



Leidraad Houding- en bewegingsketens

Commissie Richtlijnen NVAMG
Versie 6.0

Copyright: NVAMG 2025

Auteurs: Jan Galesloot, Menno van Hogezaand, Florian Oudenaarden

Commissie Richtlijnen: Dick de Haan, Geerie Winnubst, Keyi Burggraaff, Ed Weterings

Inhoud

Inleiding	3
Samenvatting	4
Deel I Algemene beschouwing	5
Wat is een bewegingsketen?	5
Inleiding	5
Definitie	5
Modellen	5
Verschillende thema's bij bewegingsketens	7
Inleiding	7
Asymmetrie	7
Wederkerigheid	7
Sensomotorische integratie.....	8
Autonome zenuwstelsel	8
Referred pain	8
Centrale sensibilisering.....	8
Individualiteit.....	8
Verstorings in een bewegingsketen	8
Aanleiding	9
Compensaties in de keten	9
Aard van de reacties	9
Reacties vanuit anatomische verbindingen.....	10
Neuroreflectoire aanpassingen	10
Somato-visceraal verstoorde ketens	10
Complex regionaal pijnsyndroom.....	10
Invloed van gedrag	11
Diagnostische aspecten	12
Herkennen van ketens	12
Aanwijzingen voor de diagnostiek.....	12
Algemeen.....	12
Individueel	13
Behandelingsaspecten.....	13
Inleiding	13
De lokale bewegingsbeperking.....	13
Discussies voor de behandeling	14
Waar te starten bij meer stoornissen in een keten?	14
Waar te beginnen als de bronstoornis niet bekend is?	14

Is behandeling van een keten zoveel anders dan een lokale MSK-behandeling?	14
Bestaan er behandelingen van complete ketens?	14
Conclusie	15
Deel II Casuïstiek en Praktijkvoorbeelden	16
Ketens onderrug/heupgordel/onderste extremiteiten	16
Keten: Bekken - Proximale tibiofibulaire gewricht – BSG/OSG - Cuboid	16
Keten: L2 – m. psoas – m. piriformis en de m. biceps femoris	16
Casus: Afname chronische pijnklachten voorvoet na behandeling bekkenverwringing met formule.	16
Casus: Behandeling voet mogelijk na behandeling SIG.....	16
Keten: CTO -WK-voet.....	16
Ketens activeren door neuro-proprioceptief stimuleren van de voetzool	17
Ketens nek/bovenrug/schoudergordel/bovenste extremiteiten:	18
Casus: hoog thoracale klachten bij functiestoornis pols/elleboog/ AC-en SC gewricht.....	18
Casus: Overbelasting spieren interscapulair bij scoliose, lumbale kyfose en cervicale protractie....	18
Overige casuïstiek.....	18
Casus: Acute lumbago vermindert door manipulaties CWK en TWK.....	18
Casus: SIG-klachten en beperkte mondopening bij beweegstoornis C1-C3	19
Casus: Pijnklachten van middenoor en kaak bij bekkentorsie, na beugel en val op hoofd	19
Keten: Beperking endorotatie humerus bij bekkenverwringing	19
Deel III Afbeeldingen	20
Deel IV Referenties	23

Inleiding

In vergelijking met andere disciplines betreffende het houding- en bewegingssysteem wordt vaak de volgende vraag gesteld: wat onderscheidt MSK (musculoskeletale geneeskunde)? Afgezien van (soms geringe) verschillen in opleiding, behandeltechnieken en setting is het meest in het oog springende het vermogen om te denken en te handelen in ketens van het houding- en bewegingssysteem. Het is niet alleen een bijzondere toevoeging aan lokale diagnostiek en behandeling, maar kan ook een dieper inzicht geven in het ontstaan van klachten. Hoewel veel klachten van het houding- en bewegingssysteem als specifiek worden geduid, geeft het denken in ketens ('ketendenken') er een functionele betekenis aan. Dit is goed uit te leggen aan individuele patiënten. De patiënt krijgt hiermee meer controle over klachten. Indien er met adviezen of oefeningen gewerkt wordt neemt de compliance toe, en dat kan weer invloed hebben op de effectiviteit van het beleid.

Deze leidraad wil aldus dit onderliggend concept, dat elke MSK-behandelaar intuïtief kent en gebruikt, onder woorden brengen en beschikbaar maken voor uitwisseling en onderzoek. In de 'oertijd' van de osteopathie en manuele therapie is het denken in bewegingsketens niet terug te vinden in de handboeken van destijds. Misschien was van der Bijl in Nederland een van de eersten die dit denken introduceerde met zijn Utrechtse School, later overgenomen door Sikes en Marsman. In de SMG ('methode Eindhoven') waren meerdere ontwikkelaars zoals Vortman, Weterings, van Hogezaand hiermee bezig. In de literatuur vanuit de Duitstalige vakverenigingen vinden we hier ook een weerklank.

In Deel I nemen we algemene en theoretische aspecten van ketens onder de loep.

In Deel II worden talloze voorbeelden van ketens uit de dagelijkse MSK-praktijk beschreven, om één en ander letterlijk handen en voeten te geven.

We sluiten af in delen III en IV met afbeeldingen en de lijst met geraadpleegde literatuur.

Samenvatting

Deze leidraad behandelt het huidige gedachtengoed over MSK-ketens. In het eerste deel geven we definities van ketens en stippen we kort de verschillende modellen aan over ketendenken. Hiermee laten we zien hoe de ontwikkeling in de loop van de tijd heeft plaatsgevonden en wat de meest recente ontwikkelingen zijn. De verschillende invalshoeken hebben verschillende thematieken waarvan een aantal besproken wordt. In het hoofdstuk over ketenverstoringen wordt als uitgangspunt gehanteerd, dat het menselijk lichaam als een eenheid functioneert. Een verstoring leidt tot aangepast of compenserend gedrag binnen die eenheid, met het risico op nieuwe stoornissen. We constateren dat de diagnostiek van verstoringen in ketens lastig is, omdat er grote individuele verschillen zijn. Bij de behandeling van ketens lopen we tegen dezelfde moeilijkheden aan. Toch kunnen er wel een aantal aanwijzingen worden gegeven voor diagnostiek en behandeling. Tenslotte stellen de auteurs van deze leidraad dat het denken en werken vanuit ketens meer effectiviteit en efficiëntie van MSK-behandelingen kan opleveren ten opzichte van een puur lokale visie.

Deel I Algemene beschouwing

Wat is een bewegingsketen?

Inleiding

We komen voort uit één bevruchte cel. We kunnen daarom veronderstellen dat alles in ons organisme met alles samenhangt. Dat vraagt dan ook om een ruime visie op de bewegende mens. Het bestuderen van het lichaam op musculoskeletaal niveau of op neurologisch, orthopedisch, intern niveau of anderszins is dus telkens een beperking. Met het denken in ketens wordt in de MSK een brug geslagen tussen de visie op lokale stoornissen en het totale bewegingssysteem. In feite reikt de invloed van stoornissen (en vice versa!) nog verder in het levende systeem: gedachtes, emoties, belevingen en daarmee ook in relatie tot de omgeving. Een simpele aanraking bijvoorbeeld activeert talloze lichaamsdelen zoals mechanoreceptoren die verbinden met het limbische systeem en de cortex. Er worden hormonen en neuropeptides gevormd. Ook vindt er een stimulans plaats van hartritme en vagale tonus. In de moderne (pijn)geneeskunde is hier steeds meer aandacht voor, met name waar het chronisch specifieke klachten betreft. In het kader van deze leidraad zullen we ons echter voornamelijk beperken tot het fysieke houding- en bewegingssysteem (Buytendijk 1948).

Definitie

Bewegingsketens zijn te definiëren als het totaal aan lichaamsdelen en gewrichten dat functioneel met elkaar verbonden is door innervatie, spierverloop, vorm en functie van een gewricht, zwaartekracht, vitale functies, stand van het lichaam in de ruimte en dat beïnvloed wordt door persoonlijke eigenschappen zoals posttraumatische afwijkingen, psychische overtuigingen en compensatiemechanismen. In de Angelsaksische literatuur wordt dit 'regional interdependence' genoemd (Sueki 2013).

Bewegingsketens zijn geen doel op zich in het menselijk systeem maar zijn een middel om een doel te bereiken of een taak uit te voeren. Het begrip 'functioneel' verwijst hiernaar. Bewegingsketens staan in dienst van houdingen en bewegingen die het organisme, het individu, zal uitoefenen voor zijn basale behoeften, zoals lopen, pakken, bijten, spreken, eten, seksualiteit, zogeheten doelbewegingen.

Modellen

Het idee van ketens is in verschillende vormen in de literatuur terug te vinden. Nieuw is het niet. Vanuit de werktuigbouwkunde beschreef Reuleaux al in 1875 het principe van rigide elementen die met elkaar verbonden zijn via 'pin joints' waardoor er onderling invloed op elkaar uitgeoefend kan worden (zie Gowitzke 1988).

Het was vermoedelijk Steindler die het keten idee extrapoleerde naar het menselijk bewegen en het begrip 'kinetic chain' introduceerde: 'a combination of several successively arranged joints constituting a complex motor unit'. Deze ketens kunnen zowel open als gesloten zijn. Bij een gesloten keten zijn de uiteindes gefixeerd (squat met halter, planking), bij een open keten is minimaal één vrij (hardlopen, zwemmen) (Steindler 1955; Smidt 1994). In 1953 werd door Gutman beschreven hoe stoornissen in de regio hoofd-hoge nek invloed kunnen uitoefenen op houding en gedrag (Gutman 1984).

Het idee van de 'kinetic chains' is vervolgens in de revalidatie en sportgeneeskunde terecht gekomen. Een centrale rol in de ketens is hier weggelegd voor de core (heup-bekken-lage rug regio) waar de basis ligt voor opeenvolgende en gecoördineerde bewegingen van het lichaam (Karandikar 2011; Almansoof 2013).

Het 'joint-by-joint' model is een model met vooral praktische implicaties voor sporttraining en blessurebehandeling. Het beschrijft het samenspel van gewrichten, waarbij telkens een stabiel gewricht wordt afgewisseld met een mobiel gewricht, bijvoorbeeld: enkel (mobiel) - knie (stabil) - heup (mobiel) - LWK (stabil) - TWK (mobiel) - scapula (stabil) - gleno-humeraal (mobiel). Indien een gewricht zijn mobiliteit verliest zal het aangrenzende gewricht een stoornis krijgen. Omgekeerd kan mobiliseren van een stabiel gewricht nadelig zijn, omdat het aangrenzende gewricht zijn mobiliteit zal opgeven. Dit wordt gezien als een oorzaak van blessures (Cook en Boyle 2020) (*Figuur 1*).

Dichter bij het MSK-gedachtengoed schreef Lewit, als één van de exponenten van de Prague School of Rehabilitation and Manual Medicine, over de wervelkolom als een functionele eenheid, zonder er een speciale naam aan te geven en gaf er verschillende voorbeelden bij (Lewit 1977).

En bijzonder model werd beschreven door Sikesz waarbij een bekkenscheefstand/verwringing in de wervelkolom verschillende scoliose-achtige reacties geeft, samengevat in zogenaamde formules (Sikesz 1981) (*Figuur 2*).

Het begrip 'myofasciale slingers' is eveneens een anatomische en biomechanische benadering gericht op het begrijpen van stabiliteit van de bekkengordel en interacties tussen romp en onderste extremiteiten (Vleeming 2007).

Vanuit spierfunctie geredeneerd beschrijft Busquet zijn 'chaînes musculaires/physiologiques', anatomische ketens waarlangs krachten zich kunnen voortplanten door het lichaam. (Busquet 2014).

'Schlüsselregionen' (sleutelregio's) zijn bekend in de MSK-geneeskunde. Het zijn lichaamsregio's die een effect op afstand kunnen veroorzaken, zoals pijnklachten en functiestoringen, maar ook in de vorm van een therapeutisch effect op afstand. Dit gaat op voor overgangen zoals cranio-cervicaal, cervico-thoracaal, thoraco-lumbaal, lumbo-sacraal, en niet te vergeten de voet. (Seifert 2010). Weliswaar wordt bij de sleutelregio's niet over ketens gesproken, maar in de kern is er wel sprake van. Wel is het de vraag of hier sprake is van een puur biomechanische keten of anderszins. In de chiropractie werd overigens al veel eerder over Schlüsselregionen geschreven (zie Zwingenberger 2021).

Het model van de 'Preferential movements and mass mechanics' beschrijft het lichaam als één samenhangende keten waarbij per regio verschillende eigenschappen kunnen bestaan. Beweging in de keten ontstaat door asymmetrische vervorming van de lichaamsmassa (zogenaamde compressie-shift mechanisme). Deze vervormbaarheid is van nature bij elk individu aanwezig in een voorkeursrichting (Rutte 2016).

De laatste decennia is er een toenemende aandacht voor de fascia en fasciasystemen door voortschrijdende inzichten in de (microscopische) anatomie. Volgens de Fascia Nomenclature Committee houdt de fascia in: 'vetweefsel, omhulling van bloedvaten en zenuwen, aponeuroses, de diepe en oppervlakkige fascia, de hypodermis, het epineurium, gewrichtskapsels, ligamenten, membranen, meningen, het periost, de retinacula, septa en pezen (inclusief endotendon/peritendon/epitendon/paratendon), de viscerale fascie, kapsels van organen, pericard, pleura, al het intramusculaire en intermusculaire bindweefsel, inclusief endomysium, perimysium en epimysium' (Bordoni 2024). De fascia bestaat dus uit bindweefsel in allerlei gradaties en is volgens sommigen op te vatten als een gel met wisselende viscositeit. Een mooi voorbeeld van een fasciasysteem is de hypothese van de 'Myofascial meridians', ook bekend als 'Anatomy Trains' verwijzend naar de functionele eenheid van het lichamelijke bindweefselstelsel. Door directe verbindingen via de fascia worden op afstand veranderingen in gang gezet. Myers geeft 12 ketens aan.

In een concept ontwikkeld door Stecco wordt het lichaam ingedeeld in 6 myofasciale eenheden, elk met eigen aansturing.

Ook een voorbeeld van een fascie systeem zijn de zogenaamde ‘tensegrity’ modellen, waarin imitatie botstukken zwevend/elastisch met elkaar worden verbonden, met de mogelijkheid verstoring van het model te observeren. Orthopedisch chirurg en ontwerpers vonden hier elkaar. (Levin 2024) (*Figuur 3*). Plastisch chirurg Guimbertaux maakt in een onlinefilmje goed zichtbaar hoe de levende fascie eruitziet onder een microscoop (Bordoni 2020; Myers 2001; Stecco 2018; Bordoni 2020; Krause 2016; Guimbertaux 2018).

Dit is zeker geen complete opsomming. Al deze benaderingen hebben gemeen dat er sprake is van een krachtenspel dat zich over één of meerdere anatomisch waarneembare segmenten of structuren afspeelt. Er lijkt een zekere voorspelbaarheid te zijn van structuren die bij een keten betrokken zijn en ook hoe een keten in het lichaam loopt. Echter, zoals eerder beschreven, staan deze ketenstructuren uiteindelijk in dienst van het doel van de beweging of houding en dát bepaalt welke keten wordt ingezet en wat erin gebeurt.

Verschillende thema's bij bewegingsketens

Inleiding

Met een dergelijke diversiteit aan ideeën en modellen, zoals hiervoor beschreven, is het lastig om gemeenschappelijk factoren aan te wijzen voor handvaten in diagnostiek en behandeling. Toch willen we een aantal thema's aandragen om meer inzicht in het functioneren van ketens te krijgen.

Asymmetrie

De lichamelijke ontwikkeling van een individu vertaalt zich onder andere in links-rechts asymmetrieën van het bewegingssysteem: beenlengteverschil, scoliose, schouderhoogteverschil. Dit zijn normale, faciliterende aanpassingen aan het gewoontegedrag van de persoon. Wanneer het gedrag verandert, niet meer past bij deze aanpassingen, dan kunnen beperkingen aan het licht komen met het risico van overbelasting (Rutte 2016).

Hoewel een asymmetrische ontwikkeling geen stoornis is, kan het in het kader van de ketens wel een rol spelen. Bij een uitgesproken scoliose ontstaat een verstoorde balans in de betreffende regio. Deze wordt hersteld door in een andere regio een compensatoire scoliose te maken. Scolioses hebben een concave (compressie) en een convexe (rek) zijde, evenzo bij lordose of kyfose. Dit heeft invloed op de mate van beweeglijkheid in diverse richtingen en de belasting van de houdende spieren aan de convexe kant. Een relatief kleine stoornis kan dan toch voor klachten in het systeem zorgen, terwijl dat zonder asymmetrie (nog) niet het geval hoeft te zijn (van Hogezaand 2022).

Wederkerigheid

Bij keten denken wordt vaak gedacht in oorzaak-gevolg relaties op zoek naar de bron van het probleem: als ik hier aan de keten schudt, dan zal het daar gaan rammelen. Er bestaan echter ook wederkerige relaties. Een klassiek voorbeeld uit de orthopedie is het zogenaamde ‘hip-spine syndrome’, voor zover bekend als eerste beschreven in 1983. Bij de secundaire vorm zijn klachten van de heup afhankelijk van problemen in de lage rug of vice versa. Er ontstaat echter een diagnostisch probleem omdat stoornissen vanuit de heup en lage rug overlappende klachten en symptomen hebben. Het kan dus lastig zijn om vast te stellen waar de klachten vandaan komen, zeker als beide regio's stoornissen vertonen. Daardoor ontstaat er controverse over waar een behandeling te starten. In het MSK-domein wordt in principe de hele keten onderzocht en behandeld. Zodoende spelen deze discussies maar zeer beperkt: het is immers mogelijk dat in elke keten meerdere stoornissen een rol kunnen spelen (Ofierski 1983; Rainville 2019; Liu 2019).

Sensomotorische integratie

Het bewegingsverloop in een keten komt tot stand door sensomotorische integratie: het samenspel tussen sensoren, zenuwstelsel en motoriek. Het is een belangrijk proces in een organisme om zich te kunnen aanpassen aan de omgeving. Het brein verwerkt de input en koppelt dit onder andere aan verwachtingen, emoties en geheugen. Vervolgens gaan efferente impulsen naar het motor systeem. Nu ontstaat een feedback loop voor een optimaal bewegingsverloop. Belangrijk voor de sensomotorische integratie en ook ervaring van het zwaartepunt van het lichaam blijken de posities van het hoofd en de perceptie van de voetzolen en enkelgewrichten te zijn. Een goede sensomotorische integratie is voorwaarde voor het optimaal functioneren van veel ketens (Scott 2016).

Autonome zenuwstelsel

Om de integriteit in een keten te handhaven worden naast biomechanische invloeden nog een belangrijk element ingezet: het centrale, perifere en autonome zenuwstelsel en de samenhang daartussen (Locher 2021).

In de chiropractische literatuur is gepubliceerd over vegetatieve reacties tijdens een ketenbehandeling, die meetbaar zijn door huidgeleiding, pijndrempelmeting, visuele metingen, hartfrequentie variatie. Ook anderen beschrijven autonome reacties na een wervelmanipulatie zoals veranderingen in hartfrequentie variatie, cortisol niveau, pupilreacties. Het zou hier gaan om somato-viscerale verbindingen met onder andere een link naar het endocriene systeem. Signalen vanuit het autonome zenuwstelsel kunnen dus duiden op een relatie met een deel van het bewegingssysteem zoals in een keten (Rome 2021; Sampath 2025; Farrell 2024).

Referred pain

Referred pain kan opgevat worden als een symptoom van een onderliggende keten met een stoornis. Bekend is van bv een SIG-blokkering, of een blokkering in hand of voet, dat het vaag gelokaliseerde pijn kan geven, met een vaag omschreven uitstralingspatroon. De algemene zienswijze is, dat dit een uiting is van prikkeling van het sclerotoom of viscerotoom. Bogduk spreekt van 'somatische referred pain' ten gevolge van gelaedeerd weefsel, maar dit gaat ervan uit dat er altijd een laesie is. Anderen stellen dat referred pain een onbegrepen fenomeen is. Centrale sensitisatie wordt geopperd als oorzaak. Vanuit fascie research wordt aannemelijk gemaakt dat de fascie in staat is neuronale prikkels door het lichaam te geleiden (Bogduk 2009; Schleip 2006, Stecco 2018).

Centrale sensibilisering

Bij centrale sensitisatie speelt het mechanisme van overprikkeling van C-vezels en perifere en centrale ontsteking van zenuwweefsel een rol. Deze zogenaamde neuro-inflammatie lijkt een verklaring te bieden voor pijnsyndromen in een verstoorde, pijnlijke keten. Voor anderen is dit tevens een argument voor de keten-hypothese (Jin 2023; Locher 2021).

Individueelheid

Een persoon is herkenbaar aan de manier van bewegen: lopen, zwaaien, praten, enzovoorts. Bij bevroren van een houding- en bewegingsketen ontstaat ook per persoon een unieke manier van houding: staan, zitten, liggen. Anders geformuleerd: bij eenzelfde taak kunnen per persoon verschillende ketens actief zijn, en bij gebruik van dezelfde keten kunnen binnen de keten verschillende accenten gelegd worden in activiteit/passiviteit van de betrokken structuren.

Verstoringsketen in een bewegingsketen

Aanleiding

De aanleiding voor verstoring in een bewegingsketen ligt met name in de lokale stoornis of combinaties daarvan. De lokale stoornis is te vinden door palpatie en bewegingsonderzoek. Over de fysiologie van de lokale stoornis, en het ontstaan daarvan is een andere NVAMG-leidraad geschreven.

Compensaties in de keten

Het menselijk lichaam functioneert als een eenheid. Als een deel van de eenheid niet optimaal functioneert, dan zal een ander deel dit in de keten (deels) gaan overnemen indien mogelijk. Daardoor ontstaat een nieuw risico op stoornissen van het bewegingssysteem in dezelfde keten. Dit aangepaste of compenserende gedrag is immers bijna altijd minder effectief en efficiënt dan het oorspronkelijke gedrag: de deelnemende regio's zijn voor de extra taak minder goed toegerust in structuur, kracht, conditie, fijne motoriek. Aanpassingen kosten bovendien meer energie dan het patroon van voor het optreden van de stoornis.

Een voorbeeld is de spondylodese: een operatie die wordt uitgevoerd om wervels op elkaar vast te zetten onder andere vanwege verminderde stabiliteit. Het is bekend dat na deze operaties degeneratieve afwijkingen worden gezien in de aangrenzende segmenten bij een kwart tot een derde van de patiënten waarbij een deel van deze patiënten wederom klachten ontwikkelen. Dit is een logische reactie van de aangrenzende segmenten vanwege de hogere belasting en/of grotere gevraagde beweeglijkheid (Hashimoto 2019; Donally 2020).

In de musculoskeletale geneeskunde is iets soortgelijks bekend. Wanneer enige tijd een lokale stoornis, blokkade of scheefstand bestaat wordt vaak een uitbreiding gezien naar de aangrenzende segmenten. En vanuit deze segmenten naar de daaropvolgende aangrenzende segmenten. Waar dan uiteindelijk nieuwe klachten in deze keten ontstaan is lastig te voorspellen omdat veel individuele en omgevingsfactoren een rol spelen. Deze ketenreacties kunnen zelfs verband houden, direct of indirect, met stoornissen uit andere delen van het bewegingssysteem en uit verschillende andere lichaamsregio's en systemen. Dit houdt in dat zelfs invloeden mogelijk zijn vanuit viscerale systemen en vice versa (denk aan referred pain of gebogen houding door buikpijn) (zie van Cranenburgh 2022).

Verschillende relaties binnen het bewegingssysteem zijn in de literatuur beschreven zoals de stand van de bekkengordel en de wervelkolom, linker- en rechterbeen, tussen verschillende regio's van de wervelkolom, tussen de interscapulaire wervelkolom en armen, tussen onderste en bovenste extremiteit. De aard van de relatie kan biomechanisch zijn (zgn. biomechanische ketens), of door neurofysiologische processen/reflexmatig bijvoorbeeld ter anticipatie of correctie van een balansverstoring (Sueki 2013; Karas 2017; Moiroux 2024; Massion 1992). Veel onderzoek is gedaan naar de samenhang tussen de stand van de voet en de stand van bekken en LWK. Overmatige pronatie van het subtalaire gewricht leidt tot adductie en plantairflexie van de talus en eversie van de calcaneus. Dit leidt tot endorotatie en verkorting van het been en vooroverkanteling van het bekken. Als dit aan één kant gebeurt treedt een scoliose op, indien dubbelzijdig ontstaat een lumbale hyperlordose. (Pinto 2007, Khamis 2015).

Aard van de reacties

Bij verstoring van de functionele eenheid van het houding- en bewegingssysteem zullen reacties op gang komen om zo veel mogelijk de functie te herstellen (ketenreacties), of bescherming te bieden aan het verstoorde element. In de regio van de stoornis ontstaat stijfheid (bescherming van het gebied door spierspanning of vochtrophoping) en/of er wordt pijn ervaren (een onplezierige lichamelijk en/of emotionele sensatie geassocieerd met actuele of dreigende weefselschade) of ontstaan andere sensaties zoals prikkelingen of doof gevoel. Als reactie op een stoornis vinden elders in de keten (intra- of interregionaal) aanpassingen plaats. Grofweg zijn deze reacties, die elkaar niet

uitsluiten en elkaar kunnen overlappen in te delen als anatomisch, neurofysiologisch/reflectoir en/of gedragsmatig (Raja 2020).

Reacties vanuit anatomische verbindingen

Elke anatomische structuur in het lichaam is verbonden met anderen en vormen aldus per definitie ketens. Rek- of drukspanningen (met of zonder klachten) worden in de keten doorgegeven totdat de energie-impuls verspreid is door het absorptievermogen van betrokken weefsels (huid, pezen, spieren, bandapparaat, kapsels, fascia, gewrichten, bot, soms organen). De meest eenvoudige vorm van een keten in het houding- en bewegingssysteem is de verbinding tussen twee botdelen door een bot-pees-spier-pees-botcomplex. Sommige verbindingen overbruggen één gewricht (m. soleus), andere twee (m. gastrocnemius) of nog meer (m. flexor hallucis longus). Bekende voorbeelden van lange ketens zijn de anatomische/myofasciale slings/trains waarbij diverse regio's met elkaar verbonden zijn cranio-caudaal, diagonaal of links-rechts. In alle gevallen is er directe overdracht van energie via anatomische structuren ('load transfer'). Een stoornis geeft verandering aan de eigenschappen van dat deel van de keten, zoals verandering in kwaliteit of mate van bewegen of veranderde stand. Hierdoor verandert de overdracht van energie en vinden aanpassingen elders plaats, mogelijk leidend tot nieuwe klachten of stoornissen (Vleeming 1995; Myers 2001).

Neuroreflectoire aanpassingen

Verstoring van de balans, maar ook pijn op zich, leidt tot aanspanning van spieren en/of verplaatsing van lichaamsmassa om het evenwicht te herstellen: beperking in een flexie beweging kan tot een versterking van extensie elders in de keten leiden, enzovoorts. Dit soort adequate reacties in de keten kunnen alleen voorkomen bij een zo goed als intact sensomotorisch systeem. Er komt sensorische informatie binnen door diverse zintuigen in hoofd, houding- en bewegingssysteem als ook interne organen. Afhankelijk van wat er aan de hand is, leerprocessen, context en cognitie ontstaat er een snelle spinale reflex en/of wordt er een ingewikkeld pad afgelegd via het centrale zenuwstelsel met diverse terugkoppelingen (feedback) wat uiteindelijk al of niet tot een motorische actie leidt.

Somato-visceraal verstoorde ketens

Het is aannemelijk dat er tal van somato-viscerale ketens bestaan. Denk bijvoorbeeld aan hoofdpijn of een vestibulair syndroom bij problemen van de CWK, een ileus bij een rugtrauma, urologische klachten bij problemen van het os coccygis. Onderzoekers vonden bij patiënten met incontinentie een samenhang tussen revalidatie van de bekkenbodem en verbeterde mictie afgezet tegen verbetering van de mobiliteit van de voeten (Lee 2018; Cheng 2005).

Complex regionaal pijnsyndroom

Het complex regionaal pijnsyndroom (type 1 zonder aantoonbaar zenuwletsel, type 2 met zenuwletsel), vroeger ook wel Sudeckse dystrofie genoemd, kan men beschouwen als een verstoorde keten. Het beeld wordt gekenmerkt door verminderde sensibiliteit in een ledemaat, verminderde motoriek, trofische stoornissen van de huid en oedeemvorming. Meestal optredend na een trauma, kenmerkend ook na een gips-immobilisatie. Er zijn waarschijnlijk drie elkaar overlappende mechanismen: neuro-inflammatie, autonome dysfunctie, neuroplastische veranderingen in het CZS. Mogelijk spelen ook auto-immuunreacties een rol (Maihöfner 2010; Limerick 2023). Illustratief in het kader van deze leidraad zijn de observaties van huisarts van Ek en revalidatiearts van Gijn die indertijd een aantal casus beschrijven van CRPS-1 die goed reageerden op manipulaties door een natuurgenezer in Macedonië. Hieruit kwamen afwijzende reacties en een polemiek uit voort (Ek 2005; Renckens 2005).

Invloed van gedrag

Aansluitend op neuroreflectoire aanpassingen, kunnen stoornissen in houding- en bewegingsketens veranderingen geven in gedrag. Het meest sprekende voorbeeld is de antalgische houding of gang. De belasting kan dermate zwaar worden dat een hele keten overbelast raakt en klachten en mogelijk nieuwe stoornissen ontstaan, ook in andere ketens die de belasting proberen op te vangen. Meer permanent kan het bijvoorbeeld gaan over kyfoserig van de LTWK door langdurig zitten en beeldscherm werk. In de keten geeft dit protractie van de CWK (of vice versa) met spierspanningsklachten als gevolg in diverse regio's (zie ook Deel II). De kyfoserig kan nog versterkt worden door het zitten met de benen over elkaar.

'Normaal' gedrag, zoals zitten met de benen over elkaar, leidt al tot veranderingen in een houdingsketen (bekkenstand, lateroflexie wervelkolom, positie acromion, CWK). Zolang de keten zich kan aanpassen aan de nieuwe situatie zal er geen probleem ontstaan. Wanneer echter eindstanden bereikt worden, al of niet door stoornissen in de keten, of vermoeidheid in het systeem door een monotone houding of beweging, ontstaat wel risico op klachten of nieuwe stoornissen. Aanvankelijk zullen aanpassingen reversibel zijn. Naarmate de tijd vordert is er een toenemend risico dat het gedrag 'vermaterialiseert' in verandering van anatomie, in structuuropbouw, zoals bijvoorbeeld hypo- of hypertrofie, of in vorm, zoals een wigvorm van wervels. De ketens verstijven letterlijk. Verstijving van een keten betekent verdere beperking in beweging en belastbaarheid en mogelijk ontstaan van nieuwe stoornissen. Hierdoor ontstaat verdere beperking in flexibiliteit en aanpassingsvermogen in het houding- en bewegingssysteem (Park 2014; Jung 2016; Sbriccoli 2004).

Diagnostische aspecten

Herkennen van ketens

Zoals eerder aangegeven is een mens te herkennen aan de manier van spontaan bewegen. In het bewegen maken de ketens zich kenbaar, in mindere mate is dit ook het geval wat houdingen betreft. Deze ketens zijn per persoon verschillend vanwege de diverse achtergronden en actualiteit. De ketens zijn geautomatiseerd via trial-and-error, oefening, leerprocessen, en zijn niet bewust aanwezig bij de persoon in kwestie. Zodra er een stoornis in een keten ontstaat en dit de persoon uit zijn automatismen haalt, kan er een bewustwordingsproces opgang komen van het aangepaste gedrag en/of klachten door de stoornis ter plekke of elders in de keten. De sleutel voor het herkennen van de keten ligt dus bij de persoon zelf. Aan de onderzoeker is het zaak om de keten te herkennen vanuit een logische samenhang. Daarvoor is kennis nodig van deze persoon: in anamnese met name wat de klacht en voorgeschiedenis betreft, in het gewoontegedrag en in het aangepaste gedrag. Enige creativiteit is vereist om de zaken aan elkaar te koppelen. Deze creativiteit kan worden gevoed door onderwerpen zoals eerder besproken.

Een voorbeeld is bandletsel van een knie. In de anamnese blijkt de persoon pijn te hebben van een knie na een verdraaiing. Dat is eerder gebeurd (sensitisatie) en nu is er ook angst voor verdere schade. De persoon is de knie gaan ontlasten door te manken (aangepast gedrag), het been aan de andere kant wordt nu meer belast. Mogelijk worden hierdoor bij deze persoon de heup abductoren aan die kant overbelast en zijn er gevolgen naar caudaal (enkel, voet) en/of craniaal (bekken, SLO en verder). Hoe deze reacties precies verlopen hangt weer af van andere eigenschappen van deze persoon, leeftijd, zoals bijvoorbeeld scoliose ontwikkeling vanuit habitueel gebruik van de wervelkolom, of beperkingen elders. De volgorde van het ontstaan van klachten of veranderd gedrag en het lichamelijk onderzoek kunnen aanwijzingen geven over welke ketens bij deze persoon ontzien worden en welke betrokken worden.

Aanwijzingen voor de diagnostiek

Het moge inmiddels duidelijk zijn dat er weliswaar omschreven ketens bestaan vanuit de anatomie, maar dat er op individueel niveau een grote variatie is in ketens. Elke persoon reageert op een stoornis op eigen wijze afhankelijk van: anatomische constitutie, leerprocessen, conditie van het moment, trauma's in het verleden, MSK-stoornissen in het heden, stressfactoren, context intern en extern, cognitieve processen, enzovoorts. Dat maakt 'ketendiagnostiek' lastig: een soortgelijke MSK-stoornis activeert bij verschillende personen verschillende ketens en binnen de ketens zit ook weer variatie.

Algemeen

Er zijn een aantal aandachtspunten in het diagnostische proces.

Anamnese:

- Hoe was de situatie rond het ontstaan of voorafgaande aan de eerste klacht? Vaak zijn er tijdens of in de aanloop naar de eerste klacht al signalen geweest: onverwachte stijfheid, kortdurende pijn. In welke regio waren die signalen? Helaas herinneren veel mensen zich dit niet vanwege de tijdsfactor of een laag lichaamsbewustzijn. Soms kan een heteroanamnese helpen.
- Hoe ontwikkelt de klacht zich. Welke klachten zijn er daarna ontstaan? Dat kan een aanwijzing geven over welke keten betrokken is.

Lichamelijk onderzoek:

- Systematisch lichamelijk onderzoek om onverwachte stoornissen op te sporen.
- Onderzoek van de gehele betrokken keten.

- Geef aandacht aan de zogenaamde sleutelregio's: een overgangsregio in mobiliteit (van stug naar mobiel, of bij verandering van bewegingsrichting). Het zijn regio's waar vaker dan gemiddeld stoornissen worden aangetroffen door de veranderde dynamiek.

Extra aandacht voor ketenproblematiek kan nodig zijn in de volgende situaties:

- Lokale behandeling geeft geen verlichting
- De klachten recidiveren
- Er is een trauma in het verleden geweest
- Bij stoornissen aan voeten/enkels, bekkengordel/SLO, hoge nekregio
- De patiënt geeft in een andere regio klachten aan dan waar de stoornis gevonden wordt.

Individueel

Door persoonlijke karakteristieken te betrekken in anamnese en lichamelijk onderzoek is soms een voorspelling te doen over welke keten betrokken is bij de klacht(en):

- Vanuit de houding: hoe werkt de statische belasting in op het houding- en bewegingssysteem. Al eerder is het voorbeeld gegeven van kyfoserig van de LTWK. Er ontstaat hierdoor extra spanning aan de zogenaamd lange kant: de rugzijde, en ontspanning aan de korte kant: de buikzijde. Dit heeft gevolgen voor de respectievelijke condities en kwetsbaarheden bijvoorbeeld bij vermoeidheid in de hele keten.
- Vanuit de functie: hoe is iemand gewend om het lijf in te zetten bij het uitoefenen van taken. Bekende voorbeelden zijn lopende band werk, duurlopers, bovenhandse sporters.
- Vanuit gedrag: hoe gaat de persoon om met de klacht in het dagelijks leven. Oftewel: hoe past iemand zijn gedrag aan en welke compensaties (in de keten of daarbuiten) worden in stelling gebracht?

Behandelingsaspecten

Inleiding

In de MSK-praktijk worden verstoorde ketens gezien. Lang niet altijd wordt een anatomisch substraat gevonden als verklaring. Misschien is subklinisch een compensatiemechanisme aan de gang, als antwoord op een prikkel. De plaats van de pijnangifte correleert niet altijd met de plaats van de MSK-stoornis. Als een verstoring behandeld kan worden, treedt vaak snel herstel op. Het kan lijken op een 'reset' van een haperende machine. Dit roept vragen op. Hoe registreert het organisme dit herstel? Is dit een vorm van lichaamsbewustzijn? Waarom trad herstel niet spontaan op? Hoe is verklaarbaar dat een eenmalige succesvolle mobilisatie langdurig effect kan hebben? Hoe kan het dat stoornissen op afstand van de regio die behandeld is ook kunnen oplossen?

De lokale bewegingsbeperking

Wereldwijd zijn er een aantal stromingen in de MSK-praktijk die verschillende terminologieën hanteren voor de lokale bewegingsbeperking zoals blokkering, subluxatie, osteopathische laesie, standsafwijking, derangement. Er zijn nog meer namen in omloop. Chiropractors bedienen zich nogal eens van röntgenonderzoek of scans om subluxaties vast te stellen. In de MSK-wereld zoekt men naar stand- en bewegingsstoornissen door orthopedisch lichamelijk onderzoek, aangevuld met beoordeling van posities van gewrichtsdelen en palpatie van de range of motion op microniveau, het zogenaamde joint play. De bijbehorende aanpakken kunnen verschillen, maar alle hebben gemeen dat de behandelaar het lichaam of lichaamsdeel handmatig, 'manueel', mobiliseert. Dit kan gebeuren met of zonder actieve rol van de patiënt. Over hoe de lokale bewegingsbeperkingen kunnen worden behandeld verwijzen wij naar de respectievelijke leerboeken en cursussen van de modellen zoals eerder besproken. Een en ander hangt sterk af van de opleiding, vaardigheden en voorkeuren van de behandelaar én de wensen van de patiënt.

Discussies voor de behandeling

De procedure is in principe niet anders dan bij een standaard MSK-behandeling. Ook de gebruikte technieken kunnen allemaal effectief zijn bij het oplossen van stoornissen. Misschien is de belangrijkste vraag bij meer stoornissen in een keten wel: waar kan ik het beste starten?

Waar te starten bij meer stoornissen in een keten?

De behandeling starten bij de vermeende bronstoornis in een keten ligt voor de hand. Daarmee is een gerede kans dat gevolgstoornissen spontaan verbeteren. De keten reageert immers op veranderingen in de kwaliteit. Consequentie is dat na elk deel van de behandeling het systeem opnieuw onderzocht dient te worden om overbodige behandelingen te voorkomen.

Toch valt er ook iets voor te zeggen om bij stoornissen aan het einde van de keten te beginnen, weg van de bronstoornis. De impact op het systeem zal waarschijnlijk kleiner zijn dan starten bij de bron en de energiekosten door aanpassingen lager. Dit lijkt geschikter voor mensen met een hoog belast systeem of laag energieniveau. De kans op ongewenste werkingen na behandeling kan afnemen. Consequentie is dat mogelijk meer sessies met behandelingen nodig zijn om het probleem op te lossen.

Een tussenvorm is 'inbreken' halverwege in een keten mits het behandelstelsel dit toelaat. Het is een inschatting die de behandelaar maakt om in overleg met de patiënt te kiezen wat de meest passende aanpak is.

Waar te beginnen als de bronstoornis niet bekend is?

Als eerste optie is dat de regio van de klacht of impact bij trauma. De kans dat daar ook de bronstoornis ligt is vrij groot.

Een tweede optie zijn de sleutelregio's. Daar worden sowieso vaker stoornissen aangetroffen. Het effect van de behandelingen gaat zowel naar craniaal als caudaal.

De derde optie is de hoge nekregio vanwege de grote neurofysiologische impact op houdingen en bewegingen van het hele lichaam.

De vierde optie is de regio die het vaakst over het hoofd gezien wordt: voeten en enkels. Evenals de hoge nekregio beginnen of eindigen hier veel ketens. Bovendien vinden daar veel traumata plaats zonder adequate behandeling. Veel stoornissen zullen dus nog aanwezig zijn, vaak subklinisch vanwege de enorme aanpasbaarheid van de regio.

Is behandeling van een keten zoveel anders dan een lokale MSK-behandeling?

Nee: een serie lokale behandelingen zonder het concept van een keten kan even effectief zijn als denken en behandelen vanuit een ketenprobleem.

Ja: denken en behandelen vanuit een keten geeft extra systematiek aan het handelen waardoor de kans om een (kleine) stoornis te missen kleiner wordt. De behandeling wordt hiermee efficiënter.

Bestaan er behandelingen van complete ketens?

Oftewel: bestaan er behandelingen waarbij niet de lokale stoornis op de voorgrond staat maar het hele systeem? Afgaande op het Beroepsprofiel artsen Musculoskeletale geneeskunde van de NVAMG, diverse leerboeken en cursussen, is dit niet binnen de MSK-geneeskunde te vinden. Toch zijn er talloze voorbeelden buiten de MSK-praktijk in de vorm van diverse oefentherapieën (denk bijvoorbeeld aan Cesar of Mensendieck therapie), Feldenkrais, Bobath, fascia therapieën (bijvoorbeeld vanuit Stecco of de Anatomy Trains van Myers), en diverse andere bewegingen die niet therapeutisch genoemd worden maar daar wel voor kunnen worden ingezet, zoals bijvoorbeeld Pilates, yoga, Tai chi, haptonomie (NVAMG 2022).

Conclusie

Het concept 'bewegingsketen', oorspronkelijk een term uit de biomechanica, is de grondslag van het menselijk houding- en bewegingspatroon in al zijn individuele variaties en vormt een basisprincipe in de musculoskeletale geneeskunde. Het concept wordt toegepast in vele, zo niet alle MSK-scholen en stromingen, bovendien in allerlei andere bewegingstherapieën en fysieke trainingsmethodes. Werken vanuit een keten blijkt een effectieve therapeutische ingang. Dit past bij het doel van de MSK-geneeskunde: pijn wegnemen, beweging herstellen en zoveel mogelijk aansluiten bij de natuurlijke opbouw van het menselijk lichaam.

Er zijn diverse verklaringsmodellen voor bewegingsketens te formuleren: osteokinematisch, perifere reflectoire loops, feedback vanuit spierfunctie, sensomotorische integratie, invloed van autonoom zenuwstelsel. De laatste jaren lijkt het fascia onderzoek verheldering te kunnen bieden, met mogelijk implicaties voor therapie. Deze leidraad wil een overzicht bieden van deze verklaringsmodellen en een inkijk bieden in de collectieve ervaring van de beroepsgroep. De schrijvers van de leidraad menen dat de behandelaar die rekening houdt met bewegingsketens, een effectiever aanbod zal leveren.

Deel II Casuïstiek en Praktijkvoorbeelden

In dit deel worden ingezonden casuïstiek en praktijkvoorbeelden gepresenteerd die het ketendenken zoals beschreven in de leidraad illustreren. De voorbeelden zijn thematisch gerangschikt, met herkenbare observaties die voortkomen uit de praktijk van de MSK-arts. Naast patiëntgebonden casuïstiek zijn ook losse ketenanalysevoorbeelden opgenomen. De ketens en voorbeelden in dit deel zijn gebaseerd op praktijkervaringen van MSK-artsen, en zijn niet per se wetenschappelijk onderbouwd.

Ketens onderrug/heupgordel/onderste extremiteiten

Keten: Bekken - Proximale tibiofibulaire gewricht – BSG/OSG - Cuboid

Bekkenverwringing. Daardoor malposities L3-L5, met daarbij verhoging risico op discogene problematiek. Ook van invloed op de heup, m. piriformis en SIG in de vorm van artritis of dysfunctie Proximale tibiofibulaire gewricht: malpositie/blokkade fibulakopje waardoor malpositie tibia/ fibula Bovenste spronggewricht (BSG) en onderste spronggewricht (OSG): blokkade/malpositie calcaneus Cuboid blokkade tgv malpositie, meestal dorsopositie. Elk van deze locaties kan de bron zijn die de anderen beïnvloedt. Idem door manipulatie van de een kunnen de anderen beïnvloed worden.

Keten: L2 – m. psoas – m. piriformis en de m. biceps femoris

De m. piriformis en de m. biceps femoris zijn frequent hypertoon, niet door een lokaal proces, maar doordat de homolaterale m. psoas, de antagonist, hypertoon is met forse palpatie pijn ter plaatse van de trochanter minor. Vaak te couperen door een correctie van L2, de origo. Bij deze lokale correctie zijn de hypertoniëën, acuut weg en is de patiënt meteen vol belastbaar, het is dus geen spierprobleem, maar een aansturingsprobleem.

Casus: Afname chronische pijnklachten voorvoet na behandeling bekkenverwringing met formule.

Presentatie: Pijn in scheen en voorvoet. VG: 6 maanden bestaande pijn in voorvoet bij stressfractuur (gezien op MRI) op basis van vascularisatieprobleem. Gips en brace geprobeerd zonder succes.

Onderzoek: bekkenverwringing en lichte plantair- en dorsaalflexie beperking van de enkel.

Beleid en beloop: Na vier OMG behandelingen van bekkenverwringing met formule en lichte mobilisatie met drevel op middenvoetsbeentjes was patiënte pijnvrij en de functie van de voet en enkel hersteld. Nieuwe MRI toonde onveranderde fractuur.

Casus: Behandeling voet mogelijk na behandeling SIG

Presentatie: Recidiverende SIG klachten na trauma met voetproblemen. Met name in de afwikkeling van voet.

Beleid en beloop: Aanvankelijk was de voet niet te mobiliseren. Echter, 10 minuten na SIG injectie met 20 mg Kenacort en 1.5 cc Xylocaine 2% lukte het wel om de voet los te krijgen

Keten: CTO -WK-voet

Presentatie: Toename enkel klachten rechts met in VG een nooit volledig herstelde distorsie enkel rechts

Onderzoek: Lichte c-scoliose convex naar rechts. De rechter enkel is sterk beperkt in dorsoflexie en endorotatie. Beperking van de CTO.

Beleid en beloop: Na manipulatie van C5-6 en T1-2 voelt patiënt dat hij iets makkelijker loopt. Na mobilisatie van het rechter bovenste spronggewricht en rechter distale en proximale fibula voelt het lopen nog beter. Hierna zijn mobilisaties van de WK naar de beperkte richting uitgevoerd volgens Marsman. Dit geeft een verdere verbetering.

Conclusie: overbelasting van pre-existent aangetaste linker enkel door beperkingen in de rug en nek.

Ketens activeren door neuro-proprioceptief stimuleren van de voetzool

Keten: voet – knie – bekken – coccyx,

Bij de geproneerde 'platvoet' en bij de gesupineerde 'holvoet' hoort een specifieke houding, al dan niet mechanisch of neurologisch gedwongen. Er is steeds een zoeken naar balans. Compensatie vanuit wat het lichaam te bieden heeft, levert pijn op.

Pronatie: een zakken van het mediaal voetgewelf, naar binnen draaien en naar mediaal bewegen van de talus, een onderbeen dat de interne draaiing volgt, een endorotatie van het bovenbeen, een kanteling van het bekken naar voren, een versterkte lumbale lordose, een versterkte thoracale kyphose en een scapulum posterior (een vanuit een loodlijn achter het bekken gepositioneerd scapula) en een versterkte cervicale lordose (*Figuur 4*).

Supinatie: hier het tegenovergestelde: verhoging van het mediale gewelf, een exorotatie van het been, een achteroverkanteling van het bekken, een scapulum anterior. De stuit beweegt onder invloed van de voor- en achteroverkanteling van het bekken. Vanuit de musculaire hypotonie van de pronatievoet en de hypertonie van de gesupineerde voet is het effect op positie van de stuit en pijn aldaar verklaarbaar

Onderzoek van ketens na therapie:

Bij een geproneerde voet zien we mediale kniepijn (pes anserinus komt op spanning), mediale liespijn, flankpijn, een cervicale rotatiebeperking, spanningshoofdpijn. Bij een gesupineerde voet zien we klachten aan de laterale knie (tractus), laterale heup/slijmbeursontsteking, SIG-belasting in combinatie met een beenverkorting aan de heterolaterale kant, flankpijn, cervicale rotatiebeperking. Cervicale rotatiebewegingen reageren op een correctie van de stand van de voeten. Hiermee valt te controleren of de algehele houding na therapie verbeterd is.

Flexie beperking van de knie, door hypertonie van de m. tibialis posterior o.a. door een plantaire verplaatsing van het os cuneiforme intermedium. In deze keten treedt ontspanning op na herstel van dit voetgewelf.

Beperking endorotatie in de heup door spanning op de heup exorotatoren, door een functiestoornis in de dorsaalflexie van de laterale voet, vaak het cuboid. Dit resulteert in verminderd dorsaal flecteren van de laterale voet (5e straal), waardoor er een snellere en verdere pronatie is in de midstance van de afwikkeling. Dit geeft meer endorotatie van het been waardoor spanning op piriformis ontstaat. Door de hogere basisspanning is er minder heup endorotatie mogelijk. En dat vergemakkelijkt dus weer de afwikkeling.

Als de functiestoornis van de voet (cuboid) volledig is opgelost, is de endorotatie van het been weer toegenomen tot symmetrie met de niet aangedane zijde.

Keten: Enkel - bekkenbodem

Dorsaalflexie enkels geeft een anterieure bekkenkanteling en een toename van de activiteit van de bekkenbodem, waar plantairflexie enkels een posterieure bekkenkanteling geeft en mogelijk ontspanning van de bekkenbodem (Chen 2015, Lee 2018).

Ketens nek/bovenrug/schoudergordel/bovenste extremiteiten:

Presentatie: Surmenage C4-C7, last lokaal en uitstraling naar de bijpassende dermatomen. Surmenage rotatorencuff en glenohumeraal. Oorzaak vaak te hoge spierspanning door stress en een zittend beroep. De blokkade lijkt in CTO te beginnen.

Presentatie: Hoogstand eerste rib tgv extreem aanspannen mm. scaleni (val, te zwaar tillen). Eerste rib blokkeert de clavicula waardoor er een verstoord scapulo-humeraal ritme ontstaat waardoor klachten AC, glenohumeraal en rotatorencuff surmenage.

Keten: een andere genoemde keten is de keten lunatum - proximale en distale radius - AC/SC gewricht - C2/3

Casus: hoog thoracale klachten bij functiestoornis pols/elleboog/ AC-en SC gewricht.

Presentatie: Sinds 1 jaar hoog thoracale pijnklachten rechts met uitstraling pols/elleboog na val met motor op rechter zij en hand.

Onderzoek:

Hoogstand rechter clavicula met positieve AC testen, blokkade en dorsoflexie stand lunatum met radiuskopje naar proximaal met pro-supinatiebeperking. Drukpijn sternoclaviculair gewricht.

Beleid en beloop: opheffen functiestoornissen pols/elleboog, AC gewricht en locale infiltratie SC gewricht met 10 mg Kenacort/0.5 cc Xylocaine 2% onder Röntgendoorlichting i.v.m. capsulitis SC-gewricht.

Analyse: Hoog thoracale klachten door functiestoornis pols/elleboog/ AC-en SC gewricht.

Casus: Overbelasting spieren interscapulair bij scoliose, lumbale kyfose en cervicale protractie

Presentatie: Intermitterende pijn interscapulair links

Onderzoek: Kyfose LWK; vervlakking kyfose interscapulair; protractie CWK-hoofd; Scoliose LWK rechts convex, scoliose TWK links convex

TWK-spierspanning in rust paravertebraal met name links; TWK midden-hoog stug en provocerend bij A-P vering.

Beleid en beloop:

Tractie TWK midden-hoog, houdingsinstructie, werkplekadvies. Na 3 behandelingen duidelijke afname klachten.

Analyse:

Pijn interscapulair links ten gevolge van chronische overbelasting spieren aldaar door compensatie-scoliose convex links, extra strekbelasting door compensatie van kyfotische houding LWK en protractie CWK.

Overige casuïstiek

Casus: Acute lumbago vermindert door manipulaties CWK en TWK

Presentatie: Acute pijn centraal onder in de rug na zwaar tillen

Onderzoek: Loopt stram, hypertone musculatuur links paravertebraal in de mid-TWK. Pijn op niveau L4-5. De onderrug is pijnlijk in alle richtingen bij passief bewegen. Beperkte rotatie nek

Beleid en beloop: Manipulatie T5-6 naar extensie, C7-T1 met een tractiemanipulatie in zit. Hierop vrijer bewegen en minder pijnlijk

Analyse: door de interventies bevordering van de extensie in de TWK en CWK; dit ontlast segment L4-5.

Casus: SIG-klachten en beperkte mondopening bij beweegstoornis C1-C3

Presentatie: Intermitterende SIG klachten rechts

Onderzoek: Het Fortin teken wijst in de richting van SIG-pijn rechts.

Bewegingsstoornis op niveau C3 en op de overgang C1-C2.

De mondopening lijkt beperkt.

Beleid en beloop: Gekozen wordt voor een manipulatie van C2 naar de meest beperkte kant. Het segment komt goed los. Hierna is mond beter te openen. De blokkering op C3 is niet meer palpabel. Gekozen wordt voor nu verder afwachten. Een maand later bericht zij dat de bekkenpijn geleidelijk verdwenen is.

Analyse: Stoornis in het SIG, opgeroepen door houdingsafwijkingen in de nek, mogelijk versterkt door belastende werkhoudingen achter het toetsenbord.

Casus: Pijnklachten van middenoor en kaak bij bekkentorsie, na beugel en val op hoofd

Presentatie: Sinds ruim een half jaar toenemende pijnklachten van middenoor/kaak links. Sinds ruim een jaar wisselend lage rugklachten na val van paard.

Voorgeschiedenis: Dentale beugel en hersenschudding na eerdere val van paard

Onderzoek:

Functiestoornis linker kaak met stoornis C3-C4, C4-C5. Functiestoornis atlas.

Bekkenverwringing, rechter ilium in anteflexie.

Ribdysfunctie zwevende ribben rechts.

Conclusie: Door val van paard ontstane bekkentorsie bij een kaakdysfunctie na beugelperiode en functiestoornis atlas na hersenschudding met daarbij passende functiestoornissen midcervicaal.

Ribdysfunctie zwevende ribben door compensatie bij bekkenverwringing.

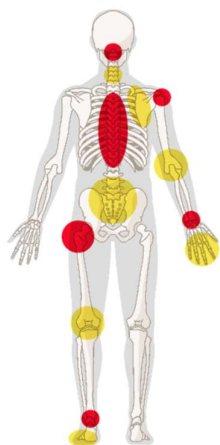
Beleid: Opheffen functiestoornissen in bekken, ribben, midcervicaal, kaak en atlas.

Keten: Beperking endorotatie humerus bij bekkenverwringing

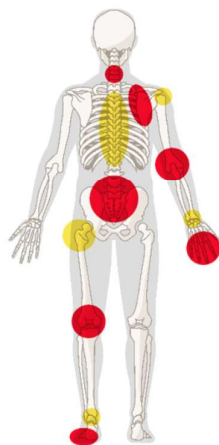
Endorotatie beperking van de humerus, door problemen met de m. latissimus dorsi, de insertie aan de crista tuberculi minoris. De andere zijde hecht laag lumbaal aan, maar ook aan de crista. Die staat in verbinding met de symfyse en bij verwringing alhier kun je reactie vinden in de latissimus dorsi en endorotatie beperking van de humerus.

Deel III Afbeeldingen

GOOD

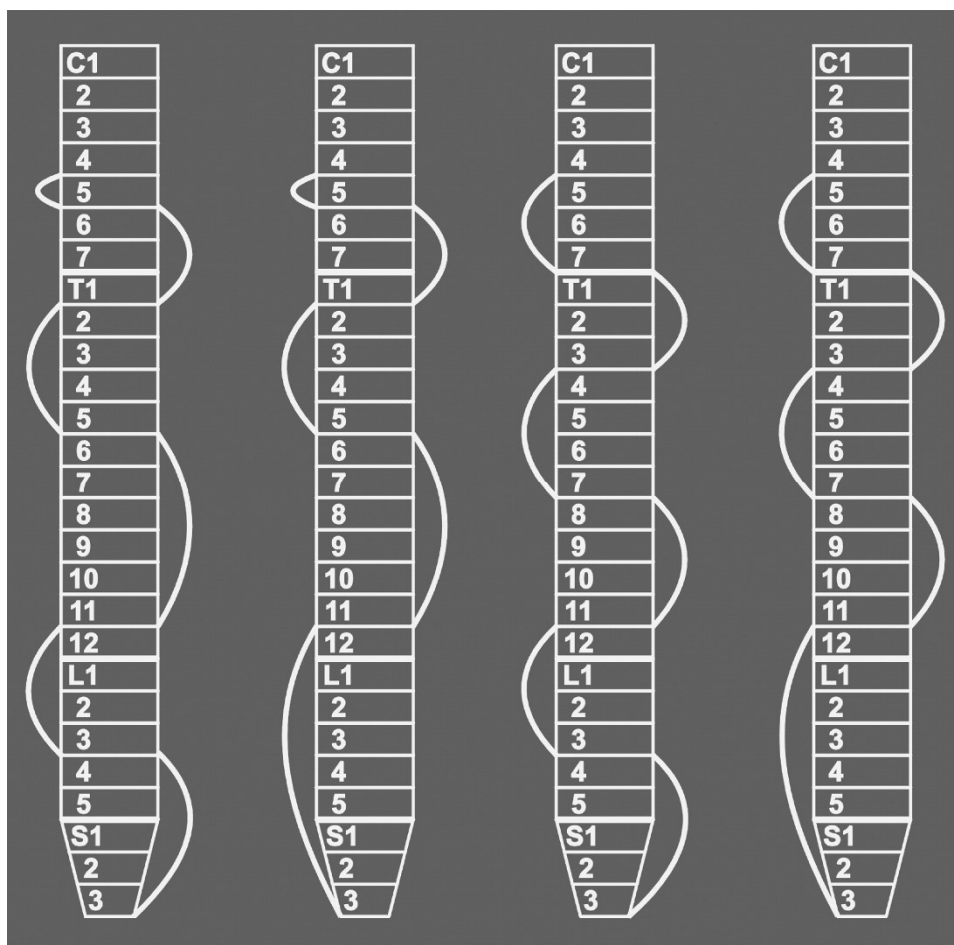


BAD

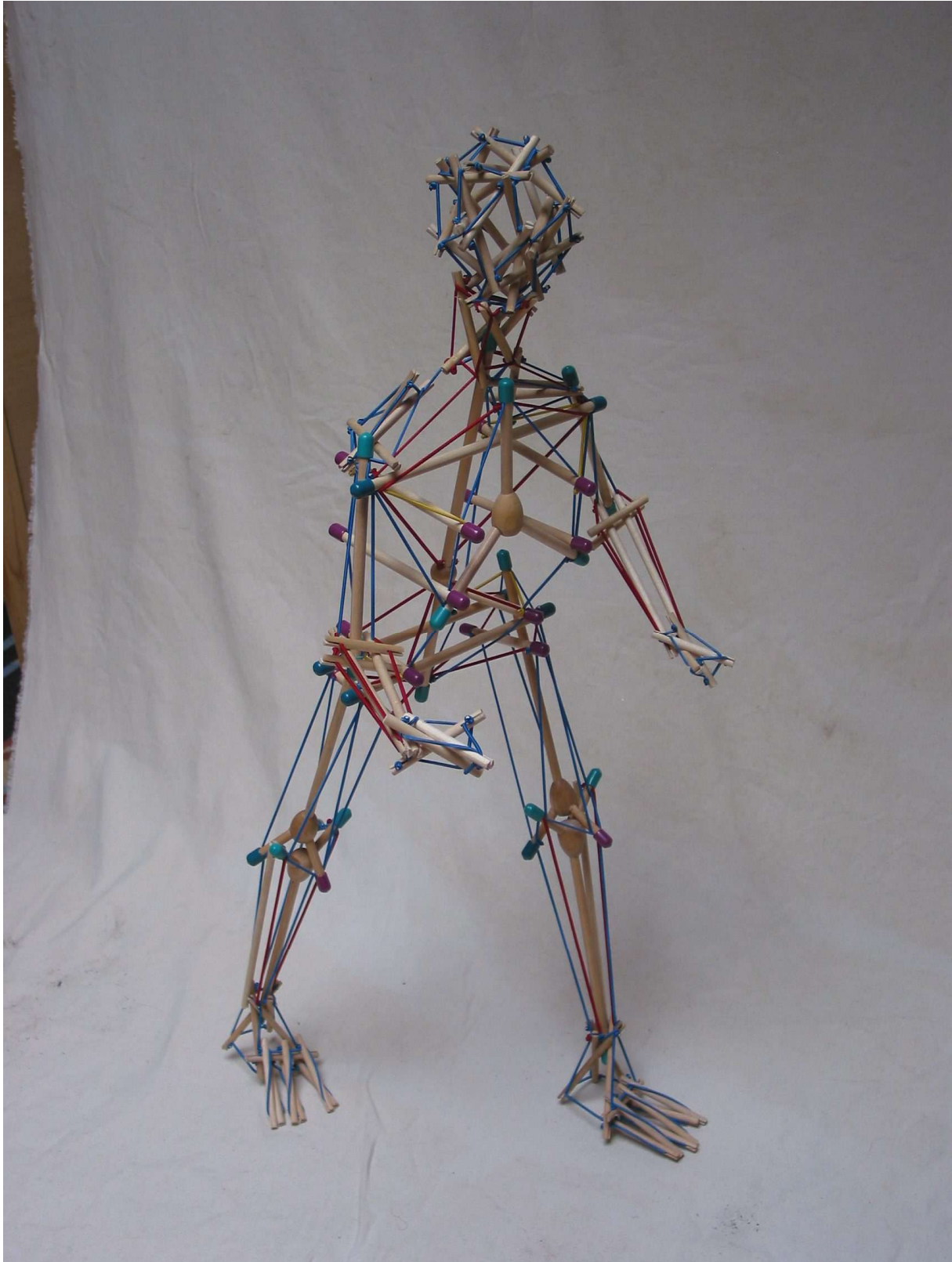


● MOBILE
● STABLE

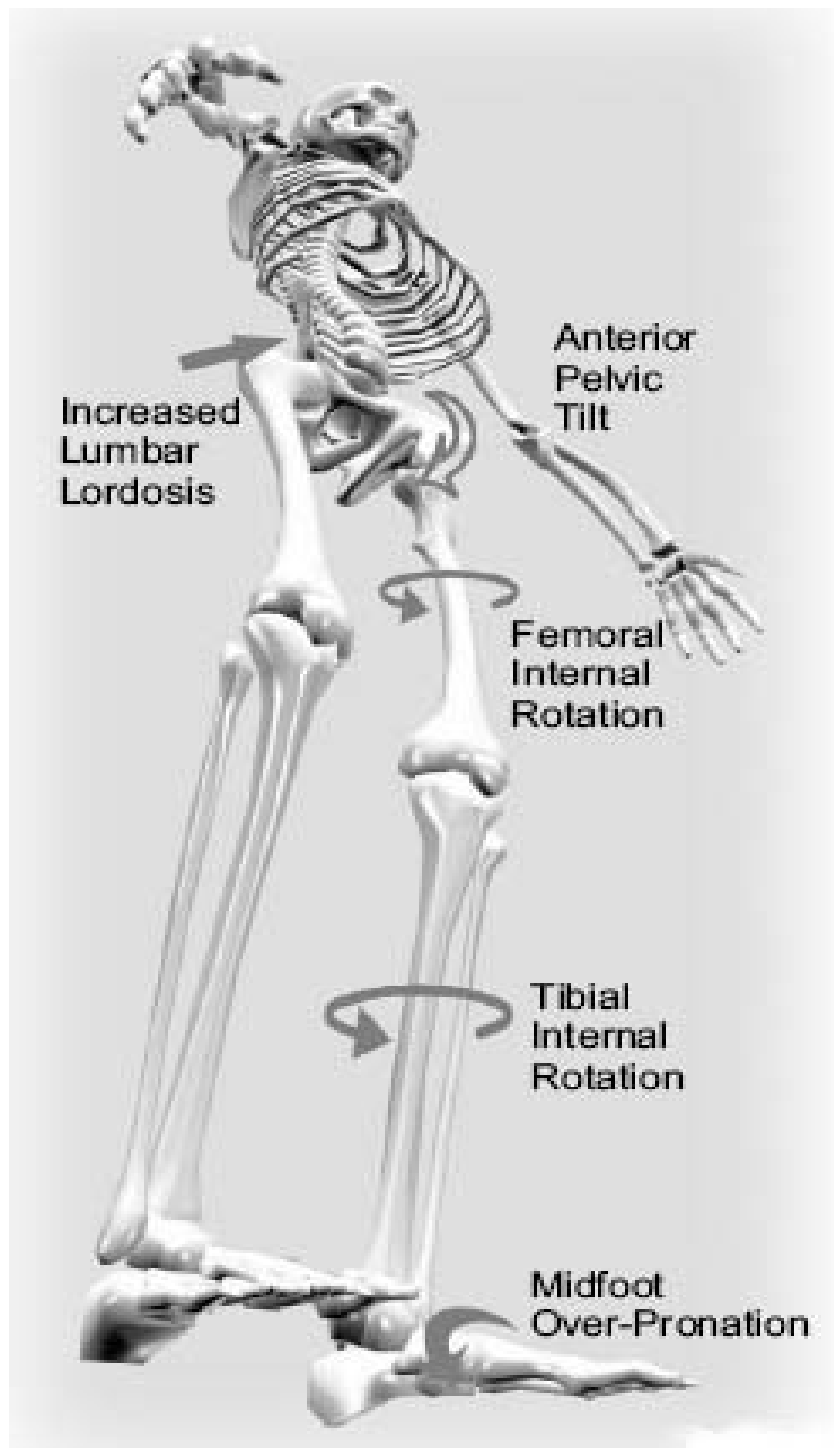
Figuur 1 Joint-by-Joint concept



Figuur 2 Formules volgens Sikesz



Figuur 3 Tensegrity model Designer Tom Flemons. Zie ook Levin 2024 en <https://intensiondesigns.com>
De structuur reageert typerend op een toegediende verstoring in de keten



Figuur 4 Gevolgen in de keten van pronatie van de voet

Deel IV Referenties

Almansoof HS, Nuhmani S, Muaidi Q. Role of kinetic chain in sports performance and injury risk: a narrative review. *J Med Life*. 2023 Nov;16(11):1591-1596.

Bogduk N. On the definitions and physiology of back pain, referred pain, and radicular pain. *Pain*. 2009 Dec 15;147(1-3):17-9.

Bordoni B, Myers T. A Review of the Theoretical Fascial Models: Biotensegrity, Fascintegrity, and Myofascial Chains. *Cureus*. 2020 Feb 24;12(2):e7092.

Bordoni B, Escher AR, Castellini F, Vale J, Tobbi F, Pianese L, Musorrofiti M, Mattia E. Fascial Nomenclature: Update 2024. *Cureus*. 2024 Feb 11;16(2):e53995.

Busquet L, Busquet-Vanderheyden M. Les chaînes physiologiques, Tome I, Fondamentaux de la méthode: tronc, colonne cervicale, membre supérieur. Pau, Busquet, impr. 2014.

Buytendijk FJJ. Algemene theorie der menselijke houding en beweging. Het Spectrum 1948.

Chen CH, Huang MH, Chen TW, Weng MC, Lee CL, Wang GJ. Relationship between ankle position and pelvic floor muscle activity in female stress urinary incontinence. *Urology*. 2005 Aug;66(2):288-92

Cook G, Boyle M. <https://www.strengthzonetraining.com/the-joint-by-joint-approach-claims-vs-the-evidence/> (geraadpleegd op 17-6-2025)
<https://theprehabguys.com/joint-by-joint-approach/> (geraadpleegd op 17-6-2025)

Donnally CJ, et al. Current incidence of adjacent segment pathology following lumbar fusion versus motion-preserving procedures: a systematic review and meta-analysis of recent projections. *Spine J* 2020;20(10):1554-1565.

Ek J.W. van Gijn J.C. Een wonderbaarlijke genezing. Macedonische therapie succesvol bij posttraumatische dystrofie. *Medisch Contact* 2004 11, 401

Renckens C. Het blijft kwakzalverij. *Medisch Contact* 2006 06, 1074-77

Ek J.W. van Gijn J.C. Een alarm dat almaar afgaat. *Medisch Contact* 2006 06, 1077-79

Farrell G, Chapple C, Kennedy E, Reily-Bell M, Sampath K, Gisselman AS, Cook C, Katare R, Tumilty S. Autonomic nervous system and endocrine system response to upper or lower cervical spine mobilization in males with persistent post-concussion symptoms: a proof-of-concept trial. *J Man Manip Ther*. 2024 Dec;32(6):602-618.

Gowitzke BA, Milner M. Scientific bases of human movement. Williams & Wilkins 1988.

Guimberteau JJ. 'Strolling under the skin'.
<https://www.youtube.com/watch?v=eW0lvOVKDxE> (geraadpleegd op 6 juli 2025)

Gutman G. Functionelle Pathologie und Klinik der Wirbelsäule. Band I Die Halswirbelsäule. Gustav Fischer Verlag 1984.

Jin Q, Chang Y, Lu C, Chen L, Wang Y. Referred pain: characteristics, possible mechanisms, and clinical management. *Front Neurol*. 2023 Jun 28;14:1104817

Jung SY, Choi BR. Three-dimensional change in the cervical spine in a cross-legged sitting position after a time lapse. *J Phys Ther Sci*. 2016 May;28(5):1657-9.

Karandikar N, Vargas OO. Kinetic chains: a review of the concept and its clinical applications. *PM R*. 2011 Aug;3(8):739-45.

Karas S, Pannone A. The T4 syndrome: A scoping review of the literature. *JMPT* 2017;40(2):118-125.

Khamis S, Dar G, Peretz C, Yizhar Z. The Relationship Between Foot and Pelvic Alignment While Standing. *J Hum Kinet*. 2015 Jul 10;46:85-97

Krause F, Wilke J, Vogt L, Banzer W. Intermuscular force transmission along myofascial chains: a systematic review. *J Anat*. 2016 Jun;228(6):910-8.

Lee K. Activation of Pelvic Floor Muscle During Ankle Posture Change on the Basis of a Three-Dimensional Motion Analysis System. *Med Sci Monit*. 2018 Oct 10;24:7223-7230.

Levin SM, Lowell de Solórzano S. Bouncing bones-ancient wisdom meets modern science in a new take on locomotion. *Front Physiol*. 2024 Sep 30;15:1432410.

Lewit K. *Manuele Therapie*. De Tijdstroom 1979

Limerick G, Christo DK, Tram J, Moheimani R, Manor J, Chakravarthy K, Karri J, Christo PJ. Complex Regional Pain Syndrome: Evidence-Based Advances in Concepts and Treatments. *Curr Pain Headache Rep*. 2023 Sep;27(9):269-298.

Liu N, Goodman SB, Lachiewicz PF, Wood KB. Hip or spine surgery first? A survey of treatment order for patients with concurrent degenerative hip and spinal disorders. *Bone Joint J*. 2019 Jun;101-B(6_Supple_B):37-44.

Locher H. *Manuelle Medizin, Manuelle Therapie: Grundlagen, Wirkmechanismen, Indikationen und Evidenz* [Manual medicine, manual treatment : Principles, mode of action, indications and evidence]. *Unfallchirurg*. 2021 Jun;124(6):433-445.

Maihöfner C, Seifert F, Markovic K. Complex regional pain syndromes: new pathophysiological concepts and therapies. *Eur J Neurol*. 2010 May;17(5):649-60.

Massion J. Movement, posture and equilibrium: Interaction and coordination. *Progr Neurobiol* 1992;vol 38:35-56.

Moiroux-Sahraoui A, Mazeas J, Delgado N, Le Moteux C, Acco M, Douryang M, Bjerregaard A, Forelli F. Prevention of Overhead Shoulder Injuries in Throwing Athletes: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel)*. 2024 Oct 30;14(21):2415.

Myers TW. *Anatomy trains. Myofascial meridians for manual & movement therapists*. Churchill Livingstone 2001.

Noten S, Meeus M, Stassijns G, Van Glabbeek F, Verborgt O, Struyf F. Efficacy of Different Types of Mobilization Techniques in Patients With Primary Adhesive Capsulitis of the Shoulder: A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016 May;97(5):815-25.

NVAMG. Beroepsprofiel artsen Musculoskeletale geneeskunde. NVAMG 2022.

Offierski CM, MacNab I. Hip-spine syndrome. *Spine*. 1983 Apr 1;8(3):316-21.

Park Y, Bae Y. Comparison of postures according to sitting time with the leg crossed. *J Phys Ther Sci*. 2014 Nov;26(11):1749-52.

Pinto RZ, Souza TR, Trede RG, Kirkwood RN, Figueiredo EM, Fonseca ST. Bilateral and unilateral increases in calcaneal eversion affect pelvic alignment in standing position. *Man Ther*. 2008 Dec;13(6):513-9.

Rainville J, Bono JV, Laxer EB, Kim DH, Lavelle JM, Indahl A, Borenstein DG, Haig AJ, Katz JN. Comparison of the history and physical examination for hip osteoarthritis and lumbar spinal stenosis. *Spine J*. 2019 Jun;19(6):1009-1018.

Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, et al. International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises". *Pain* 2020. 161 (9): 1976–1982.

Rome P, Waterhouse J. 2021 Asia and Pacific chiropractic journal. Neurodynamics of vertebrogenic somatosensory activation and Autonomic Reflexes - a review: Part 2 Autonomic nervous system and somatic reflexes

Rutte S, Patijn J. Chapter 11 Biomechanics and laterality in musculoskeletal medicine: an additional approach? In: Hutson M, Ward A. *Oxford Textbook of Musculoskeletal Medicine*. Oxford 2nd ed 2016.

Sampath K, Tumilty S, Wooten L, Belcher S, Farrell G, Gisselman AS. Effectiveness of spinal manipulation in influencing the autonomic nervous system - a systematic review and meta-analysis. *J Man Manip Ther*. 2024 Feb;32(1):10-27.

Sbriccoli P, Yousuf K, Kupershtein I, Solomonow M, Zhou BH, Zhu MP, Lu Y. Static load repetition is a risk factor in the development of lumbar cumulative musculoskeletal disorder. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004 Dec 1;29(23):2643-53.

Schleip R, Naylor IL, Ursu D, Melzer W, Zorn A, Wilke HJ, Lehmann-Horn F, Klingler W. Passive muscle stiffness may be influenced by active contractility of intramuscular connective tissue. *Med Hypotheses*. 2006;66(1):66-71.

Scott SH. A Functional Taxonomy of Bottom-Up Sensory Feedback Processing for Motor Actions. *Trends Neurosci*. 2016 Aug;39(8):512-526.

Seifert, I. Schlüsselregionen beim Säugling. *Manuelle Medizin* 48, 83–90 (2010).

Sikesz M. Orthomanipulatie. Stafleu's 1981.

Smidt GL 1994. Current open en closed kinetic chain concepts – clarifying or confusing? *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 20 (5), 235).

Stecco L, Stecco C. Fascial Manipulation for Internal Dysfunction. 2014 Piccin, Padua

Steindler, A. (1955). *Kinesiology of the human body under normal and pathological conditions*. Springfield, IL: Charles C. Thomas.

Sueki DG, et al. A regional interdependence model of musculoskeletal dysfunction: research, mechanisms, and clinical implications. *JMMT* 2013,21(2):90-102.

van Cranenburgh. Segmentale verschijnselen. BSL 2022.

van Hogezaand MB. Musculoskeletale geneeskunde. Een theorie over het ontstaan van klachten van het bewegingssysteem. Mijnbestseller.nl 2022. (Diverse teksten in Deel I zijn grotendeels en met toestemming hieruit overgenomen.)

Vleeming A, Mooney V, Stoekart R eds. Movement, stability & lumbopelvic pain, integration of research and therapy. Elsevier 2007.

Vleeming A, Snijders CJ, Stoeckart R, Mens JMA. A new light on low back pain. In: Vleeming A, Mooney V, Dorman T, Snijders CJ (eds). Second Interdisciplinary World Congress on Low Back Pain and its Relation to the SI Joint. Rotterdam ECO, 1995, 123-131.

Zwingenberger, V. Historische Betrachtung zur Annahme der dominierenden manualtherapeutischen Schlüsselregionen. Manuelle Medizin 59, 81–86 (2021)