

1 Bindweefsel als een organiserend systeem

1.1 Van scheiden en verbinden

Voor het begrijpen van het menselijk bewegen en voor therapeutische toepassingen bij bewegingsproblemen is het verhelderend om het fysieke lichaam te beschouwen als een bindweefselcontinuüm van kruin tot tenen, in plaats van als een zak met botten en organen. De kennis en terminologie van het benige skelet, het bindweefselskelet, het gewrichtsbindweefsel, fascia en spierbindweefsel hoeven niet overboord te worden gegooid, maar kunnen worden samengevoegd tot wat in de Angelsaksische literatuur wel is beschreven als 'the Organ of Form'. De nadruk op vorm verwaarloost nog het belang van bewegen. Momenteel wordt de structuur die ons laat bewegen wel aangeduid met een omvattend begrip als de 'myofascia', het architecturale samenspel van spiervezels en bindweefselvliezen.

Een bewegend mens is meer dan een 'spieren- en bottenmens'. Het is een handelende mens die met behulp van spierweefsel doelgericht beweegt, waarbij alle onderdelen via bindweefsel met elkaar zijn verbonden en samenwerken.

Twee concepten, *tensegrity* en fascia, schetsen beide een beeld van het lichaam als eenheid, waarbij bindweefsel een wondermooi gestructureerd systeem is. De titel van het boek *Fascia; the tensional network of the human body*, is in feite een treffende oneliner. Veelbelovend is het dynamische *tensegrity-model*. (Tensegrity is een samentrekking van tension en structural integrity; spanning en samenhang.) Het begrip komt uit de beeldende kunst en architectuur.

Bouw bindweefsel

Bindweefsel bestaat in principe uit een matrix van krachtopvangende vezels, ingebed in een gelatineuze grondsubstantie én de cellen die voor de vorming van die vezels en gel verantwoordelijk zijn. Bindweefselcellen maken constant macromoleculen die door hun fysische eigenschappen elk voor een specifieke functie ontworpen zijn. De opgeloste organische matrixmoleculen en bindweefselvezels vormen samen een trek- en druksterksysteem. Voor de trekvastheid van de matrix zijn *collagene bindweefselvezels* uitermate geschikt. Al naar gelang de matrixsamenstelling wordt bindweefsel ingedeeld als bot, kraakbeen, pees, fascie, enzovoort.

1.1.1.1 Mechanische prikkels

Het verbaast ons niets dat kinderen vanaf de geboorte groeien en dat de weefsels van het bewegingssysteem zich vlekkeloos aan dat proces aanpassen. Als botten zich onder invloed van groeihormoon, schildklierhormoon en goede voeding verlengen, gaat door dagelijks gebruik de lengte van spieren en fascies mee. Dit vermogen blijft het hele volwassen leven behouden voor kleinere aanpassingen. Door lichte en langdurige rekprikkels zal adaptatie optreden, mits er functioneel bewogen wordt.

Tabel 1.1 Diverse typen collageen in weefsels.

	Type	Molecuulkenmerk	Aanwezig in
fibrilvormend	I	2[$\alpha_1(I)$]-ketens en 1 $\alpha_2(I)$ -keten	botten, pezen, huid, ligamenten, fascies, bloedvaten (90% van alle collageen)

Bij de mens is de stevige fascia thoracolumbalis een bindweefselplaat in de onderrug die bij diep bukken de taak overneemt van de rugspieren. Ook hier is dus sprake van een energiezuinige passieve oplossing (► intermezzo 3.4).

De crosslinking in kapsels en ligamenten en de ongewenste moleculaire verbindingen in bindweefselovergangen tussen spieren, fascies en huid leiden tot bewegingsbeperkingen. Voet- en handfunctie worden belemmerd. Veel diabetespatiënten ontwikkelen bijvoorbeeld een frozen shoulder

met ernstige bewegingsbeperking van de schouderregio.

2 Een collageen continuüm

Inleiding

In hoofdstuk 2 zijn bindweefsel en collageen voornamelijk beschreven als bestanddelen, maar bestanddelen leveren materiaal voor grotere structuren. Gespecialiseerde bindweefsels, zoals botten, gewrichten, gewrichtskapsels en banden, zijn een voorwaarde voor de effectieve werking van spierweefsel bij bewegen. Afgezien van deze concreet te beschrijven afzonderlijke structuren is in het lichaam veel meer verbindend bindweefsel aanwezig. Skeletdelen worden zeker niet slechts bij de gewrichtsuitenden met gewrichtskapsels verbonden. De membranae interosseae tussen de tibia en de fibula en tussen ulna en radius bijvoorbeeld houden deze botstukken bijeen en hebben invloed op hun onderlinge bewegingen. Onderdelen van de bekkenregio en in de wervelkolom worden door complexe ligamentaire en vliezige structuren verbonden.

In het register van gerenommeerde atlassen is de lijst met vliezen (*fasciae*) omvangrijk. Een paar voorbeelden: aan de achterzijde van de romp de stevige fascia thoracolumbalis met een oppervlakkig en een diep blad, waarin extensoren van de wervelkolom liggen ingesloten waarop ze aangrijpen en waarop veel spieren aanhechten. De onder de huid gelegen stevige fascie van het been loopt vanaf die thoracolumbale fascie via de bilsieren over het bovenbeen en het onderbeen als een geheel door naar de voet. In boven- en onderarm is de situatie vergelijkbaar. Anatomisch zijn er veel lokale benamingen (fascia glutea, fascia lata, fascia cruris en de fascia brachii en fascia antebrachii), maar functioneel is er sprake van een continu doorlopende collageene structuur.

Spierweefsel en botten in de extremiteiten zijn meestal door een stevige fascie omgeven. Ook maken spieren onderling, en spieren en botten op veel meer plaatsen contact dan op de anatomisch uitgebreid beschreven origo's en inserties in anatomieatlassen.

Nota bene: Op anatomische demonstratieskeletten zijn aanhechtingen van spieren vaak in blauwe en rode kleurvlakken op het plastic skelet aangegeven, alsof dit de nauw omschreven contactplaatsen tussen spierweefsel en skelet betreft. Maar dat is veel te beperkt; daar is ooit door anatomen al snijdend naar toegewerkt om zo 'helder mogelijke verbindingen' te creëren. Dan kun je direct beredeneren welke beweging elke afzonderlijke spier op het skelet zal veroorzaken. (Dat maakt studeren en tentamineren wel eenvoudiger).

2.1 Visie op de fascia

Albert Einstein schreef de gevleugelde woorden:

[Make everything as simple as possible, but not simpler.](#)

De verouderde visie op fascies en schotten kon ertoe leiden dat het bindweefsel werd gezien als verpakkingsmateriaal (cadeaupapier, houtwol, piepschuim of noppenfolie). 'Je moet het verwijderen om bij het cadeautje te komen (spieren, organen, botten).' Het isoleren en opknippen in afzonderlijke regionale onderdelen is geen reële situatie voor het analyseren en het begrijpen van het complexe menselijk bewegen en de daarbij soms optredende pathologieën van ons musculoskeletale systeem. Om niet verder te vervallen in een opsomming van afzonderlijke verbindingen is het effectiever om direct de titel van dit hoofdstuk – 'Een collageen continuüm' – uit te werken.

Mensen zijn niet samengesteld uit losse onderdelen die aan elkaar geplakt zijn tijdens de embryonale fase en de navolgende groei. Er is geen sprake van een chassis met afzonderlijk onderdelen, zoals aangeschroefde deuren, motor, versnellingsbak, accu, een gas- en rempedaal en ingekitte ramen en ruitenwissers. De passage in de inleiding van dit hoofdstuk met anatomische namen was dan ook weer de valkuil om anatomische begrippen te gebruiken om afzonderlijk benoemde structuren aan te duiden, die niet afzonderlijk zijn! Het totale systeem met vezels en extracellulaire matrix omgeeft tijdens ontwikkeling, groei en volwassenheid alle cellen en organen. Ons zenuwstelsel bestuurt een samenhangend systeem en is niet verwoed bezig om losse onderdelen 'in de lucht te houden'.

In feite ligt onder de opperhuid, rondom en tussen spierweefsel, botten en organen overal verbindend bindweefsel in de vorm van ragfijne draden, herkenbare vliezen, schotten en bindweefselstrengen

Verschillende soorten fascia

Ter stabilisering van een ingenomen houding en het geleiden van krachten tijdens beweging, bezitten we een doorlopend bindweefselstelsel van oppervlakkige en diepe fascies, die samen de lichaamsweefsels omhullen en doorkruisen. (In hoofdstuk 1 werden hiervoor de begrippen tensegrity en myofascia geïntroduceerd.)

In anatomische handboeken wordt onderscheid gemaakt tussen enerzijds de *fascia superficialis* (oppervlakkige lichaamsfascie) en anderzijds de dieper gelegen vliezige structuur, de *fascia profunda* (diepe lichaamsfascie), die als een stevige steunkous rond de spieren ligt. Dit is in principe een logisch onderscheid. De oppervlakkige fascia is niets anders dan de ons totaal omhullende mantel onderhuids bindweefsel van de hypodermis. Ze bestaat uit een doorlopende laag bindweefselvezels en vetweefsel. Het sluit als een persoonlijk nauwsluitend neopreen surfpak om het eronder gelegen lichaam. Wanneer je de huid van de onderarm of de rughuid oppakt, licht je de dunne opperhuid en dermis samen met de dikke fascia superficialis op van de fascia profunda.

De fascia superficialis ligt nergens los van de onderlaag, maar kan op de meeste plaatsen wel aanzienlijk verglijden. Dat komt door de veel lossere en daardoor verglijdbare bindweefselverbindingen tussen de oppervlakkige fascia en de diepe fascies. In de fascia superficialis zijn soms ook skeletspiertjes aanwezig, zoals in het aangezicht voor fronsen, lachen en huilen.

In afbeelding zijn aan de binnenzijde van de onderarm de fascia superficialis met lobjes vetweefsel en de fascia profunda te zien. Er is geprepareerd in dit weefsel, waardoor de verbindingen tussen de oppervlakkige en de diepe fascia zijn verbroken. Onderaan de foto is de losmazige verbinding tussen de fascia superficialis en de fascia profunda nog wel te zien. De fascia profunda heeft een kruislings verloop, met nadruk op collageenvezels in de circulaire richting. Die zorgen voor tegendruk als de onderliggende spierbuik aanspant. Die tegendruk helpt bij dynamisch aanspannen om het aderlijke bloed en de lymfe weer richting het hart te verplaatsen (de spierpomp). Onder de fascia profunda ligt het bekledende spiervlies (epimysium) met collageen in de lengterichting van de arm. Hier worden krachten voortgeleid in de lengterichting van de spieren. Op speciale plaatsen waar pezen een scherpe hoek maken, zoals boven de wreef van de voet, bij de binnen- en buitenenkel en de buig- en strekzijde van de pols, bevinden zich in de fascia sterke dwarse collageenstrengen, de *retinacula*. Dit zijn bindweefselbanden in de diepe fascia die voorkomen dat de pezen bij buigen op grote afstand komen te liggen, maar juist strak tegen de extremititeit worden gehouden. Het voorkomt het zogeheten *bowstringing*.

Tot de fascia behoren ook vliezen die diep in het lichaam voor structuur zorgen (Engels: 'investing fascia'). Tussen spiergroepen liggen stevige compartimentsvliezen (intermusculaire septa). Ook afzonderlijke spieren hebben een fascia en in de spieren zijn eveneens veel bindweefselstelsels aanwezig. Ook het botvlies kan tot de fascia gerekend worden.

In de internationale literatuur is de laatste jaren de aandacht voor de fascia sterk gegroeid. De onduidelijkheid over de terminologie is helaas navenant toegenomen. Wat zijn nu fascies en wat niet? De fascia superficialis is vaak ragfijn en vetcelrijk, terwijl de fascia profunda stevig is en treksterk. Hiervoor staan termen als fascia, septum, epimysium, retinaculum, kapsel en in de tekst vallen ook termen als aponeurose, peritoneum, dura mater. Het is lastig dat hierover in de verschillende taalgroepen en specialismen nog geen eenduidige afspraken zijn. De definitie dat fascies bindweefselstructuren zijn met een (viltachtig) vervlochten vezelverloop en dat pezen en aponeurosen voornamelijk één richting hebben in hun collageen is uiteindelijk niet totaal onderscheidend.

Gray's anatomy geeft de volgende omschrijving.

Masses of connective tissue large enough to be visible to the unaided eye. In contrast to aponeuroses, fasciae are described as tissues with an 'interwoven fibre arrangement'.

Dit lijkt een weinig functioneel onderscheid. Op het grote internationale fasciacongres in Amsterdam in 2009 is een poging gedaan om de diverse (typen) fascie te onderscheiden (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Aanbevolen gebruik van begrippen voor diverse typen fascie.

straf bindweefsel Eng.: dense connective tissue	bindweefsel met dicht vervlochten collageen, met de collageenvezels in meerdere richtingen (viltachtig)
losmazig bindweefsel Eng.: non-dense (areolar) connective tissue	bindweefsel met weinig en onregelmatig gerangschikte collageenvezels (en veel tussenstof en vetcellen)
fascia superficialis NI.: oppervlakkige fascie	omhullende laag direct onder de huid met afwisselend dicht en losmazig bindweefsel en vetweefsel
fascia profunda NI.: diepe fascie	een continue laag dicht, onregelmatig gerangschikt bindweefsel, die de vormverandering van onderliggende weefsels begrenst; kan direct verbonden zijn met het epimysium rond spieren, intermusculaire septa en het kan plaatselijk ook losmazig bindweefsel bevatten
intermusculair septum	dunne laag van dicht opeengepakte collageene bundels met diverse voorkeursrichtingen in meerdere lagen de septa scheiden verschillende meestal antagonistisch werkende spiergroepen van elkaar (flexoren en extensoren), maar hinderen krachtoverdracht niet
membrana interossea	twee botten in een arm of been kunnen in de lengte worden verbonden met een dun collageenrijk vlies, vergelijkbaar met de intermusculaire septa
periost	vlies dat elk bot bekleedt en eraan gehecht is met een dubbele collageenmembraan, vergelijkbaar met epimysium
zenuwvaatstreng	vezelversterkt vlies of tussenschot voor bescherming van bloedvaten, lymfevaten en zenuwen; het vlies kan behoorlijk stevig zijn de dikte en de mate van stijfheid neemt af van romp naar uiteinden van de ledematen; de dikte is ook afhankelijk van de grootte van de bewegingsuitslagen van de gewrichten die ze kruisen
epimysium	een meerlagige, onregelmatig gerangschikte laag met collageene vezels die spieren omhult en zowel lagen losmazig als stevig bindweefsel kan bevatten
intra- and extramusculaire aponeurosen	een meerlagige structuur met compacte lagen collageen die voornamelijk in een bepaalde richting liggen een epimysium bedekt ook aponeurosen, maar is er niet aan vastgehecht spiervezels hechten via hun myotendineuze verbindingen aan de aponeurosen

perimysium	een dichtgeweven, meerlagige collageen vezellaag die spierfascikels omhult naburige fascikels delen de perimysiumlaag tussen hen in zoals bij honingraatcellen.
endomysium	fijn geweven netwerkje van onregelmatig gerangschikte collageen vezels die een koker vormen rond elke afzonderlijke spiervezel; de spiervezel is ermee verbonden aangrenzende spiervezels delen de endomysiumwandjes met elkaar (als honingraatcellen).

Bron: Langevin & Huijijng, 2009.

Behalve van een benig skelet is er sprake van een 'vervormbaar skelet' van collageen bindweefsel: het *fibreuze skelet* (Engels: 'fibrous skeleton'), dat in 1944 al door Wood Jones als *ectoskeleton* werd benoemd. Maar dit onderscheid tussen benig en fibreus skelet doet tegelijk weer afbreuk aan een conceptueel model waarbij alle bindweefselstructuren met elkaar zijn verbonden. Bij nadere beschouwing zijn botten niet anders dan bindweefselstructuren vol collageen, die hun stijfheid ontleen aan botkalk. Spieren, pezen, kraakbeen en vliezen zijn geen 'aangeplakte' structuren op stevige steigers van het skelet, maar een doorlopend systeem met sterk vervormbare en weinig vervormbare elementen; een echt bindweefselcontinuüm. Therapeutisch zijn voornamelijk de vervormbare weefsels van ons bewegingsapparaat onderwerp van onderzoek en behandeling. (Botten blijven toch meer inerte componenten.)

Momenteel worden de vervormbare weefsels die ons laten bewegen aangeduid met een omvattend begrip '*myofascia*', de onafscheidelijke verbintenis van spierweefsel en bindweefsel. Dit begrip wordt, verwarrend genoeg, verschillend gebruikt. Soms is het alleen van toepassing op de bindweefselcomponent. In dit boek is de term *myofascia* van toepassing op de spiervezels en fascia als samenwerkende eenheid.

Een bewegend mens is, zoals al in hoofdstuk 1 is opgemerkt, meer dan een 'spier- en bottenmens'; het is een handelende mens die doelgericht beweegt, waarbij alle onderdelen via bindweefsel met elkaar zijn verbonden en samenwerken. Op fasciacongressen en in handboeken over fascia worden de bindweefselstructuren tegenwoordig veel integraler behandeld dan in het verleden.

2.2 Verbinden: tensegrity, fascia en myofascia

Het tensegrity-model is belangrijk voor inzicht in het menselijk lichaam en de bewegingsleer.

tensegrity = tension + structural integrity; spanning en samenhang

2.2.1 Fascies en septa

Het beeld van trekdraden kan binnen het concept van bindweefsel als continuüm in ons lichaam nog worden genuanceerd. Zoals eerder in dit hoofdstuk is beschreven, bevinden zich tussen en om spieren, gewrichten en organen bindweefselstructuren in de gedaante van vliezen en schotten; fascies en septa. Bij het uitprepareren van goed gedefinieerde spieren werd vaak het vliezige bindweefsel verwijderd en in anatomische atlanten wordt het voor de 'duidelijkheid' weggelaten. Veel gevederde spieren hechten aan op grote platte peesplaten (*aponeurosen*) in plaats van op kabelvormige pezen (► bijvoorbeeld figuur 8.18). Ook een aponeurose is te vergelijken met een fascieblad, een krachtdoorvoerende bindweefselplaat, maar gestructureerder (Tabel 2.1). Momenteel worden fasciën en septa beschreven als structuren die *lokaal* weefsels verbinden (en soms scheiden), maar tevens als vliezen die structuren *over grotere afstanden* met elkaar verbinden. Het 'verbinden' van bindweefselvliezen overstijgt het lokaal aan elkaar bevestigen van weefsels. Als we de fascia meer op waarde schatten, komen we tot een geïntegreerd bindweefselstelsel dat bepalend is voor onze lichaamsvorm en lichaamsbeweging.

Het tensegrity-model toegepast op ons lichaam leidt zonder veel 'missing links' tot het dynamische concept van de myofascia, het complex van de bindweefselstructuren in het gehele lichaam, verbonden met de spiervezels, waarbij spiervezels, samen met bindweefselvliezen de trekdraden in een tensegrity-structuur vormen met het benige skelet als drukelementen. (Hierbij zijn de slanke trekdraden van de tensegrity in het lichaam vaak geen smalle snaren, maar vliezige of bandvormige structuren). Ook dit dynamische model gaat ervan uit dat krachten bij houdingsverandering en beweging in het totale lichaam invloed hebben en overal voor spanningsaanpassingen zorgen. Naast kleine lokale bewegingen met lokale krachten in vingers, handen en polsen, zullen de grotere bewegingen (de grove motoriek) worden uitgevoerd in bewegingsketens, waarbij spierweefsel naast lokale aangrijpingspunten op botstukken ook krachten levert op de fascia en verderop gelegen structuren buiten de directe regio van een onderarm of bovenbeen. Dit doorvoeren van krachten – men spreekt van energietransport over grote afstanden in het lichaam – is uitgebreid onderzocht door Van Ingen Schenau en Bobbert.

Van Ingen Schenau beschreef dat spieren vaak over meerdere gewrichten heen lopen (polyarticulaire spieren) voor een gunstig energietransport tijdens bewegen. Voorbeelden daarvan zijn de m. rectus femoris en de m. biceps brachii. Ze transporteren en leveren krachten over meerdere gewrichten (van romp naar heup, knie en voet, respectievelijk schouder en elleboog). Ook spierweefsel dat over één gewricht loopt, kan met het concept van myofascia een gedeelte van zijn kracht via de fascia op naburige en verder gelegen skeletdelen uitoefenen. Dit komt uitgebreid aan de orde in het hoofdstuk over spierbindweefsel.

Intermezzo 3.1 Bewegingscompensatie met fascies

Energietransport van spierkracht in bindweefselvliezen over grotere afstanden levert bij ziektebeelden als multiple sclerose of bij uitval na een hersenbloeding (CVA) onder andere via het bindweefselcontinuüm compensatiemogelijkheden. Het verlies van groepen motoneuronen in het centrale zenuwstelsel leidt tot verlies van krachtlevering in het spierweefsel dat met die neuronen is verbonden. Dat geeft stoornissen in de efficiënte overdracht van spierkracht. De nog geïnnerveerde spierweefsels kunnen op het bindweefselcontinuüm van ons tensegrity-bouwwerk echter nog steeds nieuwe routes vinden om kracht uit te oefenen. Bij gestoorde bewegingen blijven meerdere routes van compensatiemogelijkheden over voor krachtoverdracht via fascies in de bewegingsketens. Het bewegingspatroon zien er anders uit dan bij gezonde personen, maar de persoon kan vooruit. De MS-patiënt loopt dus niet raar, maar aangepast aan de mogelijkheden.

2.2.2 Dynamentmodel

Van der Wal integreert spierbindweefsel, vliezen en kapsels rond gewrichten in het *dynamentmodel*, waarbij spiervezels vrijwel nooit direct op bot aanhechten, zoals het klassieke origo-insertiemodel van afzonderlijke spieren dat beschreef. De spiervezels verweven met hun bindweefselomhulsel en aponeurosen met de fascievliezen, het periost en het kapselcomplex rond gewrichten. Spiervezels in de dynament-unit spannen het periarticulaire bindweefsel aan.

Figuur 2.1 **A** In de klassieke opvatting zijn kapsel, ligament en spierbindweefsel gescheiden onderdelen. **B** In het dynamentmodel is gewrichtsbindweefsel niet gescheiden van het bindweefsel van fascia en van het spierweefsel. Daardoor worden kapsels en ligamenten meegenomen in het krachten spel. Er is maar een deel van het dynament rond het gewricht geschetst.

2.2.3 Krachtoverdracht in de fascia bij bewegen

In hoofdstuk 8 zal op de krachtoverdracht via spierbindweefsel uitgebreid worden ingegaan. Voor inzicht in de fascia volstaat nu een model van vele, met elkaar verbonden en in elkaar overlopende

bindweefselomhulsels of bindweefselkokers. We reizen door het lichaam van buiten naar binnen en van groot naar klein.

Het meest oppervlakkige en vrijwel continue bindweefselige omhulsel van het lichaam is de fascia superficialis. Het is de soepel vergelijkbare onderhuid met vetweefsel en bindweefselvliezen. Tussen de fascia superficialis en de spierfascies eronder is verbinding met losmazig bindweefsel, maar dat is soepel vervormbaar. Alle structuren eronder kunnen zich daardoor verplaatsen zonder dat de huid wordt meegetrokken. Kijk maar naar de binnenzijde van de pols tijdens buigen en strekken van de vingers bij een mager persoon. De pezen verplaatsen zich zonder de huid mee te nemen. (Bij littekens zit de lichaamsfascie soms overigens wel vast aan de onderlagen van fascies en spieren.) Uitzonderingen zijn de voetzool en de handpalm, waar de fascie wel stevig vastzit. Anders was houvast op de grond of aan een voorwerp erg onzeker.

Binnen de grote omhullende koker van het onderhuidse bindweefsel ligt de volgende groep bindweefselkokers: de *fascia profunda*, de fascievliezen rond spiergroepen van romp, armen en benen. Tussen en in spiergroepen liggen ook collagene kokers rond de afzonderlijke spieren en daarbinnen ook weer rond groepjes spiervezels in een spier (fascikels). Uiteindelijk blijkt dat elke afzonderlijke spiervezel in skeletspieren omgeven is door een eigen vezelversterkt kokertje (► bijv. figuur 8.3b).

Het is te simpel om uit te blijven gaan van een eenvoudig spiermodel, waarbij de krachten tijdens een spiercontractie via de uiteinden van de spiervezels direct aan pees of bot worden overgedragen. Er zijn spieren die voornamelijk eindigen op bindweefsel, zoals de grote bilspier, de m. gluteus maximus, aan de tractus iliotibialis en de lichaamsfascie en het nabijgelegen septum en bindweefsel rond de knie (75-90% van die spier eindigt op bindweefsel) en de minieme mm. lumbricales die aanhechten aan pezen van de handflexoren. De m. serratus anterior hecht aan ribben, maar aan de zijkant van de romp ook via myofasciale verbindingen op de buitenste schuine buikspier (m. obliquus externus abdominis). In lange spieren lopen spiervezels vaak niet ononderbroken van pees naar pees door de spierbuik. Kortere spiervezels hechten in zo'n spier met hun uiteinde niet aan de pees, maar al ergens in het verloop van de spierbuik aan andere bindweefselstructuren. Nu komt het alom tegenwoordige bindweefselnetwerk van het tensegrity-model te pas. Het fijnmazige netwerk van bindweefselkokertjes – verbonden met pezen, met fascies, septa, kapsels en periost – is ook geschikt als component voor krachtoverdracht.

Spieren zijn ingebed in omhullend bindweefsel tot aan de kleinste spiervezel toe en zijn ook regelmatig met andere spieren verbonden (► Voorbeeld).

Voorbeeld

Veel spastici hebben een krampachtig in flexie staande hand, die de handfunctie blokkeert. Dit kan chirurgisch worden beïnvloed. Bij zo'n spastische hand kan een polsflexorpees van de m. flexor carpi ulnaris (FCU) operatief worden verplaatst naar de extensiezijde van de pols. Tot verwondering van de plastisch chirurgen die deze transplantatie uitvoerden, schoot soms tijdens de operatie de FCU-pees na doorsnijding niet in de onderarm weg. Sterker nog, bij een passieve polsbeweging van flexie naar extensie schoof de afgesneden pees ter hoogte van chirurgische huidopening naar buiten! De anatomische verwachting was dat een losgesneden pees samen met de samentrekkende spier in de onderarm verdwijnt. Dit gebeurt wanneer elke spier een afzonderlijke eenheid is zonder connecties met omringende weefsels. De fascieverbindingen van de FCU met de overige handflexoren zorgen er echter voor dat de FCU bij polsstrekking via passief bindweefsel mee verlengt, terwijl een losse spier dat niet zou doen. Om de operatie te doen slagen moet al het verbindende tussenliggende fascieweefsel met de overige polsflexoren worden verwijderd. Dan kan de getransplanteerde FCU als extensor gaan werken.

Spierkracht kan ook worden overgedragen naar septa die spiercompartimenten scheiden. Zo kunnen septa die vaatstrengen en zenuwtakken bevatten en deze met stevig bindweefsel beschermen, tegelijk dienen als een transportroute voor spierkracht. Aangezien deze septa en fascies zich volgens

het dynamentmodel rond gewrichten mengen in kapsel en bandstructuren (periarticulair bindweefsel), gebruikt het lichaam voor krachtdoorvoer over gewrichten veel meer structuren dan de duidelijk omschreven peesaanhechtingen zoals anatomische atlanten en skeletmodellen dit op botstukken aangeven. Krachten gaan ook over op botvlies, op bindweefsel van kapsels en ligamenten bij en over gewrichten heen en op lange structuren als de thoracolumbale fascia. Hier komt het tensegrity-model met een integraal netwerk van bindweefselkabels en (bot)stangen tot volle wasdom.

Intermezzo 3.3 Rekken en strekken: oefen het lichaam

In de oudste teksten over yoga tot en bij het uitwerken van gymnastiekoefeningen en oefentherapie (19^e-20^e eeuw) hebben tal van auteurs beschreven hoe de mens in bewegingsketens cq. -patronen beweegt. Te denken valt aan de klassieke 'morning ritual' Anusara yoga-oefeningen, de tai-chi-bewegingen en -houdingen en de oefenstof van bewegingstherapieën als heilgymnastiek en massage, Mensendieck- en Cesar-therapie, Klapp met zijn "Klappsche Kriechverfahren", Benninghoff met zijn "Muskelschlingen", de methode van Busquet met de "chaînes physiologiques" en Brügger en Janda met spanningsveranderingen in tonische en fasische musculatuur in ketens. Ook PNF van Kabat, Knott en Vos heeft aspecten van bewegen in ketens.

Wat rekken poezen, honden en mensen zich niet heerlijk uit na het wakker worden. Fascies krijgen daardoor de kans om te glijden in gebieden die langs elkaar moeten verschuiven. Smeringsmoleculen en vetcellen verplaatsen zich langs de verglijdende structuren van het tensegrity-bouwwerk. Tegelijk komen krachtdoorvoerende fascies op spanning door hun interactie met spierweefsel en is het zenuwstelsel sensorisch weer op de hoogte van de toestand van ons lijf.