
La mécanique du glissement des structures sous cutanées chez l'homme.

Mise en évidence d'une unité fonctionnelle : la microvacuole.

J.C.GUIMBERTEAU
INSTITUT AQUITAIN DE LA MAIN
56 allée des tulipes.
33600 Bordeaux-Pessac. France.
Tel : 05 56 44 46 82. Fax : 05 56 52 33 71.

Correspondance :
adf.guiberteau@wanadoo.fr

Résumé

La mobilité de nos structures nous est tellement intrinsèque, naturelle, qu'elle n'appelle pas d'interrogation.

Le simple geste de pouvoir soulever la peau, l'observer se redraper, reprendre sa forme et sa texture initiale en quelques secondes est certes très banal mais en fait, très interrogatif quand on pense à tous les éléments entrant en jeu. Le constat est le même lorsque l'on ferme les doigts et que l'on pense à la progression du tendon fléchisseur tout au long de la paume sans traduction externe.

Pendant des décennies, les explications scientifiques se sont bornées à la notion du concept d'élasticité ou de l'existence de tissu conjonctif lâche (connective tissue) lamellisé avec plus ou moins un espace virtuel, explications dont la biomécanique est plus que floue.

En dehors de ces concepts anciens, depuis plus de 50 ans, la recherche scientifique est passée au niveau microscopique et a abandonné le concept global, mésosphérique.

La dissection chirurgicale in vivo permet de constater qu'il n'y a que des connections tissulaires, une véritable continuité histologique sans séparations nettes que ce soit entre la peau et l'hypoderme, les vaisseaux, puis l'aponévrose et le muscle. On discerne partout des structures qui assurent le glissement, que ce soit entre l'aponévrose musculaire, les structures graisseuses, puis le derme.

Les auteurs, à l'occasion de leurs études sur les systèmes de glissement entre organes, et en particulier au niveau tendineux ont constaté un type de structures, constituées de filins, haubans, câbles, voilages, qu'ils ont appelé le concept de Système Collagénique Multimicrovacuolaire d'Absorption dynamique. M.C.D.A.S.

Ce système est d'organisation totalement chaotique et de fonctionnement très éloigné des analyses mécaniques traditionnelles.

L'unité fonctionnelle du glissement des structures déterminée par le croisement dans les 3 dimensions de l'espace est la microvacuole, de forme polyédrique et dont l'armature collagénique est de type I ou III et le contenu constitué de protéoglycoaminoglycane.

La dynamique du système multimicrovacuolaire grâce aux différentes qualités de précontrainte et de fusion-scission-dilacération moléculaires permet de réaliser toutes les subtilités du mouvement à l'intérieur du corps, associant mobilité, rapidité, interdépendance et adaptabilité plastique.

Cette notion de microvacuoles est aussi fascinante car elle permet de mieux expliquer tout d'abord la capacité de remplir l'espace.

La matière est constituée d'éléments, mais ces éléments, même si la répartition semble chaotique, ne se disposent pas en vrac. Ils occupent l'espace de façon optimale.

Abstract

The multi microvacuolar collagenic dynamic absorbing system: a new concept

The mobility of our body structures is so intrinsic and natural to us that we tend to take it for granted.

The very fact of being able to pinch your skin and lift it, then let it go and see it return to its initial shape and texture in just a few seconds may seem banal enough until you begin to think of all the elements involved. The same is true when you bend your fingers and think of the movement of the flexor tendon across the palm without external translation.

For decades, scientists thought that the skin was simply an elastic structure with loose connective tissue and a more or less virtual space. However, in biomechanical terms, this explanation is very vague. These old concepts, developed more than 50 years ago, have evolved thanks to the impact of research at the microscopic level, and the global, mesospheric concept has been abandoned.

And yet, surgical dissection in vivo demonstrates that there are only tissue connections, simply a histological continuum without any clear separation between skin and hypodermis, the vessels, the aponeurosis and the muscles. In fact, visible everywhere are structures which ensure a gliding movement between the aponeurosis, the fat structures and the dermis.

As they studied this system of gliding between the various organs, in particular at the level of the tendons, the authors noted the existence of a type of system composed of cables and veil-like structures that they term the Multimicrovacuolar Collagen Dynamic Absorption System (MVCAS). This system looks totally chaotic in organization and seems to function in a manner far removed from traditional mechanical structures.

The functional unity of this sliding system is dependent upon a polyhedral three-dimensional crisscrossing in space of the microvacuoles, whose collagen envelope is type I or type 4 and whose content is made up of proteoglycoaminoglycans. The dynamic of this multimicrovacuolar system allows all of the subtle movements that occur within the body, thanks to its pre-stressed nature and the molecular fusion-scission-dilacerations that it is capable of. In this way, the system is mobile, can move quickly and interdependently, and is able to adapt its plasticity.

This notion of microvacuoles is a fascinating one because it provides an explanation for the system's space-filling ability. The matter is composed of elements. However, although they seem to be arranged in a haphazard manner, this is not the case. In fact, they occupy space in an optimal manner. If we accept this notion of microvacuoles, then it becomes possible to explain certain patholo-

L'acceptation du concept vacuolaire permet aussi de mieux définir des états de la matière au décours d'une vie comme l'œdème, l'obésité, le vieillissement et enfin l'inflammation.

Ce système de glissement se retrouve dans tout le corps et semble être la trame tissulaire organisatrice globalisante. Il impose une vision plus holistique.

Mots clés : Matière vivante / Collagène / Glycoaminoglycane / Tendon / Gaine carpienne / Système de glissement corporel humain / Tensegrité / Concept Multimicrovacuolaire.

Introduction

Nous avons réalisé 95 vidéo-enregistrements avec analyses séquentielles sur l'être humain vivant lors d'interventions chirurgicales.

La manipulation de l'endoscope se heurte aux inévitables contraintes de l'endoscopie et la réussite d'une bonne prise de vue dépend de nombreux facteurs. La qualité des documents est celle du numérique et les photos tirées de ces séquences sont de qualité correcte mais toujours un peu pixellisées. Cependant la tentative de revenir aux techniques du Reflex et argentique se sont soldées toutes par déception et échec. Seule la caméra permet de saisir l'instant non reproductible. L'avenir apportera une meilleure qualité aux documents, je n'ai aucun doute là dessus. Enfin, les protocoles de stérilisation très stricts interdisent l'usage de matériel non accrédité lors des interventions, ce qui ne rend pas la tâche plus facile.

On découvre juste après avoir franchi le derme et hypoderme un tissu très mobile, plan totalement globalisant, réparti sur toute la surface des structures, occupant chaque plan dit de décollement, englobant les lobules graisseux et s'infiltrant entre les fibres musculaires. Il ne semble pas « noble » et fût donc négligé comme tissu de remplissage. C'est ce tissu dit aussi conjonctif, aréolaire, connective, (autour des tendons, il s'appelle le para tendon) dans lequel nous allons nous engouffrer.

Si on le saisit avec des pinces, on découvre une organisation surprenante car sans apparente harmonie, désorganisé, vacuolaire et sa traction vive provoque des mouvements étranges qui sont l'éclatement de petites vacuoles à la pression atmosphérique, mettant en évidence, des systèmes hydrauliques sous pression différente.

Il est composé de filaments fibrillaires allant dans toutes les directions, de répartition très chaotique et délimitant des espaces interfibrillaires que nous appellerons vacuoles, très réfringentes.

Ce système de glissement permet donc le glissement optimal, sans à coups et sans contrainte sur les tissus périphériques. Nous avons appelé ce tissu le Système Collagénique Multimicrovacuolaire d'Absorption Dynamique, de façon à bien mettre en évidence son rôle premier ou MCVAS en Anglais.

Mise en évidence de la notion de microvacuole

Au gré de 30 ans de dissections chirurgicales et surtout de 215 observations réalisées sous vidéo-endoscopies (163 sous garrot à la racine des membres et 52 sans garrot en

gies occurring with age, such as edema, obesity, aging and inflammation.

This sliding system is to be found everywhere in the body and would seem to be the basic network of tissue organization. For this reason, it should be thought of in global terms.

Since it constitutes the inseparable link and occurs in all living structures and at many levels, could it be that it the basic architectural design of Life?

Keywords: Living matter organization / Collagen / Glycoaminoglycans / Flexor Tendon / Carpal sheath / Sliding system / Tensegrity / Gliding

zones surtout thoraciques et abdominales) enregistrées et analysées, (1, 2) nous pouvons affirmer une totale continuité tissulaire entre tous les acteurs d'une anatomie trop compartimentée traditionnellement. Quand on réfléchit au fait que lors des mouvements les plus amples par exemple, l'ensemble peau, artères veines, nerfs, muscles et tendons se déplacent tous dans le même sens, sans rupture, sans hémorragie et capables de revenir au statu quo ante instantanément, nous devons apporter une explication conforme à nos observations, conformes aux données actuelles et ne plus se contenter de données datant de plus d'un siècle, observées chez le cadavre, et conclues avant le microscope électronique, l'ère biomoléculaire.

La simple observation de pouvoir soulever la peau, (Fig.1) la voir se redraper, reprendre sa forme et sa texture initiale en quelques secondes est certes très banale mais en fait, très interrogative quand on pense à tous les éléments entrant en jeu. Le constat est le même lorsque l'on ferme les doigts et que l'on pense à la progression du tendon fléchisseur tout au long de la paume.

Par ailleurs l'expérience chirurgicale nous montre les différences majeures dans la qualité des structures que nous avons l'occasion d'opérer, des peaux tendues, flétries, épaisses, minces, aqueuses ou sèches, fragiles ou résistantes

Pendant des décennies, les explications scientifiques se sont bornées à la notion du concept d'élasticité ou de l'existence de tissu conjonctif lâche (connective tissue) lamellisé avec plus ou moins un espace virtuel, explications dont la biomécanique est plus que floue.

En dehors de ces concepts anciens, depuis plus de 50

Fig. 1



ans, la recherche scientifique est passée au niveau microscopique et a abandonné le concept global, mésosphérique.

De plus même dans cette recherche, la cellule qui semble être l'élément vivant, attractif, intelligent, organisateur et responsable a monopolisé toutes les énergies. Mais le milieu extracellulaire souvent représenté dans les manuels par quelques traits, quelques fibres a été sévèrement négligé. Enfin, cette recherche scientifique se fait au travers de la connaissance acquise par des expériences in vitro, sur des organes exclus de leur milieu naturel et les conclusions sont trop souvent bidimensionnelles.

Les notions de fascia, d'aponévroses, doivent être complètement révisées car obsolètes sur le plan scientifique. Ce sont des valeurs de la fin du XIX e siècle. (3)

Un rôle majeur doit être redonné au constituant primordial qui est l'élément hydrique. L'eau est omniprésente dans nos structures et cela est parfaitement observable en sous cutané. Il ne peut être envisageable d'étudier l'organisation de la matière vivante sans s'attarder et inclure les lois élémentaires de la mécanique des fluides à savoir, entre autres, la pression osmotique et la tension superficielle.

Méthode

Nos études, tout d'abord, se sont concentrés sur les Zones de glissement des tendons fléchisseurs au poignet en Zone III (4, 5).

Cent soixante trois observations sont faites avec le garrot mis en place puis lentement et progressivement relâché de façon à avoir un flux sanguin suffisant pour remplir les structures vasculaires mais pas assez pour inonder le champ opératoire. Un endoscope stérilisé de 19mm de diamètre grossissant 25 fois, branché sur une mini caméra avec contrôle extemporané sur vidéo-écran est introduit sous la peau.

Lors d'une dissection au niveau du poignet, nous avons remarqué une image vasculaire facilement repérable et parfaitement instructive. (Fig. 2) Elle se modifiait curieusement pendant les mouvements de flexion et extension des doigts et m'a inspiré la ressemblance avec une voiture faisant le plein à une station service. La voiture étant le

tendon qui va et vient, une image vasculaire longitudinale est le tuyau et une autre image vasculaire verticale. est la pompe à essence. Cette analogie facile a le mérite de montrer clairement que lors des mouvements, la pompe et la voiture ne vont pas à la même vitesse et que le tuyau va se plier ou s'étendre. Par ailleurs, les vaisseaux autour de cette scène, eux aussi vont à des vitesses différentes. Par exemple, le vaisseau N°3 va plus vite que la pompe mais aussi que la voiture. Donc, il existe différentes vitesses de progressions lors d'un mouvement au sein d'une zone tissulaire homogène, non hiérarchisée et continue. Comment expliquer cette simple observation ?

Évidence de la continuité de la matière et de l'existence d'un tissu -lien entre les différentes composantes fonctionnelles.

Les explications antérieures faisaient effectivement intervenir le concept de couches stratifiées coulissant les unes dans ou sur les autres ou le concept d'espace virtuel, plus facile à imaginer qu'à comprendre. Les notions de fascia, gaines synoviales, viscérale ou membraneuse, etc. fleurissaient. Pourtant, que ce soit la dissection chirurgicale qui ne peut trouver un plan net entre le tendon et le para tendon, ou que ce soit les constatations en microscopie électronique, nos observations minutieuses incitaient en fait à réaffirmer la notion de continuité de matière entre l'organe et la gaine de glissement. (Fig. 3)

On se trouvait alors confronté à cette nécessité incontournable, de poser le problème en termes de dynamique globale, de matière continue, d'introduire le concept de continuité tissulaire. Il fallait abandonner la perception d'un corps composé de divers éléments fonctionnel réunis.

Cette évidence d'une continuité totale de la matière vivante imposait d'inévitables contraintes nouvelles de lien, d'organisation et de comportement. Cependant cette démarche ne se faisait pas pour être en adéquation avec les tendances holistiques, elle s'imposait. Je ne voyais pas comment continuer d'accepter ces notions de fascia séparant les tissus en couches. C'était une logique obligation.

Fig. 2

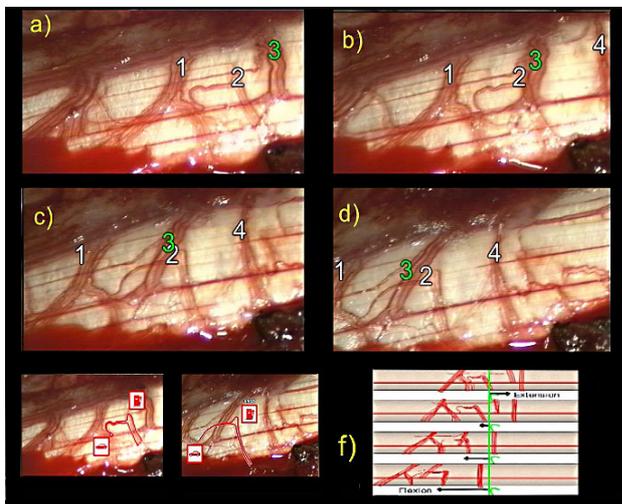
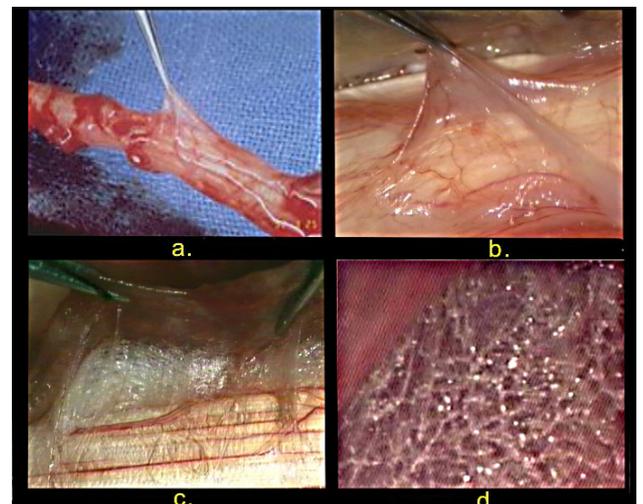


Fig. 3



Abandon de la théorie des espaces lamellaires, concentriques et stratifiés au profit d'une matière vivante continue dont l'unité fonctionnelle est la micro vacuole

Ce tissu est constitué de milliards de microvacuoles, (Fig.4) dont les dimensions varient de quelques microns à quelques dizaines de microns, organisées sur une disposition chaotique, d'apparence fractale, apparemment semblables mais toutes uniques. Le volume vacuolaire constitué par les croisements des fibres ne peut que se concevoir dans les 3 dimensions de l'espace. La vacuole est un volume avec des parois, une forme, des côtés et un contenu.

La plupart des séquences mettent en évidence des formes pseudo-géométriques qui reflètent une répartition polygonale. Elles ont des différences de taille en fonction du rôle dynamique. Plus le déplacement longitudinal sera important plus l'organisation vacuolaire sera fine et répétée, mais c'est toujours un cadre fibrillaire polyédrique avec un gel à l'intérieur.

Ses constituants

Le cadre fibrillaire. (Fig. 5)

Les fibres qui constituent le cadre de chaque vacuole sont en continuité les unes avec les autres et constituées essentiellement de collagène type 1 (70%) et type 3 et 4 mais aussi d'élastine aux environs de 20%. Il y a aussi un pourcentage élevé de lipides (4%).

Elles partent dans toutes les directions sans aucun schéma préétabli ou en rapport avec une logique attendue. Elles s'interconnectent, vibrent les unes avec les autres

Les diamètres des fibres sont de quelques microns et leurs longueurs sont excessivement variables, donnant un aspect désordonné et chaotique, une succession de faisceaux, de tramages de tiges avec des renflements. Aucun repère géométrique ne peut être observé. Elles s'entrecroisent, soit de façon très nette, soit avec des zones intermédiaires en voile, dites bourrelet de Plateau, ou de véritables nœuds, fixes, à ancrages solides ou mobiles, glis-

sant au gré de la poussée.

Un fort grossissement révèle des modifications latérales sur les collagènes qui suggèrent que les chaînes de protéoglycanes sont adhésives et liées au collagène.

L'espace intravacuolaire.

Ces protéoglycanes dont la nature est difficile à analyser constituent la partie intravacuolaire et représentent sous la forme de gel, un espace hautement hydrophile, dont le volume est sûrement constant mais dont la pression interne est changeante.

Ce sont des protéines comme la décorine, glycosylées grâce à des liaisons covalentes anioniques avec des glycoaminoglycanes ou polysaccharides sulfatés.

Leurs fortes charges négatives facilitent le passage ionique et attirent les molécules d'eau à l'intérieur de la vacuole, expliquant leur rôle d'adaptation aux changements de volume, de résistance aux contraintes de pression, créant de l'œdème, remplissant les espaces et facilitant la charge hydrique.

Le lien moléculaire entre les fibrilles de collagène I et les protéoglycanes pourrait être la présence de collagène type IV, filamenteux composé de 2 domaines globulaires et une courte triple hélice, s'assemblant sous la forme d'une structure évoquant un collier de perles.

Le collagène I a aussi des interactions avec la décorine, proteoglycanes de petite dimension, mais aussi avec des glycoamino glycanes non sulfatés comme la Hyaluronane.

Cet ensemble intravacuolaire permet de résister à la compression alors que les fibres de collagène ou d'élastine résistent à la tension en développant des capacités à se déplier et replier sous la contrainte mécanique.

La forme

Cette notion de microvacuole est aussi fascinante par ses aptitudes polyvalentes.

Elle permet de mieux expliquer la capacité de remplir l'espace. Un corps vivant est un espace limité par la peau, ou une carapace, ou une pellicule, et rempli de matière.

Fig. 4

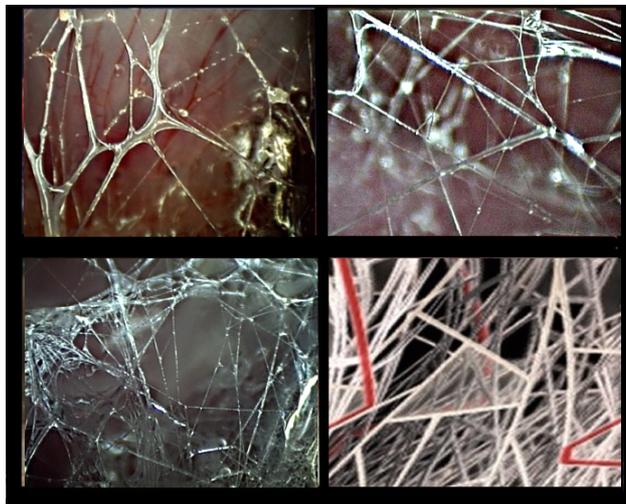
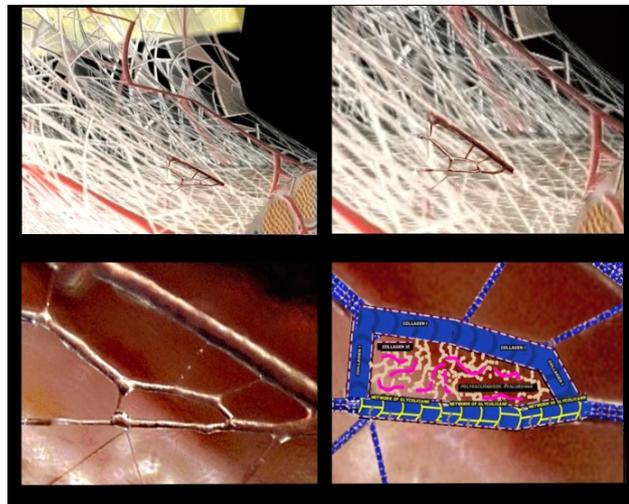


Fig. 5



La matière est constituée d'éléments, mais ces éléments, même si la répartition semble chaotique, ne se disposent pas en vrac. Ils occupent l'espace de façon optimale. La cellule fait partie de ces structures de remplissage mais n'est pas seule. Les structures vacuolaires environnent totalement et englobent les éléments cellulaires. Parfois la cellule ne constitue qu'une petite partie des structurants basiques. Il existe une armature de type polyédrique vacuolaire d'arrangement spatial optimal au sein de laquelle les cellules spécialisées se regroupent pour former l'organe.

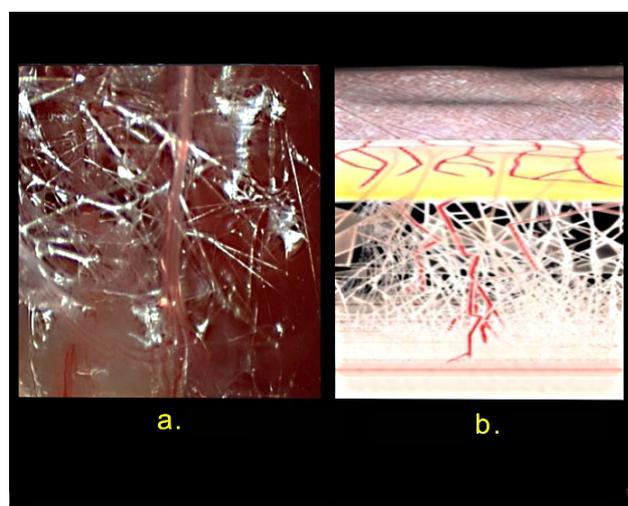
Cette vacuole doit aussi être apte à adopter toutes nécessités de changement morphologique sous la moindre contrainte et les formes sont variées, à tendance ronde, triangulaire, rectangulaire, cylindrique ou d'allures plus chaotiques. Les tailles sont aussi diverses, de moins de 10 microns autour des tendons à, par exemple, 50 voire 100 microns en zone abdominale. Cependant on retrouve un cadre polyédrique. Cette forme créée, s'installe alors aux vents de toutes les contraintes et pressions externes ou internes et dès lors s'adapte à la force.

L'adaptation mécanique favorise le mouvement. En termes mathématiques, les formes icosaédriques sont les plus aptes à ce rôle. La microvacuole, qui peut être considérée ainsi, répond donc à cette première exigence.

Le cadre fibrillaire de la vacuole est pseudo-géométrique, polygonal. (Fig. 6A, 6B).

Il détermine un volume dans l'espace qui doit se combiner aux autres vacuoles, répondant aux exigences préférentielles physico-chimiques pour remplir l'espace et donc à la recherche des surfaces dites d'aire minimale dans l'arrangement. L'arrangement spatial des structures est un phénomène mal connu dans le cas de la matière vivante. L'ensemble est d'aspect chaotique et sans régularité apparente. Il est intéressant cependant de noter que la forme de la vacuole, souvent polygonale, triangulaire, penta ou hexagonale, sa répartition chaotique, fractale est toujours retrouvée et que cette observation incontournable doit avoir une explication. Cette relative homogénéité des formes peut être rapprochée des icosaèdres et autres formes géométriques proches

Fig. 6



Par ailleurs, le comportement thermodynamique de ces formes est assurément optimal et elles ont été sélectionnées pour assurer le meilleur métabolisme à un prix énergétique le plus bas.

La sélection de la forme sous l'action des forces physiques était déjà en marche.

Rôle du canevas microvacuolaire (Fig. 6)

Son comportement doit respecter le principe essentiel qui est d'assurer la progression totale du mobile sans que rien ne bouge autour. La structure vacuolaire doit résister, s'adapter aux sollicitations physiques basiques de l'extérieur et maintenir son architecture. (6.), c'est-à-dire un rôle dynamique absolu et d'amortissage total. Deux rôles dynamiquement contraires combinés avec une mémoire de retour et une efficacité thermodynamique doivent être effectués sans rupture d'approvisionnement en information et énergie.

Nutrition et information

Ces fibrilles sont utilisées comme supports, comme cadre pour les vaisseaux, expliquant la surprenante variété des formes vasculaires. Les vaisseaux alors solidaires, fusionnés avec le cadre, adoptent tous les changements positionnels grâce à la mobilité du MVCAS, sans rupture d'apport, sans risque de tractions et fractures tissulaires par exemple. Les autres porteurs d'information nerveuse par exemple, adoptent le même réseau. La continuité tissulaire est toujours totale.

Comportement mécanique et mobilité de la structure (Fig. 7)

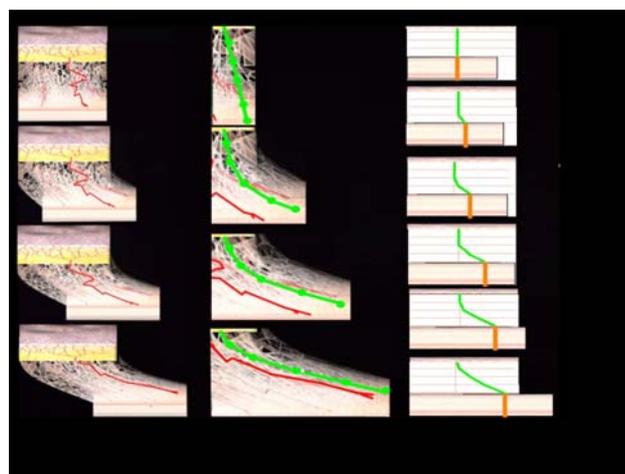
Quelques évidences sont incontournables et doivent être intégrées pour concevoir le comportement biomécanique.

Cette trame organisationnelle, support de vie en équilibre ne peut être sans règles de fonctionnement.

Le rôle est double. A la fois assurer la complète progression de l'organe et en même temps, préserver la stabilité des autres tissus avoisinants.

Comment le MVCAS absorbe-t-il ce dilemme ?

Fig. 7



Nous pensons que nos structures sont en situation de précontrainte et donc développent une tension tissulaire. Cette tension est mise en évidence lors des interventions chirurgicales si nous incisons une peau ou coupons une aponévrose, les berges s'écartent immédiatement de quelques millimètres. Il y a donc effectivement une tension globale intra-tissulaire et cette tension est répartie dans toutes les structures composant la matière vivante et en particulier la trame fibrillaire du MVCAS

La notion de contrainte transmise combinée et de réponse adaptée multi-fonctionnelle et multidirectionnelle

Les structures vacuolaires proches ou en continuité avec le mobile vont avoir le déplacement le plus important. La relation rhéologique des fibres collagéniques et d'élastine ne peut être linéaire, illimitée car le mobile entraînerait les tissus périphériques. Ce ne peut être aussi un comportement de type plastique, acceptant la traction mais limitée au-delà de certaines limites, provoquant un blocage en plateau et une rupture soudaine. Il faut que ce comportement soit de type caoutchouteux, permettant la traction des fibrilles en associant progressivement les autres fibres voisines, distribuant la contrainte, évitant la fracture fibrillaire. L'absorption de la contrainte va se faire tout au long du tramage. Ainsi la vacuole la plus près du mobile accomplit son rôle plastique au maximum, et celle la plus éloignée est peu concernée.

L'ensemble des fibres se met en disposition pour répondre à la contrainte locale, adoptant immédiatement la solution dynamique la plus adaptée, sollicitant la structure collagénique en compression locale, variant les formes vacuolaires, comprimant les volumes, expliquant la résistance ressentie, progressive et croissante dans le temps et faisant évoquer une relation entre la densité des fibres répondant au stress et la résistance ressentie.

La tension globale qui dès lors se propage dans le système de glissement le long des fibres s'épuise, diminuant graduellement plus elle s'éloigne du mobile, et ainsi les structures un peu éloignées restent immobiles.

C'est ce que nous appellerons la notion de contrainte transmise combinée, c'est à dire que chaque élément de fibre est connecté au voisin par un lien lâche. Quand ce lien est mis sous tension, l'élément suivant est soumis à une tension décroissante jusqu'à la réalisation de la déformation créée. Tous les éléments constitutifs tournent pour s'orienter en plus grand nombre dans la direction de la force appliquée, la respectant mais la maîtrisant pour éviter la rupture.

Mais ces explications mécanistiques s'inscrivent dans un cadre à vision bidimensionnelle et sont assez éloignées des observations effectuées en Vidéo-analyse.

Le mouvement doit s'imaginer en 3D.

D'autres comportements se surajoutent au schéma général d'orientation des fibres.

Cette apparente inorganisation et irrégularité des formes exprime une complexité encore mal explorée et oblige à penser le fonctionnement de façon différente.

La notion d'équilibre des forces au sein de la structure est aussi incontournable

que la capacité adaptative aux contraintes

i) Nous avons observé que la fibrille sollicitée répond tout d'abord par un allongement, ce qui témoigne d'un réarrangement moléculaire avec une capacité à la récupération de la forme initiale instantanée. Une précontrainte interne, comme un ressort, semble être en premier sollicitée pour de minimes tensions.

ii) Les fibres sous sollicitation mécanique peuvent se diviser, sans apparence brutale dans l'espace en plusieurs autres fibrilles qui se dispersent, peuvent ainsi répartir les forces et les absorber efficacement.

iii) Les fibres peuvent glisser les unes par rapport aux autres sur un point charnière mobile tout le long de l'une des deux fibres.

iiii) Les fibres, souvent à leur jonction avec d'autres, ont la capacité soit de fusion soit de scission au sein d'un gel commun témoignant d'une fluidité visqueuse capable de friction ou attraction explicable par des liaisons covalentes.

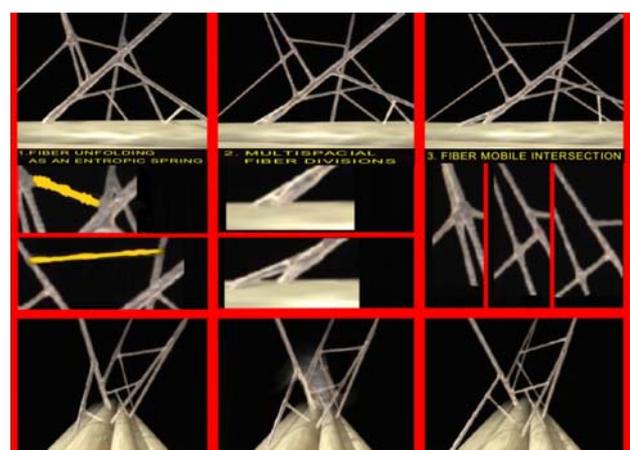
L'ensemble de ces capacités fibrillaires, sous tendues elles mêmes par des capacités moléculaires, offrent une infinité de solutions d'adaptation pour donner une réponse à la contrainte imposée.

La compréhension de ce phénomène ne peut s'entrevoir que dans les 3 Dimensions de l'espace. (Fig. 8)

Les éléments doivent être précontraints et la stabilisation doit être un équilibre entre forces opposées de tension et compression ce qui permet de conserver forme, solidité, adaptabilité multidirectionnelle et indépendance vis à vis de la gravité. La gravité dès lors voit son rôle décliner, en particulier lors des phases d'élaboration ou de croissance. Toutes les structures de l'architecture réparties dans l'espace sont donc réactives à la moindre tension accrue sur l'un des éléments et transmise à tous les éléments, même éloignés. Toute compression locale change la tension globale. Dès son élaboration, la forme ne peut être qu'en équilibre.

Les séquences d'entrelacs, d'enchevêtrements de structures fibrillaires par le pouvoir récursif de mouvements à l'intérieur de mouvements se trouvent alors hors de por-

Fig. 8



tée de l'approche analytique standard, et font appel à des règles physiques basées sur les mathématiques non linéaires différentes. Cette complexité dans l'abord mathématique et mécanique est en plus accentuée par le fait que les éléments structurels en présence, filins et mûres ajoutent un facteur qui est la diversité du matériau, en rigidité, résistance.

iiii) Par ailleurs, toutes ces observations et conclusions sur le jeu fibrillaire, permettant une infinité de ressources dynamiques en réponse à la contrainte, ne doivent pas ignorer le volume intravacuolaire, interfibrillaire. Les forces physiques conventionnelles telles que la pression osmotique, les gradients électriques, la tension superficielle et les tensions intermoléculaires vont prendre tout leur rôle. Les gels de protéoglycanes ont sûrement une implication mécanique dans la réponse à la traction en plus des rôles de nutrition et lubrification. La constante du volume comprimé et les différentes formes résultantes donnent un potentiel de souplesse considérable mais aussi de résistance, diffusant de façon rapide au travers du système de glissement. Le volume et le cadre ne peuvent être dissociés.

Cet ensemble de trois mouvements permet d'assumer une infinité de mouvements dans l'espace et voici, ici, par exemple, une séquence prise in vivo, de capacité d'un ensemble fibrillaire à changer de forme et à s'adapter à une nouvelle contrainte, permettant ainsi, bien évidemment d'expliquer tout ce que nous voyons dans la vie quotidienne de la vie d'un Chirurgien, c'est à dire, la mobilité, la souplesse, l'inter dépendance des organes et rien que le fait de pouvoir expliquer la mobilité de plusieurs tendons, l'un à côté de l'autre avec une dissociation fonctionnelle complète est déjà rassurante. (Fig. 9)

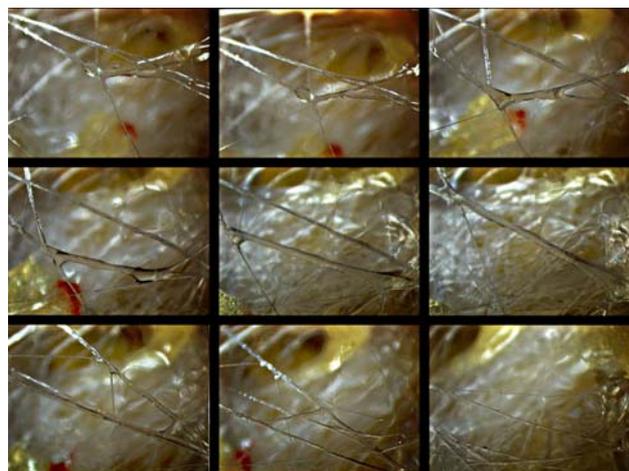
Voilà pour l'explication de bio-mécanique, telle qu'il me semble qu'elle puisse être proposée.

Physiopathologie et évolutivité du MVCAS (Fig. 10)

L'autre intérêt de cet ensemble, de cette appréhension du corps, tel qu'un immense réseau multi fibrillaire chaotique et fractal, c'est de considérer son évolution.

En effet, ce tissu est quand même relativement un tissu fragile.

Fig. 9



Il peut se déchirer ou il peut se détériorer et le chirurgien voit dans sa vie quotidienne, ces détériorations.

C'est le cas, par exemple, de l'hématome ; l'hématome ancien qui s'est transformé en un sérum et quand on incise, on voit bien qu'il y a une métaplasie entourant la formation avec une incapacité des surfaces à collaborer l'une avec l'autre.

C'est le cas aussi, dans l'hygroma.

Et comment ne pas rapprocher un hygroma tel que vous le voyez, de la gaine digitale d'un long fléchisseur, tel que vous le voyez ici.

Le système multi microvacuolaire peut se développer ou s'adapter en créant une méga vacuole, qui est un autre système de fonctionnement avec création en périphérie d'une zone de métaplasie résorbant, sécrétant et cela me permet en tant que Chirurgien de la Main, d'expliquer par exemple l'existence au sein même de la main, de plusieurs types d'accolement, de plusieurs types de glissement dans les zone 3 4 5, nous pouvons avoir un système global multi micro vacuolaire avec un système méga vacuole moitié multi micro vacuolaire et globalement que méga vacuole, comme dans le canal digital.

Cela permet aussi d'expliquer comment au niveau des poulies palmaires A1, on passe d'un système multi micro vacuolaire complet, naturel, brutalement à la zone du canal digital où il n'y a plus du tout de micro vacuoles.

Mais on peut aussi expliquer d'autres éléments, assez facilement.

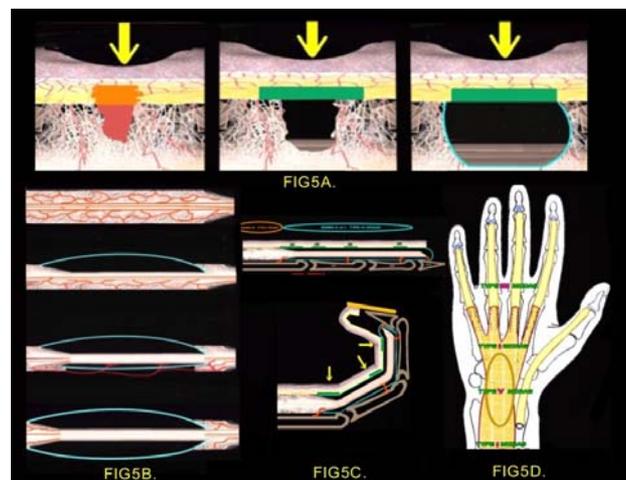
L'œdème, inflammation. L'obésité. Le vieillissement.

Conclusion

Cette perception de l'ensemble du corps, en termes de structures fibrillaires, chaotiques, fractales, au sein même d'une forme, permet d'avoir une vision de la souplesse, de la cohérence, de la continuité.

Par ailleurs, cette organisation telle qu'elle est citée, c'est à dire, cet aspect fractal, chaotique, cet aspect global par l'ensemble du reste du corps, introduit bien évidemment d'autres dimensions, qui sont bien le rapport avec les autres forces vivantes, végétales, les autres animaux, mais aussi le système non animé et on peut ainsi aborder la

Fig. 10



relation entre les structures non animées et les structures inanimées si on a bien en tête cette organisation multi micro vacuolaire de la matière vivante (7).

Références

1. Guimberteau JC, Goin, JL, Panconi B, Schumacher B. The reverse ulnar artery forearm island flap in hand surgery: About 54 cases. *Plast Reconstr. Surg.* 1988 ; 81: 925-32
2. Guimberteau JC, Panconi B, Boileau R: Mesovascularized island flexor tendon: new concepts and techniques for flexor tendon salvage surgery. *Plast Reconstr Surg* 1993 ; 92:888-903
3. Tubiana Raoul, Editor. *Traité de la chirurgie de la main, Vol.III.* Paris : Masson, 1986: 756-763
4. Guimberteau JC. New ideas in hand flexor tendon surgery. Ed. Institut Aquitain de la Main, chap 2 .p16-44. 2001 ISBN 2-84023-268-5. <http://www.livres-medicaux.com/>
5. Guimberteau JC, Delage J, Morlier P, et al: Journey to the tendon and satellite sheath areas. In vivo anatomical observations of flexor tendon vascularization and surrounding sheaths. Videofilm 34'. Brussels International Symposium Tendon Lesions, Injuries and Repair. Genval-Brussels Belgium, 1999. <http://www.guimberteau-jc-md.com>
6. Guimberteau J.C, Sentucq-Rigall J, Panconi B, Boileau R, Mouton P, Bakhach J Introduction to the knowledge of subcutaneous sliding system in humans. *Ann Chir Plast Esth* 2005 ; 50 : 19-34
7. Guimberteau JC . *Strolling under the skin.* <http://france.elsevier.com> ISBN 2-84299-649-6

Discussion

Intervention de Y Chapuis

Vous venez de nous plonger dans un monde fascinant de la matière vivante, et plus particulièrement du collagène.

Deux questions :

- Y a-t-il une approche mathématique de cette structure ?
- Peut-on envisager une application industrielle ?

Réponse de JC Guimberteau

Question 1

L'approche mathématique n'est pas franchement élucidée car les notions même de chaos et de chaos déterministe ne sont pas encore tout à fait acceptées par la communauté scientifique .Des idées majeures exprimées dans le langage courant par l'effet « papillon » et traduites par des équations avec des fonctions non linéaires ne sont apparues que vers les années 1960 et ont mis du temps à s'imposer comme acceptables. Introduire des évolutions dynamiques apparemment désordonnées et imprédictibles au sein même de la matière vivante demandera du temps.

Question 2

Pour l'instant, je ne vois, par formation médicale, que la mise au point, peut-être par génie génétique, d'une matière de substitution qui ait les mêmes caractéristiques de souplesse adaptative et puisse être utilisée dans le traitement des adhérences tissulaires.