

FASCIE, SYSTEEM OF WEEFSEL – Over de Herkomst van Fascie

Jaap van der Wal MD PhD

Abstract

In dit essay zal onder meer de kwestie ter sprake komen Wat is de Definitie van Fascia? De schrijver zal deze vraag en ander aspecten van de fascia aangaan vanuit de twee wetenschapsdomeinen waar hij voor staat: anatomie en embryologie. Ook zal hij hierbij de fenomenologische benadering volgen die hij zich in zijn decennialange ervaring als docent in dynamische morfologie en embryologie heeft eigen gemaakt.

Als anatoom werkte hij destijds mee aan een baanbrekend project in de jaren 80 van de vorige eeuw aan de Universiteit van Maastricht in Nederland over de organisatie van spier- en bindweefsel in het zogenaamde Houdings- and Bewegingsapparaat (HBA¹). De uitkomst van dit onderzoek vormde een uitdaging van het gebruikelijke anatomische denken in afzonderlijke discrete structuren zoals spieren, botten en ligamenten. Het onderzoek opende het perspectief van een functionele architectuur van spier- en bindweefsel in dat HBA. Architecturaal denken blijkt een belangrijke noodzakelijke correctie te zijn van het gebruikelijke beeld van de zogenaamde 'spierman', of liever een belangrijke aanvulling hierop. De 'spierman' speelt nog steeds een dominante rol in het gangbare denken over de functionele anatomie van het zogenaamde 'musculoskeletale' systeem. Hier zal worden aangetoond dat een architectonische beschouwing van fascia en bindweefsel beter past bij het moderne concept van biotensegrity in het lichaam en in het HBA in het bijzonder dan de klassieke anatomische notie van spieren, ligamenten en andere HBA-elementen als afzonderlijke structuren.

Als embryoloog die in zijn onderwijsactiviteiten kennis maakte met de ideeën van osteopathie over fascia, stelde hij zich logischerwijs ook de vraag Waar komt de fascia vandaan? Hier wordt verdedigd dat het mesenchym van het zogenaamde 'mesoderm' geherwaardeerd dient te worden als de primaire manifestatie van fascia als systeem of 'orgaan'. Aangetoond zal worden aangetoond dat het 'mesoderm' niet een van de drie zogenaamde kiembladen is, maar eigenlijk het morfologische substraat vormt voor wat later ons psychosomatisch en anatomisch innerlijk zal zijn. Fascia kan worden gezien als het matrixsubstraat van ons lichaam of als 'het weefwerk' (de textuur) 'waarin alle organen zijn ingeweven' (Levin, 2018).

Zoals eerder gezegd zal de gedachtegang in dit artikel grotendeels een fenomenologische benadering zijn. Proberen te begrijpen wat fascia is en zou kunnen betekenen, wordt hier als belangrijker beschouwd dan het verklaren van de functionele eigenschappen van het fasciale systeem (als zoiets bestaat).

Dr. J.C. van der Wal arts, Anatoom – Embryoloog

¹ Hier heeft het begrip HBA (Houding- en BewegingsApparaat) de voorkeur omdat (voort)beweging ('locomotion') een te arm begrip is: bij de rechtop gaande mens is het rechtop in balans houden van het lichaam (houding) een integraal onderdeel van onze tweevoetige voortbeweging. Bovendien houdt het menselijk bewegen juist ook veel non-bewegen in omdat het menselijk lichaam tijdens al het (voort) bewegen als geheel 'in stand gehouden dient te worden' (evenwicht, balans, houding). Het begrip 'musculoskeletaal systeem' wordt in deze tekst beschouwd als een te arm en reductionistisch concept dat zou moeten worden opgegeven. Eigenlijk zou de auteur voorkeur willen geven aan het begrip Houding- en BewegingsSysteem (HBS), omdat een HBA in feite een reductie inhoudt, want zonder een (deel van het) centraal zenuwstelsel zou het niet als zodanig zou kunnen functioneren.

Voorwoord en verantwoording

Van 2009 tot en met 2020 heb ik een steentje kunnen/mogen bijdragen aan de discussies rond het thema Fascia, wat het is en waarom het ertoe doet. Het begon in 2009 met het presenteren mijn 'herontdekt' onderzoek uit de jaren 90 van de vorige eeuw (!) betreffende de organisatie van spier- en bindweefsel in het houding- en bewegingsapparaat dat ik destijds met collegae Van Mameren en Drukker van de Maastricht University uitvoerde.

Tijdens een voordracht als keynote speaker op het tweede Internationale Fasciaresearch Congres in Amsterdam (2009) presenteerde ik destijds het concept van architectuur van spier- en bindweefsel in plaats van, dan wel als aanvulling op, het gangbare anatomische denken in discrete eenheden van spier-, bind- en botweefsel. Ook bracht ik daar het idee van 'dynamenten' als de architecturale eenheden van verbinding en kracht doorleiding in het houding en bewegingsapparaat te berde. Door velen werd dit concept destijds enthousiast ontvangen en verder gevoerd. Ik noem in dit verband namen als Thomas Myers, Tom Findley en Robert Schleip. In de jaren daarna was ik actief met lezingen en seminars tijdens congressen over fascia en nam ik deel aan commissies op zoek naar een zo omvattend mogelijke definitie van het begrip 'fascia'. Ook vond ik verband tussen embryo en fascia door mijn fenomenologische benadering van het menselijk embryo toe te passen op fascie.

Terugblikkend op dat decennium van actief bijdragen aan fasciaresearch stel ik vast dat ik twee grote concepten heb willen doorgeven aan de 'fascia-gemeenschap'. Ten eerste dat het gangbare analytisch-ruimtelijk anatomische denken een juist inzicht in wat een 'systeem' als fascia zou kunnen betekenen, totaal in de weg staat. Dat in feite onze totaal geanatomiseerde² kijk op het menselijk lichaam een artefact is ("Anatomie maakt meer kapot dan je lief is" was mijn slogan). In dit kader heb ik het biotensegrity-concept leren kennen. Dus begon ik te proberen mensen duidelijk te maken dat het architecturale concept van het houding en bewegingsapparaat dat ik voorsta, veel beter past bij dit functionele (biotensegrity) concept van de organisatie van het menselijk lichaam het algemeen en van het Houding en Beweging Apparaat in het bijzonder. Het tweede grote concept dat ik heb geprobeerd voor het voetlicht te brengen is dat de gangbare pogingen om fascia te definiëren als een soort ruimtelijk bindweefsel-systeem een te reductionistische visie op fascie vertegenwoordigt. Dat aan deze definitie in meer engere zin een definitie van fascie in ruimere zin zou moeten worden toegevoegd, uitgaande van het idee dat het embryonale mesenchym ('mesoderm') het weefwerk van onze 'Binnen' vormt, de matrix waarin alle organen zijn ingeweefd.

In het onderhavige artikel worden beide concepten en daarmee samenhangende ideeën samengebracht in een gedachtegang die voert van het 'fabrica-denken' van Andreas Vesalius in 1543 (*De Fabrica Humani Corporis*) tot het 'fabric'- (of 'weefwerk')-denken in het kader van het biotensegrity-concept verwoord door Stephen Levin in het citaat: "Fascia is het weefwerk I van het lichaam; niet de lagen die als gewaden het lichaam en de organen bedekken en omhullen, maar de schering en inslag van het geheel" (2012).

Ik ben ervan bewust dat dit artikel in de ogen van sommigen als 'weinig wetenschappelijk' of 'te algemeen' kan overkomen. Wetenschappelijk ben ik generalist (anatomy/embryology) gebleven en als fenomenoloog zoek ik naar betekenis en betekenis en leg minder de nadruk op verklaringen.

Jaap van der Wal, Mei 2020

² Met goed recht zou ik hier de term 'geatomiseerd' kunnen hanteren. De 'anatomische blik' d.i. het denken dat gehelen zijn opgebouwd zijn uit (onder)delen en deeltjes, is dominant geworden in alle mogelijke domeinen van wetenschap en cultuur: atoomtheorieën, individualiseren van gemeenschappen, moleculair-chemie, etc. etc. Ook het wetenschappelijk obscuur worden van termen als 'holisme' duiden op deze trend.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze publicatie mag worden gereproduceerd of in enige vorm of op enige wijze worden verzonden, elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnames of anderszins, zonder voorafgaande toestemming van de auteur.

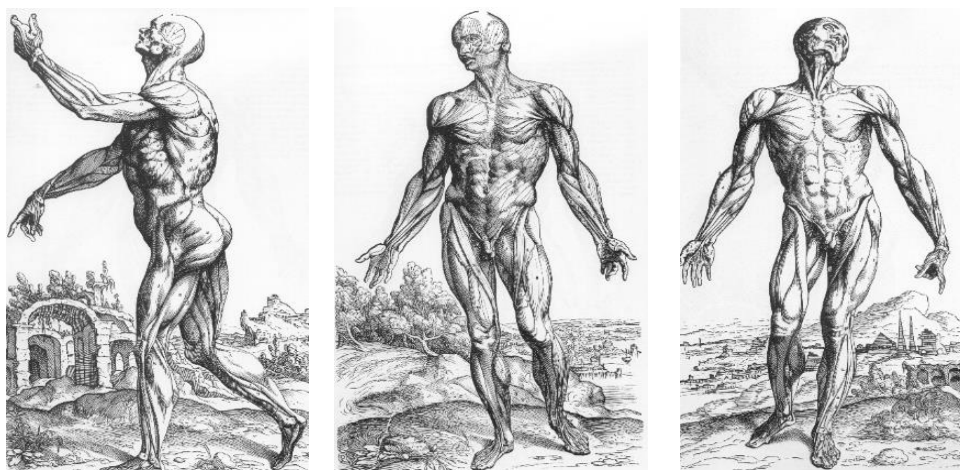
Adres van de auteur: Dr. Jaap van der Wal arts, jaap.vanderwal47@kpnmail.nl. Postadres: Sibemaweg 33D, 6224 DA Maastricht, Nederland. Gepensioneerd universitair docent Anatomie & Embryologie, Maastricht.

FASCIE, SYSTEEM OF WEEFSEL – Over de Herkomst van Fascie

Fascia is the fabric of the body; not the vestments covering the corpus, but the warp and weft of the material³ (Stephen M. Levin, 2012)
Anatomie maakt meer kapot dan je lief is (Jaap van der Wal)

Vijf eeuwen geleden opende Andreas Vesalius de ogen van de westerse wereld voor de analytische en wetenschappelijke methode waarmee wij, als moderne mensen, tegenwoordig onszelf en de wereld zien. Zijn publicatie *De Humani Corporis Fabrica Libri Septem*, markeert niets minder dan de geboorte van de anatomie als basiswetenschap en van de 'anatomische blik' als grondhouding van de moderne geneeskunde. Het woord 'fabrica' heeft verschillende betekenissen: "fabriek" (gebouw, constructie); "stof" (textiel, weefsel); en "structuur" (organisatie, constructie). Het lijkt weinig twijfel dat Vesalius bij het kiezen van de term *Fabrica* voor de titel niet in termen van textiel of materialen dacht, maar het begrip gebruikte als metafoor van het gebouw van het menselijk lichaam (Garrison 2016). Dat maakte hij overduidelijk toen hij zijn atlas de titel 'Over de bouw van het menselijk lichaam' gaf (*De Humani Corporis Fabrica*). En zo luidde Vesalius met zijn werk het tijdperk van de moderne anatomie in.

De anatomische mentaliteit van vandaag de dag wordt nog steeds sterk beïnvloed door het werk van Vesalius. Die mentaliteit beschouwt het menselijk lichaam als iets dat is opgebouwd uit afzonderlijke delen. Naar mijn stellige overtuiging heeft dat concept dringend een update nodig. Het is absoluut noodzakelijk dat we een nieuwe meer holistische kijk op het menselijk organisme gaan omarmen om de 'anatomie van de fascia' echt en volledig te kunnen begrijpen. Het begrip de 'anatomie van de fascia' kan, zoals ik hier zal uitleggen, worden beschouwd als een *contradictio in terminis*. We moeten verder gaan dan louter het 'bouwstenen'-concept en meer denken in termen van architectuur - structuur - van het lichaam. Daarmee doen we de relaties tussen de zogenaamde delen en elementen van het lichaam meer recht en kunnen we het belang daarvan onderzoeken en volledig waarderen. Zo'n bijgewerkte visie kan ook leiden tot een verschuiving in het denken over *Fabrica* in de zin waarin orthopedisch chirurg S. M. Levin (een grondlegger van biotensegriteit) het bedoelt als hij fascia 'het weefwerk van het lichaam' noemt (Levin 2018).



Drie van 'spiermannen' zoals die worden voorgesteld in de *De Humani Corporis Fabrica libri septem* (Zeven boeken over de Bouw van het Menselijk Lichaam) door Andreas Vesalius, Basel, 1543. Drie van de veertien anatomische tekeningen vervaardigd door Johan Stefan van Kalkar. De 14 platen naast elkaar tonen als achtergrond een panoramische tekening van een landschap bij Padua, Italië.

³ Fascia is het weefwerk/weefsel van het lichaam; niet de lagen die als gewaden het lichaam en de organen bedekken en omhullen, maar de schering en inslag van het geheel.

What is in a name?

Voordat ik verder ga, laat ik duidelijk zijn, deze suggestie voor een eventuele verschuiving in denken doet geen enkele afbreuk aan mijn bewondering voor het wetenschappelijke genie van Vesalius (*Van der Wal 2006*). Als eerste moderne anatoom staat hij op de hoogte van genieën als Da Vinci en Michelangelo

Eeuwenlange dissectie heeft echter inmiddels ook wel aangetoond dat de anatomische platen van Vesalius (enigszins) verouderd zijn. Anatomie als wetenschappelijke discipline representeerde en verkondigde namelijk ook het (bijna) paradigma, dat de delen van het lichaam die via dissectie worden gevonden, dienen te worden beschouwd als 'bouwstenen' waaruit het lichaam bestaat. Het paradigma dat ons lichaam bestaat uit de organen en de delen die de anatomen beschrijven, is nog steeds springlevend - net als de beelden van Vesalius die op het netvlies van de moderne mens zijn gebrand en bijna onuitwisbaar in onze hersenen zijn geplant (zie de bovenstaande figuren). Wie bijvoorbeeld denkt aan het zogenaamde bewegingsapparaat 'ziet' de spierman/-persoon van Vesalius. Maar in feite is dit beeld een artefact. De fundamentele methode van de anatoom is tenslotte dissectie - een proces dat het 'geheel' in 'delen' uit elkaar haalt. En dat is niet bepaald 'organisch'.

Dit verklaart misschien waarom het bindweefsel, de fascia, min of meer het stiefkind is geworden van de medische anatomie. Zelfs in de editie van Gray's Anatomy van 2005 worden fasciae nog steeds geïdentificeerd als "massa's bindweefsel die groot genoeg zijn om met het blote oog waar te nemen". Wordt vervolgd: "Over het algemeen zijn de collageenvezels in fasciae met elkaar verweven en vertonen zelden de compacte, parallelle oriëntatie die wordt gezien in pezen en aponeurosen" (Standing 2005). Het is de anatoom die delen (fasciae) heeft onderscheiden en benoemd in de continuïteit van het bindweefsel die anderen een fasciaal systeem noemen (Schleip et al. 2012, Stecco 2018). Daarbij 'creëerden' de anatomen fasciae als anatomische structuren die gerelateerd zijn aan lichaamswanden of regio's (bv. fascia colli media), organen (bv. fascia renalis) of lichaamsdelen (bv. fascia cruris of fascia lata). De namen van fasciae zijn dus bijna altijd gerelateerd aan anatomische eenheden of organen. Dus dát "is in de naam": deze zegt niets over functionaliteit en is enkel gebaseerd op niet-functionele categorieën van topografie.

Maar zijn fasciae in het lichaam echt wel afzonderlijke anatomische elementen of hebben we hier te maken met een continuïteit die kwalitatief niet bekend is, niet bekend zijn kan bij de anatoom? Een groeiend aantal argumenten ('body of evidence') ondersteunt de stap te maken van het denken in fasciae als afzonderlijke anatomische elementen naar de definitie van fascia als een systeem van continuïteit en connectiviteit (*Stecco et al, 2016, Adstrum 2017*). Schleip zegt het als volgt: "Fascia is het dichte onregelmatige bindweefsel dat elke spier, zelfs de laatste myofibril, en elk afzonderlijk orgaan of lichaam omringt en verbindt, en zo een continuïteit vormt door het hele lichaam" (*Schleip 2012b*). Later meer over definitie.

In zijn boek *Fascia, what it is and why it matters*, roept David Lesondak (2018) uit: "Hoewel ik het ermee eens ben dat geconserveerde fascia in de snijzaalpreparaten net zo weinig interessant kan zijn als een laag nat geworden isolatiemateriaal, vraag ik me af of juist het voortdurend negeren van het bindweefsel (bij het zogenaamde 'schoon maken' van de anatomische structuren) tot de onbewuste neiging voert om het belang ervan te minimaliseren?". Zijn retorische conclusie is: "Leidt dissectieve exploratie tot dissectief denken?". Ik kan het alleen maar onderschrijven. Volgens deze gedachtegang is zoiets als de traditionele 'spierman (persoon)' eigenlijk een artefact - iets dat we hebben gemaakt met onze scalpels en dat 'tussen de oren zit'. Is het wel logisch consistent om eerst het lichaam in delen, weefsels en organen op te delen en vervolgens op zoek te gaan naar een ander weefsel of orgaan dat dan het lichaam als geheel bij elkaar zou houden? Of, in meer filosofische termen, behoren Geheel en Delen wel tot dezelfde of vergelijkbare categorieën?

In de functionele anatomie wordt het 'spier-skelet-systeem', zoals dat nog steeds opgeld doet, meestal beschouwd als een complex construct van afzonderlijke elementen (botten) die verbonden zijn door (scharnierende of niet-scharnierende) 'gewrichten' en die worden bewogen door spieren die zich hechten aan die botten en die op hun beurt worden 'bewogen' door een centraal zenuwstelsel. In de functionele anatomie overheerst de technische benadering waarbij de structurele analyse het belangrijkste instrument is: discrete structurele elementen (anatomische botten) zijn de bronnen van stabiliteit en structurele gewrichten zijn de bronnen van potentiële flexibiliteit (d.w.z. instabiliteit via verplaatsingen) en deze zijn vooraf toegewezen en gevormd in een heel bepaald (en bepalend) specifiek construct of mechaniek. In termen van tensegrity (zie later) is er helemaal geen vaste toewijzing of volgorde tussen leden en gewrichten nodig, wat leidt tot de een fundamentele afwezigheid (en onnodig zijn) van statische of kinematische determinatie (*Blyum 2020*). Het klassiek anatomische construct van een 'spier-skelet-systeem' kan echter ook zowel op functionele als op fysiologische gronden ter discussie worden gesteld. In de fysiologie is de functionele eenheid voor 'spier' bijvoorbeeld de 'motor unit'. Het centrale zenuwstelsel regelt en 'orkestreert' motorische eenheden, niet spieren. "The brain knows nothing about muscles": al tientallen jaren is het duidelijk dat de hersenen niet georganiseerd zijn in spieren, maar in bewegingen en gerichte acties. Natuurlijk zijn spieren morfologische eenheden (vasculair bijvoorbeeld: denk aan geïsoleerde spierkrampen), maar of het bewegingsapparaat in engere zin inderdaad een anatomisch construct is van botten, gewrichtsbanden en spieren (en mogelijk zenuwen) kan op grond van zulke functionele en fysiologische argumenten in twijfel worden getrokken. Maar zou zo'n anatomisch concept als 'musculoskeletaal systeem' ook een herbezinning van de principes van de anatomie 'bij nader inzien' wel overleven?

Anatomie en architectuur - controversieel of complementair

Simulatie-experimenten in de jaren tachtig van de 20^{ste} eeuw aan de Universiteit van Maastricht in Nederland stelden aan de kaak of er eigenlijk wel ligamenten rond het ellebooggewricht bestaan - althans in de zin waarin ze gewoonlijk worden beschreven, namelijk als bindweefselstructuren van regelmatige dicht collageen bindweefsel die van bot tot bot lopen (*van Mameren 1983*). Er werd een bindweefsel-sparende dissectie uitgevoerd in het gebied van het ellebooggewricht. Dit keer werden het bindweefsel en de fasciale structuren niet langer beschouwd als 'overtollig' weefsel dat verwijderd moest worden om structuren 'schoon' te maken, de 'ouderwetse' aanpak zo te zeggen. Het dicht collageen bindweefsel dat in dit gebied bestaat als fasciae, als inter- en intramusculaire septa, als aponeurosen en pezen enzovoort, werd door middel van deze 'sparende' dissectie zichtbaar gemaakt in zijn context en zijn samenhang met spier- en botweefsel.

Er waren aanwijzingen dat veel van de 'traditionele' bindweefselstructuren in de regio helemaal niet als afzonderlijke elementen bestaan. (*Van Mameren en Drukker, 1984, van der Wal 1988, 2009*). Zo kan de fascia antebrachii misschien wel worden gedissecteed als een afzonderlijke anatomische structuur, maar in feite bestaat zo'n discrete eenheid eigenlijk niet. Om het te creëren, moet men de continuïteit verbreken met honderden spiervezels die proximaal in de onderarm aan deze zogenaamde 'omhulling' van epimysium (of fascia) aanhechten. In die proximale elleboogregio is het epimysium daarmee helemaal geen omhullend membraan, maar eerder een aponeurose van regelmatig dicht collageen bindweefsel waarlangs de spiervezels de humerus bereiken. De fascia is hier ook continu met intramusculaire septa tussen de verschillende onderarmspiieren: ook daaraan hechten veel spiervezels direct aan. Distaal in de onderarm is de fascia antebrachii echter van een heel andere aard. Hier ziet de fascia er wel uit (en functioneert dus ook als zodanig) als een soort omhullende schede. Het losmazige, fibrillaire bindweefsel onder dit deel van de fascia antebrachii creëert een ruimte tussen de fascie en de onderliggende spier en pezen waar beweging en glijden mogelijk gemaakt worden ('glijweefsel'). Soortgelijke opmerkingen kunnen bijvoorbeeld ook worden gemaakt met betrekking tot de fascia cruris.

Later in dit essay zal worden beargumenteerd dat het primaire aspect van de fascia is dat deze zowel kan verbinden als scheiden (dat wil zeggen: ruimte creëren, beweging mogelijk maken). Het fasciale bindweefsel creëert mechanische relaties tussen (in dit geval) spieren en het fasciale epimysium, maar ook tussen eenheden spierweefsel en periost. Fascia maakt beweging mogelijk door ruimtes en spleten te creëren, bijvoorbeeld in de vorm van spier- en peesscheden. Aan de andere kant creëert fascia ook mechanische relaties tussen aan elkaar grenzende spieren. Deze relaties beheersen en geleiden de trekkrachten die zich bij beweging van het betreffende gewricht voordoen.

Opgemerkt moet worden dat 'bindweefsel sparende' dissecties op hun beurt weer een ander soort artefacten kunnen creëren namelijk wanneer op die manier discrete fasciale 'elementen' gecreëerd worden. De complexe bindweefselconstructies die b.v. in de onderarm op deze manier gevonden ('ontleed') kunnen worden, kunnen namelijk alleen functioneel begrepen worden in de (mechanische) **relaties** die tussen deze bindweefsellagen en septa met aangrenzend spierweefsel bestaat. Het mag geen verrassing zijn dat deze relaties alleen zichtbaar en vast te stellen zijn tijdens de dissectieprocedure zelf! Deze mechanische relatie is geen kwestie van ruimtelijke ligging (dus anatomie) maar een kwestie van functionele relatie (verbinden, krachten geleiden en doorgeven, scheiden, beweging mogelijk maken, etc.). Met andere woorden: men moet de architectuur van een fasciaal systeem of bindweefselapparaat kennen. Architectuur is iets anders dan, of beter gezegd, is het complement van de anatomie. Anatomie informeert ons over het '**Waar**', architectuur over het '**Hoe**' (de mechanisch-functionele relaties van het bindweefsel met zijn omgeving zijn).

Het **Hoe** doet ertoe! Anatomische representatie alleen is onvoldoende. In anatomische atlanten wordt de 'spierman' (persoon) nog steeds vaak weergegeven als een verzameling afzonderlijke spiereenheden. Evenzo kan het voorstellen van de 'fascia-mens' als een ruimtelijk construct van discrete lagen, septa, aponeurosen, enz. dezelfde tekortkoming hebben. Relaties tussen de twee zouden in dergelijke voorstellingen ontbreken. De anatomie van 'delen' moet worden aangevuld met een architectuur van kracht-gestuurde relaties tussen verschillende anatomische elementen.

Dit principe wordt nu ook in *Gray's Anatomy* erkend: "*From a morphological point of view, most anatomy books have described the skeletal muscles of the human body as being discrete activators with clear origins and insertions (van der Wal, 2009). Recent analyzes of published anatomical cadaveric studies have challenged this assumption revealing that the active components of the locomotor system are directly linked by fibrous connective tissue (Wilke et al. 2016)*"⁴ (Standing 2015).

Niet 'parallel' maar 'in serie'

Er is nog een argument om de anatomische benadering van fascia en bindweefsel te beschouwen als onvoldoende informatief over de functie van diezelfde fascia. De traditionele dissectieve benadering van de anatoom heeft geleid tot het idee dat er rond een synoviaal gewricht een bindweefselconstruct bestaat van zogenaamde ligamenten die de gewrichtscapsule versterken en de integriteit van het gewricht bewaren. In dit model functioneren de ligamenten als passieve collageen bindweefselementen waarvan de vezels van bot tot bot zouden lopen en daarom alleen in die posities van het gewricht stabiliteit

⁴ "Vanuit morfologisch oogpunt hebben de meeste anatomieboeken de skeletspieren van het menselijk lichaam doorgaans beschreven als discrete activators met een duidelijke oorsprong en aanhechting (van der Wal, 2009). Recente analyses van gepubliceerd onderzoek aan de hand anatomische preparaten hebben deze veronderstelling aangevochten en onthuld dat de actieve componenten van het bewegingsapparaat rechtstreeks met elkaar verbonden zijn door vezelig bindweefsel (Wilke et al. 2016)" (Standing 2015).

bieden, wanneer het gegeven ligament weerstand biedt aan verdere verplaatsing omdat het maximaal aangespannen is. In alle andere standen van het gewricht, wanneer de inserties van het ligament dicht bij elkaar komen, wordt het ligament 'slap' beschouwd en wordt het geacht geen bijdrage aan de stabiliteit van het gewricht te leveren. Anatonen denken meestal 'van buiten naar binnen' - van 'oppervlakkig tot diep'. Aan de buitenkant (in de anatomische opstelling) bevinden zich dan, bovenop en parallel aan die ligamenten, de spieren. Ze functioneren op een meer 'dynamische' manier als gewricht stabiliserende eenheden. Dit betreft de zogenaamde 'shuntactie' van de spier. Dit betekent dat de spier een continue tonus of spanning genereert en zichzelf kan spannen (door zogenaamde 'contractie') in alle posities van het gewricht. Op deze manier geleidt de spier trekkrachten rond het gewricht op dynamische manier en draagt dynamisch aan de gewrichtsintegriteit bij. Maar is dit echt zo, klopt dit anatomische model van de periarticulaire situatie wel?

Wanneer bindweefsel sparende dissectieprotocollen worden gevolgd, blijkt het maar al te vaak dat de zogenaamde 'ligamenten' niet *echt* bestaan in de 'objectieve' architecturale realiteit, maar eerder beschouwd kunnen worden als een artefact van het dissectieproces zelf. Dit wordt uitgelegd aan de hand van het voorbeeld van de supinatorspier in figuur 1. Figuur 1A toont het min of meer 'klassieke' model: het gewrichtskapsel (blauw) wordt versterkt door ligamenten (geel). In dit voorbeeld worden de laatste gerepresenteerd door de zogenaamde collaterale ligamenten en het ligamentum annulare, dat als een soort bindweefselring de kop van de radius ten opzichte van de ulna en het capitulum humeri zou stabiliseren. In eerste instantie lijkt zo'n keuze om te denken in zulke duidelijk anatomisch gelabelde structuren als 'ligamenten' niet zo schadelijk te zijn voor de functionele interpretatie van een en ander. Bij nadere inspectie veroorzaakt deze beschouwingwijze echter verwarring en misleidt functionele anatonen en kinesiology volledig.

Als de ligamenten eenmaal van de spieren zijn losgesneden en hun verbindingen onderling zijn verbroken, lijkt er een organisatie van een soort van **geometrisch parallelisme** te bestaan. De spieren vormen een langere buitenste laag ten opzichte van het gewricht en de ligamenten vormen een dieper gelegen kortere binnenlaag. De spieren zorgen dan voor een meer dynamische controle van stabiliteit en samenhang in het gewricht omdat zij over het hele bewegingsbereik van het gewricht voortdurend hun spanning of tonus aanpassen en behouden (in wat gewoonlijk 'excentrieke' en 'statische' contractie wordt genoemd, maar misschien beter kan worden geïnterpreteerd als 'verstijving' of 'verharding')). De binnenste laag van het ligament kan alleen 'passief' de gewrichtsstabiliteit verzorgen, meestal alleen efficiënt in die bepaalde standen of fasen van het bewegingsbereik, waarbij het ligament wordt aangespannen. Dit wordt geïllustreerd in figuur 2A ⁵.

Een dergelijke interpretatie roept duidelijke twijfels op. Ten eerste is het niet erg energiezuinig. Het gebruik van spieren om de stabiliteit van een gewricht actief te handhaven, kost metabolisch meer dan het maximaal benutten van de relatief 'kosteloze' passieve stijfheid van bindweefsel. Maar daarvan is het weer inefficiënt dat de effectiviteit maar voor een deel van bewegingsomvang van het gewricht kan worden benutten (uitzonderingen daargelaten, zie voetnoot 5). Ten tweede bevat het periarticulaire bindweefsel gewoonlijk spanning-/ rek-receptoren (zoals Paciniforme Lamellaire lichaampjes (LC), Ruffini-achtige lichaampjes (RC) wat schijnbaar in tegenspraak is met het 'slap', dat is: niet aangespannen zijn van een ligament tijdens een zogenaamde concentrische beweging, zoals wordt aangenomen in het klassieke concept van een parallelle geometrie van ligamenten en spieren (fig. 2A). Ten derde. Het lijkt in het gangbare model logisch dat

⁵ Uiteraard zijn er uitzonderingen op dit model. Collagene bindweefselvezels verzetten zich volledig verzetten tegen rek. Daarom dient de afstand tussen beide inserties van een zogenaamd ligament aan de botten van het gewricht in elke gewrichtspositie gelijk te blijven (kan hooguit korter worden met als gevolg dat het ligament 'ontspannt'). In het menselijk kniegewricht zijn beide zogenaamde kruisbanden zo complex spiraalvormig geconstrueerd dat in bijna elke positie van het kniegewricht (een deel van) de collageenvezels (wordt) aangespannen.

receptoren in iuxta-articulaire structuren, die dus dicht bij de zogenaamde 'gewrichtas' gelokaliseerd zijn, een kleinere boogafstand moeten afleggen om een bepaalde hoekverplaatsing van het gewricht te 'detecteren' in vergelijking met soortgelijke receptoren in meer periarticulaire structuren zoals spieren en pezen. Dit zou een nadeel zijn voor spieren om te functioneren als dynamische pivot-stabilisatoren (gezien de hogere drempel van hun receptoren voor het detecteren van hoekverplaatsing) met zelfs het risico van contraproductiviteit. Nu het anatomische onderscheid tussen de elementen die worden aangeduid als 'ligamenten' en ander omliggend periarticulair bindweefsel, al dan niet gerelateerd aan periarticulaire spierweefsel, zo vaag blijkt dat daarom vaak een kunstmatig onderscheid wordt gemaakt door scherp snijden, is misschien is dit klassieke concept van gewrichtsstabiliteit en integriteit gebaseerd op verouderde aannames en is misschien wel onjuist, althans in het geval van het laterale ellebooggebied.

Figuur 2B beschrijft de situatie zoals deze zichtbaar wordt met de bindweefsel sparende dissectie. Veel spiervezels van de zogenaamde oppervlakkige spieren blijken niet langer geometrisch parallel aan de bindweefselstructuren als kapsel en ligamenten over het gewricht. Spierweefsel blijkt vaak geometrisch **opeenvolgend / in serie** met het periarticulaire bindweefsel te zijn georganiseerd. 'Sparende dissectie' onthult een complex systeem van regelmatige dichte collageen bindweefsellagen en kokers die (in het voorbeeld van het ellebooggewricht) samenkomen bij de epicondylus en waaraan op hun beurt spiervezels van de oppervlakkige spieren aanhechten om op deze manier 'hun insertie' aan het skeletelement te bereiken. Geen enkele collageen bindweefselvezel lijkt hier van bot tot bot te lopen. Wat het ellebooggewricht betreft, betekent dit dat de spiervezels zich hechten aan de epicondylus van de humerus via een systeem van 'fasciale, epimysiale en intermusculaire' lagen van collageen bindweefsel. In het geval van bijvoorbeeld de supinatorspier bestaat het ligamentum annulare ook helemaal niet als een geïsoleerde discrete structuur, maar lijkt het *in serie* (in seriële geometrie) georganiseerd te zijn met de spiervezels van de supinatorspier. Figuur 2B laat zien dat in deze constructie het bindweefsel van het gewricht in ALLE gewrichtsposities onder spanning wordt gebracht en in staat is krachten te geleiden en te signaleren in de zin van mechanoreceptor-triggering (*Van der Wal, 2009*).

Laten we eens kijken naar de verschillen tussen figuren 1A en 1B, evenals 2A en 2B. Verandering van dissectie verandert de geometrie. Maar de verandering van geometrie veroorzaakt ook een verandering in de interpretatie van functionele mechanica. In plaats van twee afzonderlijke elementen - spier en ligament - integreert het systeem spier en ligament in een enkel kinematisch mechanisme, waar ze tegelijkertijd samenwerken in een geometrische 'in serie' of opeenvolgende organisatie. Het verschil tussen de situaties in figuren 1 en 2 die de overdracht van trekkrachten en gewrichtsstabiliteit beschrijven (d.w.z. het bindweefsel in meer 'statische' of 'passieve' en spierweefsel meer in 'dynamische' of 'actieve zin) is essentieel. In situatie A liggen discreet/ gescheiden bindweefsel en spierelementen geometrisch parallel aan elkaar, situatie B vertegenwoordigt een veel logischer situatie waarin hetzelfde spierweefsel en bindweefsel geometrisch *in serie* (opeenvolgend) met elkaar zijn. Deze laatste situatie stelt hen in staat een morfologische '**dynament**' te vormen die een andere 'mix' van passieve (periarticulair bindweefsel) en dynamische (spiervezels) stijfheid biedt, afhankelijk van de situationele behoeften. Zo'n '*dynament*' kan het periarticulaire bindweefsel in alle posities van het gewricht onder spanning zetten en is daarom functioneel kracht overbrengend en gewricht stabiliserend. Rekening houdend met de drie hierboven gemaakte connotaties met betrekking tot het 'klassieke' organisatiemodel van het periarticulaire bindweefsel, kan worden geconcludeerd dat de introductie van een 'dynament'-interpretatie van de organisatie van bind- / spiervezels deze 'problemen' aanpakt door energie-efficiëntie (a) het verklaren van proprioceptieve aanwezigheid in zowel iuxta- als peri-articulair bindweefsel (b) en de mogelijkheid van detecteren van hoekverplaatsing over de zogenaamde gewrichtas via de kortste booglengte (c).

Jarenlang heb ik geworsteld met het gedateerde idee dat spieren ‘contractiele organen’ zijn. Vanuit de fysiologie en de embryologie zijn er goede argumenten om spierweefsel in principe te begrijpen als een (bind-)weefsel dat kan rekken **en** verkorten, dat kan worden uitgerekt **en** verkort (*Blechsmidt 2011*) en continu aangespannen kan zijn. De spier zien als een meer dynamische vorm van bindweefsel. (*Levin 2015*). Ik stel hier voor om het ‘dynament’ aan te duiden als ‘nieuw’ element in de constructie van het Houding- and BewegingsApparaat (HBA⁶). Niet als morfologische noch anatomische noch (neuro) fysiologische eenheid maar als hypothetische architectonische eenheid. Het dynament bestaat uit een zone van spierweefsel die aan beide kanten in serie is georganiseerd met ‘bindweefselstructuren’, als je wilt, fasciale ‘eenheden’. Zie figuur 3A en 3B.

Eenzijds kunnen, bijvoorbeeld in de distale onderarm, zulke fasciale ‘eenheden’ dan verschijnen als intramusculaire pezen. Daar wordt de organisatie van het bindweefsel dan anatomisch bepaald. Aan de andere kant (in het proximale gebied van de onderarm) kan het 'bindweefselement' zich manifesteren als een intermusculair septum of een 'spierbedekkend' epimysiaal of fasciaal element. Hier is het bindweefsel meer trans-musculair georganiseerd (zie hieronder en figuur 3C). In het hier gebruikte voorbeeld van elleboog en onderarm is de kracht overbrengende architectuur proximaal TRANS-musculair en distaal INTRA-musculair (in afzonderlijke spieren) georganiseerd. De architecturale relaties ('Hoe') zijn op dit geval als schering en inslag op de anatomische relaties ('Waar').

Biotensegrity – het draait om twee: naar elkaar toe trekken en uit elkaar duwen.

De weefselmix in het dynament maakt het mogelijk om verschillende maten van passieve en actieve verstijving en trekkrachtoverdracht te bieden, afhankelijk de functionele context met betrekking tot houding en voortbeweging. Het kan daarom worden gezien als het kracht overbrengende, flexibele kabelelement van wat nu een biotensegriteitssysteem wordt genoemd. In het traditionele biomechanische model van het houding- en bewegingsapparaat (of HBA) worden de botten verbonden door bindweefselstructuren (bv., kapsels, ligamenten) waardoor gewoonlijk gewrichten ontstaan die dan bewogen en gepositioneerd kunnen worden door actieve spieren. De standaard biomechanica interpreteert en duidt de anatomie van de organismen door een leidende rol te suggereren van de compressie-elementen (botten). Zij dragen dan de hoofdbelastingen over, ondersteund door de trekelementen die actief werken in inherent onstabiele hefboomsystemen. Deze benadering bevordert de actieve krachtopwekking door contractiele spieren en reduceert de collaterale kracht overdrachtselementen (ligamenten enz.) tot een secundaire ondersteunende en beperkende functie.

De biotensegrity benadering levert een mechanisch model dat de leidende rol benadrukt van krachtoverbrenging door het hele systeem via de trekelementen. Compressie-elementen zijn in biotensegriteit-model ‘spannings-vermenigvuldigers’ die de stabiliteit in het gehele geïntegreerde gespannen raamwerk vergroten. De biotensegriteit-benadering geeft dus prioriteit aan een globale architectuur van krachtoverdracht met variabele morfologie (dynamica) boven een anatomie van individuele krachtgeneratoren (spieren). Tensegrity biedt een algemene oplossing voor het vraagstuk van de stabiliteit / flexibiliteit van constructies op het niveau van *randen* en *hoekpunten* en sluit als een systeem van ongelijkheden de meest abstracte begrippen van stutten / kabels / staven in. Dat is een belangrijk verschil met ‘engineering’ of mechanische techniek waar de *onderdelen* en *scharnieren* / *gewrichten* *voorgevormd* en vastgelegd zijn in een bepaald construct of mechaniek. Organismen van ‘zachte’ materie hebben wrijvingsloze verbindingen, missen klinknagels, schroeven of lijmen, hebben variabele diktes, vertonen constante

⁶ See voetnoot 1

vormveranderingen, enz. Er is dus geen vastgelegde ordening tussen onderdelen en gewrichten, wat kinematische determinatie fundamenteel uitsluit (Blyum 2020).

In het klassieke architectonische tensegrity-model worden de stijve elementen (balken) opgehangen in een netwerk van continue, min of meer flexibele kabels. Dienovereenkomstig integreert een biotensegriteit-systeem zowel spanning als compressie – *naar elkaar toe trekken en uit elkaar duwen*. Het hele HBA kan worden beschouwd als een biotensegriteit-systeem waarbij de skeletelementen naar buiten duwen ('expansie'/stutten, balken), en de kracht-overbrengende fasciale elementen meer de inwaartse werkingen leveren ('compressie'/kabels). Men zou ook kunnen zeggen dat de trek-elementen verantwoordelijk zijn voor de 'saamhorigheid' van het organisme, terwijl de compressie-elementen zorgen voor de ruimtelijke scheiding ('apartheid') binnen de eenheid van het organisme. Met andere woorden, een "zee van spanning waarin de stijve elementen zijn opgehangen" (Myers 2015) of "eilanden van compressie in een oceaan van spanning" (Buckminster Fuller, 1975) zorgen voor de stabiliteit van het geheel. Het biotensegriteit-perspectief neemt architectonische tensegriteiten als basisreferentie, maar gaat verder door de leidende rol van de architectuur in het hele organisme te benadrukken, waarbij de specifieke morfologische belichamingen het evenwicht weerspiegelen van onzichtbare krachten die op de achtergrond werken.

Biotensegriteit-systemen gaan altijd over de relatie tussen anatomische elementen. Een **dynamisch** biotensegriteit-model ontstaat dus als we 'kabels' vervangen door 'dynamenten'. In het biotensegriteit-model kunnen de ruimtelijke relaties tussen de samenstellende elementen constant worden bijgesteld. Op macro-anatomisch niveau worden in een dergelijk systeem spanning en compressie (trekken en duwen) overgedragen door respectievelijk de dynamenten en de skeletelementen. Zoals hierboven vermeld, zijn de trek-elementen in de biotensegriteit-benadering verantwoordelijk voor de 'saamhorigheid' van het organisme, terwijl de compressie-elementen zorgen voor de 'apartheid' / 'ruimtelijke scheiding' binnen deze eenheid. Deze rollen tussen de anatomische elementen liggen echter niet vast. De grotere skeletelementen zouden bijvoorbeeld kunnen werken als stutten (scheiding bij de gewrichten) of als kabels (spanningsverbindingen ter hoogte van het periosteum). In feite kunnen de rollen wisselen en steeds weer anders worden verdeeld via variabele rekrutering van vezels, gels, enz., afhankelijk van de situatie, welke roltoewijzing op gegeven moment het beste is voor het met de minste energie architectonisch stabiliseren van het organisme. In zulke met minimale energie geoptimaliseerde en onder spanning gebrachte constructies (frames) geïntegreerd door interne voorspanning / zelfspanning, veranderen fascia en misschien wel alle 'meso' (zie later) van anatomisch 'aanslag' in een architecturaal vormbepalend principe, omdat het de capaciteit heeft om oneindig aantal voorbijgaande combinaties van randen en hoekpunten te vormen (Blyum, 2020). Het introduceren van de 'dynamenten' als dynamisch instelbare 'kabelelementen' creëert naar mijn mening het ideale houdings- en bewegingssysteem. Motoriek wordt dan niet opgevat als een beweging van lichaamsdelen, maar als een continue positionering in de ruimte van het lichaam als geheel. Een razendsnelle verandering en aanpassing van de ruimtelijke ordening over het hele lichaam. "Gestaltung" (Duits) of "performance" (Engels) zijn hier verduidelijkende termen.

Als we het 'dynament' beschouwen als een fundamentele architectonische eenheid, dan zijn alle mogelijke anatomische eenheden van het HBA denkbaar of voorstelbaar door steeds een andere 'mix' van passief (periarticulaire bindweefsels) en dynamisch (spiervezels).. Het sjabloon 'dynament' wordt schematisch weergegeven in figuur 3A. De rood gestreepte zone is het centrale spierweefselement ('eenheid') met aan beide zijden (geel) 'bindweefselstructuren' (in serie met het spierweefsel) bevestigd aan een skeletelement (zwarte cirkel). Qua organisatie lijkt het dynament op een unipennate spier (figuur 2B). Vanuit dit basismodel van het dynament zijn alle mogelijke anatomische eenheden denkbaar waar twee skeletelementen zodanig met elkaar zijn verbonden dat in elke positie van het gewricht het betreffende 'dynament' stabiliteit kan geven en kracht kan doorleiden zonder verspillende verslapping (dynamische shuntwerking). Figuur 4 laat de mogelijkheden zien.

Of het zogenaamde bewegingsapparaat (of PLS) wordt gezien als een biomechanisch construct met vaste anatomische rollen, of als het op architectuur gebaseerde biotensegriteitssysteem met variabele functionele anatomie, bepaalt ook hoe de organisatie van proprioceptie wordt geïnterpreteerd. Het is aangetoond dat de ruimtelijke organisatie van het morfologische substraat van proprioceptie in engere zin (d.w.z. de mechanoreceptoren in de spier en het bindweefsel van de PLS) niet de anatomische relaties van botten, spieren, ligamenten, gewrichten volgt maar is georganiseerd volgens architectonische kracht-relaties (*van der Wal 2009*). Misschien zijn de hersenen in dit opzicht niet erg 'geïnteresseerd' in spieren en gewrichten op zich, maar in krachtoverdracht en bewegingsrelaties. In deze context is het ook logisch om op te merken dat alle in het kader van proprioceptie belangrijke mechanoreceptoren (spierspoelen, Golgi Tendon Organs of peesspoelen, Ruffini en Pacini lichaampjes etc.) het spectrum vertegenwoordigen voor het detecteren van de variabele rol die hetzelfde anatomische element van bindweefsel kan spelen, afhankelijk van de functionele context (druk, rek etc.). Van der Wal (2009) laat duidelijk zien dat ook de ruimtelijke organisatie van het morfologische substraat van proprioceptie niet gerelateerd is aan de topografische anatomie van discrete structuren, maar dat in wezen de architectuur van bindweefsel een instrumentele rol speelt bij proprioceptie. Het is dus 'opnieuw' niet alleen het 'Waar' van de receptoren dat bepaalt wat hen triggert maar ook een kwestie van 'Hoe' deze in de functionele context van de krachten-architectuur (drukken, trekken, glijden, schuiven) georganiseerd zijn. Misschien moet de traditionele dichotomie van gewrichtsreceptoren versus spierreceptoren worden vervangen door een 'transanatomische' ruimtelijke opstelling waarin de architectuur van de spieren en het bindweefsel een rol speelt bij proprioceptie (in plaats van de anatomie van afzonderlijke anatomische elementen van de spierpersoon) (*van der Wal 2009*).

Er zijn auteurs die beweren dat spieren en botten ook kunnen worden beschouwd als specialisaties van fascia (*Levin 2015, Sharkey 2019*). Zou dit betekenen dat we een fascia 'in engere zin' en een fascia 'in bredere zin' moeten onderscheiden? Met de eerste wordt dan bedoeld een complex van lagen en structuren die een continuïteit met elkaar vormen (*Schleip 2012a en 2012b*) en de laatste dan als een soort matrix-bindweefsel-vloeistof-continuüm dat het morfologische substraat van ons proprioceptieve innerlijk vormt, oftewel het embryonale mesenchym? De tweeheid van druk en trek (fysiologisch) die zich ook manifesteren kan in verkorten en verlengen (van het dynament) maar ook morfologisch in verdichten (botweefsel) en verbinden (bind- en spierweefsel), is kenmerkend is voor de 'fascia in engere zin' (biotensegrity). Kan het zijn dat deze tweeheid terug te voeren is op de tweeheid van 'scheiden en verbinden' die het basale principe vormt van de 'fascia in ruimere zin', het mesenchym? Daarover gaat het tweede deel van dit artikel: Waar is de fascia in het embryo van afgeleid? Wat is de oorsprong van fascie?

On the origin of fascia (Over de herkomst van fascie)

We hebben gezien dat de traditionele anatomische benadering van dissectie geen basis bood voor het beschrijven van de functionele architectuur van de fascia (continuïteit en connectiviteit). Misschien vinden we meer antwoorden op vragen als Wat is fascia en waarom doet het ertoe? door te onderzoeken waar en hoe de fascia, het fasciale systeem, het bindweefsel ontstaat in de embryonale ontwikkeling. Misschien van fabrica tot 'weefwerk'?

'Elk Zijn kan alleen worden begrepen vanaf zijn Worden', zo vatte de Duitse bioloog Ernst Haeckel het belang van de embryologische benadering samen. Weten hoe een bepaald orgaan of bepaalde structuur tot stand is gekomen, vertelt eenvoudigweg meer over wat het is (*Lesondak, 2018*). Vanuit het fenomenologische standpunt bezien is de functionele betekenis van vormen belangrijker dan hun causale verklaring. Dus hier zal de vraag naar de

oorsprong van fascia zijn: waar komt fascia vandaan? Hoe wordt de matrix van het fasciale lichaam gevormd en wat zegt ons dat over de functie ervan?

In de embryologie leidt de vraag waar iets vandaan komt, meestal naar de zogenaamde kiembladen (*Sadler, 2012*). In de menselijke ontwikkeling verschijnen de drie kiemlagen tijdens de zogenaamde gastrulatie ongeveer in de derde week na conceptie (*Moore, 2019*). In de gangbare embryologie worden kiemlagen beschouwd als *morfologische orgaanvormende* eenheden waaruit de verschillende weefsels en organen ontstaan, wat dan resulteert in een functioneel organisme. In de meeste leerboeken worden de drie primaire kiembladen ectoderm, mesoderm en entoderm genoemd, soms ook aangeduid als ectoblast (of epiblast), mesoblast en endoblast (of hypoblast).

Embryologieboeken geven meestal een samenvatting van welke organen en welke weefseltypen uit welk kiemblad 'afkomstig zijn'. Tegenwoordig is het echter niet meer zo eenvoudig om elk orgaan of weefsel tot één bepaalde kiemlaag te herleiden - bijna elk orgaan is op zijn minst een 'mengsel' van verschillende kiemlaagderivaten. Met zekere nuance worden de kiembladen in het algemeen nog steeds beschouwd als elementen van het lichaam, wat het idee ondersteunt dat het lichaam is 'opgebouwd' uit deze drie componenten en dat de verschillende organen en weefsels op hun beurt daarvan zijn afgeleid. Net als cellen en organen worden kiembladen beschouwd als een soort 'bouwstenen'. Volgens dit denkmodel beginnen we als een bevruchte eicel die vervolgens een proces van celvermenigvuldiging en groei ondergaat dat dan de delen en de organen vormt en dat uiteindelijk in een 'volwassen' lichaam resulteert.

In een fenomenologische of organicistische kijk op ontwikkeling zien we dit anders. We beginnen we echter niet als cel maar als zygote. Een zygote is de eerste manifestatie van het menselijk lichaam. De zygote is geen cel maar een (eencellig) organisme dat zich vanaf dat moment constant (sub)organiseert in cellen, en via die cellen differentieert in organen en weefsels. Het embryo zelf laat dit zien door het fenomeen van zogenaamde '*morfogenetische velden*'. In de ontwikkelingsbiologie van de twintigste eeuw werd een *morfogenetisch veld* beschouwd als een groep cellen die in staat is om te reageren op een set van bepaalde gelokaliseerde en biochemische signalen die leiden tot de ontwikkeling van specifieke morfologische structuren of organen. (Deze specifieke definitie moet niet worden verward met de meer vergezochte interpretatie van deze hypothese zoals gepropageerd door Rupert Sheldrake). Blechschmidt (2011) noemt 'morfogenetische velden' 'kinetische metabole velden'. Dit betekent dat er binnen het embryo constant metabole velden ontstaan, waarin de cellen, gestuurd door en als reactie op de veranderende omgeving, in nieuwe celtypes differentiëren. In deze opvatting over het lichaam, is het organisme niet het product van de delen, maar is het een zelf-organiserend, zelf-assemblerend organisme (entiteit) dat zijn eenheid behoudt door al die verschillende velden en differentiaties heen, als een levenslang proces. Het morfologische lichaam wordt gezien als een 'performance', als een proces in de tijd.

Waar komt fascia en fasciaal weefsel vandaan?

Als men op zoek gaat naar de 'oerfascie' (of de 'primaire fascia'), komt men bijna onvermijdelijk uit bij het 'mesoderm'. Het primaire uiterlijk van het 'mesoderm' is mesenchym (Blechschmidt, 2012). In de derde week van de menselijke ontwikkeling wordt de twebladige kiemschijf getransformeerd door het zogenaamde gastrulatieproces in een driebladige of trilaminare schijf. Op dit punt komt 'mesoderm' naar voren: het lichaam bestaat nu uit ectoderm, mesoderm en entoderm. Deze tripartiete of drievoudige organisatie is een biologische noodzaak (absolute minimumvoorwaarde) voor de ontwikkeling van elk dierlijk of menselijk lichaam. Mensen die slechts uit twee kiembladen bestaan, bestaan niet, een 'mesoderm' is een absoluut noodzakelijke voorwaarde en lichaamsdomein.

Het toepassen van het epitheton '-derm' ('derm' betekent 'huid') in de naam van alle drie de componenten suggereert (misschien ten onrechte) dat we hier te maken hebben min of meer gelijkwaardige samenstellende elementen van het menselijk lichaam en creëert bovendien dubbelzinnigheid: hoe moet men zich een 'middenhuid' voorstellen? Histologisch is 'driegelaagdheid' echter niet een nauwkeurig begrip. In Gray's Anatomy (*Stendring 2016*) wordt aangegeven dat het niet correct is om de trilaminare schijf te beschouwen als zijnde samengesteld uit drie epitheliale bladen of lagen. Het ectoderm en entoderm hebben duidelijk het karakter van een **epitheel**. Het 'mesoderm' manifesteert zich echter als een bindweefsel - het mesenchym. De Duitse embryoloog Erich Blechschmidt (*Blechschmidt 2004*) benadrukt nadrukkelijk dat het niet om drie gelijkwaardige 'bouwstenen' of elementen gaat, maar dat op dit moment van de embryonale ontwikkeling de primaire en basale organisatie van een menselijk lichaam al aan de orde is.

Dit betekent met andere woorden dat we hier te maken hebben met een lichaam en een lichaamsplan, niet met drie bouwelementen! Een lichaam dat wordt gekenmerkt door twee grenslagen (*grensweefsel, limiting tissue*) en een tussenliggende 'laag' weefsel die een *innerlijk weefsel* (of binnenweefsel) kan worden genoemd (*Blechschmidt 2004*). Je zou kunnen zeggen dat de trilaminare schijf gaat over een dierenorganisatieplan: het volwassen dier (evenals de mens) wordt gekenmerkt door een bestaan in een anatomische en psychosomatische 'binnenruimte' tussen twee lichaamswanden. In het algemeen gesproken bestaat er de buitenste (pariëtale) lichaamswand (waaruit later ledematen en hoofd ontstaan) en een binnenste (viscerale) lichaamswand (waaruit later in grote lijnen de darm en zijn afgeleiden ontstaan). Vandaar dat de termen ectoderm en entoderm als inderdaad juist kunnen worden gehandhaafd. Ze zijn het substraat of primordium van de latere huiden of lichaamswanden of grenzen. In dit denkkader is de term 'mesoderm' echter niet langer logisch, omdat mesenchym een heel andere kwaliteit weefsel is dan het epitheel van ecto- en ento- namelijk bindweefsel. Hier kan of moet men spreken van 'binnenweefsel' (in het Duits: Innegewebe). Daarom wordt hier de term 'meso' (midden of tussen) gebruikt om te benadrukken dat het geen kwestie is van drie lagen, maar van een driedelig of 'drie-enig' lichaam met een innerlijke dimensie. 'Meso' als de kwaliteit en mesenchym als het weefsel van 'innerlijk' (het Midden) ⁷.

Zo komen we tot een heel ander perspectief dat ook een nieuwe en speciale dimensie kan geven aan ons begrip van fascia. Volgens Blechschmidt zijn alle cellen altijd kinetisch of metabolisch met elkaar verbonden door het transport van stoffen: *“Er zijn cellen die voedingsstoffen uit de omgeving of uit naburige cellen opnemen en elkaar door deze fysieke opname van stoffen onderling aantrekken. Aan de andere kant oefenen cellen ook wederzijdse afstoting uit door metabole bijproducten te produceren uit te scheiden. Deze constante wisselwerking tussen opname en uitscheiding, tussen aantrekking en afstoting is een voorwaarde voor cellen om zich ten opzichte van elkaar te organiseren en daardoor bepaalde vormen tot stand te brengen. Grensweefsel' vormt de grens tussen vloeistof enerzijds en het 'binnenweefsel' anderzijds. Terwijl binnenweefsel aan alle kanten omgeven is door grensweefsels en dus permanent 'aan de binnenkant' - dat wil zeggen: IN het lichaam ligt. Binnenweefsel kan daarom ook worden omschreven als ongedifferentieerd bindweefsel (mesenchym)”* (*Blechschmidt, 2012*).

Dit model toegepast op het menselijk lichaam kan ons een andere kijk geven op de 'innerlijke' dimensie. De organen die gewoonlijk worden beschreven als ingewanden, kunnen in dit concept worden beschouwd als een lichaamswand die ons afgrenst ten opzichte van de buitenwereld en die vooral een metabole en materiële interactie met die de omgeving

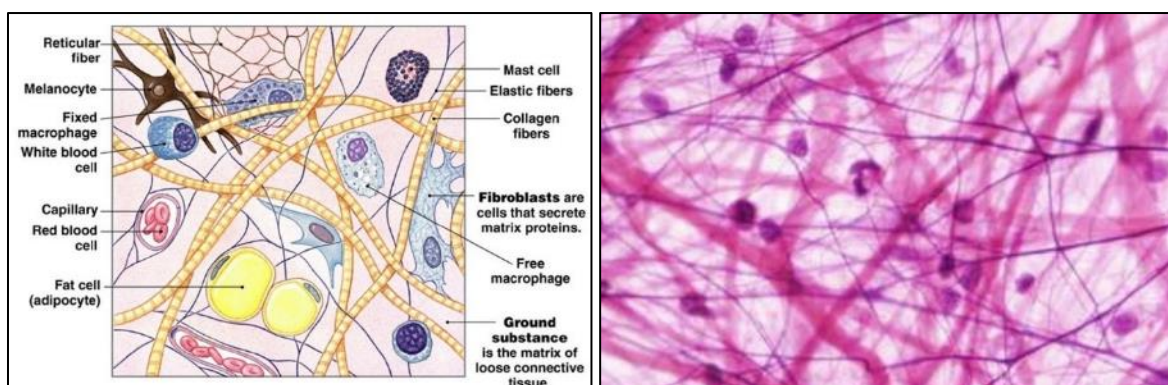
⁷ Vermeldenswaard is dat mesenchym later in de menselijke ontwikkeling opnieuw overal kan opduiken waar een 'innerlijk' moet worden gevormd. Alle mesenchym van het hoofd is bijvoorbeeld afkomstig van een tweede 'golf' van mesenchym-vorming die uit de neurale lijst lijkt te komen.

mogelijk maakt. De aanduiding 'binnen' is in deze context dus letterlijk en anatomisch bedoeld, het is een 'binnen'-(lichaams)wand. De 'buiten'-lichaamswand vormt onze pariëtale grens met de wereld. Deze lichaamswand relateert ons ook aan de buitenwereld en laat een ander soort interactie toe: perceptie en actie bijvoorbeeld. Je zou kunnen stellen dat ons 'anatomische' (maar ook ons psychologische) 'binnenste' of 'innerlijk' de ruimte is die wordt gecreëerd door het originele mesenchymale bindweefsel of meso. In dit 'innerlijke' zijn dus alle organen, inclusief de ectodermale en endodermale derivaten en die welke kunnen worden begrepen als derivaten van de meso, ingebed. Het mesenchym, het oorspronkelijke oerbindweefsel, is het matrixweefsel van het lichaam; het grotere 'weefwerk' waarin de organen zijn ingeweven' (Levin, 2019).

Grof gezegd is het dus niet 1, 2, 3 keer 'hetzelfde' (met andere woorden: drie 'dermen'), maar het zijn (1 + 1) twee grenzen (epithelia) met een derde dimensie ertussenin ("1+ 1 is 3"). Terwijl epithelia worden gekenmerkt door het feit dat intercellulaire ruimte vrijwel afwezig is, is het absolute kenmerk van mesenchym of innerlijk weefsel het bestaan van (interstitiële) ruimte tussen de cellen, de extracellulaire matrix (ECM). Het ECM of *interstitium* kan worden 'gevuld' of gevormd door allerlei stoffen (van interstitieel organisch 'gebonden water' tot kraakbeenstof of verkalkte botmatrix) en bevat ook altijd een derde dimensie namelijk vezels van alle mogelijke aard en kwaliteit. Op deze manier komen concepten zoals fascia, bindweefsel, matrix, binnenruimte bij elkaar en worden min of meer in wezen hetzelfde. Het is dus heel goed voor te stellen dat meso en dus fascia de matrix vertegenwoordigt, het 'weefsel' van onze lichaamsorganisatie.

Mesenchym: ruimte verbinden en vormgeven of 'trekken en duwen' (biotensegrity)

In het vorige citaat van Blechschmidt wordt verwezen naar opname en uitscheiding, aantrekking en afstoting als principes van interactie tussen cellen. Deze relatieprincipes kunnen ook worden toegeschreven aan fascia, mesenchym en bindweefsel. Mechanisch, histologisch, embryologisch kan men twee verschillende soorten interacties in het mesenchym bedenken, namelijk **het verbinden en het creëren van ruimte (scheiding)**. Onthoud in dit verband de begrippen 'uit elkaar duwen' en 'samentrekken', de sleutelwoorden van het biotensegriteitssysteem (samengesteld door 'uit elkaar drukkende' balken en de aangespannen kabels). Deze twee dimensies hebben allerlei histologische en fysiologische verschijningen.



Schematische weergave (links) en een histologisch beeld van los areolair bindweefsel, dat het oorspronkelijke fasciale weefsel voorstelt. In de rechter afbeelding zijn de drie componenten van fascia (cellen, vezels en interstitium) samen met haarvaten weergegeven.

Als bijvoorbeeld de celcomponent van het mesenchym dominant wordt, verdichten de cellen (en daarmee het mesenchym) zich grotendeels in cellulaire agglomeraties. Dit is bijvoorbeeld het geval bij vet- of spierweefsel. De cellen vormen een parenchym ingebed in een vezelige matrix. Stephen Levin: "Denk het parenchym van spiercellen weg uit het spierweefsel

(verwijder het) en je krijgt een band of ligament" (*Levin 2015*). Het tegenovergestelde, het afstoten, verspillen van cellen (in Blechschmidt-jargon) zou dan kunnen worden herkend in het vermogen van het mesenchym om zogenaamde 'lichaamsholten' te creëren. Neem nu de zogenaamde pleuraholten of peritoneale holte die zijn uitgelijnd met een zogenaamd sereuze membraan. Dergelijke membranen worden vaak histologisch beschreven als een zogenaamd 'mesothelium'. Dit is een epitheel gevormd door mesenchym (bindweefsel). Het essentiële verschil is dat het mesothelium een interstitiële ruimte actief bepaalt (in feite actief creëert) en dat een epitheel meestal de (buiten)wand van een bestaand lumen of van een buis bekleedt. Mesothelia zullen ook vaak met elkaar vergroeien als de hier mogelijk gemaakte (schuif) beweging niet meer wordt uitgeoefend. In een zogenaamde lichaamsholte zoals de mondholte, bedekt met epitheel, zal die neiging tot vergroeien niet zo uitgesproken zijn. Misschien moeten we in plaats van ze holtes te noemen, ze eerder beschouwen als 'gewrichtsspletten' waarbij twee organen, of een lichaamswand en organen, elkaar raken (aan elkaar kleven) maar nog steeds ten opzichte van elkaar kunnen bewegen (contact uitoefenen). Men zou dit met recht het principe kunnen noemen van het creëren van een ruimte die bewegen mogelijk maakt. Het mesenchym kan in dit geval bijna worden beschouwd als in principe 'cel- en vezel-leeg'. Zo worden gewrichtsspletten en lichaamsholten tot bewegingsorganen. Niet eenvoudigweg mechanische scharnieren, maar biologische activiteiten die een ruimte creëren die mobiliteit mogelijk maakt. Dat wordt bijvoorbeeld duidelijk wanneer in het geval van de peritoneale holte de membranen met elkaar verkleven en vergroeien wanneer gedurende langere tijd immobiliteit optreedt. 'Use it or lose it' is het principe voor dergelijke 'holten'.

Pas het concept van verbinden en creëren van ruimte toe op de 'fascia in bredere zin'. De 'fascia in bredere zin' is dan dat vaak besproken netwerk of systeem dat overal in het lichaam aanwezig is en dat het 'spanningsnetwerk' (*Schleip 2012a*) van ons lichaam vormt waarin alle organen en structuren met elkaar verweven en ingebed zijn. Kortom: de volwassen verschijningsvorm van ons 'mesodermale' innerlijk en van het primair mesenchymaal raamwerk van het lichaam met mogelijk een regulerende rol op meerdere functieniveaus (*Stecco, 2018*). In engere zin is fascia dan de subcutane verzameling van anatomisch herkenbare bindweefselstructuren die spieren, botten, zenuwen en bloedvaten en andere inwendige organen verbinden, ondersteunen en omsluiten in de vorm van lagen, membranen, fasciae en omhullingen (*Schleip 2012b*, *Stecco, 2018*).⁸

Uitgaande van deze twee kenmerken van fascia, ontstaat het beeld dat 'meso' (mesenchym) zowel kan verdichten, verbinden en samentrekken. Het kan ook decentraliseren, uitrekken en ruimte creëren. Opnieuw is hier een thema van push and pull, verbinding en scheiding. Deze polaire tendensen in het bindweefsel zijn ook te zien in de verschillende kwaliteiten van interstitiële substanties en in verschillende relaties tussen vezels, cellen en interstitium. Daarom spreken de meeste anatomieboeken over steun- en bindweefsel.

Daarom zijn er goede argumenten om lichaamsholten en gewrichtsspletten ook als functies van fascia te beschouwen. Het onderhuidse bindweefsel b.v. is een los areolair bindweefsel met veel interstitiële ruimte tussen de vezels. Het functionele principe is hier gericht op scheiden, ruimte creëren en beweging mogelijk maken (*Guimberteau, 2008*) vergelijkbaar met pees- en spierscheden en slijmbeurzen (in slijmbeurzen zijn de vezels zelfs afwezig: er wordt een soort 'lichaamsholte' gevormd). Intermusculaire septa, de 'klassieke' fasciae zoals epimysia, fascia antebrachii, fascia lata, thoracolumbale fascia en nog veel meer, zijn bedoeld om mechanisch te verbinden en trekkrachten te geleiden. In deze gevallen is het

⁸ In sommige definities van fascia wordt gesteld dat het bindweefsel niet alleen organen en structuren bedekt en omhult, maar dat deze ook 'doordringt'. Volgens het hier gepresenteerde concept lijkt het begrip 'doordringen' onjuist: het parenchym van sommige referentieorganen zoals spieren is 'ingebed' in het bindweefsel. In andere bijna zuivere parenchymateuze organen (zoals lever) ontbreekt zo'n 'endoskelet' van bindweefsel.

uiterlijk van 'fascia' heel anders. De vezels zijn nu dicht, strak en dominant, zodat er nauwelijks ruimte is voor interstitium of cellen (het zogenaamde regelmatige dichte collageen bindweefsel RDCCT). Dit is de fascia die we typisch zien in het HBA zoals beschreven door *Schleip (2012)*, *Van der Wal (2009)* en *Stecco (2018)*.

Het kan ook de interstitiële substantie van mesenchym of fascia zijn die de mechanisch verbindende (of scheidende!) dimensie vormt. Bekijk in dit verband eens kraakbeen met kraakbeenachtige tussenstop of botweefsel met verkalkte matrix. In tussenwervelschijven en symfyzen omvat het kraakbeentype het taaie, met chondrocyten bezette vezelige kraakbeen dat skeletelementen met elkaar verbindt. De andere soorten kraakbeen zijn elastine-rijk elastisch kraakbeen (dat een groot deel van je oor omvat) en het collageen type II-rijke, glasachtige hyalien kraakbeen in synoviale gewrichten. Kraakbeen kan dus ook de beweeglijkheid dienen door middel van het ruimtevormende principe, zoals het geval is bij de gewrichtsspletten in de synoviale gewrichten en soms in symfyzen en tussenwervelschijven.

Het interstitium is de derde dimensie van fascia en mesenchym! Het vormt in principe een enorm uitgestrekte ruimte die overal te vinden is tussen organen, structuren en weefselementen. Het kan daarom worden beschouwd als één groot continu inter-anatomische 'lichaamsholte' waarlangs communicatie, coördinatie en organisatie door middel van stoffen mogelijk is (*Theise 2018*, *Oschman 2015*). De extracellulaire matrix ECM als transportsysteem (*Friedel 2020*). Uit de embryologie weten we dat signaaleiwitten, belangrijke voorwaarden voor het creëren van velden, worden georganiseerd en verspreid via het mesenchym. Tijdens de menselijke embryonale ontwikkeling levert het 'meso' de metabole condities voor de ontwikkeling van de ectodermale structuren en speelt een rol bij hun differentiatie (*Blechsmidt en Gasser, 2012*). Het is denkbaar en aangetoond dat zelfs gradiënten van zogenaamde epigenetische controle moleculen ook tot stand kunnen worden gebracht via diffusie door de interstitiële ruimte.

Geen 'meso' zonder bloed. Mesenchym wordt in het embryo geassocieerd met de vorming van bloed en bloedvaten. In tegenstelling tot wat vaak wordt gedacht, is bloed een weefsel, geen vloeistof. Bloed wordt in veel leerboeken over histologie gecategoriseerd als steun- of bindweefsel. De primaire manifestatie van bloed is mesenchym waarin (via de vorming van bloedeilanden en bloedstrengen) een netwerk van capillaire vaten wordt gevormd. De haarvaten transporteren 'vloeibaar weefsel', d.w.z. bloedcellen. Het uitgebreide netwerk van haarvaten (schattingen variëren van 60.000 tot 90.000 km!) voert eveneens uit wat typisch is voor bindweefsel, namelijk verbinden en ruimte creëren op een dynamische fysiologische manier. Organen zijn verbonden door middel van bloed, maar tijdens de evolutie bij dieren kan de (misschien ook psychologische) innerlijke ruimte voor het organisme groter en gecompliceerder worden naarmate bloed het toelaat. Bloed is dus ook een dimensie van 'innerlijkheid'. De wijdverbreide aanwezigheid van haarvaten door het hele lichaam maakt het ook mogelijk om het beeld van de 'fascia in bredere zin' te visualiseren als het matrixweefsel waarin alle organen zijn geweven en ingebed. Bloed en fascia 'nemen de vorm aan van het lichaam', zou je kunnen zeggen, en creëren letterlijk het web waarin alles is ingebed.

Fascia – het 'orgaan van het Innerlijk?

Dit alles is een logisch gevolg van het idee dat de fascia (in ruimere zin) samenvalt met het 'meso' of mesenchym. Mechanisch zijn er twee krachten te bedenken in het fasciale bindweefselsysteem: push and pull, drukken en trekken, verbinding en scheiding. Het gehele houdings- en bewegingssysteem kan daarom in zekere zin worden beschouwd als een biotensegriteitssysteem met enerzijds verdichte elementen (skeletachtige elementen) en anderzijds trekkracht doorleidende elementen (ligamenten, fasciae, spieren en 'dynamenten'). Om een tensegrity-systeem te begrijpen, heb je zowel de spanning (de kabelelementen) als de compressie (de stijve elementen) nodig. Alle componenten van het apparaat, zoals spieren, ligamenten, fasciae, botten enzovoort, kunnen dus ook worden

geïnterpreteerd als fasciaspecialisaties. Bot is fascia (*Sharkey, 2019*), spier is fascia (*Levin, 2012*), dynamisch is fascia (*Van der Wal, 2009*). Fascia en biotensegriteit gaan over **architectuur** en daarom over **relaties** tussen de anatomische elementen niet over anatomie. De fascia 'in bredere zin' vormt het weefwerk van ons lichaam en "in dit weefwerk zijn alle organen op de een of andere manier geweven" (*Levin 2012*). Fascia als 'orgaan van innerlijkheid'.

Het 'thema' voor fascia (en bindweefsel) is verbinden en scheiden, verbinden en ruimte creëren, verdichting en uitzetting, enzovoort. Fascia is het bemiddelende, het 'midden' en ook het 'innerlijk'. Daarom denk ik dat het concept van mesenchym als innerlijk weefsel geloofwaardigheid kan verlenen aan het 'niet-wetenschappelijke' concept, dat voor het eerst werd onderschreven door Dr. Andrew Taylor. Toch zou de fascia (in bredere zin) de 'ruimte' kunnen vormen van de ziel. 'De ziel van de mens, met alle stromen van zuiver levend water, lijkt in de fascia van zijn lichaam te wonen' (At Still geciteerd in Lee, 2005). De verdere uitwerking van dit mogelijke psychosomatische lichaamsconcept valt buiten het bereik van Hier is een poging gedaan om te laten zien dat fascia in bredere zin de letterlijke weergave is van ons innerlijke wezen.

Het 'thema' voor fascia (en bindweefsel) is verbinden en scheiden, verbinden en ruimte creëren, verdichting en uitzetting, enzovoort. Fascia is het bemiddelende, het 'midden'. Daarom denk ik dat het concept van mesenchym als innerlijk weefsel geloofwaardigheid kan verlenen aan het 'niet-wetenschappelijke' concept, voor het eerst onderschreven door Dr. Andrew Taylor Still dat de fascia (in bredere zin) de 'ruimte van de ziel' kan vormen. "De ziel van de mens, met alle stromen van zuiver levend water, lijkt in de fascia van zijn lichaam te verblijven" (At Still geciteerd in Lee, 2005). De verdere uitwerking van dit mogelijke psychosomatische lichaamsconcept valt buiten het bereik van dit artikel. Hier is een poging gedaan te laten zien dat 'fascia in bredere zin' in feite ons innerlijk of 'binnen' representeert.

Mei 2020
Jaap van der Wal MD PhD

Alle rechten voorbehouden. Geen enkel deel van deze publicatie mag worden gereproduceerd of verzonden in welke vorm of op welke manier dan ook, elektronisch, mechanisch, fotokopieerapparaat, opname of anderszins, zonder de voorafgaande toestemming van de auteur.

Erkentelijkheid

Ik wil David Lesondak en zijn vrouw Coletta Perry bedanken dat ze erin slaagden mijn 'Nederlands' Engels te vertalen naar een meer wetenschappelijk Engels. Ik heb veel van hun voorstellen en correcties dankbaar aanvaard. Ik ben ook veel dank verschuldigd aan Leonid Blyum, die mijn tekst stroomlijnde wat betreft terminologie en concepten op het gebied van biotensegriteit in relatie tot het concept van architectuur.

Referenties

- Adstrum et al. 2017. Defining the Fascial system. *Journal of Bodywork & Movement Therapies* 21(1). 173- 177
- Blechs Schmidt, E. 2004. *The Ontogenetic basis of human Anatomy, edited and translated by Brian Freeman*. Berkley CA: North Atlantic Books. 1 Edition.
- Blechs Schmidt E. and Gasser R. 2012. *Biokinetics and Biodynamics of Human Differentiation*. Berkeley CA, USA: North Atlantic Books,
- Blechs Schmidt, E. 2011. *Die Frühentwicklung des Menschen – Eine Einführung*. München: Kiener Verlag.
- Blechs Schmidt, E. 2012. *Ontogenese des Menschen – Kinetische Anatomie*. München: Kiener Verlag
- Blyum, L. 2020. Persoonlijke mededeling naar aanleiding van de Biotensegrity Summit, mei 2020.
- Garrison D.H. 2016. Why did Vesalius Title His Anatomical Atlas “The Fabric of the Human Body”? In: *Transforming Vesalius*. Basel: S. Karger AG. <http://www.vesaliusfabrica.com/en/original-fabrica/inside-the-fabrica/the-name-fabrica.html>
- Friedl, P., 2020. Extra cellular matrix as a transportation system. Oral presentation, International Congress Fascia@sea, 17-20 January 2020, Scheveningen NL
- Guimberteau, J.C. Armstrong, C. 2015. *Architecture of Human Living Fascia: Cells and Extracellular Matrix as Revealed by Endoscopy*. (book and DVD) ISBN-13: 978-1909141117.
- Lee, Paul R. 2005. *Interface. Mechanism of Spirit in Osteopathy*. Portland: Stillness Press.
- Lesondak, D. 2017. *Fascia What it is and Why it matters*. Edinburgh: Handspring Publishing.
- Levin, S.M., Martin D-C, 2012, Biotensegrity - The Mechanics of Fascia. In: *Fascia - The tensional network of the human body, Chapter: 3.5 Biotensegrity, The mechanics of fascia*. Ed. Schleip et al., 137 – 142. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Levin, S.M. 2018. *Bone is Fascia*. Research Gate https://www.researchgate.net/publication/327142198_Bone_is_fascia
- Mameren, H. van. 1983. Reaction forces in a model of the human elbow joint. *Anat Anz.* 1983, 152: 327–328.
- Mameren H. van, Drukker J. 1984. A functional anatomical basis of injuries to the ligamentum and other soft tissues around the elbow joint: transmission of tensile and compressive loads. *Int J Sports Med.* 5:88–92.
- Moore, K.L., Persaud, T.V.N. 2016 *The Developing Human – Clinically Oriented Embryology*. W.B. Philadelphia: Saunders Company.
- Myers, T.W., 2014. *Anatomy Trains: Myofascial Meridians for Manual and Movement Therapists*. Edinburgh: Churchill Livingstone
- Oschman, J. 2015. *Energy Medicine - E-Book: The Scientific Basis*. London: Churchill Livingstone.
- Sadler, T.W. 2019. *Langman’s Medical Embryology* 14 ed. Philadelphia: Wolters Kluwer
- Scar, Graham, 2014, *Biotensegrity – The Structural Basis of Life*. Handspring Publishing Ltd.
- Schleip, R. et al. 2012a. *Fascia - The tensional network of the human body*. Ed: Schleip et al. Edinburgh: Churchill Livingstone.

- Schleip et al, R. 2012b. What is 'fascia'? A review of different nomenclatures. *Journal of Bodywork & Movement Therapies* 16, 496–502.
- Sharkey. J. 2019. Regarding: Update on fascial nomenclature-an additional proposal by John Sharkey. *Journal of Body Work and Movement Therapies*. Jan. 2019. Vol. 23, Issue 1: 6–8
- Standing, S. 2005 / 2015, *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice* 39rd / 41st ed. / Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone.
- Stecco, C. 2018. *Functional Atlas of the Human Fascial System*. 1st. ed. Warren I Hammer DC MS. London: Churchill Livingstone
- Stecco, C. 2016, A fascia and the fascial system. *Journal of Bodywork & Movement Therapies* 20. 139 -140
- Theise, N.D. et al. 2018. Structure and Distribution of an Unrecognized Interstitium in Human Tissue. *Science Reports* March 27.
- Wal, J.C. van der. 1994. De verloren dood. In: Opdebeeck, A. (ed.). *De dood in de marge van het leven*. Onderzoekscentrum Marginaliteit K.U. Leuven, D/1994/K.U. Leuven: 86-123.
- Wal, J.C. van der. 1988. *The organization of the substrate of proprioception in the elbow region of the rat* [PhD thesis]. Maastricht, NL: Maastricht University, Faculty of Medicine.
- Wal, J.C. van der. 2009. The Architecture of the Connective Tissue in the Musculoskeletal System - An Often Overlooked Functional Parameter as to Proprioception in the Locomotor Apparatus. *International Journal of Therapeutic Massage and Bodywork (IJTMB)*, Vol. 2, number 4: 9 – 23.
- Wal, Jaap van der. 2015. Van Der Wal's response to Stecco's fascial nomenclature editorial. *Journal of Body Work and Movement Therapies*. Vol. 19 (2): 304–309

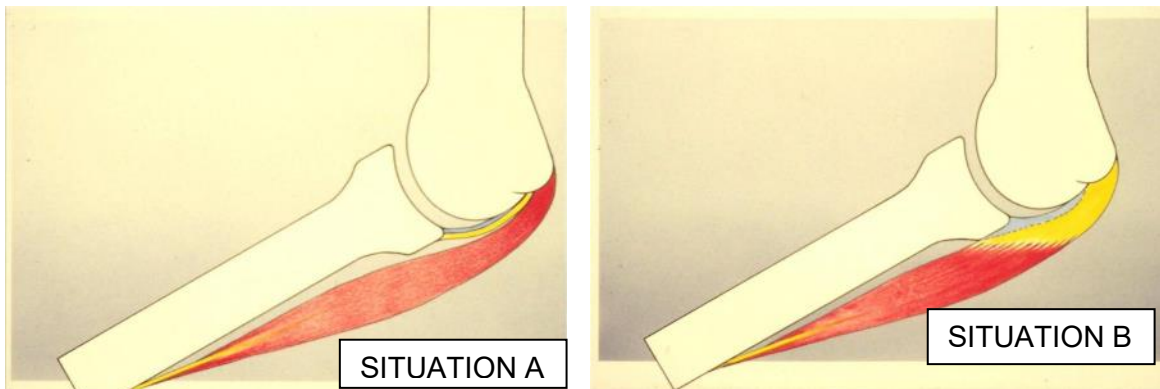
Referenties aan eigen werk

- Fascia – architecture of connective tissue. Dr Tom Findley summarizes fascia Congress 2007 and 2009 (<https://rolfing.org/dr-tom-findley-summarizes-fascia/>)
- 2012, Wal, J.C. van der, Proprioception, Mechanoreception and the Anatomy of the Fascia. In: Robert Schleip et al. (eds.), *Fascia: The tensional Network of the Human Body*, Chapter 2.2: 81 – 87, Churchill Livingstone Elsevier, ISBN 978-0-7020-3425-1.
- 2017, Wal, J.C. van der, The Fascia as the Organ of Innerness – A holistic Approach based upon a Phenomenological Embryology and Morphology, In: Torsten Liem et al. (eds.), *The Fascia in the Osteopathy Field: Chapter 10* 87 - 100, Handspring Publishing Ltd, ISBN-978-1-909141-27-8.

<https://www.anatomytrains.com/blog/2015/09/30/a-day-with-jaap-van-der-wal/>
<https://www.massagemag.com/rethinking-the-musculoskeletal-system-86856/>

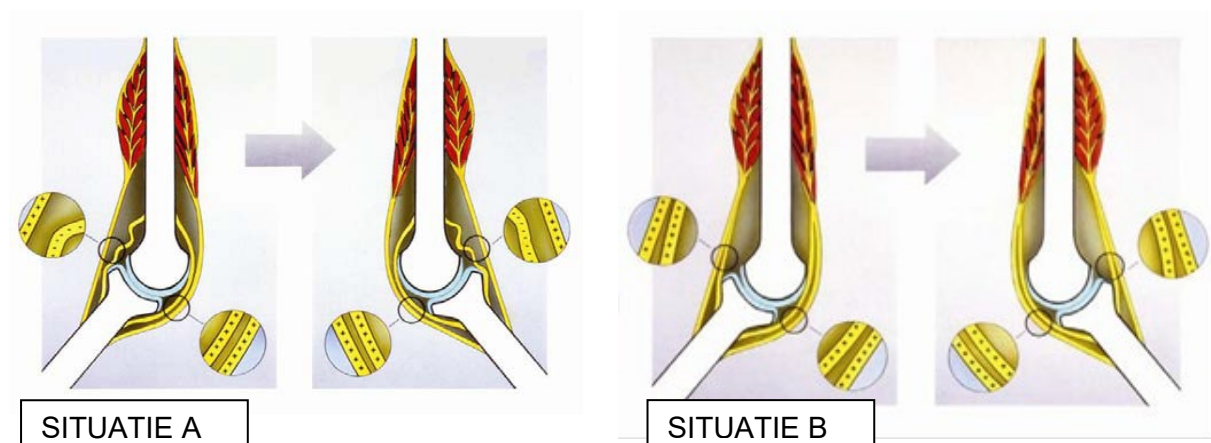
APPENDIX Afbeeldingen

FIGUUR 1



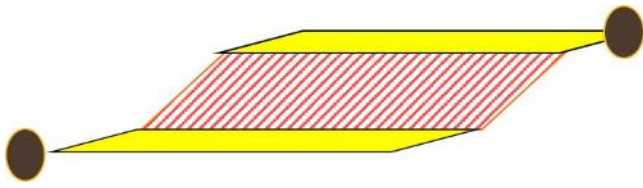
<p>Situatie 1A Gewrichtskapsel (blauw) met ligamenten (geel) zijn parallel georganiseerd aan het oppervlakkig gelegen spierweefsel</p>	<p>Situatie 1B Gewrichtskapsel (blauw) met periarticulair bindweefsel (geel) in serie georganiseerd met het spierweefsel</p>
---	---

FIGUUR 2



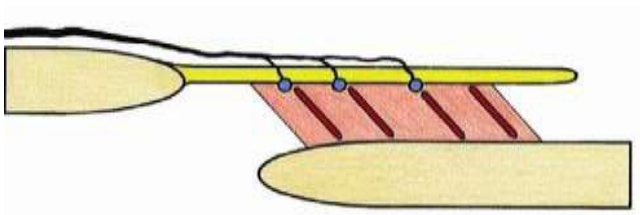
<p>Situatie 2A Het 'klassieke' organisatieprincipe met iuxta-articulair bindweefsel dat van bot tot bot loopt, parallel aan de spiercomponent (pezen). Alleen in een bepaalde gewrichtspositie kan het bindweefsel kracht doorleiden of signalen uitzenden in de zin van mechanoreceptor triggering (++++ versus ----). NB Gewrichtskraakbeen hier weergegeven in blauw.</p>	<p>Situatie 2B De alternatieve organisatie van iuxta-articulair bindweefsel in serie georganiseerd met de spiercomponent. In alle gewrichtsposities wordt het bindweefsel van het gewricht op spanning gebracht en kan het krachten doorleiden en signalen overdragen in de zin van mechanoreceptor-triggering (++++ en +++++). NB Gewrichtskraakbeen hier weergegeven in blauw.</p>
--	--

FIGUUR 3A



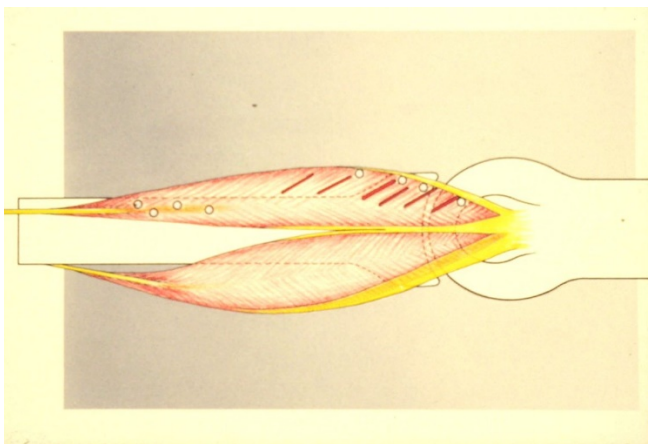
Schema van een zogenaamd dynament

FIGUUR 3B



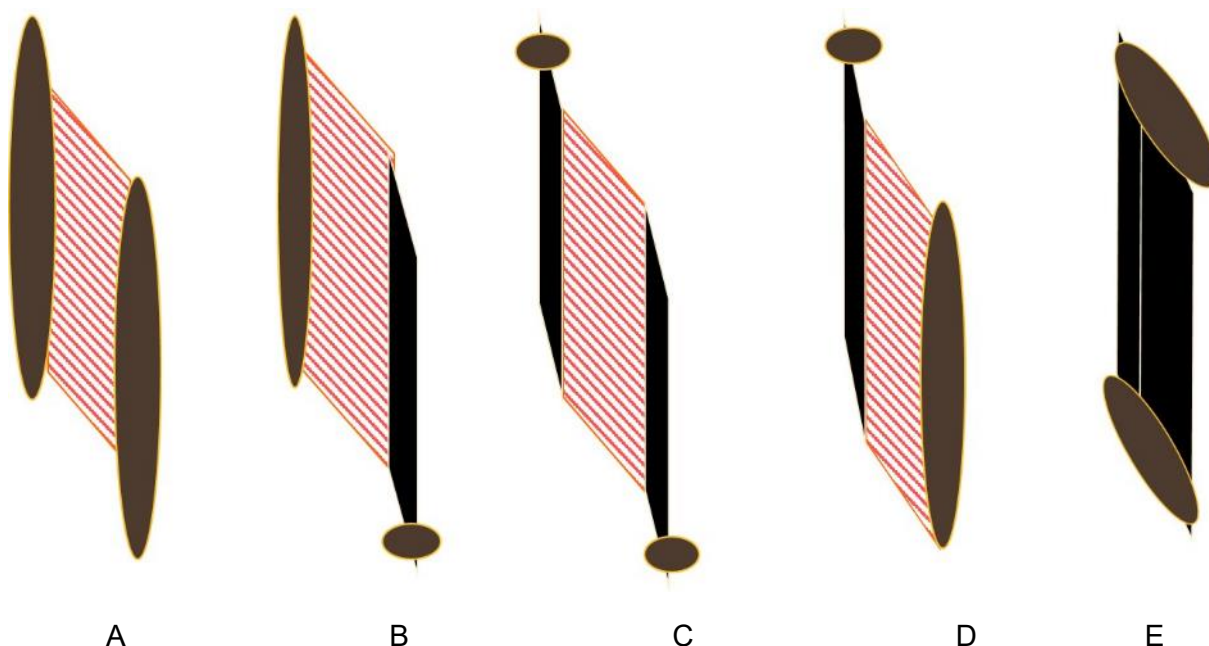
Schema van een unipennate spier alias dynament

FIGUUR 3C



De 'schering en inslag'-organisatie van de distale (intramusculaire) versus de proximale (transmusculaire) organisatie van de bindweefselstructuren die het spierweefsel verbinden met het periosteum.

FIGUUR 4



4C stelt het min of meer 'ideale of sjabloon-dynament' voor: één bindweefselstructuur / laag (bijv. fascia, aponeurose, septum, pees) hecht aan het ene ('proximale') bot (boven), een andere bindweefselstructuur / laag (pees of aponeurose) hecht zich aan het andere ('distale') bot (beneden). Tussen twee RDCCT-structuren bevindt zich een intermediaire zone van spierweefsel (spiervezels). Zie figuur 4A.

RCDDT (regular dense collagenous Connective Tissue): regelmatig dicht collageen bindweefsel

4A geeft de een uiterste situatie weer waarin geen afzonderlijke bindweefselstructuren "nodig" zijn en de betreffende spiervezels onmiddellijk hechten aan het periost van beide betrokken botstukken.

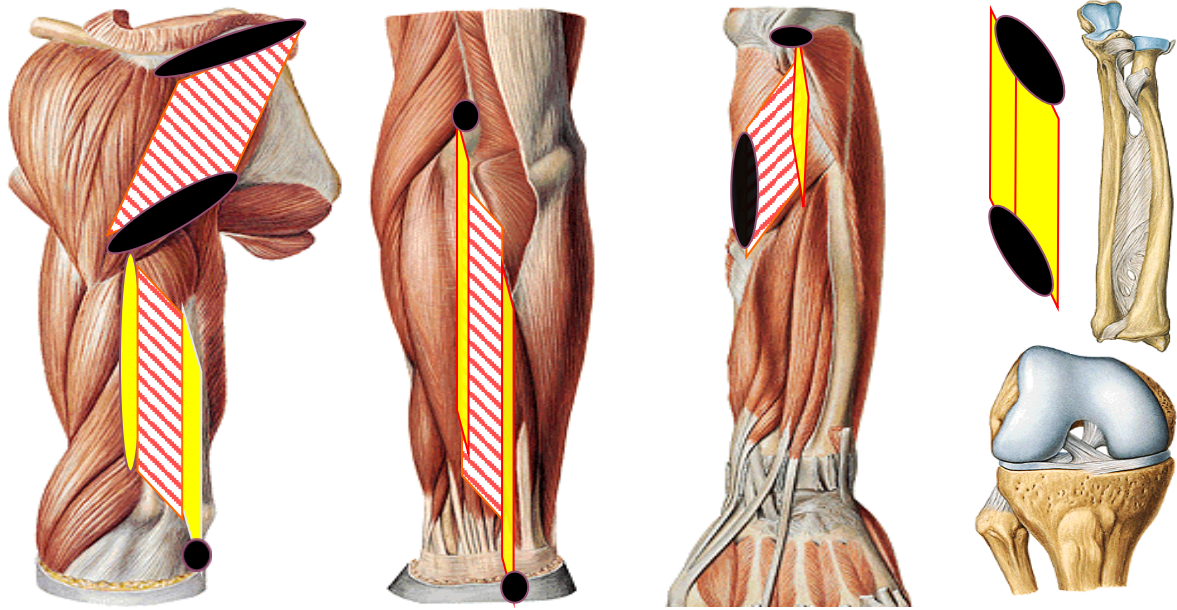
4B geeft een tussen-situatie weer, waarbij spiervezels enerzijds rechtstreeks aan het periost van een bot hechten, terwijl aan de andere kant dat plaats vindt door een bindweefselstructuur (pees, aponeurose, septum of fascielaag).

4C stelt het 'ideale' of 'sjabloon' dynament voor.

4D geeft de andere tussenliggende situatie weer, waarbij spiervezels aan de een kant aanhechten via een bindweefselstructuur (pees, aponeurose, septum of fascielaag) terwijl aan de andere kant spiervezels direct hechten aan het periost van een bot.

4E geeft de andere extreme situatie van een dynament weer, d.w.z. zonder tussenkomst van spierweefsel tussen de bindweefselstructuren of -structuren. In dit geval werkt een dynament als een statisch trekkracht overbrengende structuur, met andere woorden als een 'klassiek' ligament.

FIGUUR 5



Deltoid en Triceps

Dorsale onderarmextensoren

Supinator spier

Membr. interossea
Kruisbanden

Dynament A en B

Dynament C (sjabloon /'ideaal') Dynament

D

Dynament E