

DIE FASZIE, KONSTRUKT ODER GEWEBE – Über den Ursprung der Faszie

Ein Aufsatz von Dr. Med Jaap van der Wal

Ein großer Dank geht an den Kollegen Dr. med. Gunnar Spohr D.O., BRD. Völlig freiwillig und spontan bot er an, den Text 2020 grammatikalisch und typografisch ins Deutsche zu korrigieren, als der unten stehende Text u.a. im Osteopathic Magazine in den Niederlanden veröffentlicht wurde. Ich bewundere die Akribie, mit der er diese Aufgabe übernommen hat.

Abstrakt

In diesem Aufsatz muss sich der Autor auch mit der Frage befassen, wie ‚Faszie‘ definiert werden soll. Er wird sich diesem Thema nähern aus den beiden Bereichen der Wissenschaft, für die er steht: Anatomie und Embryologie. Und er wird dabei den phänomenologischen Ansatz anwenden, den er während seiner jahrzehntelangen Erfahrung als Lehrer für Dynamische Morphologie und Embryologie gelernt hat.

Als Anatom nahm er an einem bahnbrechenden Projekt teil, das in den 1980er Jahren an der Universität Maastricht in den Niederlanden zur Organisation von Muskel- und Bindegewebe im sogenannten Haltungs- und Fortbewegungssystem (HFS ¹) durchgeführt wurde. Das Ergebnis dieser Forschung stellte das übliche anatomische Denken in diskreten und damit zerlegbaren Strukturen wie Muskeln, Knochen und Bändern in Frage. Es eröffnete den Blick auf eine funktionelle Architektur von Muskel- und Bindegewebe im HFS. Architektonisches Denken scheint eine wichtige notwendige Korrektur des üblichen Bildes der sogenannten ‚Muskelmann(-Person)‘ zu sein, oder besser: eine Ergänzung dazu. Es ist dieses Bild, das in unseren modernen Köpfen immer noch eine dominierende Rolle spielt, was die funktionelle Anatomie des sogenannten Muskel-Skelett-Systems betrifft. Darüber hinaus wird gezeigt, dass eine architektonische Betrachtung von Faszien und Bindegewebe besser zum modernen Konzept der Biotensegrität im Körper und insbesondere im HFS passt als die klassische anatomische Vorstellung von Muskeln, Bändern und anderen HFS-Elementen als diskrete Strukturen.

Als Embryologe, der während seiner Lehrtätigkeit mit den Ideen der Osteopathie über Faszien vertraut wurde, stellte er logischerweise auch die Frage, **woher** die Faszien stammen. Hier wird verteidigt, dass das Mesenchym des sogenannten ‚Mesoderms‘ neu bewertet werden kann als primäre Manifestation der Faszie als System oder ‚Organ‘. Es wird gezeigt, dass das ‚Mesoderm‘ nicht nur eine der drei sogenannten Keimblättern ist, sondern tatsächlich das morphologische Substrat dessen, was später unser psychosomatisches Inneres und Inneres sein wird. Faszien können als Matrixsubstrat unseres Körpers oder als ‚Stoff‘ (Textur) angesehen werden „in den alle Organe gestickt sind“ (Levin, 2018).

Wie bereits erwähnt, wird der in diesem Artikel verfolgte Gedankengang weitgehend ein phänomenologischer Ansatz sein. Der Versuch zu verstehen, was Faszien sind und was sie bedeuten könnten, wird hier als wichtiger angesehen, als die funktionellen Eigenschaften und Möglichkeiten des Faszienystems zu erklären (falls es so etwas gibt).

J. C. van der Wal MD PhD Anatom – Embryologe

¹ Hier der Begriff Haltungs- und Fortbewegungssystem (HFS) (*In Englisch: PLS oder Posture and Locomotion System*) bevorzugt aus Gründen, die im Text geklärt werden. ‚System‘ statt ‚Apparat‘, weil das anatomische ‚Halt- und Bewegungsapparat‘ (bestehend aus Knochen, Gelenken, Bändern und Muskeln und so weiter) ist ein zu engstirniges Konzept: zumindest das Nervensystem sollte teilweise eingebaut werden, um als HFS-System zu fungieren. Haltungs- **und** Fortbewegung weil nur ‚Fortbewegung‘ eine zu arme Vorstellung ist: beim Menschen, der im Gleichgewicht steht (Haltung), ist es typisch und wichtig, die aufrechte Position zu halten, ein wesentlicher Bestandteil unserer zweifüßigen Fortbewegung. Der Begriff ‚Muskel-Skelett-System‘ wird in diesem Text als ein zu armes und reduktionistisches Konzept gezeigt, das aufgegeben werden sollte.

Vorwort

Von 2009 bis 2020 konnte ich einen Beitrag zu den Diskussionen über das Thema Faszie leisten, worum es bei diesem Thema geht und warum es wichtig ist. Es begann 2009 mit der Präsentation meiner ‚wiederentdeckten‘ Forschungen aus den 1980er Jahren an der Universität Maastricht (NL) über die Organisation von Muskel- und Bindegewebe im Halte- und Fortbewegungssystem (HFS) ².

Während eines Vortrags als Hauptredner auf dem zweiten ‚International Fascia Congress‘ in Amsterdam (2009) präsentierte ich das Konzept der architektonischen Betrachtung von Muskel- und Bindegewebe anstelle bzw. zusätzlich zu dem üblichen anatomischen Denkmodell in umschriebenen Einheiten von Muskel-, Binde- und Knochengewebe. Ich stellte dort auch das Konzept von ‚Dynamenten‘ als architektonischen Einheiten der Verbindung und Kraftübertragung im HFS vor. Dieses von mir aus der architektonischen Betrachtung des HFS entwickelte Konzept wurde von vielen begeistert aufgenommen und weiterentwickelt (u.a. Thomas Myers, Tom Findley und Robert Schleip). In den folgenden Jahren hielt ich Vorträge und Seminare auf Konferenzen zum Thema Faszien und war in Ausschüssen aktiv, die nach einer möglichst umfassenden und genauen Definition des Begriffs ‚Faszie‘ bzw. ‚Faszien‘ suchten.

In diesem Zusammenhang scheint es mir, dass in Kreisen der ‚Faszienforschung‘ eine zunehmende Diskrepanz zwischen jenen besteht, die ‚die Faszien‘ als Synonym für ein System von Bindegewebsstrukturen (Fasziensystem) denken, und jenen, die von ‚der Faszie‘ als Matrix des menschlichen Körpers ausgehen. In diesem Artikel schlage ich vor, von ‚einer Faszie im engeren Sinne‘ und von einer ‚Faszie im weiteren Sinne‘ zu sprechen. Das von mir entwickelte Konzept aus Architektur und Dynamik trägt zum Bild der ‚Faszie im engeren Sinne‘ (Fasziensystem) bei. Aus der phänomenologischen Embryologie, die ich an anderer Stelle entwickelt habe, versuche ich, einen grundlegenden Beitrag zur Beschreibung der ‚Faszie im weiteren Sinne‘ zu leisten, indem ich die Verbindung zwischen Embryo und Faszie neu (be-)denke.

Auf dieses Jahrzehnt des aktiven Beitrags zur Faszienforschung zurückblickend, wird mir klar, dass ich versucht habe zwei wichtige Konzepte weiterzugeben. Erstens behindert das vorherrschende -räumlich-analytisch-geprägte anatomische Denken ein zutreffendes Verständnis der möglichen Bedeutung des ‚Systems‘ Faszie.

Tatsächlich ist unsere völlig anatomisierte³ Sicht auf den menschlichen Körper ein Artefakt ("Anatomie zerstört mehr, als sie möchten" ist mein Slogan). Als ich das Biotensegrity-Konzept kennenlernte, habe ich begonnen darauf hinzuweisen, dass das von mir befürwortete Architekturkonzept des Haltungs- und Fortbewegungssystems viel besser zu dem funktionalen Biotensegrity-Konzept der Organisation des menschlichen Körpers passt,

² Hier wird der Begriff Haltungs- und Fortbewegungssystem (HFS) (in Englisch: PLS oder Posture and Locomotion System) verwendet; Erläuterungen siehe Text. ‚System‘ statt ‚Apparat‘, weil der anatomische Terminus ‚Halte- und Bewegungsapparat‘ (bestehend aus Knochen, Gelenken, Bändern, Muskeln usw.) als Konzept zu eng gefasst ist: Das Nervensystem muss zumindest teilweise Berücksichtigung finden, damit das HFS als System fungieren kann. Haltung **und** Fortbewegung, weil ‚Fortbewegung‘ allein eine zu einseitige Vorstellung ist: beim Menschen, der im Gleichgewicht steht (Haltung), ist es typisch und wichtig, die aufrechte Position zu halten; dies ist ein wesentlicher Bestandteil unserer zweibeinigen Fortbewegung. Der Begriff ‚Muskel-Skelett-System‘ wird im vorliegenden Text als ein zu reduktionistisches Konzept angesehen, das aufgegeben werden sollte.

³ Ich könnte hier zu Recht auch den Begriff ‚atomisiert‘ verwenden. Die ‚anatomische Sichtweise‘, d.h. das Denken, dass ein Ganzes aus (An-)Teilen und Partikeln besteht, dominiert in vielen Bereichen von Kultur und Wissenschaft: in der Atomtheorie in der Individualisierung der Gesellschaft und von Gemeinschaften, in der molekularen Chemie und so weiter und so fort. Dass heutzutage ein Begriff wie ‚Holismus‘ von Wissenschaftlern oft als ‚obskur‘ oder ‚unscharf‘ abgelehnt wird, weist auf diesen Zustand hin.

als die verbreitete, zergliedernde Betrachtungsweise der Anatomie, insbesondere in Bezug auf den sogenannten Bewegungsapparat.

Das zweite wichtige Konzept, das ich in diesem Artikel hervorheben möchte, ist die Idee, dass das embryonale-Mesenchym („Mesoderm“) als das Gewebe unseres ‚Inneren‘ (unseres inneren Selbst) betrachtet werden kann und damit die Matrix oder ‚Faszie‘ repräsentiert, in der alle Organe leben und in die alle Organe eingewoben sind. Damit wird gleichzeitig auch der von mir als zu eng gefassten Versuch ‚Faszien‘ nur als eine Art räumliches Bindegewebssystem zu definieren (die ‚Faszie in engeren Sinn‘) erweitert zu einer Definition der ‚Faszie im weiteren Sinn‘.

Im vorliegenden Artikel werden diese beide Konzepte und mit ihnen verwandte Ideen in einem Gedankengang zusammengeführt, der vom ‚Fabrica-Denken‘ des Andreas Vesalius (der Körper als Konstrukt, wie es Vesalius 1543 in seiner *De Fabrica Humani Corporis* erstmals vorgestellt und artikuliert hat) bis zum ‚Stoff‘-oder Gewebe-Denken im Rahmen des Biotensegrity-Paradigmas reicht. Stephen Levin drückt es so aus: „Faszien sind das Gewebe des Körpers; nicht die Gewänder, die den Körper bedecken sondern die Kette und der Schuss des Materials“ (2012).

Mir ist bewusst, dass dieser Artikel als ‚wenig wissenschaftlich‘ oder ‚zu allgemein‘ erscheinen kann. Als Anatom und Embryologe bin ich wissenschaftlicher Generalist geblieben, als Phänomenologe suche ich nach Sinn und Bedeutung. Weniger Wert lege ich auf kausal-reduktionistische Erklärungen oder solche, die nicht in einen weiterführenden Zusammenhang gestellt werden können.

Jaap van der Wal, Juli 2020

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne vorherige Genehmigung des Autors reproduziert sowie in irgendeiner Form elektronisch, mechanisch, durch Fotokopie, Bild- oder Tonaufzeichnung oder auf andere Weise übertragen werden.

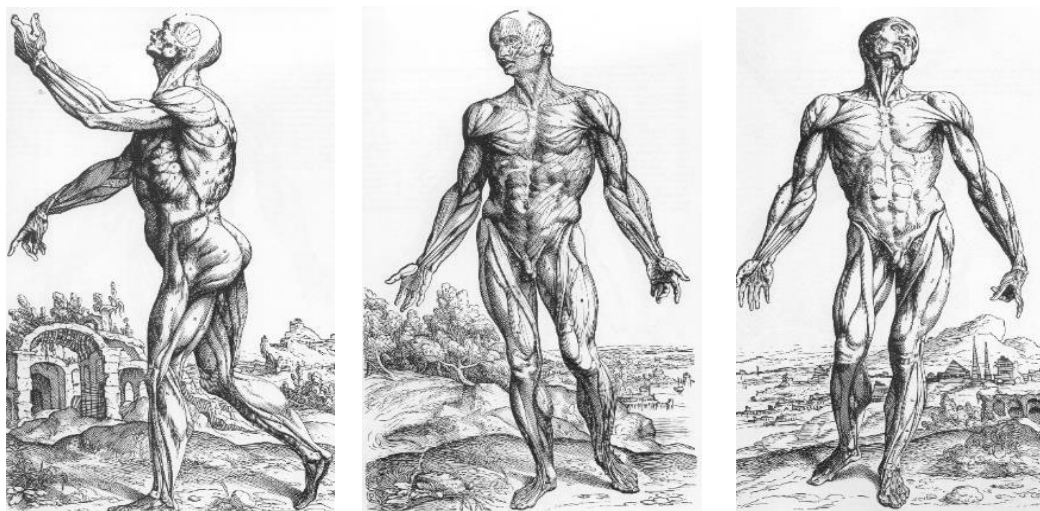
Adresse des Autors: Dr. med. Jaap van der Wal, Jaap.vanderwal47@kpnmail.nl. Postanschrift: Sibemaweg 33 D, 6224 DA Maastricht, Niederlande. Professor Emeritus für Anatomie und Embryologie, Universität Maastricht.

DIE FASZIE, KONSTRUKT ODER GEWEBE – Über den Ursprung der Faszie

Fascia is the fabric of the body; not the vestments covering the corpus, but the warp and weft of the material ⁴ (Stephen M. Levin, 2012)
Anatomie zerstört mehr als Sie möchten (Jaap van der Wal)

Vor fünf Jahrhunderten öffnete Andreas Vesalius die Augen der westlichen Welt für die analytische und wissenschaftliche Art und Weise, wie wir uns als moderne Menschen heutzutage uns selbst und die Welt sehen. Seine Veröffentlichung *De Humani Corporis Fabrica Libri Septem* repräsentiert nichts weniger als die Geburt der Anatomie als grundlegende Wissenschaft und als grundlegende Haltung der modernen Medizin. Das Wort ‚Fabrica‘ hat mehrere Bedeutungen: ‚Fabrik‘ (Bau, Konstruktion); ‚Stoff‘ (Textur, Gewebe, Weberei); und ‚Struktur‘ (Organisation, Konstruktion). Es besteht kein Zweifel, dass Vesalius bei der Wahl von Fabrica für den Titel nicht an Textilien oder Materialien gedacht hat, sondern an die Metapher des Gebäudes (Garrison 2016). Er machte dies sehr deutlich, als er seinen Atlas „Über die Konstruktion des menschlichen Körpers“ (*De Humani Corporis Fabrica*) betitelte. Und damit leitete er das Zeitalter der modernen Anatomie ein.

Die anatomische Denkweise von heute ist immer noch stark von der Arbeit von Vesalius beeinflusst. Diese Denkweise betrachtet den menschlichen Körper als etwas, das aus diskreten Teilen aufgebaut ist. Meiner Ansicht nach muss dieses Konzept jedoch dringend aktualisiert werden. Wir müssen unbedingt eine neue, ganzheitlichere Sicht auf den menschlichen Organismus annehmen, um die ‚Anatomie der Faszien‘ wirklich und vollständig zu verstehen. Der Begriff ‚Anatomie der Faszie‘ könnte, wie ich erläutern werde, als Widerspruch in terminis angesehen werden. Wir müssen über das bloße Konzept der ‚Bausteine‘ hinaus zu einem tieferen Verständnis der Architektur - der Struktur - des Körpers gelangen. Auf diese Weise können wir die Beziehungen zwischen den sogenannten Körperteilen und -elementen und ihre Bedeutung untersuchen und daher besser einschätzen. Eine solche aktualisierte Ansicht kann zu einer Verschiebung des Denkens von Fabrica in den Sinne führen, in dem der Orthopäde S.M. Levin (ein Gründungsvater der Biotensegrität) es meinte, als er Faszie als „das Gewebe des Körpers“ beschrieb (2018).



Drei von "Muskelmännern", wie sie im *De Humani Corporis Fabrica libri septem* (*Sieben Bücher über die Konstruktion des menschlichen Körpers*) von Andreas Vesalius, Basel, 1543, vorgestellt wurden. Drei der vierzehn anatomischen Zeichnungen von Johan Stefan van Kalkar. Die 14 nebeneinander angeordneten Tafeln zeigen als Hintergrund eine Panoramazeichnung einer Landschaft in der Nähe von Padua, Italien.

⁴ Faszien sind das Gewebe des Körpers; nicht die Gewänder, die den Körper bedecken, sondern die Kette und der Schuss des Materials

What is in a name?

Bevor ich fortfahre, möchte ich ganz klar sagen, dass diese vorgeschlagene Änderung des Denkens meine Bewunderung für das wissenschaftliche Genie von Vesalius als ‚Gründungsvater‘ der modernen Anatomie in keiner Weise mindert (*Van der Wal 2006*).

Jahrhunderte der Dissektion haben jetzt aber gezeigt, dass die anatomischen Platten von Vesalius etwas veraltet sind. Die Anatomie als wissenschaftliche Disziplin präsentierte und proklamierte jedoch auch das in der Nähe Paradigma, dass die Teile, die durch Dissektion gefunden werden, als ‚Bausteine‘ betrachtet werden, aus denen der Körper besteht. Dieses Paradigma, dass unser Körper aus den Organen und den Teilen besteht, die die Anatomen beschreiben, ist noch immer aktuell und lebendig - ebenso wie die Bilder von Vesalius, die auf der Netzhaut des modernen Menschen gebrannt und fast unauslöschlich in unser Gehirn gepflanzt sind (siehe die obigen Abbildungen). Zum Beispiel ‚sieht‘ jeder, der an den sogenannten Haltungs- und Fortbewegungssystem denkt, den Vesalius-Muskelman / bzw. Muskelperson. Tatsächlich ist dieses Bild jedoch ein Artefakt. Die grundlegende Methode des Anatomen ist schließlich die Dissektion - ein Prozess, der das ‚Ganze‘ in ‚Teile‘ zerlegt.

Dies könnte erklären, warum das Bindegewebe, die Faszie, mehr oder weniger zum Stiefkind der medizinischen Anatomie geworden ist. Selbst in der Ausgabe 2005 von Gray's Anatomy werden Faszien immer noch als "Massen von Bindegewebe identifiziert, die groß genug sind, um mit bloßem Auge gesehen zu werden". Fortsetzung folgt: "Im Allgemeinen sind die Kollagenfasern in Faszien miteinander verflochten und weisen selten die kompakte, parallele Ausrichtung auf, die bei Sehnen und Aponeurosen zu beobachten ist" (*Standing 2005*). Es ist der Anatom, der in der Kontinuität des Bindegewebes Teile (Faszien) unterschieden und benannt hat, die andere als Faszien system bezeichnen (*Schleip et al. 2012, Stecco 2018*). Dabei ‚schufen‘ die Anatomen Faszien als anatomische Strukturen, die sich auf Körperwände oder Regionen (z. B. Fascia Colli Media), Organe (z. B. Fascia Nieren) oder Körperteile (z. B. Fascia Cruris oder Fascia Lata) beziehen. Daher beziehen sich die Namen der Faszien fast immer auf anatomische Einheiten oder Organe. Das heißt: Es sagt nichts über Funktionalität aus und basiert auf nicht funktionalen Kategorien der Topografie.

Aber sind Faszien im Körper wirklich diskrete anatomische Elemente oder handelt es sich hier um eine Kontinuität, die dem Anatom qualitativ nicht bekannt ist, nicht bekannt sein kann? Eine wachsende Zahl von Beweisen unterstützt die Abkehr vom Denken über Faszien als diskrete anatomische Elemente hin zur Definition von Faszien als System der Kontinuität und Konnektivität (*Stecco et al., 2016, Adstrum 2017*). Schleip drückt es so aus: „Faszien sind das dichte unregelmäßige Bindegewebe, das jeden Muskel, sogar die letzte Myofibrille, und jedes einzelne Organ oder den Körper umgibt und verbindet und so Kontinuität im gesamten Körper bildet“ (*Schleip 2012b*). Später in diesem Auszug mehr über Definition.

In seinem Buch *Fascia, what it is and why it matters*, ruft David Lesondak (2018) aus: „Ich stimme zwar zu, dass einbalsamierte Leichenfaszias genauso (wenig) interessant erscheinen können wie nass gewordenes Isoliermaterial, aber ich frage mich, ob schon die beiläufige Gewohnheit das Bindegewebe zu ignorieren (beim sog. ‚sauber machen‘ der anatomischen Strukturen) unbewusst dazu führt seine Bedeutung zu minimieren?“. Seine rhetorische Schlussfolgerung lautet: "Führt dissektive Erforschung zu dissektivem Denken?". Ich kann es nur unterstützen. Nach diesem Gedankengang ist etwas wie der traditionelle ‚Muskelman (-Person)‘ aber nur ein Artefakt - etwas, das wir mit unserem Skalpell und unser Geist gemacht haben? Ist es logisch konsistent, zuerst den Körper in Teile, Gewebe und Organe zu unterteilen und dann nach einem anderen Gewebe oder Organ zu suchen, das den Körper als Ganzes zusammenhält? Oder, philosophischer ausgedrückt, gehören sogar Ganzes und Teile zu ähnlichen Kategorien?

In der funktionellen Anatomie wird das ‚Muskel-Skelett-System‘ jedoch immer und oft angesehen als ein komplexes Konstrukt aus getrennten Elementen (Knochen), die durch (klappbare oder nicht klappbare) Gelenke verbunden sind, und die bewegt werden von Muskeln, die an den Knochen anhaften und wiederum von einem zentralen Nervensystem bewegt werden. Auf dem Gebiet der funktionellen Anatomie dominiert der technische Ansatz, bei dem die Strukturanalyse das Hauptwerkzeug ist: Diskrete *Strukturelemente* (anatomische Knochen) sind die Quellen der Stabilität und *strukturelle Gelenke* sind die Quellen potenzieller Flexibilität (d.h. Instabilität durch Verschiebungen) und sind in einer bestimmten Konstruktion oder einem bestimmten Mechanismus *vorab zugewiesen und vorgeformt*. In Bezug auf die Tensegrität (siehe später) ist überhaupt keine feste Zuordnung oder Anatomie zwischen Elementen und Gelenken erforderlich, was zum grundlegenden Verschwinden (und zur unnötig Sein) der statischen oder kinematischen Bestimmtheit führt (*Blyum 2020*). Das klassische anatomische Konstrukt eines ‚Muskel-Skelett-System‘ darf aber auch sowohl aus funktionellen als auch aus physiologischen Gründen in Frage gestellt werden. In der Physiologie zum Beispiel ist die funktionelle Einheit für ‚Muskel‘ die motorische Einheit (‚Motor Unit‘). Das Zentralnervensystem orchestriert motorische Einheiten. Das Gehirn weiß nichts über die Muskeln: Seit Jahrzehnten ist klar, dass das Gehirn nicht in Muskeln organisiert ist, sondern in Bewegungen und gezielten Aktionen. Natürlich sind Muskeln morphologische Einheiten (vaskulär zum Beispiel: Denken Sie an isolierte Muskelkrämpfe), aber ob der ‚Halt- und Bewegungsapparat‘ im engeren Sinne tatsächlich ein anatomisches Konstrukt aus Knochen, Bändern und Muskeln (und möglicherweise Nerven) ist, kann aus solchen funktionellen und physiologischen Gründen in Frage gestellt werden. Würde diese Idee ‚Muskel-Skelett-System‘ auch eine tiefere Neubewertung der Prinzipien der Anatomie überleben?

Anatomie und Architektur - Gegenteil oder Komplementär

Simulationsexperimente in den 1980er Jahren an der Universität Maastricht in den Niederlanden stellten die Existenz von Bändern im Ellenbogengelenk in Frage - zumindest so, wie sie normalerweise beschrieben werden, namentlich als regelmäßige dichte kollagene Bindegewebsstrukturen die von Knochen zu Knochen verlaufen (van Mameren 1983). Ausgehend vom Bereich des Ellenbogengelenks wurde eine Bindegewebsparsende Dissektion durchgeführt. Dieses Mal wurden das Bindegewebe und die Faszienstrukturen nicht mehr als ‚überschüssiges‘ Gewebe betrachtet, das entfernt werden musste, um die Strukturen ‚sauber‘ zu machen, was in gewisser Weise der altmodische Ansatz war. Das kollagene dichte Bindegewebe, das in dieser Region als Faszien, als inter- und intramuskuläre Septen, als Aponeurosen und Sehnen usw. existiert, wurde durch diese ‚sparsame‘ Dissektion sichtbar gemacht in seinem Kontext und seiner Kontinuität mit Muskel- und Knochengewebe.

Es gab Hinweise darauf, dass viele dieser ‚traditionellen‘ Bindegewebsstrukturen nicht als diskrete Elemente existieren (*Van Mameren und Drukker, 1984, van der Wal 1988, 2009*). Beispielsweise kann die Fascia antebrachii vielleicht als separate anatomische Struktur präpariert werden, aber eine solche diskrete Einheit existiert tatsächlich nicht. Um es zu schaffen, muss man die Kontinuität mit Hunderten von Muskelfasern brechen, die proximal im Unterarm an dieser sogenannten ‚Hülle‘ von Epimysium (oder Faszie) anhaften. In diesem Bereich ist das Epimysium überhaupt keine umhüllende Membran, sondern eine Aponeurose von regelmäßig dichtem kollagenem Bindegewebe, entlang dessen die Muskelfasern den Humerus erreichen. Die Faszie ist hier auch kontinuierlich mit intramuskulären Septa zwischen den verschiedenen Unterarmmuskeln. Distal im Unterarm ist die Fascia antebrachii jedoch völlig anderer Natur. Hier sieht die Faszie aus und fungiert somit als eine Art Hülle. Das lockermaschige fibrilläre Bindegewebe unter diesem distalen Teil der antebrachialen Faszie schafft einen Raum zwischen der Faszienschicht und den darunter liegenden Muskeln und Sehnen, in dem Bewegung und Gleiten möglich sind. Ähnliche Bemerkungen könnten beispielsweise zur Fascia cruris gemacht werden.

Später in diesem Artikel wird es als ein Hauptaspekt der Faszie diskutiert, dass sie sowohl verbinden als auch trennen kann (d. H. Raum schaffen, Bewegung ermöglichen). Das Fasziens Bindegewebe schafft mechanische Beziehungen zwischen (in diesem Fall) Muskeln und ihrem Epimysium, sondern auch zwischen Einheiten von Muskelgewebe und Periost. Faszien ermöglichen Bewegung, indem sie Räume und Spalten erzeugen, zum Beispiel bei Sehnen- und Muskelscheiden. Andererseits schafft die Faszie auch mechanische Beziehungen zwischen benachbarten Muskeln. Diese Beziehungen steuern und leiten die Zugkräfte, die während der Bewegung im gesamten Körper auftreten.

Es sollte beachtet werden, dass ‚Bindegewebesparende‘ Präparationen eine andere Art von Artefakten erzeugen können, nämlich wenn auf diese Weise diskrete fasziale "Elemente" erzeugt werden. Alle faszialen ‚Teile‘ und die komplexen Bindegewebs-vorrichtungen, die auf diese Weise gefunden (‚seziert‘) werden können z.B. im Unterarm können nur dann verstanden werden, wenn die (mechanische) **Beziehung** dieser Bindegewebe Septen und Schichten zum angrenzenden Muskelgewebe bekannt ist. Es ist nicht verwunderlich, dass diese Zusammenhänge nur während des Dissektionsvorgangs selbst gesehen und festgestellt werden können! Diese mechanische Beziehung ist keine Frage der räumlichen Lage (also der Anatomie), sondern eine Frage der funktionalen Beziehung (Verbinden, Leiten u. Weitergeben von Kräften, Trennen, Ermöglichen von Bewegung usw.). Mit anderen Worten: Man muss die Architektur der Faszienschichten oder des Bindegewebes kennen. Architektur unterscheidet sich von der Anatomie, oder besser ist das Komplement der Anatomie. Die Anatomie informiert uns über das ‚Wo‘, die Architektur über das ‚Wie‘ (die mechanischen Beziehungen bestehen zwischen dem Bindegewebe und seiner Umgebung).

‚Wie‘ ist wichtig! Die anatomische Darstellung allein reicht nicht aus. In anatomischen Atlanten wird der ‚Muskelmann(-Person)‘ immer noch häufig als Sammlung diskreter Muskeleinheiten dargestellt. Ebenso könnte eine Darstellung einer ‚Faszien-person‘, also als ein räumliches Konstrukt aus diskreten Schichten, Septen, Aponeurosen, das gleiche Manko aufweisen. Beziehungen zwischen den beiden würden in solchen Darstellungen fehlen. Die Anatomie von ‚Teilen‘ muss durch eine Architektur kraftgesteuerter Beziehungen zwischen verschiedenen anatomischen Elementen ergänzt werden.

Dieses Prinzip wird jetzt auch in *Gray's Anatomy* anerkannt: *“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)”*⁵ (*Standring 2015*).

Nicht ‚parallel‘, sondern ‚in Serie‘

Es gibt ein weiteres Argument dafür, die anatomische Herangehensweise an die Faszie als unzureichend informativ über die Funktion derselben Faszie zu betrachten. Der traditionelle präparative Ansatz des Anatomen hat zu der Idee geführt, dass um ein Gelenkgelenk herum ein Bindegewebskonstrukt aus sogenannten Bändern existiert, die die Gelenkkapsel verstärken und die Integrität des Gelenks bewahren. In diesem Modell fungieren die Bänder als passive kollagene Bindegewebelemente, deren Fasern von Knochen zu Knochen

⁵ "Aus morphologischer Sicht haben die meisten Anatomiebücher die Skelettmuskulatur des menschlichen Körpers typischerweise als diskrete Aktivatoren mit klarem Ursprung und Anhaftung beschrieben (van der Wal, 2009). Neuere Analysen veröffentlichter Forschungen unter Verwendung anatomischer Proben haben diese Annahme in Frage gestellt und dies offenbart: die aktiven Komponenten des Bewegungsapparates sind direkt durch fibröses Bindegewebe verbunden (Wilke et al. 2016)“ (*Standring 2015*).

verlaufen sollen und daher nur in den Positionen des Gelenks Stabilität bereit, wenn das gegebene Band einer weiteren Verschiebung widersteht, da es maximal gespannt ist. In allen anderen Positionen des Gelenks wird das Band als ‚schlaff‘ angesehen, wenn die Insertionen des Bandes näher beieinander liegen, und es wird keinen Beitrag zur Stabilität des Gelenks geliefert. Anatomen denken normalerweise von ‚außen nach innen‘ - von ‚oberflächlich nach tief‘. Auf der Außenseite (in der anatomischen Anordnung) befinden sich oberhalb und parallel zu diesen Bändern die Muskeln. Sie wirken dynamischer als gelenkstabilisierende Einheiten. Dies betrifft die sogenannte ‚Shunt-Aktion‘ des Muskels. Dies bedeutet, dass sich der Muskel in einem kontinuierlichen Tonus befindet und sich in allen Positionen des Gelenks spannen kann (durch sogenannte ‚Kontraktion‘). Auf diese Weise überträgt der Muskel Zugkräfte dynamisch um das Gelenk herum und hält die Integrität und Stabilität des Gelenks dynamisch aufrecht. Aber ist das wirklich der Fall, ist dieses anatomische Modell der Situation korrekt?

Wenn Bindegewebesparende Dissektionsprotokolle befolgt werden, scheint es allzu oft, dass die sogenannten ‚Bänder‘ in der ‚objektiven‘ architektonischen Realität nicht wirklich existieren, sondern als Artefakt des Dissektionsprozesses selbst auftreten. Dies wird am Beispiel des Supinator Muskels in Abbildung 1 erklärt. Abbildung 1A zeigt die ‚klassische‘ Situation: Die Gelenkkapsel (blau) ist durch Bänder (gelb) verstärkt. In diesem Beispiel sind letztere die sogenannten Kollateralbänder sowie das Ligamentum annulare, das als eine Art Bindegewebsring den Kopf des Radialknochens relativ zur Ulna und zum Humerus Köpfchen stabilisieren würde. Auf den ersten Blick scheint eine solche Entscheidung, eine starke anatomische Bezeichnung mit der Bezeichnung ‚Bänder‘ zu verwenden, für die funktionelle Interpretation nicht zu schädlich zu sein. Bei näherer Betrachtung führt dies jedoch zu Verwirrung und führt funktionale Anatomen und Kinesiologen völlig in die Irre.

Sobald die Bänder von den Muskeln abgetrennt und ihre Verbindungen getrennt sind, scheint es jedoch eine Organisation einer Art **geometrischer Parallelität** zu geben. Die Muskeln bilden eine längere oberflächliche Schicht in Bezug auf das Gelenk, und die Bänder bilden eine tiefer liegende kürzere innere Schicht. Die Muskeln bieten eine dynamische Positionskontrolle über den gesamten Bewegungsbereich des Gelenks, während sie ihre Spannung oder ihren Tonus ständig anpassen und aufrechterhalten (was normalerweise als ‚exzentrische‘ und ‚statische‘ Kontraktion bezeichnet wird, aber vielleicht besser als ‚Versteifung‘ interpretiert werden könnte). Währenddessen steuert die innere Bandschicht die Gelenkstabilität nur passiv, meistens (nur) bei bestimmten Extremen des Bewegungsbereichs, wenn das Band festgezogen wird. Dies ist in Fig. 2A dargestellt ⁶.

Eine solche Interpretation wirft offensichtliche Zweifel auf. Erstens ist es nicht energieeffizient. Die Verwendung einer aktiven Muskelfunktion zur Positionskontrolle eines Gelenks kostet viel mehr Stoffwechselenergie als die maximale Nutzung der kostenlosen passiven Steifheit des Bindegewebes. Es ist jedoch wiederum ineffizient, dass diese Wirksamkeit nur für einen Teil des Bewegungsbereichs des Gelenks genutzt werden kann (Ausnahmen siehe Fußnote 5). Zweitens enthält das periartikuläre Bindegewebe normalerweise spannungs- / dehnungsrezeptorische (Paciform) Lamellar-Körperchen (LK), Ruffini-artige Körperchen (R), was scheinbar dem Durchhängen eines Bandes während der konzentrischen Bewegung widerspricht, wie es im klassischen Konzept einer paralleler Geometrie von Bändern und Muskeln angenommen wird in (Abb. 2A). Drittens. Im aktuellen Modell erscheint es logisch, dass Rezeptoren in iuxta-artikulären Strukturen, die sich daher näher an der sogenannten ‚Gelenkachse‘ befinden, eine kleinere Bogenentfernung zurücklegen müssen, um eine

⁶ Natürlich gibt es Ausnahmen zu diesem Modell. Kollagen-Bindefaserfasern widerstehen vollständig der Dehnung. Daher sollte der Abstand zwischen den beiden Insertionen eines sogenannten Bandes zu den Knochen des Gelenks in jeder Gelenkposition gleichbleiben (kann höchstens kürzer werden, so dass sich das Band ‚entspannt‘). Im menschlichen Kniegelenk sind beide sogenannten Kreuzbänder so komplex spiralförmig, dass in fast jeder Position des Kniegelenks die Kollagenfasern (oder ein Teil davon) gespannt sind.

bestimmte Winkelverschiebung des Gelenks zu erfassen im Vergleich zu ähnlichen Rezeptoren in mehr periartikuläre Strukturen wie Muskeln und Sehnen. Dies wäre ein Nachteil für Muskeln, wenn die als dynamische Schwenkstabilisatoren fungieren möchten (angesichts der höheren Schwelle ihrer Rezeptoren zur Erkennung von Winkelverschiebungen), wobei selbst das Risiko einer Kontraproduktivität besteht. Weil die anatomische Unterscheidung zwischen den Elementen, die als ‚Bänder‘ bezeichnet werden und dem anderen umgebenden periartikulären Bindegewebe, das mit periartikulärem Muskelgewebe in Verbindung stehen, so verschwommen scheint, dass häufig künstlich durch scharfes Schneiden unterschieden werden muss, ist vielleicht das klassische Konzept der Gelenkstabilität und -integrität auf veralteten Annahmen basiert und scheint es falsch zu sein, zumindest im Fall der lateralen Ellenbogenregion.

Fig. 2B beschreibt die Situation, wie sie mit der Bindegewebsparenden Dissektion sichtbar wird. Infolgedessen treten Muskelfasern der sogenannten oberflächlichen Muskeln nicht mehr in geometrischer Parallelität zu den Bindegewebsansätzen als Kapsel und Bändern über das Gelenk auf. Muskelgewebe ist oft **geometrisch aufeinanderfolgend / seriell** mit dem periartikulären Bindegewebe organisiert. Die ‚sparsame Dissektion‘ zeigt ein komplexes System von regelmäßig dichten kollagenen Bindegewebschichten und Köchern, die (am Beispiel des Ellenbogengelenks) zum Epicondylus konvergieren, in den ihrerseits alle Muskelfasern der oberflächlichen Muskeln einführen um auf diese Weise ‚ihre Einfügung‘ in das Skelettelement hinein zu gelangen. Keine einzige kollagene Bindegewebsfaser scheint von Knochen zu Knochen zu verlaufen. Was das Ellenbogengelenk betrifft, bedeutet dies, dass die Muskelfasern über ein System von ‚faszialen, epimysialen und intermuskulären‘ Schichten kollagenen Bindegewebes am Epicondylus des Humerus anhaften. Im Fall des Supinator Muskels existiert beispielsweise das Ligamentum annulare auch überhaupt nicht als isolierte diskrete Struktur, sondern scheint (in serieller Geometrie) (‚seriell‘) mit den Muskelfasern des Supinator Muskels organisiert zu sein. 2B zeigt, dass in der gegenwärtigen Konstruktion das Bindegewebe des Gelenks in ALLEN Gelenkpositionen unter Spannung gesetzt wird und Kräfte und Signale im Sinne einer Mechanorezeptor Auslösung übertragen kann (Van der Wal, 2009).

Fassen wir die Unterschiede zwischen den Abbildungen 1A und 1B sowie zwischen 2A und 2B ins Auge. Eine Änderung der Präparation veränderte die Geometrie. Die Änderung der Geometrie führt aber auch zu einer Änderung der Interpretation der Funktionsmechanik. Anstelle von zwei getrennten Elementen - Muskel und Band - integriert das System Muskel und Band in einen einzigen kinematischen Mechanismus, in dem sie gleichzeitig in einer geometrisch ‚in Reihe‘ (seriell) oder aufeinanderfolgenden Organisation zusammenarbeiten. Der Unterschied zwischen den Situationen in den 1 und 2, die die Übertragung der Zugkräfte und die Gelenkstabilität beschreiben (d. H. Das Bindegewebe in eher ‚statischem‘ oder ‚passivem‘ und Muskelgewebe in einem ‚dynamischen‘ oder ‚aktiven Sinne‘) ist wesentlich. In Situation A liegen diskretes / getrenntes Bindegewebe und Muskelelemente geometrisch parallel zueinander. Situation B stellt eine viel logischere Situation dar, in der dasselbe Muskelgewebe und Bindegewebe geometrisch seriell (aufeinanderfolgend) zueinander sind. Die letztere Situation ermöglicht es ihnen, ein morphologisches **„Dynament“** zu bilden, das je nach Situationsbedürfnissen eine unterschiedliche ‚Mischung‘ aus passiver (periartikuläres Bindegewebe) und dynamischer (Muskelfasern) Steifheit bietet. Ein solches ‚Dynament‘ kann das periartikuläre Bindegewebe in allen Positionen des Gelenks unter Spannung setzen und ist daher funktionell kraftübertragend und gelenkstabilisierend. Unter Berücksichtigung der drei hier oben gemachte Konnotationen zum ‚klassischen‘ Organisationsmodell des periartikulären Bindegewebes kann der Schluss gezogen werden, dass die Einführung einer ‚Dynament‘-Interpretation der Binde- / Muskelfaserorganisation diese ‚Probleme‘ abfangt durch Energie-effizienz (a), Verständnis des propriozeptiven Reichtums im iuxta- sowie periartikulärem Bindegewebe (b) und die Möglichkeit die Winkelverschiebung am sogenannten Drehpunkt über die kürzeste Bogenlänge zu erfassen(c).

Seit Jahren kämpfe ich mit der veralteten Idee, dass Muskeln ‚kontraktile Organe‘ sind. Aus der Physiologie wie aus der Embryologie gibt es gute Argumente, um Muskelgewebe im Prinzip als ein (Binde-)Gewebe zu verstehen, das sich dehnen und verkürzen kann bzw. das gedehnt und verkürzt werden kann (*Blechsmidt 2011*). Der Muskel als dynamischere Form des Bindegewebes. (*Levin 2015*). Ich schlage hier vor das ‚Dynament‘ als ‚neues‘ Element beim Aufbau des Haltungs- und Fortbewegungssystems (HFS ⁷) zu bezeichnen. Nicht als morphologische, anatomische oder (neuro-) physiologische Einheit, sondern als hypothetische architektonische Einheit. Das Dynament besteht aus einer Zone aus Muskelgewebe, die auf beiden Seiten in Reihe mit ‚Bindegewebsstrukturen‘ angeordnet ist, oder mit fasziale ‚Einheiten‘ wenn man das so sagen möchte. Siehe Abbildung 3A und 3B.

Einerseits, beispielsweise im distalen Unterarm, können solche faszialen ‚Einheiten‘ als intramuskuläre Sehnen auftreten. Dort wird dann die Organisation des Bindegewebes anatomisch bestimmt. Andererseits (im proximalen Bereich des Unterarms) kann sich das ‚Bindegewebelement‘ als intermuskuläres Septum oder als ‚muskelbedeckendes‘ epimysiales oder fasziales Element manifestieren. Hier ist das Bindegewebe transmuskulärer organisiert (siehe unten und Abbildung 3C). In dem hier verwendeten Beispiel von Ellbogen und Unterarm ist die Kraftübertragungsarchitektur proximal TRANS-muskulös und distal INTRA-muskulös (in getrennten Muskeln) organisiert. Die architektonischen *Wie*-Beziehungen sind in diesem Fall wie eine Kette und Schuss der anatomischen *Wo*-Beziehungen.

Biotensegrität - es geht um zwei: Zusammenziehen und Auseinanderdrücken.

Die Gewebemischung innerhalb des Dynaments ermöglicht es, je nach funktionellem Kontext in Bezug auf Haltung und Fortbewegung unterschiedliche Anteile an passiver und aktiver Versteifung und Zugkraftübertragung bereitzustellen. Es kann daher als das kraftübertragende, flexible Kabelement eines sog. Biotensegrity-Systems angesehen werden. Im traditionellen biomechanischen Modell des ‚Halt- und Bewegungsapparates‘ sind die Knochen durch Bindegewebsstrukturen (z.B. Kapseln und Ligamenten) verbunden, wodurch meistens Gelenke entstehen, die von aktiven Muskeln bewegt und positioniert werden können. Die Standardbiomechanik interpretiert und erklärt die Anatomie der Organismen, indem sie die führende Rolle der Kompressionselemente (Knochen) impliziert. Diese übertragen die Hauptlasten, unterstützt von den Zugelementen, die in inhärent instabilen Hebelsystemen aktiv arbeiten. Dieser Ansatz begünstigt die aktive Kräfteerzeugung durch kontraktile Muskeln und reduziert die kollateralen Kraftübertragungselemente (Bänder usw.) auf sekundäre Stütz- und Begrenzungsfunktion.

Der Biotensegrity-Ansatz bietet das mechanische Modell, das die führende Rolle der Kraftübertragung durch das gesamte System betont, die sich über die Zugelemente ausbreitet. Kompressionselemente in der Biotensegrität sind „Spannungsvervielfacher“, die die Stabilität im gesamten integrierten gespannten Gerüst verbessern. Der Biotensegritätsansatz priorisiert daher eine globale Architektur der Kraftübertragung mit variabler Morphologie (Dynamik) gegenüber einer Anatomie einzelner Kraftgeneratoren (Muskeln). Tensegrity bietet eine allgemeine Lösung für die Frage der Stabilität / Flexibilität von Strukturen auf der Ebene von *Kanten* und *Winkeln* und umfasst als Ungleichungssystem die abstraktesten Konzepte von *Stäben / Kabeln / Stangen*. Dies ist ein wichtiger Unterschied zum ‚Engineering‘ oder Technik bei dem die *Teilen / Elementen* und *Gelenken* in einer bestimmten Konstruktion oder einem bestimmten Mechanismus *vorgeformt* und festgelegt sind. Organismen aus ‚weicher‘ Materie haben reibungsfreie Verbindungen, keine Nieten, Schrauben oder Klebstoffe, haben unterschiedliche Dicken, zeigen konstante Formänderungen usw. Es gibt also keine feste Ordnung zwischen Teilen und Verbindungen, was kinematische Bestimmung grundsätzlich ausschließt (*Blyum 2020*).

⁷ Siehe Fußnote 1

Im klassischen architektonischen Tensegrity-Modell sind die starren Elemente (Streben, Gestänge) in einem Netzwerk aus durchgehenden, mehr oder weniger flexiblen Kabeln aufgehängt. Ein Biotensegrity-System integriert sowohl Spannung als auch Kompression - zusammenziehen und auseinanderdrücken. Das gesamte HFS kann als Biotensegrity-System betrachtet werden, bei dem die Skelettelemente nach außen drücken („Expansion“/Gestänge) und die Kraftübertragungselemente Faszie-Elemente nach innen (einwärts) ziehen („Kompression“/Kabeln). Man könnte auch die Spannungselemente als für die „Zusammengehörigkeit“ des Organismus verantwortlich charakterisieren, während die Kompressionselemente die „Apartheit“ (Trennung) innerhalb der Einheit des Organismus bereitstellen. Mit anderen Worten, das „Spannungsmeer, in dem die starren Elemente aufgehängt sind“ (Myers 2015) oder „Kompressionsinseln in einem Spannungsmeer“ (Buckminster Fuller, 1975) gewährleisten die Stabilität des Ganzen. In der Perspektive der Biotensegrität werden architektonische Tensegritäten als grundlegende Referenz genommen und jedoch weiter die führende Rolle der Architektur im gesamten Organismus betont, wobei die spezifischen morphologischen Ausführungsformen das Gleichgewicht der im Hintergrund wirkenden unsichtbaren Kräfte widerspiegeln.

Bei Biotensegrity-Systemen geht es immer um die Beziehung zwischen anatomischen Elementen. Ein **dynamisches** Biotensegrity-Modell entsteht somit, wenn wir ‚Kabel‘ durch ‚Dynamanten‘ ersetzen. So können die räumlichen Beziehungen zwischen den Bestandteilen ständig angepasst werden. Auf der Ebene der makroskopischen Anatomie werden in einem solchen System Spannung und Kompression (Ziehen und Drücken) durch die Dynamanten bzw. die Skelettelemente übertragen. Wie oben erwähnt, sind die Spannungselemente im Ansatz der Biotensegrität für die „Zusammengehörigkeit“ des Organismus verantwortlich, während die Kompressionselemente die „Trennung“ / „Trennung“ innerhalb dieser Einheit bewirken. Diese Rollen zwischen den anatomischen Elementen sind jedoch nicht festgelegt. Beispielsweise könnten auch die größeren Skelettelemente entweder als Balken (Trennung an den Verbindungsstellen) oder als Kabeln (Zugverbindungen auf der Ebene des Periosts) fungieren. Tatsächlich könnten die Rollen je nach Situation gewechselt und mit variabler Rekrutierung von Fasern, Gelen usw. neu zugewiesen werden, abhängig davon, welche Zuordnung dieser Rollen die Stabilisierung der Architektur mit minimaler Energie für den Organismus begünstigt. In solchen mit minimaler Energie optimierten gespannten Gerüsten, die durch internen Vorspannungs- / Selbststress integriert sind, wandeln sich Faszie und möglicherweise das gesamte „Meso“ (siehe später) um vom anatomischen Anhang zu einem architektonischen Organisationsprinzip, weil es die Fähigkeit hat unendlich viele vorübergehende Kombinationen von Kanten und Eckpunkten zu formen (Blyum, 2020). Die Einführung der „Dynamanten“ als dynamisch einstellbare „Kabelemente“ schafft meiner Ansicht nach das ideale Haltungs- und Fortbewegungssystem. Dann ist Fortbewegung nicht als Bewegung von Körperteilen gedacht, sondern als kontinuierliche Positionierung im Raum des gesamten Körpers. Eine blitzschnelle Änderung und Anpassung der Raumplanung über den gesamten Körper. „Gestaltung“ (deutsch) oder „Performance“ (englisch) sind hier klarstellende Begriffe.

Wenn wir das ‚Dynamant‘ als eine grundlegende architektonische Einheit betrachten, sind alle möglichen anatomischen Einheiten des HFS denkbar oder vorstellbar mit jedes Mal einer anderen Mischung aus passivem (periartikulärem Bindegewebe) und dynamischem (Muskelfasern).. Die Vorlage ‚Dynamant‘ ist in Abbildung 3A schematisch dargestellt. Die rot gestreifte Zone ist das zentrale Muskelgewebe Element (‚Einheit‘) mit beidseitig (gelb) „Bindegewebsstrukturen“ (in Reihe zum Muskelgewebe), die an einem Skelettelement (schwarzer Kreis) befestigt sind. In Bezug auf die Organisation ähnelt das Dynamant einem unipennaten Muskel (Fig. 2B). Aus diesem Grundmodell des Dynamants können daher alle möglichen anatomischen Einheiten konzipiert und dargestellt werden, bei denen zwei Skelettelemente so verbunden sind, dass das relevante ‚Dynamant‘ in jeder Position des

Gelenks Stabilität verleihen und Kraft übertragen kann ohne eine verschwenderische Schlaffung (dynamischer Shunt-Betrieb). Abbildung 4 zeigt die Optionen.

Ob der sogenannte Haltungs- und Fortbewegungssystem (HFS) als biomechanisches Konstrukt mit festen anatomischen Rollen oder als architekturbasiertes Biotensegrity-System mit variabler funktioneller Anatomie angesehen wird, bestimmt auch, wie die Organisation der Propriozeption interpretiert wird. Es wurde gezeigt, dass die räumliche Organisation des morphologischen Substrats der Propriozeption im engeren Sinne (d.h. der Mechanorezeptoren im Muskel- und Bindegewebe des HFS) nicht den anatomischen Beziehungen von Knochen, Muskeln, Bändern und Gelenken folgt, sondern organisiert ist nach Beziehungen zwischen architektonischen Kräften und Kraftübertragung (*van der Wal 2009*). Vielleicht interessiert sich das Gehirn in dieser Hinsicht nicht sehr für Muskeln und Gelenke an sich, sondern für Kraftübertragung und Bewegungsbeziehungen. In diesem Zusammenhang ist es auch sinnvoll zu bemerken, dass alle für die Propriozeption wichtige Mechanorezeptoren (Muskelspindeln, Golgi-Sehnenorgane, Ruffini- und Pacini-Körperchen usw.) das Spektrum repräsentieren, um die variable Spannungs- oder Kompressionsrolle zu erfassen, die dasselbe anatomische Element des Bindegewebes spielen kann abhängig vom funktionalen Kontext. Van der Wal (2009) zeigt deutlich, dass auch die räumliche Organisation des morphologischen Substrats der Propriozeption nicht mit der topographischen Anatomie diskreter Strukturen zusammenhängt, sondern dass im Wesentlichen die Architektur des Bindegewebes für die Propriozeption instrumentell ist. Es ist also wieder nicht nur das ‚Wo‘ der Rezeptoren, das bestimmt, was sie auslöst, sondern auch ‚Wie‘ sie im funktionalen Kontext der Kraftarchitektur (Drücken, Ziehen, Gleiten, Gleiten) organisiert sind. Vielleicht sollte die traditionelle Zweiteilung von Gelenkrezeptoren gegenüber Muskelrezeptoren durch eine ‚transanatomische‘ räumliche Anordnung ersetzt werden, bei der die Architektur des Muskel- und Bindegewebes für die Propriozeption maßgeblich ist (anstelle der Anatomie diskreter anatomischer Elemente der Muskelperson) (*van der Wal 2009*).

Es gibt Autoren, die argumentieren, dass Muskeln und Knochen auch als Spezialisierungen der Faszie angesehen werden können (*Levin 2015, Sharkey 2019*). Würde dies bedeuten, dass wir eine Faszie ‚im engeren Sinne‘ und eine Faszie ‚im weiteren Sinne‘ unterscheiden müssen? Ersteres ist ein Komplex von Schichten und Strukturen, die eine Kontinuität miteinander bilden (*Schleip 2012a und 2012b*), und letzteres eine Art Matrix-Bindegewebe-Flüssigkeitskontinuum, das das morphologische Substrat unseres propriozeptiven Inneren bildet oder das embryonale Mesenchym? Die Dualität von Druck und Spannung (physiologisch), die sich auch in Verkürzung und Verlängerung (des Dynaments) aber auch morphologisch in Verdichtung (Knochengewebe) und Verbindung (Bindegewebe und Muskelgewebe) manifestieren kann, ist charakteristisch für die Faszie in engerer Sinn (Biotensegrität). Könnte es sein, dass diese Dualität zurückgeführt werden kann auf die Dualität der Trennung einer Verbindung, das Grundprinzip der Faszie ‚im weiteren Sinne‘ d.h. das Mesenchym? Darum geht es im zweiten Teil dieses Artikels: Woraus stammt die Faszie im Embryo? Was ist der Ursprung der Faszie?

On the Origin of Fascia (Über den Ursprung der Faszie)

Wir haben gesehen, dass der traditionelle anatomische Ansatz der Dissektion keine Grundlage für die Beschreibung der funktionalen Architektur der Faszie (Kontinuität und Konnektivität) bot. Vielleicht finden wir mehr Antworten auf Fragen wie Was ist Faszie und warum ist sie wichtig? indem untersucht wird, wo und wie die Faszie, das Fasziensystem, das Bindegewebe in der Embryonalentwicklung entsteht. Vielleicht von ‚Fabrica‘ zu ‚Stoff‘?

„Jedes Sein wird uns nur durch sein Werden erkannt“, fasste der deutsche Biologe Ernst Haeckel die Bedeutung des embryologischen Ansatzes zusammen. Wenn man weiß, wie ein bestimmtes Organ oder eine bestimmte Struktur entstanden ist, erfährt man einfach mehr

darüber, was es ist (Lesondak, 2018). Aus phänomenologischer Sicht ist die funktionale Bedeutung von Formen wichtiger als ihre kausale Erklärung. Hier wird sich also die Frage nach dem Ursprung der Faszie stellen: Woher kommt die Faszie? Wie ist die faszielle Körpermatrix geformt und was sagt uns das, wenn überhaupt, über ihre Funktion aus?

In der Embryologie führt die Frage, woher es kommt, meist zu den sogenannten Keimschichten oder Keimblättern (Sadler, 2012). In der menschlichen Entwicklung treten die drei Keimschichten während der sogenannten Gastrulation ungefähr in der dritten Woche nach der Empfängnis auf (Moore, 2019). In der gängigen Embryologie werden Keimschichten als morphologische organbildende Einheiten angesehen, aus denen sich die verschiedenen Gewebe und Organe entwickeln, was zu einem funktionellen Organismus führt. In den meisten Lehrbüchern werden die drei primären Keimblätter als Ektoderm, Mesoderm und Endoderm bezeichnet, manchmal auch als Ektoblast (oder Epiblast), Mesoblast und Endoblast (oder Hypoblast).

Embryologische Lehrbücher fassen normalerweise zusammen, aus welcher Keimschicht welche Organe und welche Gewebetypen entstehen. Heutzutage ist es jedoch nicht mehr so einfach um jedes Organ oder Gewebe auf eine bestimmte Keimschicht zurückzuführen - fast jedes Organ ist mindestens eine ‚Mischung‘ mehrerer Keimschichtderivate. Mit einigen Nuancen werden die Keimschichten allgemein als Elemente des Körpers angesehen, was die Idee unterstützt, dass der Körper aus diesen drei Komponenten ‚aufgebaut‘ ist und dass die verschiedenen Organe und Gewebe ihrerseits von ihnen abgeleitet sind. Keimschichten gelten dann wie Zellen und Organe als eine Art ‚Baustein‘. Nach diesem Modell beginnen wir als befruchtetes Ei, das den Prozess der Zellvermehrung und des Zellwachstums durchläuft, der die Teile und Organe ausmacht und am Ende zum Körper führt.

In einer phänomenologischen oder organicistischen Sicht auf die Entwicklung sieht man die Sache anders. Wir beginnen jedoch nicht als Zelle, sondern als Zygote. Eine Zygote ist die erste Manifestation des menschlichen Körpers. Die Zygote ist keine Zelle, sondern ein (einzelliger) Organismus, der sich von diesem Moment an ständig in Zellen (unter)organisiert und sich über diese Zellen in Organe und Gewebe differenziert. Der Embryo selbst zeigt dies durch das Phänomen der sogenannten ‚morphogenetischen Felder‘. In der Entwicklungsbiologie des 20. Jahrhunderts wurde ein morphogenetisches Feld angesehen als eine Gruppe von Zellen, die auf eine Reihe von gegebenen lokalisierte und biochemische Signale reagieren können, was zur Entwicklung spezifischer morphologischer Strukturen oder Organe führt (Diese spezifische Definition sollte nicht verwechselt werden mit der weit hergeholte Interpretation dieser Hypothese, wie sie von Rupert Sheldrake propagiert wurde). Blechschmidt (2011) bezeichnet ‚morphogenetische Felder‘ als ‚kinetische Stoffwechselfelder‘. Dies bedeutet, dass im Embryo ständig neue Stoffwechselfelder entstehen, in denen sich die Zellen, die von und als Reaktion auf der sich ändernde Umgebung gesteuert werden und damit in neue Zelltypen differenzieren. Aus dieser Sicht des Körpers, ist der Organismus nicht das Produkt der Teile, sondern ein sich selbst organisierender, sich selbst organisierender Organismus (eine Einheit), der seine Einheit in all diesen verschiedenen Bereichen und Differenzierungen als lebenslangen Prozess beibehält. Der morphologische Körper wird als „Leistung“, als Prozess in der Zeit gesehen.

Woher kommt die Faszie und Faszienewebe?

Wenn man nach der ‚Ur-faszie‘ (oder der ‚Primärfaszie‘) sucht, endet man fast unweigerlich mit dem ‚Mesoderm‘. Das primäre Erscheinungsbild des Mesoderms ist Mesenchym (Blechschmidt, 2012). In der dritten Woche der menschlichen Entwicklung wird die bilaminäre (zweischichtige) Keimscheibe durch den sogenannten Gastrulationsprozess in eine trilaminäre (dreischichtige) Scheibe umgewandelt. An diesem Punkt entsteht ‚Mesoderm‘: Der Körper besteht jetzt aus Ektoderm, Mesoderm und Endoderm. Diese dreigliedrige oder dreifache Organisation ist eine biologische Notwendigkeit oder ein Muss

für die Entwicklung jedes tierischen oder menschlichen Körpers. Menschen, die nur aus zwei Keimschichten bestehen, existieren nicht, ein ‚Mesoderm‘ ist eine absolut notwendige Bedingung und Dimension.

Das Anwenden des Epithetons ‚-derm‘ (‚derm bedeutet Haut) auf den Namen aller drei Komponenten suggeriert (vielleicht falsch), dass wir uns damit befassen mit drei mehr oder weniger äquivalente Bestandteile des menschlichen Körpers und schafft eine Mehrdeutigkeit: Wie soll man sich eine ‚mittlere Haut‘ (‚Mesoderm‘) vorstellen? Histologisch ist ‚trilaminär‘ (dreischichtig) jedoch nicht eine genaue Vorstellung. In Gray's Anatomy (*Standing 2016*) wird darauf hingewiesen, dass es nicht richtig ist, die trilaminäre Scheibe als aus drei Epithelblättern oder -schichten zusammengesetzt zu betrachten. Das Ektoderm und das Endoderm haben eindeutig den Charakter eines Epithels. Das ‚Mesoderm‘ manifestiert sich jedoch als Bindegewebe - das Mesenchym. Der deutsche Embryologe Erich Blechschmidt (*Blechschmidt 2004*) betont, dass es sich nicht um drei äquivalente ‚Bausteine‘ oder Elementen handelt, sondern dass sich zu diesem Zeitpunkt der Embryonalentwicklung bereits die ursprüngliche Organisation eines menschlichen Körpers abzeichnet.

Mit anderen Worten bedeutet dies, dass wir uns jetzt mit einem Körper und einer Körperorganisation befassen und nicht mit Bausteinen! Ein Körper, der gekennzeichnet wird durch zwei Grenzschichten (Grenzgeweben) und eine Zwischenschicht die als Binnengewebe (oder ‚Innengewebe‘) bezeichnet werden kann (*Blechschmidt 2004*). Man könnte sagen, die trilaminäre Keimscheibe handelt von einem Tierorganisationsplan. Das erwachsene Tier (wie auch der Mensch) ist durch eine Existenz in einem anatomischen und psychosomatischen ‚Innenraum‘ zwischen zwei Körperwänden gekennzeichnet. Allgemein gesprochen die äußere (parietale) Körperwand (aus der sich später auch Gliedmaßen und Kopf entwickeln) und eine innere (viszerale) Körperwand (aus der sich später in groben Zügen der Darm und seine Derivate entwickeln). Daher können die Begriffe Ektoderm und Entoderm als tatsächlich genau beibehalten werden. Sie sind das Substrat oder Primordium der späteren Häute oder Körperwände oder -grenzen. In diesem Gedankenrahmen ist der Begriff ‚Mesoderm‘ jedoch nicht mehr sinnvoll, da Mesenchym eine ganz andere Gewebequalität aufweist als das Epithel von Ekto- und Endo- insgesamt: Binnengewebe. Hier kann oder sollte man von ‚innerem Gewebe‘ sprechen. Daher wird hier der Begriff ‚Meso‘ (Mitte) verwendet, um zu betonen, dass es sich nicht um drei Schichten handelt, sondern um einen dreiteiligen oder dreieinigen Körper mit einer inneren Dimension. ‚Meso‘ als Qualität und Mesenchym als Gewebe des Inneren (der Mitte) ⁸.

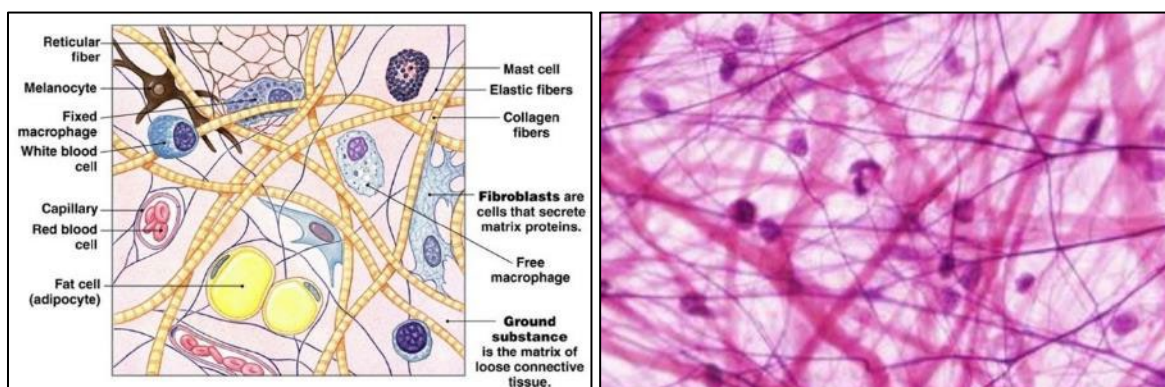
So kommen wir zu einer völlig anderen Perspektive, die auch unserem Verständnis von Faszien eine neue und besondere Dimension verleihen kann. Nach Blechschmidts Ansicht sind alle Zellen durch den Transport von Substanzen immer kinetisch oder metabolisch miteinander verbunden: *„Es gibt Zellen, die Nährstoffe aus der Umwelt oder aus benachbarten Zellen aufnehmen und sich durch diese physikalische Absorption von Substanzen gegenseitig anziehen. Andererseits üben Zellen auch eine gegenseitige Abstoßung aus, indem sie metabolische Nebenprodukte produzieren und abgeben. Diese ständige Wechselwirkung zwischen Aufnahme und Ausscheidung, zwischen Anziehung und Abstoßung ist eine Bedingung für Zellen, sich in Beziehung zueinander zu organisieren und dadurch bestimmte Formen hervorzubringen. „Grenzgewebe“ bildet die Grenze zwischen Flüssigkeit einerseits und innerem Gewebe andererseits. Während das Binnengewebe allseitig von Grenzgewebe umgeben ist und sich daher permanent „im Inneren“ befindet - das heißt: IM Körper. Binnengewebe kann daher auch als undifferenziertes Bindegewebe (Mesenchym) bezeichnet werden“* (*Blechschmidt, 2012*).

⁸ Erwähnenswert ist, dass Mesenchym später in der menschlichen Entwicklung überall dort wieder auftreten kann, wo ein ‚Inneres‘ oder ‚Mitte‘ gebildet werden soll. Zum Beispiel stammt das Mesenchym des Kopfes aus einer zweiten ‚Welle‘ der Mesenchym-Bildung, die aus dem Neuralrinde herauszukommen scheint.

Dieses Modell, das auf den menschlichen Körper angewendet wird, kann uns eine andere Sicht auf die ‚innere‘ Dimension geben. Die Organe, die normalerweise als Eingeweide bezeichnet werden, können daher als Körperwand betrachtet werden, die uns auf die Außenwelt beschränkt und hauptsächlich metabolische und materielle Wechselwirkungen mit dieser äußeren Umgebung ermöglicht. Die Bezeichnung „innen“ ist daher in diesem Zusammenhang wörtlich und anatomisch gemeint, es handelt sich um eine ‚innere‘ Körperwand. Die ‚äußere‘ Körperwand bildet unsere parietale Grenze zur Welt. Diese Körperwand bezieht uns auch auf die Außenwelt und ermöglicht eine andere Art der Interaktion mit ihr: Wahrnehmung und Handeln zum Beispiel. Man könnte argumentieren, dass unser ‚anatomisches‘ (aber auch unser psychologisches) Inneres der Raum ist, der durch das ursprüngliche mesenchymale Bindegewebe oder Meso geschaffen wird. In diesem ‚Inneren‘ sind somit alle Organe eingebettet, einschließlich der ektodermalen und endodermalen Derivate und derjenigen, die als Derivate des ‚Meso‘ verstanden werden können. Das Mesenchym, das ursprüngliche Bindegewebe, ist das Matrixgewebe des Körpers; der größere „Stoff, in den die Organe gestickt sind“ (Levin, 2019).

Im Großen und Ganzen ist es daher nicht 1, 2, 3 mal ‚gleich‘ (mit anderen Worten drei ‚Blätter‘ oder drei ‚Dermen‘), sondern es sind (1 + 1) zwei Grenzen (Epithelien) mit einer dritten Dimension in zwischen ihnen. Während Epithelien durch die Tatsache gekennzeichnet sind, dass der interzelluläre Raum praktisch nicht vorhanden ist, ist das absolute Merkmal von Mesenchym oder innerem Gewebe das Vorhandensein eines (interstitiellen) Raums zwischen den Zellen, der ‚Extra-Cellular Matrix‘ (ECM). Das ECM oder Interstitium kann von allen Arten von Substanzen ‚gefüllt‘ oder gebildet werden (von interstitiellem organischem ‚gebundenem Wasser‘ über Knorpelsubstanz bis hin zu verkalkter Knochenmatrix) und enthält immer eine dritte Dimension, nämlich Fasern aller möglichen Art und Qualität. Auf diese Weise werden Konzepte wie Faszie, Bindegewebe, Matrix, Innenraum ausgerichtet und alle kongruent, wenn nicht im Wesentlichen gleich. Es ist daher sehr gut vorstellbar, dass ‚Meso‘ und damit Faszie die Matrix darstellen, das ‚Gewebe‘ oder ‚Textur‘ unserer Körperorganisation.

Mesenchym: Verbinden und Raum formen oder ‚Ziehen und Schieben‘ (Biotensegrität)



Schematische Darstellung (links) und ein histologisches Bild von lockerem Areolar-Bindegewebe, das das ursprüngliche Faszien-gewebe darstellt. Im rechten Bild sind die drei Komponenten der Faszie (Zellen, Fasern und Interstitium) zusammen mit den Kapillaren dargestellt.

Im vorigen Zitat von Blechschmidt wird auf Aufnahme und Ausscheidung, Anziehung und Abstoßung als Prinzipien der Interaktion zwischen Zellen Bezug genommen. Diese Beziehungsprinzipien können auch auf Faszien, Mesenchym und Bindegewebe zurückgeführt werden. Mechanisch, histologisch, embryologisch kann man sich zwei verschiedene Arten von Wechselwirkungen im Mesenchym vorstellen, nämlich das Verbinden und Schaffen von Raum (Trennung). Denken Sie in diesem Zusammenhang an

die Begriffe „auseinander drücken“ und „zusammenziehen“, die Schlüsselwörter des Biotensegrity-Systems (zusammengesetzt aus von druckende Balken und gespannte Kabeln). Diese beiden Dimensionen haben alle Arten von histologischen und physiologischen Erscheinungen.

Wenn zum Beispiel die Zellkomponente des Mesenchyms dominant wird, kondensieren die Zellen (und damit das Mesenchym) weitgehend zu zellulären Agglomerationen. Dies ist beispielsweise bei Fett- oder Muskelgewebe der Fall. Die Zellen bilden ein Parenchym, das in einer feinen Fasermatrix eingebettet ist. Stephen Levin: "Denken Sie weg (entfernen) Sie das Parenchym der Muskelzellen aus dem Muskelgewebe und Sie erhalten ein Band oder Band" (Levin 2015). Die entgegengesetzten, vergossenen Zellen (im Blechschmidtschen Jargon) konnten dann an der Fähigkeit des Mesenchyms erkannt werden, sogenannte ‚Körperhöhlen‘ zu erzeugen. Betrachten Sie die sogenannten Pleura Höhlen oder Peritoneal Höhle, die mit einer sogenannten serösen Membran ausgerichtet sind. Solche Membranen werden oft histologisch als sogenanntes ‚Mesothel‘ bezeichnet. Dies ist ein Epithel, das durch Mesenchym (Bindegewebe) gebildet wird. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass das Mesothel einen Zwischenraum definiert (tatsächlich aktiv erzeugt) und dass ein Epithel normalerweise eine Außenwand oder ein Lumen eines Rohrs definiert. Mesothelien neigen auch dazu, zusammen zu verwachsen, wenn die hier aktivierte (Gleit-) \Bewegung nicht mehr praktiziert wird. In einer sogenannten Körperhöhle wie der mit Epithel bedeckten Mundhöhle ist diese Tendenz nicht so ausgeprägt. Anstatt diese Räume als ‚Hohlräume‘ zu bezeichnen, sollten wir sie vielleicht eher als ‚Gelenkspalt‘ betrachten, in denen zwei Organe oder eine Körperwand und Organe aufeinandertreffen (haften), sich aber dennoch gegeneinander bewegen können (Kontiguität). Man könnte dies zu Recht das Prinzip nennen Raum zu schaffen, das Bewegung ermöglicht. Das Mesenchym kann in diesem Fall fast als ‚Zellen- und Fase leer‘ angesehen werden. So werden Gelenkrisse und Körperhöhlen zu Bewegungsorganen. Nicht nur mechanische Scharniere, sondern biologische Aktivitäten, die Raum für Mobilität schaffen. Zum Beispiel ist es offensichtlich, dass im Fall der Bauchhöhle die Membranen aneinanderhaften und aneinanderwachsen, wenn die Immobilität über einen längeren Zeitraum auftritt. "Use it or lose it" ist das Prinzip für solche ‚Hohlräume‘.

Wenden Sie das Konzept der Verbindung und Schaffung von Raum auf die ‚Faszie im weiteren Sinne‘ an. Die ‚Faszie im weiteren Sinne‘ ist das oft diskutierte Netzwerk oder System, das überall im Körper vorhanden ist und das ‚Spannungsnetzwerk‘ (Schleip 2012a) unseres Körpers bildet, in das alle Organe und Strukturen verwoben und eingebettet sind. Kurz gesagt: die reife Darstellung unserer ‚mesodermalen‘ Innerlichkeit und des primären mesenchymalen Gerüsts des Körpers mit möglicherweise einer regulatorischen Rolle auf mehreren Funktionsebenen (Stecco, 2018). Im engeren Sinne ist Faszie dann die subkutane Ansammlung anatomisch erkennbarer Bindegewebsstrukturen, die Muskeln, Knochen, Nerven und Blutgefäße sowie andere innere Organe in Form von Schichten, Membranen, Faszien und Hüllen verbinden, unterstützen und einschließen (Schleip 2012b) , Stecco, 2018)⁹.

Angesichts dieser beiden Merkmale der Faszie ergibt sich das Bild, dass Meso (Mesenchym) sowohl verdichten als auch verbinden und sich zusammenziehen kann. Es kann auch dezentralisieren, dehnen und Raum schaffen. Wieder gibt es ein Thema ‚Push and Pull‘ (Drücken und Ziehen, Verbindung und Trennung. Diese polaren Tendenzen im Bindegewebe zeigen sich auch in den unterschiedlichen Eigenschaften interstitieller Substanzen und in

⁹ In einigen Definitionen von Faszien wird angegeben, dass das Bindegewebe nicht nur Organe und Strukturen bedeckt und umhüllt, sondern diese auch ‚durchdringt‘. Nach dem hier vorgestellten Konzept scheint der Begriff ‚durchdringend‘ falsch zu sein: Das Parenchym einiger Referenzorgane wie Muskeln ist im Bindegewebe eingebettet“. In anderen nahezu reinen parenchymatösen Organen (wie der Leber) fehlt ein solches ‚Endoskelett‘ des Bindegewebes.

unterschiedlichen Beziehungen zwischen Fasern, Zellen und Interstitium. Daher sprechen die meisten Anatomie-Lehrbücher über Stütz- und Bindegewebe.

Folglich gibt es gute Argumente, um auch Körperhöhlen und Gelenkspalten als Funktionen der Faszie zu betrachten. Das subkutane Bindegewebe, z.B. ist ein lockeres Areolar-Bindegewebe mit viel Zwischenraum zwischen den Fasern. Das Funktionsprinzip konzentriert sich hier auf das Trennen, Schaffen von Raum und Ermöglichen von Bewegung (Guimberteau, 2008), ähnlich wie bei Sehnen- und Muskelscheiden und Schleimbeuteln (bei Schleimbeutel fehlen sogar die Fasern: es entsteht eine Art „Körperhöhle“). Intermuskuläre Septen, die ‚klassischen‘ Faszien wie Epimysium, Fascia antebrachii, Fascia lata, thorakolumbale Faszie und viele mehr, sollen Zugkräfte mechanisch verbinden und steuern. In diesen Fällen sieht die Faszie ganz anders aus. Die Fasern sind jetzt dicht, dicht und dominant, so dass kaum noch Platz für Interstitium oder Zellen vorhanden ist (das sogenannte reguläre dichte kollagene Bindegewebe RDCCT). Dies ist die Faszie, die wir normalerweise in der HFS sehen, wie von *Schleip (2012)*, *Van der Wal (2009)* und *Stecco (2018)* beschrieben.

Es kann auch die interstitielle Substanz von Mesenchym oder Faszie sein, die die mechanisch verbindende (oder trennende!) Dimension bildet. Betrachten Sie in diesem Zusammenhang Knorpel mit knorpeliger Substanz oder Knochengewebe mit seiner verkalkten Matrix. Bei Bandscheiben und Symphysen umfasst der Knorpeltyp den zähen, mit Chondrozyten beladenen Faserknorpel, der die Skelettelemente verbindet. Die anderen Arten von Knorpel sind elastin-reicher elastischer Knorpel (der einen Großteil Ihres Ohrs ausmacht) und der kollagen Typ II-reiche, glasartige hyaline Knorpel in Synoviale Gelenken. Knorpel kann daher auch der Motilität nach dem raumschaffenden Prinzip dienen, wie dies bei Fissuren der Synoviale Gelenke und manchmal bei Symphysen und Bandscheiben der Fall ist.

Das Interstitium ist die dritte Dimension von Faszien und Mesenchym! Es bildet im Prinzip einen enorm großen Raum, der sich überall zwischen Organen, Strukturen und Gewebeelementen befindet. Es kann daher als eine große kontinuierliche interanatomische Körperhöhle angesehen werden, entlang derer Kommunikation, Koordination und Organisation mittels Substanzen möglich sind (*Theise 2018*, *Oschman 2015*). Die Extrazelluläre Matrix ECM als Transportsystem (*Friedel 2020*). Aus der Embryologie wissen wir, dass Signalproteine, wichtige Bedingungen für die Erzeugung von Feldern, über das Mesenchym organisiert und verteilt werden. Während der Embryonalentwicklung des Menschen liefert das ‚Meso‘ die Stoffwechselbedingungen für die Entwicklung der ektodermalen Strukturen und spielt eine Rolle bei deren Differenzierung (*Bleichschmidt und Gasser, 2012*). Es ist denkbar und nachgewiesen, dass auch Gradienten sogenannter epigenetischer Kontrollmoleküle durch Diffusion durch den Interstitialraum hergestellt werden können.

Kein ‚Meso‘ ohne Blut. Mesenchym ist im Embryo mit der Bildung von Blut und Blutgefäßen verbunden. Entgegen der landläufigen Meinung ist Blut ein Gewebe, keine Flüssigkeit. Blut wird in vielen histologischen Lehrbüchern als Stütz- oder Bindegewebe eingestuft. Die primäre Manifestation von Blut ist Mesenchym, bei dem (über die Bildung von Blutinseln und Blutsträngen) ein Netzwerk von Kapillargefäßen gebildet wird. Die Kapillaren transportieren flüssiges Gewebe‘, d.h. Blutzellen. Das riesige Netz von Kapillaren (Schätzungen variieren zwischen 60.000 und 90.000 km!) führt ebenfalls das aus, was für Bindegewebe typisch ist, nämlich das Verbinden und Schaffen von Raum auf dynamische physiologische Weise. Organe sind durch Blut verbunden, aber während der Evolution bei Tieren kann der (vielleicht auch psychologische) Innenraum für den Organismus größer und komplizierter werden, wenn es das Blut zulässt. Blut ist daher auch eine Dimension der ‚Innerlichkeit‘. Das weit verbreitete Vorhandensein von Kapillaren im gesamten Körper ermöglicht es auch, das Bild der ‚Faszie im weiteren Sinne‘ als Matrixgewebe zu visualisieren, in das alle Organe

eingewebt und eingebettet sind. Man könnte sagen, Blut und Faszien nehmen die Form des Körpers an und schaffen buchstäblich das Netz, in das alles eingebettet ist.

Faszie - das ‚Organ des Inneren‘?

All dies ist eine logische Konsequenz der Idee, dass die Faszie (im weiteren Sinne) mit dem ‚Meso‘ oder Mesenchym zusammenfällt. Mechanisch kann man sich zwei Kräfte im Faszie-Bindegewebesystem vorstellen: Druck und Zug, drücken und ziehen, verbinden und trennen. Das gesamte Haltungs- und Fortbewegungssystem kann daher in gewissem Sinne als Biotensegritätssystem mit verdichteten Elementen (Skelettelementen) einerseits und Zugübertragungselementen (Bänder, Faszien, Muskeln und ‚Dynamenten‘) andererseits betrachtet werden. Um ein Tensegrity-System zu verstehen, benötigt man die Spannung (die Kabelelemente) sowie die Kompression (die steifen Elemente). Daher können alle ‚Apparat‘-Komponenten wie Muskeln, Bänder, Faszien, Knochen usw. auch als Faszie-Spezialisierungen interpretiert werden. Knochen ist Faszie (*Sharkey, 2019*), Muskel ist Faszie (*Levin, 2012*), Dynament ist Faszie (*Van der Wal, 2009*). Bei Faszien und Biotensegrität geht es um Architektur und damit um Beziehungen zwischen den anatomischen Elementen, nicht um Anatomie. Die Faszie ‚im weiteren Sinne‘ bildet den ‚Stoff‘ unseres Körpers und „in diesem ‚Textur‘ sind alle Organe irgendwie gewebt oder gestickt“ (*Levin 2012*). Faszie als „Organ der Innerlichkeit“ oder des Inneren“.

Das „Thema“ für Faszien (und Bindegewebe) ist Verbinden und Trennen, Verbinden und Schaffen von Raum, Verdichten und Ausdehnen und so weiter. Faszien sind die Vermittler, die ‚Mitte‘, das Vermittelnde und auch die ‚Innerlichkeit‘. Daher denke ich, dass das Konzept des Mesenchyms als inneres Gewebe dem von Dr. Andrew Taylor Still vertretenen ‚nicht-wissenschaftlichen‘ Konzept Glauben schenken kann, dass die Faszie (im weiteren Sinne) den ‚Raum der Seele‘ bilden kann. "Die Seele des Menschen mit all den Strömen von reinem lebendigem Wasser scheint in der Faszie seines Körpers zu wohnen" (AT Still, zitiert in *Lee, 2005*). Die weitere Ausarbeitung dieses möglichen psychotischen Körperkonzepts geht über den Rahmen hinaus. Hier wurde versucht zu zeigen, dass ‚Faszie im weiteren Sinne‘ tatsächlich unser Inneres oder ‚Inneres‘ darstellt.

Mai 2020
Jaap van der Wal MD PhD

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne vorherige Genehmigung des Autors reproduziert, in irgendeiner Form oder auf irgendeine Weise elektronisch, mechanisch, durch Fotokopieren, Aufzeichnen oder auf andere Weise übertragen werden.

Bestätigung

Ich möchte gerne David Lesondak und seiner Frau Coletta Perry danken, dass sie es bei einer früheren Gelegenheit gelungen ist, mein ‚niederländisches‘ Englisch in ein mehr wissenschaftliches Englisch zu übersetzen. Ich habe viele ihrer Vorschläge und Korrekturen dankbar angenommen. Darüber hinaus danke ich Leonid Blyum, der meinen Text in Bezug auf Terminologie und Konzepte im Bereich der Biotensegrität in Bezug auf das Konzept der Architektur optimiert hat.

Referenzen

- 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. Persönliche Ankündigung im Rahmen der Biotensegrity Summit, Mai 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*, Vol. 2, nr 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

Besondere Hinweise auf die Arbeit des Autors

Fascia – architecture of connective tissue. Dr Tom Findley summarizes fascia Congress 2007 and 2009 (<https://rolfing.org/dr-tom-findley-summarizes-fascia/>)

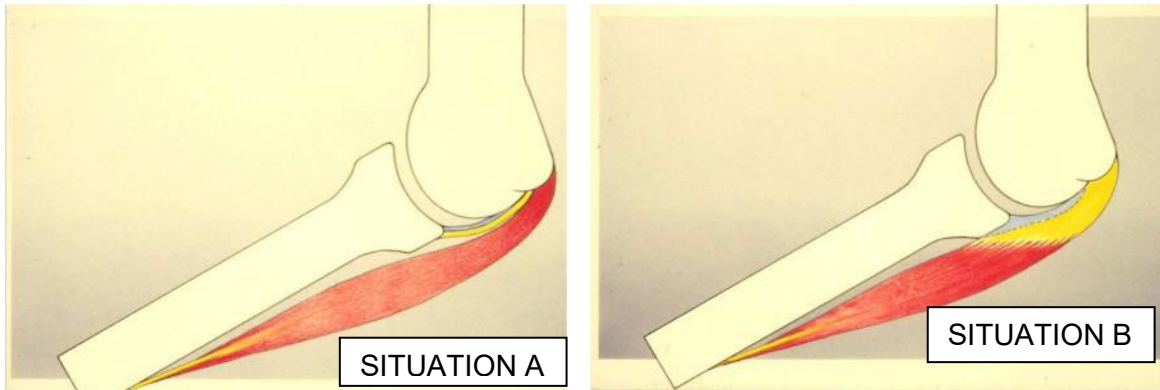
2012, Wal, J.C. van der, Proprioception, Mechanoreception and the Anatomy of the Fascia. In: Robert Schleip et al. (eds.), *Fascia: The tensional Network of the Human Body*, Chapter 2.2: 81 – 87, Churchill Livingstone Elsevier, ISBN 978-0-7020-3425-1.

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/>

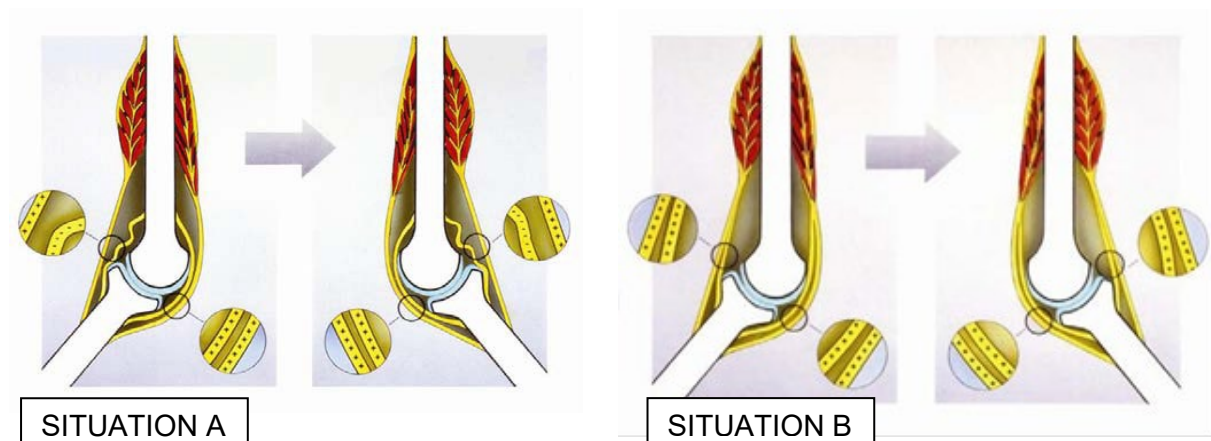
ANHANG Abbildungen

ABBILDUNG 1



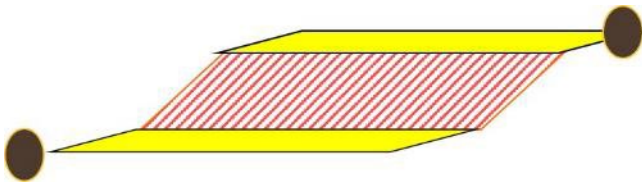
<p>Situation 1A Kapsel (blau) mit Bändern (gelb), die <i>parallel</i> zum oberflächlich gelegenen Muskelgewebe angeordnet sind</p>	<p>Situation 1B Kapsel (blau) mit periartikulärem Bindegewebe (gelb), das in Reihe (Serie) mit dem Muskelgewebe angeordnet ist</p>
--	--

ABBILDUNG 2



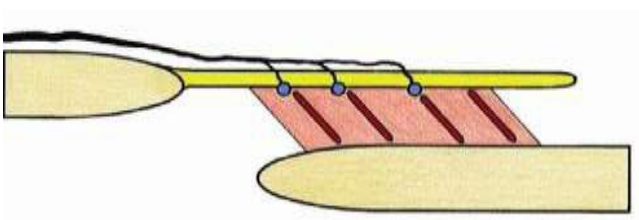
<p>Situation 2A Das „klassische“ Organisationsprinzip des von Knochen zu Knochen verlaufenden iuxta-artikulären Bindegewebes, das parallel zur Muskelkomponente (Sehnen) organisiert ist. Nur in einer bestimmten Gelenkposition kann das Bindegewebe Kräfte oder Signale im Sinne einer Mechano-Rezeptor-Auslösung übertragen (++++ versus - - - -). NB Gelenkknorpel hier blau dargestellt.</p>	<p>Situation 2B Die alternative Organisation des iuxta-artikulären Bindegewebes in Reihe zur Muskelkomponente. In allen Gelenkpositionen wird das Bindegewebe des Gelenks unter Spannung gesetzt und kann Kräfte und Signale im Sinne einer Mechano-Rezeptor-Auslösung (++++ und +++) übertragen. NB Gelenkknorpel hier blau dargestellt.</p>
---	---

ABBILDUNG 3A



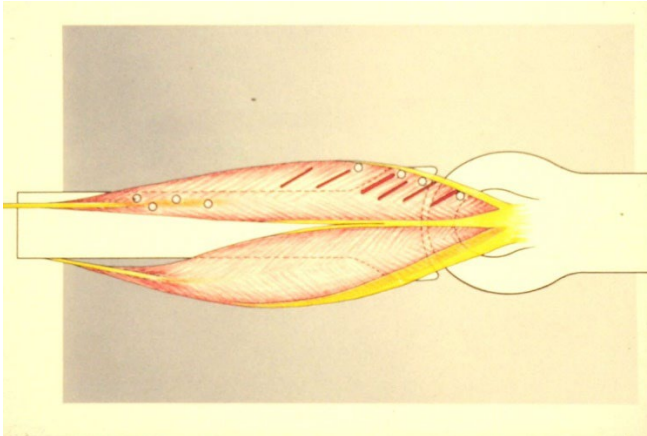
Schematische Darstellung eines sogenannten Dynaments

ABBILDUNG 3B



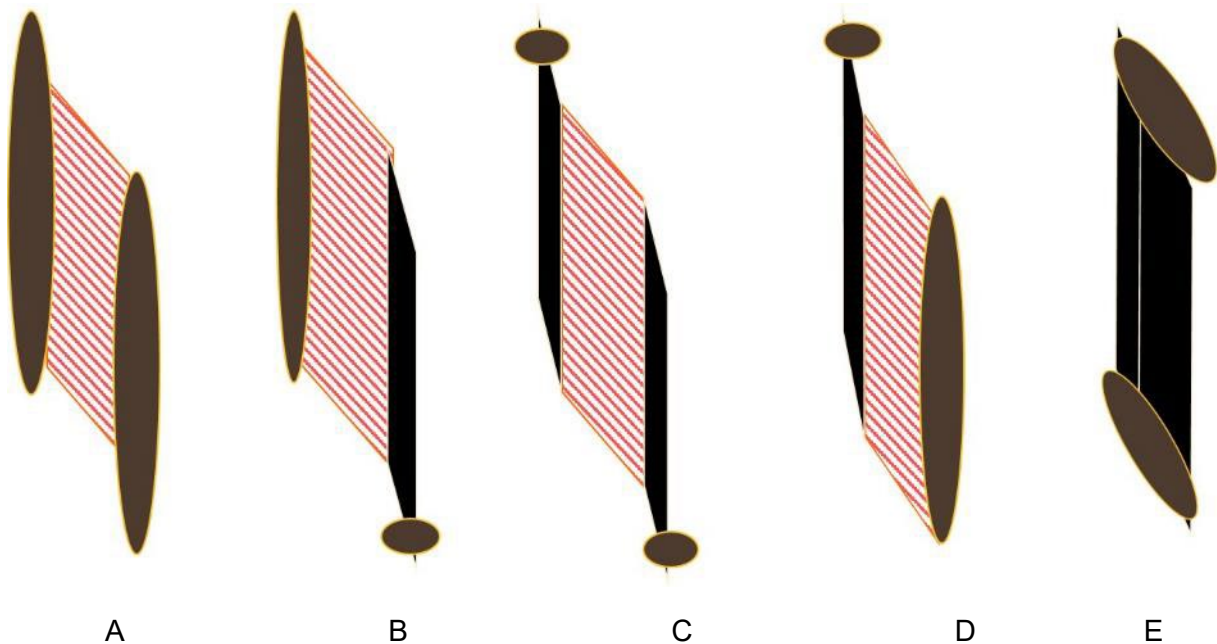
Schematische Darstellung eines unipennaten Muskels alias Dynaments

ABBILDUNG 3C



Die ‚Kette und Schuss‘-Organisation der distalen (intramuskulären) gegenüber der proximalen (transmuskulären) Ordnung der Bindegewebsstrukturen, die das Muskelgewebe mit dem Periost verbinden.

ABBILDUNG 4



4C stellt das mehr oder weniger ‚Ideales oder Schablonen-Dynament‘ dar: Eine Bindegewebsstruktur/-schicht (z. B. Faszie, Aponeurose, Septum, Sehne) haftet an einem (‚proximalen‘) Knochen (oben), eine andere Bindegewebsstruktur/-schicht (Sehne oder Aponeurose) haftet am anderen (‚distalen‘) Knochen (unten). Zwischen zwei RDCCT-Strukturen eine Zwischenzone des Muskelgewebes (Muskelfasern). Siehe Abbildung 4A. *RCDDT: regular dense collagenous Connective Tissue*

4A stellt die eine extreme Situation dar, in der keine separaten Bindegewebsstrukturen ‚benötigt‘ werden und die fraglichen Muskelfasern sofort in den Periost beider beteiligten Knochen eingeführt werden.

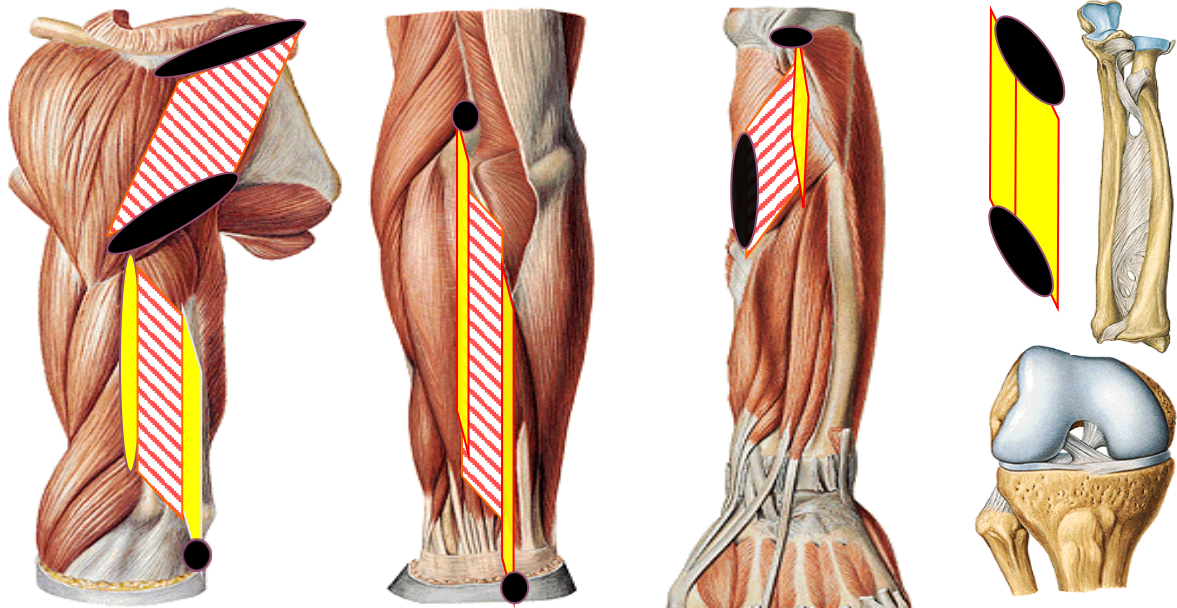
4B stellt eine Zwischensituation dar, in der Muskelfasern einerseits direkt am Periost eines Knochens haften, während sie auf der gegenüberliegenden Seite durch eine Bindegewebsstruktur (Sehne, Aponeurose, Septum oder Faszien Schicht) anhaften.

4C repräsentiert das ‚ideale‘ oder ‚Schablonen‘-Dynament‘

4D stellt die andere Zwischensituation dar, in der Muskelfasern einerseits mittels einer Bindegewebsstruktur (Sehne, Aponeurose, Septum oder Faszien Schicht) anhaften, während Muskelfasern auf der gegenüberliegenden Seite direkt am Periost eines Knochens haften.

4E stellt die andere extreme Situation eines Dynaments dar, d. h. ohne Muskelgewebe zwischen den Bindegewebschichten oder -strukturen zu vermitteln. In diesem Fall wirkt ein Dynament als statische Zugkraftübertragungsstruktur, mit anderen Worten als ‚klassisches‘ Band (Ligament oder Membrana).

ABBILDUNG 5



Deltoid und Triceps

Dynament A and B

Dorsalextensor Unterarm

Dynament C ('ideal')

Supinator Muskel

Dynament D

Inteross. Membran
Kreuzbänder

Dynament E