan-Mar;15(1):13-32.
- 34 Panjabi M., *The stabilising system of the spine*, in J Spinal diord 1992, vol 5
- 35 Radebold A., Cholewicki J., Polzhofer G.K., Greene H.S., *Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain*, in Spine 2001-04-01;26(7):724(7)
- 36 Roussel N.A., Nijs J., Mottram S., van Moorsel A., Tuijen S, Stassijns G., *Altered lumbopelvic movement control but not generalized joint hypermobility is associated with increased injury in dancers. A prospective study*, in Manual Therapy 2009, 1-6
- 37 Roussel N.A., Nijs J., Truijen S., Stassijns G., *Low Back Pain: Clinimetric properties of the trendelenburg test, active straight leg raises test, and breathing pattern during active straight leg raising*, in Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 2007, Volume 30, Number 4
- 38 Smith C.E., Nyland J., Caudill P., Brosky J., Caborn D.N.M., *Dynamic Trunk Stabilization: A Conceptual Back Injury Prevention Program for Volleyball Athletes*, in journal of orthopaedic & sports physical therapy 2008, november, volume 38, number 11
- 39 Tse M.A. et al, *Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers*, in J strenght Cond Res 2005, 19 (3)
- 40 Zazulak B.T., Hewett T.E., Reeves N.P, Goldberg B., Cholewicki J., *Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk*, in American Journal of Sports Medicine, 2007, 35
- 41 Zazulak B.T., Hewett T.E., Reeves N.P., Goldberg B., Cholewicki J., *The Effects of Core Proprioception on Knee Injury*, in American Journal of Sports Medicine, 2007, 35
- 42 Website van het Centraal Bureau voor Statistiek, *Rapportage Sport 2006*, www.cbs.nl/NR/rdonlyres/53E1C6AF-7CBB-4FDC-A22B-745224E27F9B/o/2006rapportagesport.pdf/ sociaal en cultureel planbureau, den Haag, juni 2006
- 43 de Boer, B., fysio-/manueel therapeut van het *Nederlands Dans Theater*, persoonlijke communicatie 2009