

De rek en spanning in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat tijdens claviculaire protractie, retractie, elevatie, depressie en rotatie

Definitief verslag literatuurstudie afstudeerproject, gepubliceerd op 9 april 2016 te Utrecht, geschreven door Simon den Hengst (student fysiotherapie aan de Hogeschool Utrecht, studentnummer 1643101, bereikbaar via sdhengst@gmail.com) onder begeleiding van Jaap Jansen en Norman D'Hondt

Summary

This literature review provides an overview of the studies researching the stress and strain in the sternoclavicular capsule during clavicular movements. The research question is: 'In what way do the stress and strain in the sternoclavicular capsule including the costoclavicular ligament develop during protraction, retraction, elevation, depression and rotation of the clavicle'? Answering this question increases the understanding of the relationship between sternoclavicular movements and instability. In practice this can help physical therapists in diagnosing and treating a patient with shoulder complaints or in rehabilitating a patient after a stabilizing surgery at the sternoclavicular joint. To answer the research question, search engines (PubMed and ScienceDirect) have been used to search for biomechanical studies on human cadavers concerning the stress and strain in the sternoclavicular capsule including the costoclavicular ligament. The search process resulted in the inclusion of two studies which differ regarding material, method and methodological quality (assessed using the 'Quality Appraisal for Cadaveric Studies scale'). While the included studies contain qualitative results, the studies do not quantify the stress or strain in the sternoclavicular capsule. Therefore the research question was not answered and hence this literature review has no clinical implications. To increase the clinical relevance of future studies they could focus on the quantification of the strain in the sternoclavicular capsule during various natural movements in the sternoclavicular joint. In case of a biomechanical cadaver study, this may be done by initiating the motion of the shoulder girdle through movements of the upper limb, while measuring the strain in the capsule and measuring the sternoclavicular movements.

Keywords: sternoclavicular joint, capsule, biomechanics, cadaver

Samenvatting

Deze literatuurstudie geeft een overzicht van de onderzoeken die uitgevoerd zijn naar de rek en de spanning in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat tijdens claviculaire bewegingen. De vraagstelling luidt: 'Hoe verloopt de rek en de spanning in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat inclusief het costoclaviculaire ligament tijdens protractie, retractie, elevatie, depressie en rotatie van de clavicula'? Een antwoord op deze vraag geeft inzicht in de relatie tussen sternoclaviculaire bewegingen en instabiliteit. Dit kan fysiotherapeuten helpen bij de diagnose en behandeling in de eerstelijns praktijk of bij de revalidatie na een stabiliserende operatie aan het sternoclaviculaire gewricht. Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is gezocht (via PubMed en ScienceDirect) naar biomechanische studies op menselijke kadavers over de rek en spanning in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat inclusief het costoclaviculaire ligament. Het zoekproces resulteerde in twee geïnccludeerde studies die verschillen qua materiaal, methode en methodologische kwaliteit (beoordeeld via de 'Quality Appraisal for Cadaveric Studies scale'). De studies doen wel kwalitatieve uitspraken maar bevatten geen kwantitatieve resultaten aangaande de spanning of rek in het sternoclaviculaire

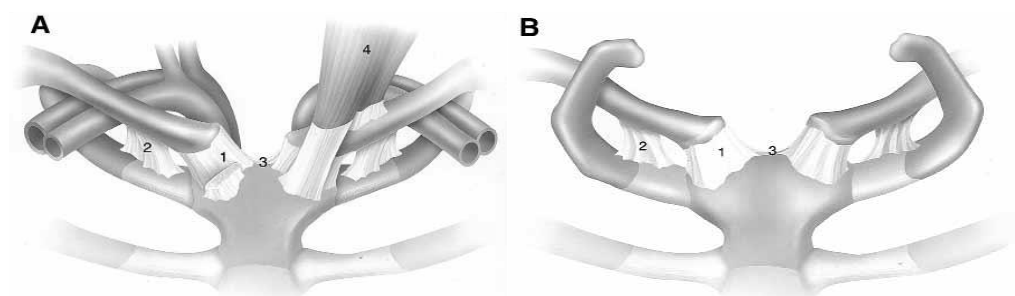
kapselbandapparaat. De onderzoeksvraag van deze studie blijft daarmee onbeantwoord, deze studie heeft dus ook geen implicaties voor het werk in de fysiotherapeutische praktijk. Eventuele toekomstige studies zouden zich kunnen richten op het kwantificeren van de rek in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat tijdens natuurlijke bewegingen in het sternoclaviculaire gewricht. In het geval van een kadaverstudie kan dit gedaan worden door het initiëren van bewegingen van de schoudergordel via de humerus. Daarbij kunnen metingen gedaan worden van de rek in het sternoclaviculaire kapsel en van de bewegingen van de clavicula en het sternum.

Trefwoorden: sternoclaviculair gewricht, kapselbandapparaat, biomechanisch, kadaver

Inleiding

Onder de Nederlandse bevolking komen schouderklachten vaak voor: de puntprevalentie van schouderpijn wordt geschat op 21% (Winters et al., 2008). In een steekproef (Barten, Verberne & Koppes, 2013) onder 2067 patiënten bij verschillende fysiotherapiepraktijken verspreid over Nederland kwam 7,5% van de patiënten met een schouderklacht als gezondheidsprobleem. Voorbeelden van schouderklachten zijn pijn, bewegingsbeperking of krachtsvermindering. Schouderklachten kennen doorgaans een recidiverend beloop en zijn van grote invloed op de kwaliteit van leven, het dagelijks functioneren en ziekteverzuim (Winters et al., 2008). In West-Europa is de zorgconsumptie en het ziekteverzuim ten gevolge van schouderklachten dan ook aanzienlijk (Kuijpers, Van Tulder, Van der Heijden, Bouter & Van der Windt, 2006; Virta, Joranger, Brox & Eriksson, 2012). Op het gebied van ziekteverzuim kan de fysiotherapeut juist ondersteuning bieden voor herstel (Green, Buchbinder & Hetrick, 2003; Abdulla et al., 2015). Een adequate fysiotherapeutische behandeling is daarmee gewenst, zowel vanuit de patiënt als vanuit de maatschappij gezien.

Bij schouderklachten speelt de biomechanica van de schoudergordel een belangrijke rol. De opwaartse rotatie van de scapula is een belangrijke voorwaarde voor de stabiliteit van het glenohumeraal gewricht tijdens bewegingen van de arm (Van Wilgen et al., 2013; Struyf et al., 2013). De mate waarin de rotatie van de scapula plaats kan vinden wordt mede bepaald door het bewegingsverloop van de clavicula (Matsumura et al., 2013). Tijdens glenohumeraal abductie of elevatie beweegt de clavicula t.o.v. het sternum (in het sternoclaviculaire gewricht) normaliter naar 30-45° retractie, 5-20° elevatie en 30-40° opwaartse rotatie (Fung et al., 2001; Sahara, Sugamoto, Murai & Yoshikawa, 2007; Ludewig et al., 2009; Lohman & Zuidgeest, 2011). De sternoclaviculaire ligamenten (zie Figuur 1) en de interarticulaire discus zorgen voor de stabiliteit van het sternoclaviculaire gewricht (Sewell, Al-Hadithy, Le Leu & Lambert, 2013; Schünke, Schulte, Schumacher, Voll & Wesker, 2010; Lohman & Zuidgeest, 2011; Lee et al., 2014).



Figuur 1 | Het sternoclaviculaire gewricht in (A) ventraal en (B) dorsaal aanzicht met (1) de ligg. sternoclaviculaire anterieus en posterius, (2) het lig. costoclaviculaire, (3) het lig. interclaviculaire en (4) de m. sternocleidomastoideus (afbeelding overgenomen uit Spencer et al., 2002).

In de fysiotherapeutische kliniek worden onder andere patiënten gezien met pijn tijdens een (sub)luxatiemechanisme van het sternoclaviculaire gewricht bij het bewegen van de arm, meestal ten gevolge van een trauma (Verhaar & Van Mourik, 2008; Szucs, 2010; Balcik, Monseau & Krantz, 2013; Ngom, Mohamed, Housseine & Ndour, 2014). Over de biomechanische relatie tussen het sternoclaviculaire kapselbandapparaat en de bewegingen van de clavicula (en de schouder) is echter weinig bekend (Szucs, 2010). Inzicht in deze relaties helpt fysiotherapeuten bij het leggen van causale verbanden tussen sternoclaviculaire bewegingen en instabiliteit tijdens het onderzoek en de behandeling. Deze kennis kan ook bijdragen aan de invulling van de revalidatie na een stabiliserende operatie aan het sternoclaviculaire gewricht, zoals het trainen of vermijden van bewegingen die tot sternoclaviculaire (sub)luxaties leiden. Het doel van deze studie is om een overzicht te verkrijgen van de onderzoeken die uitgevoerd zijn naar de rek en spanning in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat tijdens claviculaire bewegingen. De vraagstelling van deze literatuurstudie luidt: 'Hoe verloopt de rek en de spanning in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat inclusief het costoclaviculaire ligament tijdens protractie, retractie, elevatie, depressie en rotatie van de clavicula'?

Methode

Om de vraagstelling van deze studie te beantwoorden is gezocht naar literatuur via de zoekmachines PubMed en ScienceDirect. Hierbij is de volgende combinatie van zoektermen gebruikt: '(cadaver OR observational OR observations) AND (sternoclavicular OR sternocostoclavicular OR clavicle OR clavicular OR costoclavicular) AND (ligament OR ligaments OR capsule OR capsular) AND (function OR functional OR kinematics OR biomechanic OR biomechanics OR mechanic OR mechanics OR restraint OR extensibility OR lengthening OR strain OR stress OR strength OR load OR loading OR physiopathology OR etiology)'. In PubMed is gezocht binnen alle velden inclusief MeSH terms en in ScienceDirect binnen titel en abstract.

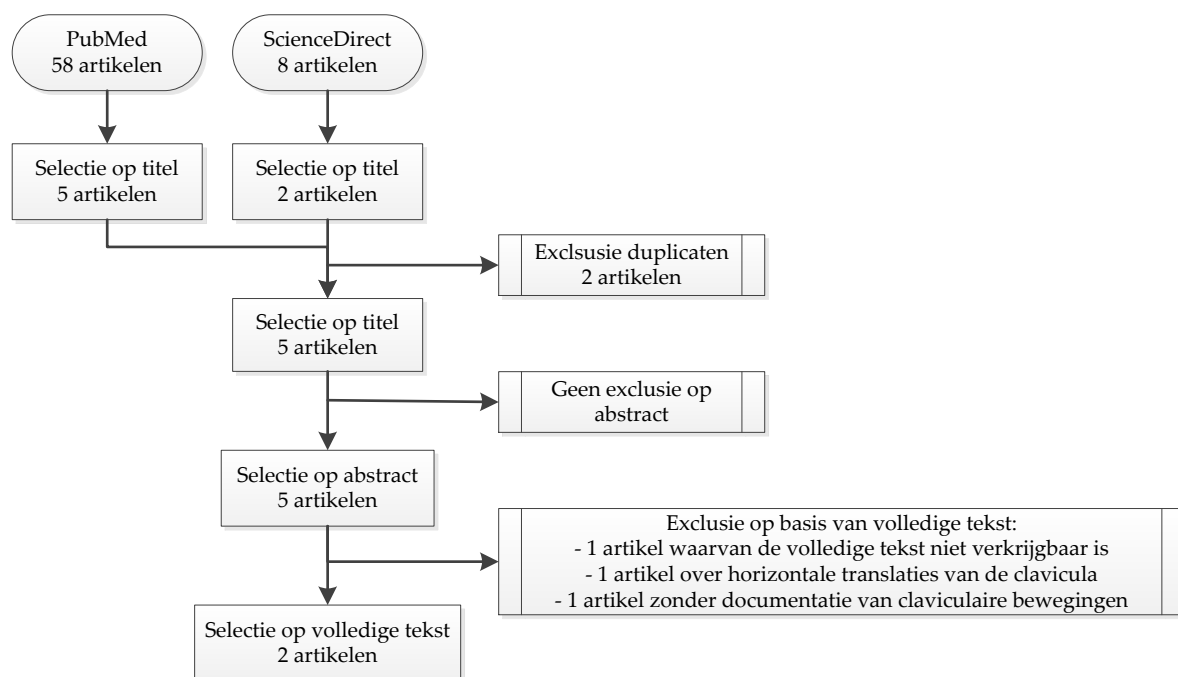
Alleen 'peer-reviewed' publicaties geschreven in de Nederlandse of Engelse taal kwamen in aanmerking voor inclusie. De verdere selectiecriteria zijn allereerst toegepast op basis van de titel, daarna op basis van het abstract en ten slotte op basis van de inhoud van het hele artikel. Daarbij moest het gaan om biomechanische studies bij menselijke kadavers (ongeacht leeftijd) gericht op de rekbaarheid van of spanning in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat inclusief het costoclaviculaire ligament. Exclusiecriteria betroffen studies aangaande artrotische veranderingen, blessures (zoals dislocaties, post-traumatische instabiliteit of kneuzingen), modellen van de schouder, translaties in gewrichten, anatomische studies en chirurgische ingrepen (zoals resecties of reconstructies).

De QUACS-schaal ('Quality Appraisal for Cadaveric Studies scale') is gebruikt om de methodologische kwaliteit te beoordelen (Wilke et al, 2015), zie bijlage 1. Hoewel de schaal ontworpen is voor observationele anatomische dissectie studies, kan deze ook gebruikt worden voor biomechanische studies (Wilke et al., 2015). Elk geïnccludeerd artikel is beoordeeld aan de hand van de QUACS-schaal door de auteur van dit verslag.

Resultaten

De zoekopdracht resulteerde via PubMed in 58 artikelen en via ScienceDirect in acht artikelen (zie Figuur 2). Na selectie op titel, exclusie van duplicaten en selectie op abstract bleven er in totaal vijf

artikelen over. Na het lezen van de volledige tekst werden vervolgens drie van de vijf artikelen geëxcludeerd. Van het eerste artikel (Koh, Cavanaugh, Leach & Rouhana, 2004) was de volledige tekst niet op tijd beschikbaar, ook niet via het loket van de bibliotheek van de Hogeschool Utrecht. Het tweede artikel (Spencer et al., 2002) gaat over translaties van de clavicula in het sternoclaviculaire gewricht en daarmee niet over de claviculaire bewegingen die benoemd zijn in de vraagstelling van deze literatuurstudie. Het derde artikel (Tubbs et al., 2009) beschrijft hoe de bewegingen van de humerus invloed hebben op de spanning in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat zonder documentatie van de claviculaire bewegingen. Aangezien de vraagstelling van deze studie draait om deze claviculaire bewegingen is ook deze studie geëxcludeerd. Uiteindelijk zijn twee studies geïncludeerd (Bearn, 1967; Negri et al., 2014).



Figuur 2 | Stroomdiagram van het doorlopen zoekproces

Methodologische kwaliteit van de geïncludeerde studies

Tabel 1 vermeldt de scores van de methodologische kwaliteit van de studies, beoordeeld aan de hand van de QUACS-schaal (Wilke et al., 2015). In bijlage 1 staat een overzicht van de scores van de artikelen op de verschillende criteria. Het artikel van Bearn (1967) ontbeert een duidelijke structuur en geeft geen duidelijke informatie over de gebruikte kadavers, de methode, de onderzoeker(s), de frequentie van waarnemingen en de beperkingen van de bevindingen. De studie van Negri et al. (2014) geeft voldoende informatie over de methode, de toestand van de kadavers, de resultaten, de klinische implicaties en de beperkingen van de studie. De studie geeft geen informatie over de hypothese, de onderzoeker(s) en de leeftijd van de kadavers. In beide geïncludeerde studies is geen verdere statistiek toegepast op de waarnemingen.

Tabel 1 | Procentuele scores van de geïncludeerde studies op de QUACS-schaal voor methodologische kwaliteit (zie bijlage 1 voor een toelichting van de QUACS-schaal en de opbouw van de scores)

Artikel	Procentuele score op de QUACS-schaal
Bearn (1967)	25%
Negri et al. (2014)	58%

Onderzoeksdoelen en onderzoeksmethodes van de geïncludeerde studies

De twee geïncludeerde studies kennen verschillende onderzoeksdoelen en onderzoeksmethodes. Het doel van de studie van Bearn (1967) is om te onderzoeken welke ligamenten van het sternoclaviculaire gewricht onder spanning komen te staan (en een beweging begrenzen) tijdens verschillende posities en bewegingen van de clavicula. In de studie zijn tien sternoclaviculaire gewrichten (zonder spieren, bestaande uit het manubrium sterni, de bovenste helft van het sternum, beide clavicula's en beide eerste ribben) gefixeerd op een houten blok via schroeven. Deze proefstukken zijn onderzocht door kracht uit te oefenen op de clavicula zodanig dat bepaalde bewegingen van de clavicula werden uitgelokt, zowel manueel als via een gewicht. Daarbij is het rekken en bezwijken van ligamenten geobserveerd en gedocumenteerd. Het doel van de studie van Negri et al. (2014) is om te bepalen welke ligamenten van het sternoclaviculaire gewricht het eerst bezwijken tijdens verschillende bewegingen van de clavicula. In de studie zijn 48 sternoclaviculaire gewrichten onderzocht (zonder spieren, bestaande uit het bovenste deel van het sternum, de eerste rib en de clavicula), afkomstig van 24 vers-gevroren kadavers van volwassenen (zonder geschiedenis met trauma's of disfunctionaliteit van het sternoclaviculaire gewricht). Tijdens het onderzoek werden, door middel van een mechanische testopstelling, krachten uitgeoefend op het sternoclaviculaire kapselbandapparaat richting claviculaire protractie (twaalf proefstukken), retractie (twaalf proefstukken), elevatie (twaalf proefstukken) en depressie (twaalf proefstukken). Daarbij zijn zowel de krachten in het mechanische apparaat en de geobserveerde volgorde van het bezwijken van ligamenten gedocumenteerd.

Resultaten van de geïncludeerde studies

Een overzicht van de relevante resultaten van de geïncludeerde studies is weergegeven in Tabel 2. In de studie van Bearn (1967) zijn te weinig kwantitatieve resultaten beschreven om deze kwantitatief te verwerken. De studie van Negri et al. (2014) kwantificeert wel krachten en krachtmomenten in de mechanische testopstelling maar niet in het kapselbandapparaat zelf, vandaar dat dat deel van de resultaten hier niet gepresenteerd wordt. Met het oog op de onderzoeksvraag leveren beide studies dus alleen kwalitatieve resultaten op. De kwalitatieve resultaten van beide studies zijn vergelijkbaar omdat het geteste materiaal, de testopstelling en de uitkomstmaat enigszins overeenkomen. Beide studies testen geïsoleerde sternoclaviculaire gewrichten (zonder spieren) door krachten uit te oefenen op de clavicula. De uitkomstmaat in de studie van Bearn (1967) is de aanwezigheid van spanning in een ligament op basis van observaties en op basis van bezwijken. De uitkomstmaat in de studie van Negri et al. (2014) is de volgorde van het bezwijken van ligamenten. Een voorwaarde voor het bezwijken van ligamenten is dat er spanning aanwezig is in de ligamenten. In het algemeen kan mechanische spanning ontstaan door rek of compressie, in beide artikelen wordt geen enkele melding gemaakt van compressie in ligamenten. In deze literatuurstudie impliceert ligamenteuze spanning dus ligamenteuze rek en vice versa. Al met al zijn de resultaten van beide studies te vertalen naar de aanwezigheid van spanning (en rek) in een ligament ten gevolge van een claviculaire beweging.

Tabel 2 | Resultaten van de geïncludeerde studies aangaande de invloed van de claviculaire bewegingen op de rek of spanning in de sternoclaviculaire ligamenten.

	Bearn (1967)		Negri et al. (2014)		
	Ligamenten die onder spanning staan	Ligamenten die niet onder spanning staan	Gesommeerde frequentie van primair (secundair) bezwijken van de ligamenten per 12 proefstukken		
			Lig. cc.	Lig. sc. ant.	Lig. sc. post.
Protractie clavicula	Lig. sc. post.	<i>Niet vermeld</i>	1 (4)	0 (0)	7 (2)
Retractie clavicula	Lig. cc. en lig. sc. ant.	<i>Niet vermeld</i>	4 (2)	4 (3)	0 (0)
Elevatie clavicula	Lig. cc en superieure vezels van het lig. sc.	<i>Niet vermeld</i>	8 (0)	0 (5)	0 (3)
Depressie clavicula	Posterieure en superieure vezels van het lig. sc.	Lig. cc.	0 (0)	9 (0)	0 (1)
Rotatie clavicula	Verwringen kapsel	Lig. cc.	<i>Niet onderzocht</i>	<i>Niet onderzocht</i>	<i>Niet onderzocht</i>

Lig. sc. ant. = ligamentum sternoclaviculare anterius. Lig. sc. post. = ligamentum sternoclaviculare posterius.

Lig. sc. = ligamentum sternoclaviculare. Lig. cc. = ligamentum costoclaviculare.

Op het gemeenschappelijke kwalitatieve niveau van de aanwezigheid van spanning (en rek) in een ligament kennen de resultaten van beide onderzoeken (Bearn, 1967; Negri et al., 2014) overeenkomsten en verschillen. In beide studies zorgt claviculaire protractie voor spanning in het lig. sternoclaviculare posterius. En in beide studies zorgen claviculaire retractie en elevatie voor spanning in het lig. costoclaviculare en het lig. sternoclaviculare anterius (met de aanname dat de superieure vezels van het lig. sternoclaviculare vermeld in de studie van Bearn gelijk staan aan het lig. sternoclaviculare anterius). Claviculaire depressie leverde in de studie van Bearn (1967) en Negri et al. (2014) verschillende resultaten op. Tijdens het onderzoek van Bearn (1967) zorgt depressie voor spanning in het posterieure en superieure deel van het kapsel terwijl het lig. costoclaviculare geen weerstand gaf. In het onderzoek van Negri et al. (2014) constateerde men dat het lig. sternoclaviculare anterius het eerst en het vaakst bezwijkt tijdens depressie. Claviculaire rotatie is in het onderzoek van Negri et al. (2014) niet onderzocht terwijl Bearn (1967) hier wel onderzoek naar deed. Daaruit bleek dat het verwringen van het sternoclaviculaire kapsel de claviculaire rotatie beperkt. De mate van rotatie was ook sterk afhankelijk van de uitgangspositie van de clavicula. Bij toenemende mate van elevatie of depressie was er minder rotatie mogelijk en tijdens maximale elevatie of depressie was er amper rotatie mogelijk vanwege het verwringen van het kapsel.

Kwantitatieve synthese of best-evidence synthese niet mogelijk

Een kwantitatieve synthese van de resultaten is niet mogelijk aangezien de geïncludeerde studies geen gelijke kwantitatieve uitkomstmaten bevatten. Een best-evidence synthese, zoals beschreven door Van Peppen et al. (2004), is niet mogelijk aangezien voor de gebruikte QUACS-schaal (de enige beschikbare schaal om de methodologische kwaliteit te beoordelen) nog geen criteria beschikbaar zijn die aangeven wanneer de kwaliteit laag of hoog is en wanneer het bewijs matig of sterk is.

Discussie

Het doel van deze literatuurstudie is een overzicht te verkrijgen van de onderzoeken die uitgevoerd zijn naar de rek of spanning van het sternoclaviculaire kapselbandapparaat inclusief het costoclaviculaire ligament tijdens de verschillende bewegingen van de clavicula. De vraagstelling van

deze literatuurstudie luidt: 'Hoe verloopt de rek en de spanning in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat inclusief het costoclaviculaire ligament tijdens protractie, retractie, elevatie, depressie en rotatie van de clavicula'? De resultaten geven geen antwoord op de onderzoeksvraag van deze literatuurstudie, aangezien de geïnccludeerde studies geen rek of spanning kwantificeren in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat of het costoclaviculaire ligament. De studies kennen wel overeenkomstige kwalitatieve resultaten die gerelateerd zijn aan de onderzoeksvraag. Protractie van de clavicula zorgt voor spanning en rek in het lig. sternoclaviculaire posterius. Retractie of elevatie van de clavicula zorgen voor spanning en rek in het lig. costoclaviculaire en lig. sternoclaviculaire anterieus. Depressie van de clavicula leverde geen overeenkomstige resultaten op in beide studies. In de studies is amper onderzoek gedaan naar de rek of spanning van het sternoclaviculaire kapselbandapparaat tijdens rotatie van de clavicula.

Verschillende resultaten bij depressie van de clavicula

Waarschijnlijk zijn de verschillende resultaten van de geïnccludeerde studies bij depressie van de clavicula ontstaan door de verschillen in onderzoeksofzet. In het onderzoek van Bearn (1967) is de clavicula namelijk niet gefixeerd. Tijdens depressie wordt de clavicula naar voren geduwd door de eerste rib waardoor de mediale kop van de clavicula naar achteren en naar boven transleert in het sternoclaviculaire gewricht (Bearn, 1967). Dit zorgt voor spanning in het posterieure en superieure deel van het kapsel. In het onderzoek van Negri et al. (2014) is de bewegingsrichting van de clavicula gefixeerd door het mechanische apparaat. De clavicula kan niet naar voren geduwd worden door de eerste rib, in deze studie treden dan ook regelmatig fractures van de eerste rib op. Het is bij de auteur van deze literatuurstudie niet bekend welke situatie de beste afspiegeling is van de natuurlijke situatie. Vanwege deze tegenstrijdigheden kan geen kwalitatieve uitspraak worden gedaan over het effect van claviculaire depressie op de spanning en rek in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat.

Afwezige validiteit en beperkte betrouwbaarheid van de resultaten

De gepresenteerde resultaten geven geen valide antwoord op de onderzoeksvraag. De geïnccludeerde studies kwantificeren namelijk geen rek of spanning in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat. Het kwantificeren van de rek wordt wel gedaan in onderzoek naar de eigenschappen van het glenohumeraal kapsel (Izumi, Aoki, Muraki, Hiadka & Miyamoto, 2008; Borstad & Dashottar, 2011). De geïnccludeerde studies hebben een beperkte betrouwbaarheid gegeven de lage tot middelmatige scores op de QUACS-schaal en het beperkte aantal proefstukken dat onderzocht wordt.

Beperkte relevantie van de resultaten

Ook de relevantie van de kwalitatieve resultaten is beperkt omdat de geïnccludeerde studies geen rekening houden met de natuurlijke biomechanica van de schoudergordel. Deze biomechanica is het resultaat van de complexe interactie tussen het centrale zenuwstelsel, het perifere zenuwstelsel en de musculoskeletale bouw. De aansturing van de beweging van gewrichten in kadavers, ontdaan van vele weefsels, vond in de geïnccludeerde studies plaats door een singuliere externe kracht op de clavicula. Een implicatie hiervan is dat alleen één-assige bewegingen van de clavicula werden onderzocht. De natuurlijke bewegingen in het sternoclaviculaire gewricht zijn complexer. Tijdens elevatie van de arm maakt de clavicula bijvoorbeeld bewegingen t.o.v. het sternum die combinaties zijn van claviculaire rotatie, retractie en elevatie. Deze bewegingen beïnvloeden elkaar onder andere via het krachterspel in het kapsel van het sternoclaviculaire gewricht (Bearn, 1967). In de geëxcludeerde studie van Tubbs et

al. (2009) wordt de hele schoudergordel getest en worden de sternoclaviculaire bewegingen geïnitieerd via bewegingen van de humerus, alleen zijn daarbij de claviculaire en sternale bewegingen niet gemeten.

Conclusies en aanbevelingen

De vraagstelling van deze literatuurstudie luidt: 'Hoe verloopt de rek en de spanning in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat inclusief het costoclaviculaire ligament tijdens protractie, retractie, elevatie, depressie en rotatie van de clavicula'? De resultaten van de geïnccludeerde studies in deze literatuurstudie geven geen antwoord op de vraagstelling vanwege het ontbreken van kwantitatieve resultaten. De gerapporteerde kwalitatieve resultaten van de studies geven een beperkte indicatie van de relatie tussen claviculaire bewegingen en de spanning (en rek) in het sternoclaviculaire kapselbandapparaat inclusief het costoclaviculaire ligament. Vooralsnog heeft dit geen implicaties voor het werk in de fysiotherapeutische praktijk.

Om de klinische relevantie van mogelijk toekomstig onderzoek te verhogen kan het onderzoek meer gericht worden op de natuurlijke bewegingen in het sternoclaviculaire gewricht in plaats van de mogelijke bewegingscomponenten van de clavicula. In het geval van een nieuwe kadaverstudie lijkt het zinvol om de natuurlijke situatie dichter te benaderen door in ieder geval de hele schoudergordel te testen en de beweging te initiëren via de humerus. Het is daarbij belangrijk om de claviculaire bewegingen ten opzichte van het sternum te meten en om de rek in de verschillende delen van het sternoclaviculaire kapsel te meten. Zodoende wordt meer inzicht verkregen in de relatie tussen sternoclaviculaire bewegingen en instabiliteit. Dit kan fysiotherapeuten helpen bij de diagnose en de behandeling van schouderklachten in de eerstelijns praktijk of bij de revalidatie na een stabiliserende operatie aan het sternoclaviculaire gewricht.

Referenties

- Abdulla, S. Y., Southerst, D., Côté, P., Shearer, H. M., Sutton, D., Randhawa, K., ... & Taylor-Vaisey, A. (in press). Is exercise effective for the management of subacromial impingement syndrome and other soft tissue injuries of the shoulder? A systematic review by the Ontario Protocol for Traffic Injury Management (OPTIMA) Collaboration. *Manual therapy*.
- Balcik, B.J., Monseau, A.J. & Krantz, W. (2013). Evaluation and treatment of sternoclavicular, clavicular, and acromioclavicular injuries. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 40, 911-923.
- Barten D.J., Verberne L.D.M., Koppes L.L.J. (2013). *NIVEL Zorgregistraties eerste lijn, zorg door de fysiotherapeut - top 10 klachten (ICPC)*. Geraadpleegd via www.nivel.nl/node/3242
- Bearn, J.G. (1967). Direct observations on the function of the capsule of the sternoclavicular joint in clavicular support. *Journal of Anatomy*, 101(1), 159-170.
- Borstad, J.D. & Dashotter, A. (2011). Quantifying strain on posterior shoulder tissues during 5 simulated clinical tests: a cadaver study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 41(2), 90-99.
- Fung, M., Kato, S., Barrance, P.J., Elias, J.J., McFarland, E.G., Nobuhara, K. & Chao, E.Y. (2001). Scapular and clavicular kinematics during humeral elevation: a study with cadavers. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 10(3), 278-285.
- Green, S., Buchbinder, R., Hetrick, S.E. (2003). Physiotherapy interventions for shoulder pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2003(2).
- Izumi, T., Aoki, M., Muraki, T., Hidaka, E. & Miyamoto, S. (2008). Stretching positions for the posterior capsule of the glenohumeral joint: strain measurements using cadaver specimens. *The American Journal of Sports Medicine*, 36, 2014-2022.
- Koh, S.W., Cavanaugh, J.M., Leach, J.P. & Rouhana, S.W. (2004). Mechanical properties of the shoulder ligaments under dynamic loading. *Stapp Car Crash Journal*, 48, 125-153.
- Kuijpers, T., Van Tulder, M.W., Van der Heijden, G.J.M.G., Bouter, L.M. & Van der Windt, D.A. (2006). Costs of shoulder pain in primary care consultants: a prospective cohort study in The Netherlands. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 7(83), 1-10.
- Lee, J.T., Campbell, K.J., Michalski, M.P., Wilson, K.J., Spiegl, U.J.A., Wijdicks & Millett, P.J. (2014). Surgical anatomy of the sternoclavicular joint. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 96-A(e166), 1-10.
- Lohman, A.H.M. & Zuigeeest, A. (2011). *Vorm & Beweging*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.

- Ludewig, P.M., Phadke, V., Braman, J.P., Hassett, D.R., Cieminski, C.J. & LaPrade, R.F. (2009). Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 91-A(2), 378-390.
- Matsumura, N., Nakamichi, N., Ikegami, H., Nagura, T., Imanishi, N., Aiso, S. & Toyama, Y. (2013). The function of the clavicle on scapular motion: a cadaveric study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 22, 333-339.
- Negri, J.H., Malavolta, E.A., Assunção, J.H., Gracitelli, M.E.C., Pereira, C.A.M., Neto, ... Ferreira Neto, A.A. (2014). Assessment of the function and resistance of sternoclavicular ligaments: A biomechanical study in cadavers. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery and Research*, 100, 727-731.
- Ngom, G., Mohamed, A.S., El Housseine, M.O. & Ndour, O. (2014). Traumatic posterior sternoclavicular joint dislocation in a child: a case report. *Pan African Medical Journal*, 19(386), 1-4.
- Sahara, W., Sugamoto, K., Murai, M. & Yoshikawa, H. (2007). Three-dimensional clavicular and acromioclavicular rotations during arm abduction using vertically open MRI. *Journal of Orthopaedic Research*, 25(9), 1243-1249.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M. & Wesker, K. (2010). *Anatomische atlas, Prometheus, Allgemeine anatomie en bewegingsapparaat*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Sewell, M.D., Al-Hidithy, N., Le Leu, A. & Lambert, S.M. (2013). Instability of the sternoclavicular joint, current concepts in classification, treatment and outcomes. *The Bone & Joint Journal*, 95-B(6), 721-731.
- Spencer, E.E., Kuhn, J.E., Huston, L.J., Carpenter, J.E. & Hughes, R.E. (2002). Ligamentous restraints to anterior and posterior translation of the sternoclavicular joint. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 11(1), 43-47.
- Struyf, F., Nijs, J., Meeus, M., Roussel, N.A., Mottram, S. Truijen, S. & Meeusen, R. (2014). Does scapular positioning predict shoulder pain in recreational overhead athletes? *International Journal of Sports Medicine*, 35(01), 75-82.
- Szucs, K.A. (2010). *Capturing three-dimensional clavicle kinematics during arm elevation: describing the contribution of clavicle motion and associated scapulothoracic muscle activation to total shoulder complex motion* (Dissertatie). Verkregen via http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1275406915
- Tubbs, R.S., Shah, N.A., Sullivan, B.P., Marchase, N.D., Cömert, A., Acar, H.I., ... Shoja, M.M. (2009). The costoclavicular ligament revisited: a functional and anatomical study. *Romanian Journal of Morphology and Emryology*, 50(3), 475-479.

- Van Peppen, R.P.S., Kwakkel, G., Harmeling-Van der Wel, B.C., Kollen, B.J., Hobbelen, J.S.M. & Buurke, J.H. (2004). Effecten van fysiotherapeutische interventies bij patienten met een beroerte: een systematisch literatuuronderzoek. *Nederlands tijdschrift fysiotherapie*, 114(5), 126-153.
- Van Wilgen, C.P., Calders, P., Geraets, J.J.X.R., Nijs, J., Veenhof, C. & Van Wegen, E.E.H. (2013). *Jaarboek fysiotherapie kinesitherapie 2013*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum
- Verhaar, J.A.N. & Van Mourik, J.B.A. (2008). *Orthopedie* (tweede herziene druk). Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Virta, L., Jorganger, P., Brox, J.I. & Eriksson, R. (2012). Costs of shoulder pain in resource use in primary health care: a cost-of-illness study in Sweden. *BMC Musculoskeletal Disorders* 13(17), 1-11.
- Wilke, J., Krause, F., Niederer, D., Engeroff, T., Nürnberger, F., Vogt, L. & Banzer, W. (2015). Appraising the methodological quality of cadaveric studies: validation of the QUACS scale. *Journal of Anatomy*, 226, 440-446.
- Winters, J.C., Van der Windt, D.A.W.M., Spinnewijn, W.E.M., De Jongh, A.C., Van der Heijden, G.J.M.G., Buis, P.A.J., ... Geraets, J.J.X.R. (2008). NHG-Standaard Schouderklachten. *Huisarts Wet* 51(11), 555-65.

Bijlage

Bijlage 1: Beoordeling van de methodologische kwaliteit volgens de QUACS-schaal

De geïnccludeerde artikelen zijn door de auteur van deze literatuurstudie beoordeeld op methodologische kwaliteit door middel van de 'Quality Appraisal for Cadaveric Studies scale' (QUACS-schaal) zoals weergegeven in Tabel 3 (Wilke et al, 2015). Deze schaal bestaat uit 13 items die elk gescoord worden met 0 of 1 punt. Er wordt alleen 1 punt toegekend wanneer het criterium van het item zonder twijfel aanwezig is. Het maximum aantal punten is 12 of 13, afhankelijk van de toepasbaarheid van het item 'statistical methods appropriate'. De uiteindelijke score wordt uitgedrukt als percentage van het maximum aantal punten. De schaal is niet in het Nederlands beschikbaar.

Tabel 3 | De QUACS-schaal, inclusief de scores van de geïncludeerde studies, de eerste drie kolommen van de tabel zijn letterlijk overgenomen uit Wilke et al. (2015)

Item	When to score 'yes'	Purpose	Bearn, 1967	Negri et al., 2014
Objective stated	The study's aims are clearly stated. Hypotheses are presented	To justify the evidence-based choice of methods	1	0
Basic information about sample is included	Age (range or mean and standard deviation), gender and sample size are stated	To support interpretation and differentiation of the results	0	0
Applied methods are described comprehensibly	Clearly structured, detailed outline of the study protocol and the process of dissection	To provide a basis for comparisons with similar studies	0	1
Study reports condition of the examined specimens	Specimens' status (healthy vs. injured/with diseases, embalmed vs. fresh) is stated. In case of embalmed cadavers, type of solution is reported	To support interpretation and differentiation of the results	0	1
Education of dissecting researchers is stated	Study reports knowledge/professional state and/or experience of the investigator	To facilitate judgement of the dissection process	0	0
Findings are observed by more than one researcher	Stated clearly, that two or more persons independently made the observations	To enhance reliability of the observations	0	0
Results presented thoroughly and precise	Results described with clear structure, and including, figures, illustrations or tables	To avoid misleading interpretation of results	0	1
Statistical methods appropriate	If applicable: correct choice and application of statistical data analysis	To enhance validity of drawn conclusions	-	-
Details about consistency of findings are given	Information on number or percentage of cases the observation was made in (e.g. continuity in 5 of 10 specimens)	To allow interpretations about the frequency of an attribute	0	1
Photographs of the observations are included	Photographs of the key observations (e.g. continuities) with precise labels are included	To enhance credibility of the observation	0	0
Study is discussed within the context of the current evidence	Other relevant trials relating to the field of study are stated and discussed	To point out the studies' contribution to the evidence	1	1
Clinical implications of the results are discussed	Similar studies are reported, added knowledge and its relevance to the field are pointed out	To help the transfer of findings into practice	1	1
Limitations of the study are addressed	Weaknesses and methodological shortcomings are reported	To identify the need for future studies	0	1
Summed score expressed as a percentage of the maximum score			25%	58%