

ANATOMIE FONCTIONNELLE

INTRODUCTION GENERALITES

Aderf cinésiologie

DEFINITIONS

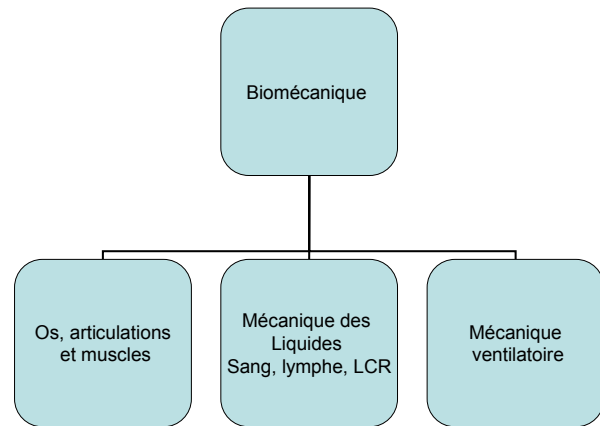
- Etude du mouvement humain dans des situations précises afin d'en déterminer les implications musculaires et articulaires.
- Elle est employée principalement dans le domaine du sport (danse, gymnastique, musculation) et en kinésithérapie.

Aderf cinésiologie

Définitions

- La biomécanique fonctionnelle recoupe:
 - L'anatomie
 - La physiologie articulaire
 - La mécanique
 - La cinésiologie
- Permet de comprendre les gestes et postures de l'homme sain
- Comprendre les dysfonctionnements et pathologies usuelles
- Déduire les attitudes thérapeutiques

Aderf cinésiologie



Aderf cinésiologie

Définitions

- Abord de l'appareil musculo-squelettique
 - Intérêts
 - Chirurgie,
 - Appareillage,
 - Pratique sportive,
 - Kinésithérapie,
 - Ergonomie

Aderf cinésiologie

Biomécanique

- Analyse mathématique
 - Modèles mécaniques
 - Comportement d'une région du corps,
 - Schéma postural, comportemental, gestuel
 - Souvent éloigné de la réalité de terrain ou clinique
- Observation clinique
 - Élément indispensable
 - Difficulté dans le dosage des différents aspects

Aderf cinésiologie

Biomécanique fonctionnelle

- N'est pas isolée,
- Doit être intégrée dans l'ensemble d'un membre, du tronc,
- Mais aussi dans le comportement global de l'individu
- D'autres aspects interviennent

Aderf cinésiologie

Biomécanique fonctionnelle

- Psychisme,
- Données ethno-culturelles
- Milieu socio-professionnel
- Sexe
- Données morphologiques
 - Longiligne,
 - Bréviligne,
 - Asthénique
- L'âge,
- Données ethnographiques

Aderf cinésiologie

Biomécanique fonctionnelle

- On considère deux cas:
 - La statique (notion de stabilité) et d'équilibre
 - La dynamique (notion de mouvement) et donc d'instabilité et perte d'équilibre
 - Mais pas toujours vrai:
 - Un cycliste est plus en équilibre en déplacement qu'en faisant du surplace,
 - Il faut se rapprocher des processus humains plutôt que des modèles mathématiques purs

Aderf cinésiologie

Notions

- Solide: corps caractérisé par une forme et des dimensions,
 - Solide indéformable (Euclidien).
 - Abstraction théorique
 - Solide déformable
 - Modèle le plus courant dit solide de Hooke. Viscoélastique ou élastoplastique

Aderf cinésiologie

Notions

- Définition : toute force capable de modifier la vitesse d'un corps ou de déformer un corps
- Caractérisée par
 - Ligne d'action (fibre moyenne du muscle),
 - Sens donne l'orientation (de l'insertion mobile vers l'insertion fixe)
 - Point d'application
 - Valeur ou intensité

Aderf cinésiologie

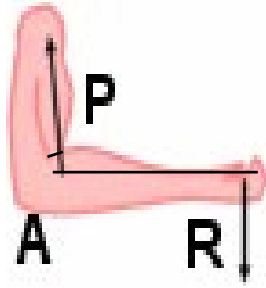
Notions

- Notion de
- Forces externes
 - Gravité,
 - Forces externes appliquées au niveau du corps humain
- Forces internes
 - Actives : effectuées par les muscles
 - Passives: tension, frottement, adhérences

Aderf cinésiologie

Notions

- Efficacité d'une force musculaire:
 - D'autant plus efficace qu'elle agit dans le sens voulu.
 - Bras de levier
 - Moment d'une force
 - $Mf = F \times D$
 - Forces parallèles, concourantes,
 - Couple de forces



Aderf cinésiologie

Notions

- Travail
 - Notion de force et de déplacement
- Energie
 - Association de la notion de travail et de position d'un objet,
 - L'énergie cinétique d'un corps en mouvement est proportionnelle à sa masse, et au carré de sa vitesse

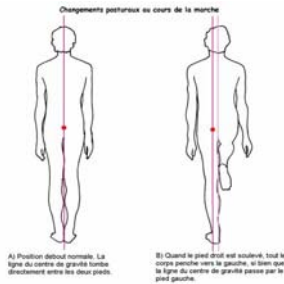
Puissance

- Quantité de travail par unité de temps

Aderf cinésiologie

Notions

- Centre de gravité
- Le centre de gravité est dit aussi centre d'inertie, centre de masse ou centre d'attraction.
- On le calcule en divisant la masse M de l'objet en masses m_i infinitésimales quasi ponctuelles, centrées aux points, A_i , constituant M.
- La décomposition de M en masses ponctuelles, dépourvue de signification physique, est justifiée par les propriétés du centre de gravité.



Aderf cinésiologie

La triade cinétique

Muscle-articulation-os

Aderf cinésiologie

Pourquoi une triade

- Le muscle en se contractant rapproche les deux segments osseux qui se déplacent l'un par rapport à l'autre grâce à l'articulation.
- Le muscle lui-même est inséré sur l'os

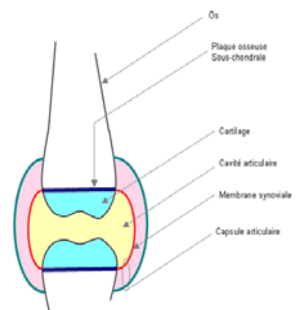
Aderf cinésiologie

La triade cinétique

- Le muscle est le moteur,
- L'os est le levier
- L'articulation est la jointure

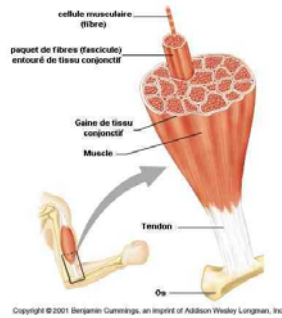


rf cinésiologie



Le muscle

- **Contraction musculaire**
- Lors d'une contraction, le muscle se raccourcit, s'élargit, s'épaissit et l'ensemble est proportionnel.
- Pas de changement de volume
- Pas de changement de densité
- Lorsque l'on fait un étirement musculaire, le muscle est capable de se contracter



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison-Wesley Longman, Inc.

Aderf cinésiologie

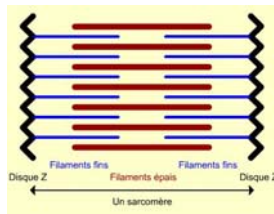
Le muscle

- Il existe une tension active propre au tissu sans modification de longueur
- Deux modes d'activité
 - Contraction active dynamique
 - Contraction active statique

Aderf cinésiologie

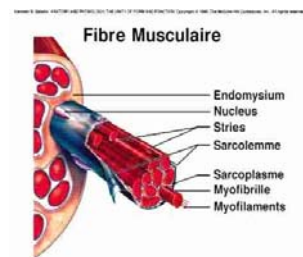
Le muscle

- **Composition du muscle**
 - Couple actine - myosine
 - Lieu de la contraction musculaire



Aderf cinésiologie

Le muscle



Aderf cinésiologie

Le muscle

- **Contractilité** : La contractilité est la capacité du muscle à se raccourcir puis à retrouver sa longueur d'origine (longueur de repos).
- C'est la propriété à effectuer une "contraction" mais le terme "activation" conviendrait mieux car il n'a pas toujours la possibilité de se raccourcir ;
- en effet, la réponse musculaire dépend des conditions dans laquelle se trouve le muscle au moment de la stimulation :

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Si les deux extrémités opposées du muscle sont fixes, la stimulation crée une force qui tend à les rapprocher l'une de l'autre sans créer de mouvement : contractions isométriques

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Si l'une des extrémités du muscle est libre, la stimulation provoque un raccourcissement du muscle : contractions anisométriques.
- Si la force musculaire est suffisante (contraction concentrique), si la force extérieure est supérieure à la force de contraction, elle entraîne un allongement (contraction excentrique) du muscle.

Aderf cinésiologie

Le muscle

- **Excitabilité** : Une structure est excitable lorsqu'elle répond à la stimulation adaptée de façon spécifique. Dans le cas du muscle, c'est le stimulus électrique qui détermine une réponse dite réponse mécanique. Elle peut être extérieure, portée sur le muscle ou bien par l'intermédiaire de son nerf moteur.

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Une réponse idiomusculaire ou réflexe, est obtenue par un stimulus mécanique respectivement sur le corps ou le tendon du muscle.
- La contraction volontaire résulte, elle, de la mise en jeu de la voie motrice provenant du cortex.
- C'est un stimulus généralement d'origine chimique (neurotransmetteur) qui induit un potentiel d'action qui se propage le long du sarcolemme.

Aderf cinésiologie

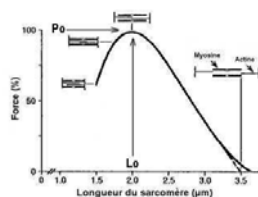
Le muscle

- **Elasticité** : L'élasticité est une propriété du muscle au repos. L'élasticité est la propriété d'un corps, d'une structure de se déformer sous l'influence d'une (de) force(s) extérieure(s) puis de reprendre sa forme initiale quand la (les) contrainte(s) cesse(nt).

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Relation force- longueur



Aderf cinésiologie

Le muscle

- Un muscle correctement étiré, voit naître entre ses 2 extrémités une tension (due à la résistance qu'opposent la structure des myofilaments, du sarcolemme des fibres et de leurs cloisons conjonctives [endo-, péri-, épimysium] ainsi que celle des tendons).
- Insérés sur le squelette, les muscles sont légèrement étirés (croissance osseuse) quelle que soit la position de(s) l'articulation(s) qu'ils animent ; ainsi la section ou la rupture d'un tendon engendre un raccourcissement du corps charnu du muscle.

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Tonicité : capacité à garder un état certain de contraction même au repos.

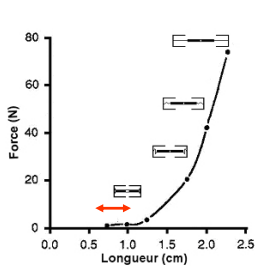
Aderf cinésiologie

Le muscle

- Extensibilité:
- Propriétés pour un muscle de se laisser étendre sous l'action de deux forces agissant en même temps et en sens inverse
- Sans extensibilité pas d'élasticité

Aderf cinésiologie

Le muscle

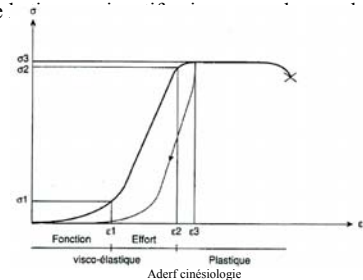


- Notion de visco-élasticité
- Réaction à la contrainte d'une matière se comportant comme si elle était composée d'un solide élastique et d'un fluide visqueux où l'écoulement serait dépendant de certains paramètres.
- Les paramètres influençant l'écoulement sont, entre autres, la température, la charge, le gradient d'application de la charge.
- Elle traduit un léger retard à l'étirement
- Intérêt M-K notion d'étirement

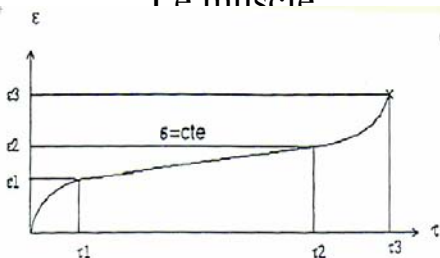
Aderf cinésiologie

Le muscle

- Fluage musculaire: la fibre musculaire ne flue pas, par contre



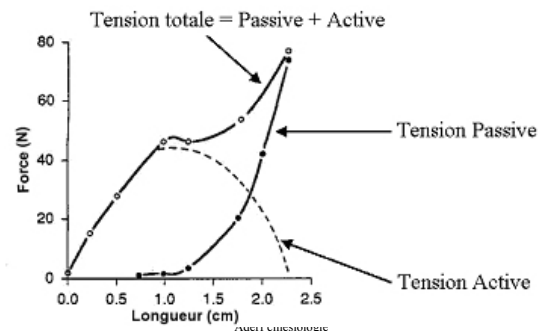
Le muscle



Ceci a pour implication, qu'en présence de rétractions musculaires, la posture n'est pas à réaliser de manière excessive car il y a un risque de distension permanente et donc une perte d'efficacité (Goubel et Van Hoecke)

Aderf cinésiologie

Le muscle



Le muscle

- La relation tension-longueur va permettre de définir

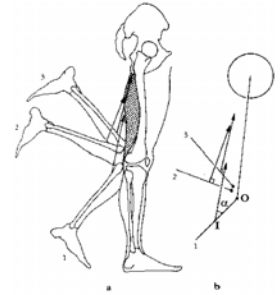
- La course interne
- La course moyenne
- La course externe

Le maximum de force est obtenue dans la course moyenne

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Relation couple -angle
- dans le cas de la flexion du genou (figure 1), le point d'insertion (I) des ischio-jambiers se déplace autour du centre de rotation (O).
- La force résultante de ce groupe musculaire est représentée par la flèche pointant vers l'articulation de la hanche où se trouve le second point d'insertion du groupe musculaire.
- A mesure que cette flexion se fait, l'angle (a) varie de 35° en position 1, à 90° en position 2 et 120° en position 3.

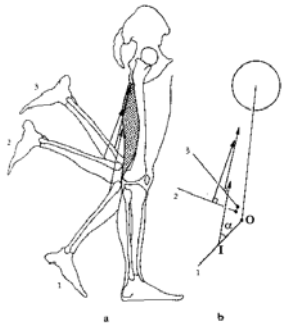


Aderf cinésiologie

Le muscle

Le bras de levier de la force est la plus petite distance reliant le muscle à l'os, passant par O et perpendiculaire à la ligne d'application de la force.

- Il est maximal lorsque la jambe se trouve en position 2, c'est-à-dire lorsque la force résultante est perpendiculaire aux os de la jambe et que l'angle a est de 90°.
- Si l'on connaît la distance [OI], il est alors possible de calculer le moment de la force résultante, c'est-à-dire l'effet de rotation de cette force autour de l'axe de rotation passant par O.



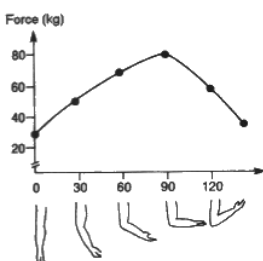
Aderf cinésiologie

Le muscle

- Si l'on considère que le point d'insertion des ischio-jambiers est situé à 5 cm de l'axe de rotation O et que la force résultante reste constante pendant le mouvement de flexion (100 N), le moment de la force sera alors égal au produit de la force par son bras de levier.
- Ce dernier est donné par les relations trigonométriques classiques.
- Le moment est respectivement égal :
 - * pour la position 1 : $100 \times \sin(35) = 57.4 \text{ N}$
 - * pour la position 2 : $100 \times \sin(90) = 100 \text{ N}$
 - * pour la position 3 : $100 \times \sin(120) = 86.6 \text{ N}$

Aderf cinésiologie

Le muscle



- L'angle où le maximum atteint peut varier d'un muscle à un autre en fonction de la distance entre son point d'insertion et l'axe de rotation

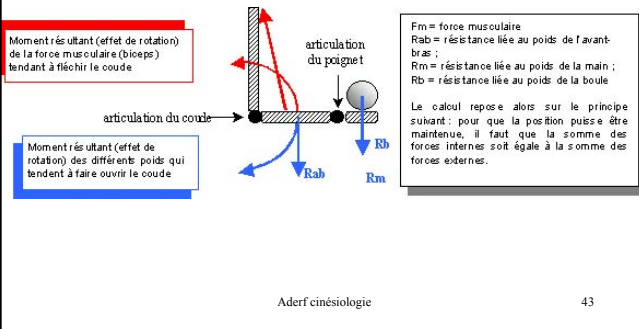
Aderf cinésiologie

Le muscle

- Implication masso-kinésithérapique
 - Renforcement musculaire
 - Doit se faire de préférence dans l'angulation où le bras de levier est le plus efficace
 - Permet de solliciter correctement les fibres musculaires

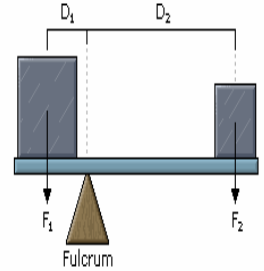
Aderf cinésiologie

Le muscle



Notions

- Leviers
- En biomécanique, un levier est un système rigide (l'os) sur lequel agit une force (musculaire) pour vaincre une résistance (la gravité qui s'applique à la charge, à l'organisme, voire aux deux) en prenant appui sur un point fixe (l'articulation).



Aderf cinésiologie

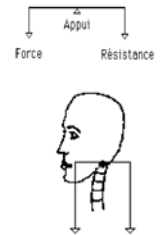
Notions

- Étudier un mouvement en vue de l'optimiser, nécessite de :
- 1 - déterminer la direction du déplacement, ce qui va déterminer le type de mouvement
- 2 - situer le point d'appui fixe (A), c'est à dire l'articulation
- 3 - situer le point d'application de la résistance (R), c'est à dire le centre de gravité de l'ensemble
- 4 - situer le point d'application et la direction de la force musculaire (F), c'est à dire le point d'insertion du muscle.

Aderf cinésiologie

Notions

- 1. Les leviers inter-appuis ou leviers d'équilibre :
 - Ils sont dits également leviers du 1er genre ou encore du 1er groupe.
 - Leur caractéristique est que : le point d'appui se situe entre le point d'application de la force et le point d'application de la résistance, mais pas forcément au centre.

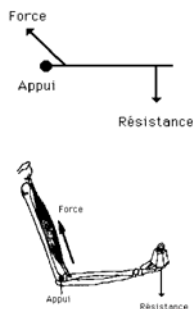


Aderf cinésiologie

Notions

Principe :

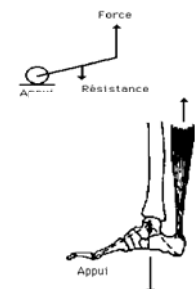
- Les leviers inter-puissants :
- Ils sont dits également leviers du 2ème genre ou encore du 2ème groupe.
- Leur caractéristique est que le point d'application de la force musculaire s'exerce entre le point d'appui et le point d'application de la résistance, mais pas forcément au centre.



Aderf cinésiologie

Notions

- Les leviers inter-résistants :
- Ils sont dits également leviers du 3ème genre ou encore du 3ème groupe.
- Leur caractéristique est que le point d'application de la résistance se situe entre le point d'application de la force et le point d'appui, mais pas forcément au centre.



Aderf cinésiologie

Le muscle

- le travail purement concentrique est le résultat de la poussée (accélération du centre de gravité corporel) des membres inférieurs lors d'un saut vertical sur place ;
- le travail purement excentrique correspond à la flexion des genoux (freinage du centre de gravité corporel) lorsque l'on veut se mettre accroupi ;

Aderf cinésiologie

Le muscle

- le travail statique est le maintien d'une articulation à un angle donné comme par exemple l'exercice de la chaise où l'on travaille le quadriceps en étant appuyé dos au mur tout en conservant un angle de 90° au niveau du genou ;

Aderf cinésiologie

Le muscle

- le travail stato-dynamique consiste à passer une phase statique à une phase dynamique (excentrique ou concentrique) ou vice versa ; par exemple sauter d'une position sur-élevée (caisse) et de se réceptionner en marquant la position de flexion au niveau des genoux plus ou moins longtemps ;
- mais c'est aussi une situation appelée "squat-jump" : on se met en position genoux semi-fléchis, on compte 4 secondes, puis on saute le plus haut possible.

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Le travail pléiométrique ou pliométrique est la succession d'une contraction concentrique et d'une contraction excentrique ou vice versa ; c'est ce que l'on fait dans une impulsion pour sauter verticalement (excentrique pour baisser le CG et concentrique pour pousser sur le sol) ou dans une réception après d'un même saut vertical (excentrique pour freiner le CG et concentrique pour se remettre en position debout)

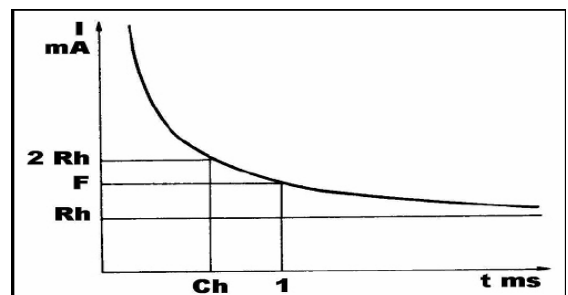
Aderf cinésiologie

Le muscle

- **L'excitabilité**
- C'est la propriété des cellules musculaires à pouvoir se contracter lors d'une excitation. Cette excitabilité obéit à certaines lois :
- l'intensité minimale ou seuil d'excitation : C'est-à-dire qu'il faut atteindre ce seuil pour avoir une contraction.
- loi dite du tout ou rien: Soit il y a une contraction soit il n'y en a pas. Il ne peut pas y avoir de « semi contraction »

Aderf cinésiologie

Le muscle



Courbe intensité-durée Aderf cinésiologie

Le muscle

- La rhéobase: intensité minimale pour déclencher une réponse tissulaire au cours d'une impulsion infinie
- [1] La chronaxie: durée d'impulsion déclenchant une réponse tissulaire pour une intensité = 2 x la rhéobase

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Il a été ainsi trouvé des unités motrices lentes (slow pour les anglo-saxons) et rapides (fast).
- De part leurs propriétés contractiles d'une part et les caractéristiques de leur motoneurons d'autre part, les différents types d'unités motrices sont donc sollicitées (recrutées) différemment.

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Unités motrices rapides et lentes
- Elles sont en réalité de trois sortes :
 - * lentes ou slow(ST); constituées de fibres musculaires rouges à métabolisme oxydatif, peu fatigables (type I), avec un petit motoneurone (petit volume cellulaire et faible diamètre) à vitesse de conduction la plus lente.
 - * rapides et résistantes à la fatigue ou fast(FTA); constituées de fibres musculaires blanches à métabolisme anaérobie, plus fatigables, mais encore très capillarisées (type IIA), avec des motoneurons plus importants, à vitesse de conduction plus rapide
 - * rapides et fatigables ou fast (FTB) ; ce sont les unités motrices constituées des fibres musculaires (type IIB) les plus rapides, les plus grosses, avec les motoneurons les plus importants et l'environnement le moins bien capillarisé.

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Implications masso-kinésithérapique:
 - Rééducation des muscles en fonction des typologies des fibres
 - Notion de fibres toniques
 - Notions de fibres phasiques

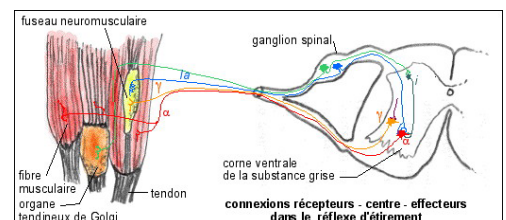
Aderf cinésiologie

Le muscle

- Tonus:
 - état de tétanos partiel du muscle du à la décharge asynchrone d'influx au niveau des nerfs moteurs innervant ce muscle. Le tonus est d'origine réflexe et correspond à un état permanent de contraction
 - Application kinésithérapique
 - Abolition des réflexes dans les atteintes nerveuses
 - Hypotonie musculaire

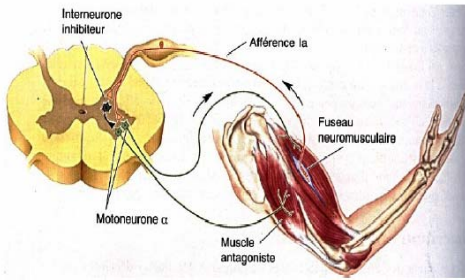
Aderf cinésiologie

Le muscle



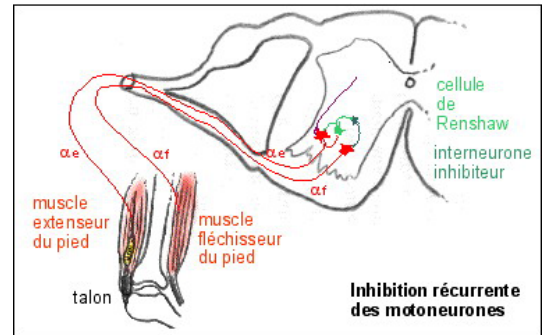
Aderf cinésiologie

Le muscle



Aderf cinésiologie

Le muscle



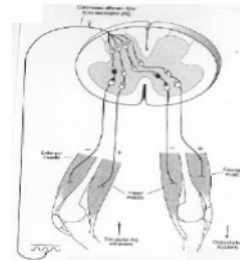
Aderf cinésiologie

Le muscle

- Loi de sherrington:
- On parle d'innervation directe ou croisée de sherrington
- Lorsqu'un muscle se contracte, il va entraîner l'inhibition de son antagoniste homolatéral et de son agoniste controlatéral
- Il entraîne de plus la facilitation de l'antagoniste controlatéral
- Exemple: la marche

Aderf cinésiologie

Loi de sherrington



Aderf cinésiologie

Le muscle

- Loi de sherrington
 - Exceptions:
 - Protection articulaire
 - Protection du fût osseux
 - Phénomène de cocontraction des muscles antagonistes par apprentissage

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Notion de courses musculaires
 - La course totale se divise en trois parties
 - De 0 à 1/3 moyen course interne
 - 1/3 moyen à 1/3 externe course moyenne
 - 1/3 externe à Max course externe

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Notion de rénittance musculaire
 - Offre une rénittance à la pression et effet ressort
 - Se définit comme:
 - État de tension du muscle mis en évidence lors d'une palpation transversale du corps musculaire, ce dernier étant dans une situation de repos. Peut s'accompagner dans certains cas, d'une sensation douloureuse
 - Peut se traduire par une certaine élasticité à l'étirement
 - Est augmentée dans le cadre de tensions musculaires en rhumatologie

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Rôle postural
 - Le muscle a un rôle de maintien soit dans le cadre d'un segment, soit pour l'ensemble du corps
 - Lutte contre la gravité (muscles anti-gravifiques)
 - différence entre les toniques (tient longtemps) et les phasiques (fatigue vite et sert à bouger)
 - Mouvement tonique: fort et grossier
 - Mouvement phasique: fin, précis et peu de force

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Il existe des muscles
 - mono-articulaires : toniques le plus souvent
 - Polyarticulaires: plutôt phasiques
 - Mouvement de lancer par exemple

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Notion de force musculaire:
 - La force musculaire est la capacité du muscle à produire une résistance durant un travail, elle est dérivée de la tension du muscle exercée pendant sa contraction.
 - Le muscle se renforce dès qu'il fonctionne au-delà de son intensité habituelle.
 - L'intensité peut être modifiée par la résistance (en ajoutant du poids), par le nombre d'exercices effectués avec un même poids, par le nombre croissant de l'ensemble des exercices effectués ou en réduisant les périodes de récupération.

Aderf cinésiologie

Le muscle

- Variations de la force musculaire ↗
 - Fonction de l'âge de 6 à 20 ans
 - 20 à 25 ans est au maximum
 - 25 à 65 ans diminue pour atteindre 75% de la Fmax
 - La force musculaire diminue progressivement mais l'os et les fonctions cardio-respiratoires ne suivent pas

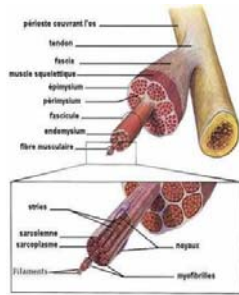
Aderf cinésiologie

Le muscle

- Variations de la force musculaire
 - En fonction du sexe
 - Avant la puberté =
 - Après la force des femmes = 2/3 de celle des hommes
 - En fonction du côté dominant (5 à 10 % de perte)
 - En fonction de la vitesse, plus la vitesse augmente, plus la force diminue

Aderf cinésiologie

Le muscle



Insertion tendineuse

Le muscle

- **Vigilance musculaire**
 - C'est une qualité proprioceptive prédisposant le muscle à réagir automatiquement face aux dangers menaçant l'intégrité de l'os et de l'articulation (biofeedback)
 - Réaction de l'ordre de 1/100ème de S
 - Parfois trop lent
 - le muscle travaille alors en état de prétension (feedforward)

Aderf cinésiologie

Le muscle

• Il existe 3 sortes de muscles :

Les muscles striés, volontaires (par exemple: le biceps). Ils obéissent à la volonté, et peuvent répondre de façon réflexe à une stimulation.

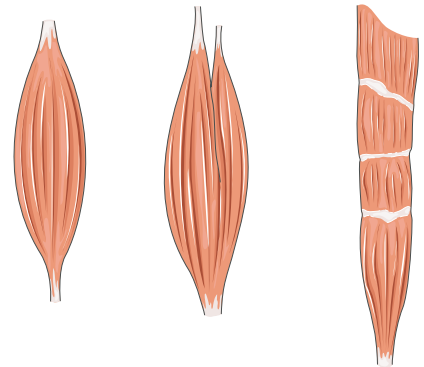
Leurs contractions peuvent être lentes (fibres rouges, de type 1) ou rapides (fibres blanches, de type 2).

Les muscles lisses, involontaires (par exemple les parois de l'intestin). Leur action n'est pas liée à la volonté. Leurs contractions, bien que lentes, peuvent être soutenues longtemps.

Le muscle cardiaque, au fonctionnement très particulier.

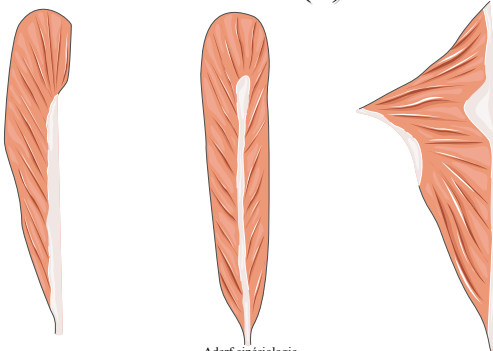
Aderf cinésiologie

Le Muscle



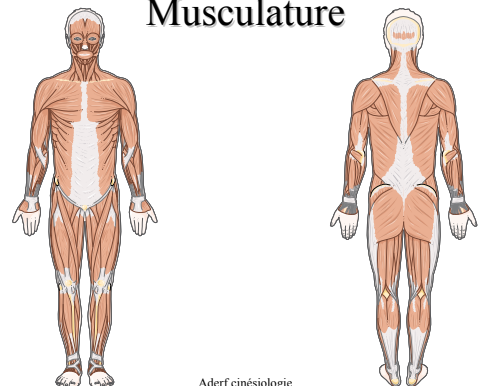
Aderf cinésiologie

Muscles (2)



Aderf cinésiologie

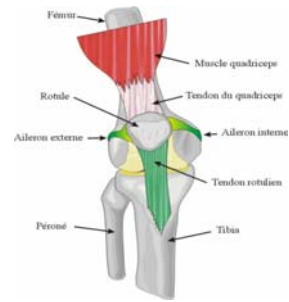
Musculature



Aderf cinésiologie

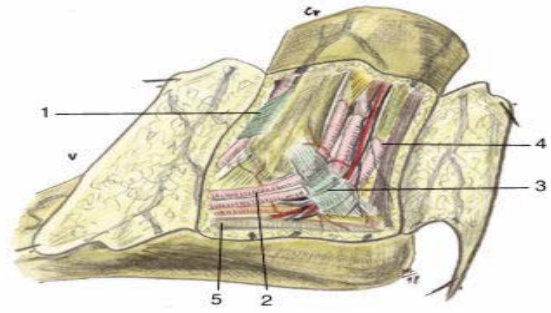
Le tendon

- Notion d'os sésamoïde
- La rotule est un os qui est inclus dans le système tendineux.
- On considère que c'est un os sésamoïde
- C'est un poulie de réflexion qui modifié la direction des forces du quadriceps



Aderf cinésiologie

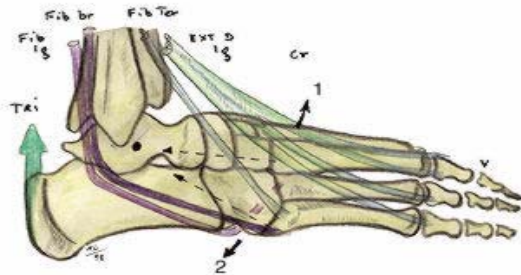
Le tendon



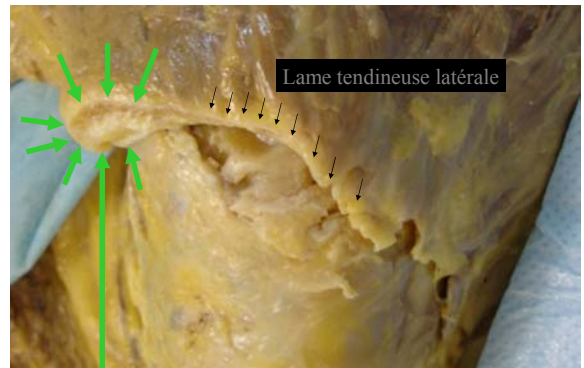
Tendons et poulies de réflexion

Aderf cinésiologie

Le tendon



Aderf cinésiologie



Le tendon postérieur

Aderf cinésiologie

3 bourses

Bourse du petit glutéal
(autour de son tendon)

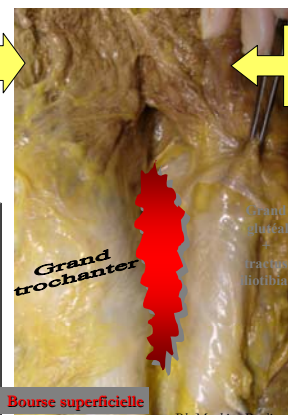
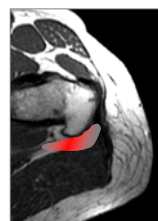
Bourse profonde
(entre tendon
MG et GT)

Bourse superficielle
(entre bord post. du GT et grand glutéal)

Plan profond

Moyen
glutéal

Plan superficiel



Bourse superficielle

Ph Mathieu Radio-anatomie périrochanterienne