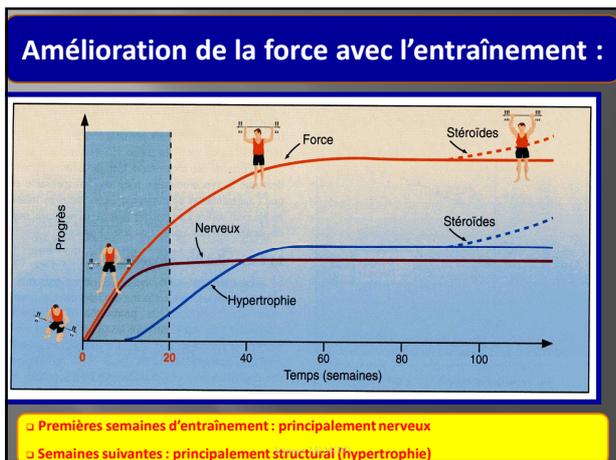
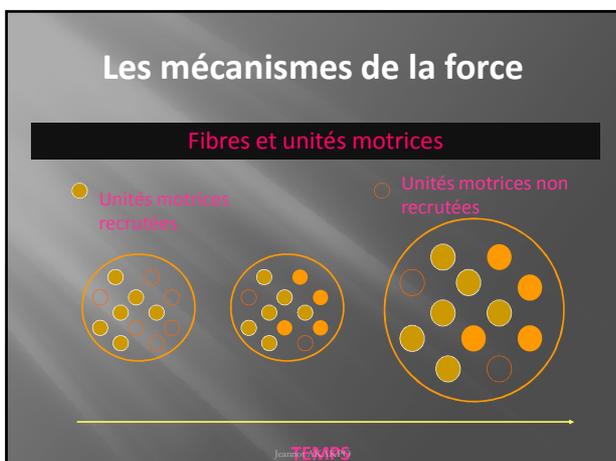


La force: facteurs ou mécanismes.

Jeannot AKAKPO





Mécanismes de la force

Le muscle est constitué de plusieurs UM.

Lors d'une contraction toutes les UM ne sont pas recrutées.

Les UM sont recrutées différemment en fonction de la force.

Ce sont d'abord les UM de type lente qui sont recruté avant les UM rapides. (Principe d'Henneman).

Avec l'entraînement on va augmenter le nombre d'UM recruté lors d'une contraction.

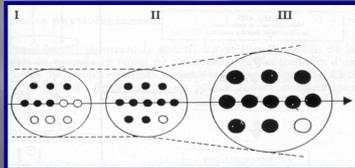
Elle joue fortement sur la force-vitesse mais également sur la force max.

Place des phénomènes de recrutement dans l'augmentation de la force (d'après Fukunaga 1976)

Mécanismes de la force

•Il apparaît qu'au début d'un cycle d'entraînement, l'augmentation de la force est liée à mécanisme nerveux et non à un phénomène structural. (Hakkinen et Komi, 1983).

•Dans un deuxième temps, on observe une adaptation structurale (se traduisant principalement par une hypertrophie).



Place des phénomènes de recrutement dans l'augmentation de la force (d'après Fukunaga 1976)

Mécanismes de la force: recrutement des UM:

Le schéma de Fukunaga semble rendre compte de la temporalité entre phénomènes nerveux et hypertrophie:

Etape 1: le débutant ne recrute que peu de fibres (points vides)

Etape 2: au bout de quelques semaines, le nombre d'unités motrices recrutées augmente, sans hypertrophie;

Etape 3: dans la suite de l'entraînement, c'est surtout l'hypertrophie qui serait la cause principale du gain de force.

Jeannot AKAKPO



Les mécanismes de la force

Mécanismes de la force et bases physiologiques.

- La possibilité pour un sujet de développer la force dépend de l'**adaptation** de différents facteurs.
- Ces facteurs intervenant dans le processus de développement de la force sont de 3 ordres :
 - les facteurs structuraux
 - les facteurs nerveux
 - les facteurs d'étirement

Jeannot AKAKPO

La force: les mécanismes

Trois éléments d'**adaptation** ou 3 facteurs principaux :

- **Structuraux** : touchent à la composition même du muscle
- **Nerveux** : concernent l'utilisation des unités motrices
- **Élastiques (+ nerveux)** : potentialisation de la contraction musculaire avec l'étirement préalable du muscle

Jeannot AKAKPO

La force: les facteurs

De façon général le développement de la force est lié aux facteurs suivants:

- La surface de section du muscle (volume) qui dépend du nombre et de la surface des myofibrilles
- Le recrutement des UM nombre de fibres musculaires recrutées
- La typologie des fibres (composition du muscle en fibres rapides et lentes).
- La longueur des fibres musculaires et l'angle de traction
- La coordination intermusculaire:
 - La coordination entre groupes musculaires agonistes et antagonistes
- La synchronisation spatiale et temporelle du recrutement des unités motrices: la coordination intramusculaire.
- La motivation
- L'âge (FMAX: théorique à 25ans / pratique à 35ans)

Jeannot AKAKPO

La force : les facteurs structuraux

- Ils touchent à la composition même du muscle
 - Sarcoplasme
 - Fibres et myofibrilles,
 - Enveloppes musculaires : tissu conjonctif,
 - Vascularisation.
- Ici, l'augmentation de la force est obtenue par l'augmentation du volume musculaire c'est à dire par une hypertrophie des fibres musculaires.
- La force musculaire dépend en partie de la section du muscle : plus un muscle sera volumineux, plus il semble fort.

Jeannot AKAKPO

Les cause de l'hypertrophie

- 4 structures concernées par l'hypertrophie .
 - Une augmentation de la taille et du nombre de myofibrilles (plus petites fibres musculaires qui compose le muscle) par fissuration.
 - Une augmentation de la vascularisation (nombre de vaisseaux sanguins) qui est fonction du type d'exercice. Le travail à faible charge et le travail aérobic sont favorables à l'amélioration de la vascularisation.
 - Une augmentation du nombre de fibres musculaires (cet argument ne semble validé chez l'humain).
 - Une augmentation des enveloppes musculaires (tissu conjonctif= tendons et ligaments)

Jeannot AKAKPO

La force : les facteurs structuraux

L'hypertrophie musculaire : les causes

- ▣ L'hypertrophie serait liée au phénomène de régénération des dommages causés par les charges d'entraînement.
 - Les charges importantes semblent provoquer des micro lésions.
 - La réparations de ces micro-lésions lors de la récupération permettraient de multiplier les myofibrilles et/ou les renforcer
 - Le processus semble suivre les étapes suivantes:
 - Microlésion
 - Réparation
 - Régénération
 - Augmentation de la taille de myofibrilles.

Jeannot AKAKPO

Facteurs structuraux: hypertrophie

4 éléments

- Fibres - Myofibrilles 
- Tissu conjonctif 
- Vascularisation 
- Sarcoplasme 

Jeannot AKAKPO

Modification des sarcomères

La multiplication du nombre de sarcomères semble être une des adaptations structurales. L'augmentation peut se faire de 2 manières:

En parallèle → Hypertrophie → ↑ la tension

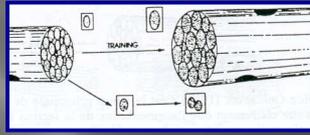
En série → Amplitude → ↑ vitesse de contraction
vitesse de déplacement

Chez l'animal, un muscle immobilisé en position d'allongement permet une augmentation de 20 à 30% du nombre de sarcomères aux extrémités des myofibrilles.

Jeannot AKAKPO

Les myofibrilles : la taille

Myofibrilles

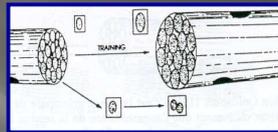
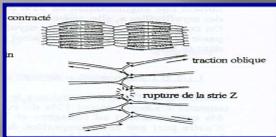


L'augmentation de la taille des myofibrilles résulte de l'addition des filaments d'actine et de myosine des myofibrilles.

L'hypertrophie consécutive à un travail avec charges lourdes affecte les 2 types de fibres. Toutefois elle est plus marquée pour les fibres de type 2 (Thorstenson, 1976, MacDougall et coll., 1980).

Jeannot AKAKPO

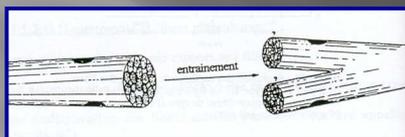
Les myofibrilles: le nombre



La fissuration longitudinale qui serait la conséquence d'un déséquilibre des bandes I et A permettrait d'expliquer l'hypertrophie. Il semble que c'est la cause principale. Goldspink (1985)

Jeannot AKAKPO

Les myofibrilles: le nombre



□ Avec les données actuelles, on ne peut pas être affirmatif sur le phénomène d'hyperplasie chez l'homme.

Jeannot AKAKPO

Le tissu conjonctif

Le collagène et les autres tissus non- contractiles représentent 13% du volume total du muscle . Mac Dougall (1984).

- * 6% de collagène
- * 7% aux autres tissus.

Les études montrent que ce pourcentage reste constant tant chez le sédentaire que le culturiste .

Conclusion:
l'hypertrophie musculaire s'accompagne d'une augmentation du tissu conjonctif.

Jeannot AKAKPO

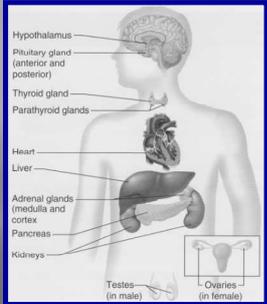
La vascularisation

- La vascularisation semble augmentée avec des charges moins lourdes sur des séries longues. Tech (1988).
- Le nombre de capillaires reste plus élevé chez les culturistes comparés aux sédentaires. Shrantz (1982).

Les charges lourdes avec peu de répétitions pourraient provoquer une diminution du nombre de capillaires.

Jeannot AKAKPO

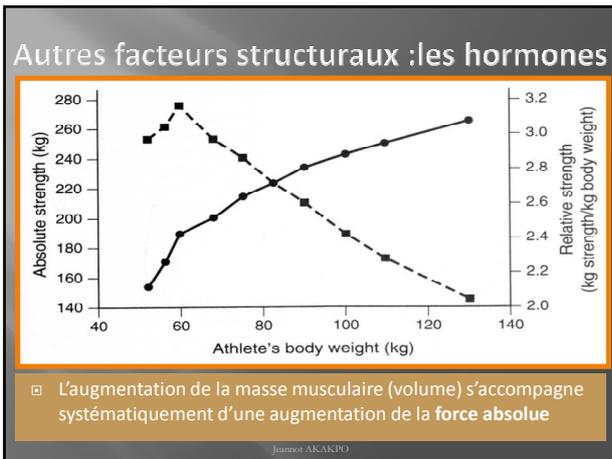
Autres facteurs structuraux: les hormones



☐ Anabolisme musculaire favorisé par l'action de:

- Hormone de croissance
- Catécholamines (Adrénaline et Noradrénaline)
- Testostérone

Jeannot AKAKPO



Autres facteurs structuraux : les hormones

Comment manipuler le système endocrinien par la musculation ?
 Recruter un maximum de fibres pour un remodelage le + important
 Seules les fibres sollicitées par l'entraînement seront remodelées.

Testostérone :

- Exercices sollicitant de grands groupes musculaires (ex : squats)
- Charge lourde (85% à 95% de RM1)
- Volume de travail : de modéré à élevé (plusieurs séries)
- Récupération courte (30'' à 1')

Hormone de croissance :

- Exercices sollicitant le métabolisme anaérobie lactique
- Travail = 10RM avec au moins 3 séries de plusieurs exercices
- Récupération courte (1')

Jeannot AKAKPO

Les stéroïdes anabolisants

Généralités:

-2 types: exogène et endogène (secrété par l'organisme, difficile à utiliser car se dégrade vite). Utilisés entre 1950 et 1980

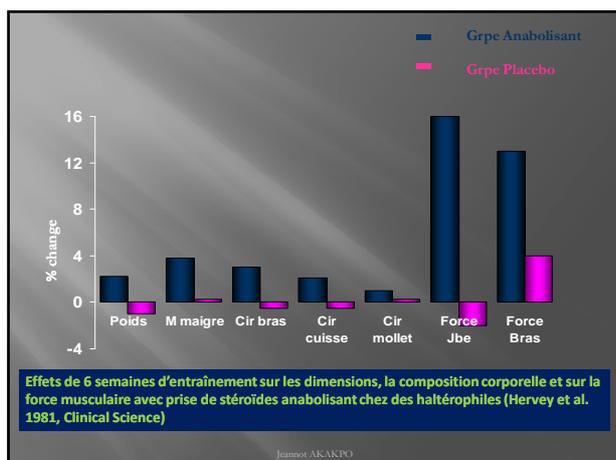
- Stimulent la synthèse protéinique et inhibent leur dégradation
- Accélèrent la croissance des tissus
- Augmentent la masse musculaire

-Exemples: testostérone (End), DHEA (End), Nandrolone (Ex)

Effets recherchés:

- Confiance en soi, agressivité
- masse musculaire
- Charge de travail (plus de volume et plus intense)
- Reculer le seuil de fatigue
- Endurance ?

Jeannot AKAKPO



	taille (cm)	poids (kg)		période (ans)
		avant	après	
Ben Johnson	180	64	78	4
Linford Christie	189	77	94	12
Tom Petranoff	188	85	95	1

Cependant l'utilisation des anabolisants est courante également dans les sports d'endurance

- Effets secondaires
 - Destruction ζ hépatiques → Cancer Foie
 - ↑ tension artérielle
 - ↑ LDH
 - Manifestation
 - désir sexuel
 - vertige
 - maux de tête
 - agressivité
 - Femmes → Masculinisation → Acnés
 - Calvitie
 - Troubles menstruels
 - Pilosité
 - Hommes → Féminisation
 - Atrophie testiculaire
 - Stérilité

2. Hormones et Substances apparentées

- Erythropoïétine (EPO)
- Hormone de croissance (hGH), Facteur de croissance (IGF-1)
- Gonadotrophines (LH, HCG - gonadotrophine chorionique (augmente la sécrétion de testostérone chez l'homme)
- Insuline
- Corticotrophines

Jeannot AKAKPO

2.1 L'EPO

Généralités:

- Hormone fabriquée par les reins régulant le taux d'hémoglobine
- Utilisée pour l'anémie et l'insuffisance rénale
- Utilisée de 1980 à aujourd'hui
- Stimule la moelle osseuse pour produire des globules rouges
 - Augmente le taux d'hématocrite
 - Améliore le transport d' O₂

Jeannot AKAKPO

Effets recherchés:

- Augmenter la concentration de GR (+ 10% après 3 S)
- Augmenter la VO₂max
- Augmenter l'endurance aérobie
- Accélération de l'adaptation à l'altitude

Sports concernés:

- Alpinisme
- Athlétisme (demi-fond, fond)
- Cyclisme
- Football
- Ski de fond

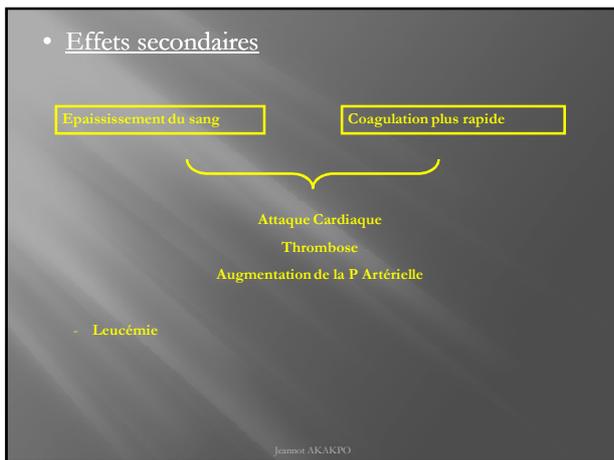
Jeannot AKAKPO

Effets de 4 semaines d'injections d'EPO et de Placebo sur l'hématocrite et la consommation d' O₂ (d'après Connes et al. 2004; IAP)

	EPO (n=9)		Placebo (n=7)	
	T0	T25	T0	T25
Hct, %	44,4 (0,8)	48,1 (1,0)	44,0 (1,1)	43,6 (0,8)
Hb, g.dl ⁻¹	14,6 (0,3)	16,0 (0,3)	14,5 (0,3)	14,5 (0,3)
Ret, %	1,22 (0,1)	2,01 (0,1)	1,34 (0,1)	1,23 (0,1)
VO ₂ max (ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹)	63,9 (1,5)	68,4 (1,9)	64,8 (2,0)	64,6 (2,0)
Pmax	402 (12)	431 (15)	404 (16)	416 (13)

Hct: hématocrite (volume occupé par GB dans un volume de sang); Hb: hémoglobine, Ret: réticulocyte, VO₂max: consommation maximale d'oxygène, Pmax: puissance maximale

Jeannot AKAKPO



2.2 L'Hormone de Croissance (GH)

Généralités:

- Hormone fabriquée par l'hypophyse (glande pituitaire)
- Utilisée dans les cas de nanisme, de retard de croissance
- Utilisée de 1980 à aujourd'hui
- Synthétisé par de nombreux labos (12\$ pour 6 mois)

- Stimule la synthèse de protéine
- Stimule la croissance des os longs
- Stimule la lipolyse
- Augmente la concentration en glucose dans le sang
- Favorise la cicatrisation des accidents musculaires

}

Validé chez le modèle animal

Jeannot AKAKPO

Effets recherchés:

- Augmenter la taille (adolescents)
- Augmenter la masse musculaire
- Diminuer la masse grasse
- Épargner les réserves de glycogènes

Sports concernés:

- Athlétisme (lancer, sprint)
- Culturisme
- Cyclisme
- Football Américain
- Ski de fond
- Sports de grande taille (BB, VB...)

Jeannot AKAKPO

Effets de 12 semaines d'entraînement en force chez 9 sujets sédentaires avec hGH et 7 sujets avec placebo (d'après Yarasheski et al. 1992)

Table 1. Body composition and circumferences

	Exercice + Placebo			Exercice + GH		
	Initial	Final	Delta	Initial	Final	Delta
Body wt, kg	76.0±2.3	77.4±2.1	1.4±0.7	70.6±3.7	73.8±3.6†	3.2±0.6
Fat mass, kg	12.6±1.8	12.4±1.5	-0.2±0.5	11.7±2.1	10.4±1.8	-1.4±0.5
Fat-free mass, kg	63.4±2.1	65.0±1.7*	1.6±0.7	58.9±2.1	63.4±2.2†	4.5±0.6‡
Total body water, liters	46.7±1.5	48.1±1.6†	1.4±0.4	43.9±1.7	48.0±1.6†	4.1±0.7‡
Chest, cm	97.7±1.9	100.1±2.0†	2.4±0.6	96.4±3.1	99.9±3.0†	3.5±0.8
Upper arm, cm	34.6±0.9	36.1±0.8†	1.4±0.2	34.5±1.5	36.0±1.1*	1.5±0.5
Thigh, cm	57.1±1.2	57.8±1.0	0.4±0.4	55.2±1.6	56.3±1.7*	1.1±0.4
Mid thigh, cm	54.0±1.0	54.6±0.8	0.6±0.4	52.0±1.6	53.7±1.5*	1.8±0.7

Values are means ± SE; * P < 0.05 vs. initial; † P < 0.01 vs. initial. ‡ Increase for growth hormone (GH)-treated group greater than (P < 0.01) increase for placebo.

➡ hGH a tendance à augmenter la masse maigre sans entraîner d'hypertrophie plus importante... masse maigre des tissus autres que le muscle?

Jeannot AKAKPO

Table 2. Muscle strength improvement

Exercice	Exercice + Placebo		Exercice + GH	
	Delta	%Change	Delta	%Change
Shoulder press	5.3±0.5	53±6	6.5±0.9	60±10
Bench press	6.1±0.7	43±6	6.2±1.3	43±11
Deltoids	4.4±0.5	47±7	4.5±0.4	50±6
Bicep curl	4.4±0.3	36±3	4.2±0.6	33±4
Latissimus	6.5±0.4	59±5	6.4±0.5	60±8
Flys	6.5±0.4	73±8	6.4±0.5	66±10
Knee extension	9.7±0.9	68±10	8.8±1.2	66±16
Leg press	4.9±0.7	26±4	4.8±0.5	34±5
Knee flexion	4.1±0.4	47±8	5.0±0.8	71±17
Average	5.8±0.6	50±4.6	5.9±0.5	54±4.7

Values are means ± SE. Final strength score greater (P < 0.01) than initial for all exercises in both groups. Delta scores represent absolute increase in no. of 4.5-kg wts lifted. Average and individual delta and %change scores were not different between groups.

➡ hGH ne potentialise pas l'effet d'un entraînement en résistance sur la force. Doses pas assez importantes??

Jeannot AKAKPO

▣ Effets secondaires

- Cardiomyopathie
- Myopathie
- Neuropathie
- Diabète
- Polypes du colon (cancer du colon)
- Hypertension

Jeannot AKAKPO

Les facteurs nerveux

Les facteurs nerveux, peuvent s'identifier à travers 4 paramètres différents

- la typologie des fibres
- le recrutement des fibres
- la synchronisation des unités motrices (UM)
 - ou coordination intramusculaire
- la coordination intermusculaire

Jeannot AKAKPO

Développement de la force: les mécanismes

Mécanismes nerveux: Zatsiorsky 1966

```
graph LR; R["Recrutement  
Spatial (rampe ou  
ballistique)  
Temporel (fréquence des  
UM)"] --> F["Force"]; T["Typologie"] --> F; S["Synchronisation  
des UM"]; C["Coordination  
intermusculaire"]; F --- S; F --- C;
```

Jeannot AKAKPO

Mécanisme de la force : adaptations nerveuses.

- ▣ **Constat 1** : un gain de force peut s'observer en l'absence d'hypertrophie et s'explique par des **facteurs nerveux**.

- ▣ **Constat 2** : d'une manière générale, les unités motrices sont **asynchrones** (elles ne sont pas toutes actives en même temps) donc augmentation ou baisse du gain de force.

Jeannot AKAKPO

Facteurs nerveux: typologie des fibres

Rappel sur les fibres.

- ▣ Ils existe 2 types de fibre dans le muscle :
 - les fibres lentes de type I
 - les fibres rapides de type II

- ▣ Les fibres de type I:
 - sont lentes dites aérobies donc très vascularisées
 - elles caractérisent les efforts longs
 - Elles ont un seuil de stimulation plus faibles (une faible stimulus pour être activées).

Jeannot AKAKPO

Facteurs nerveux: typologie des fibres

- ▣ Fibres de type II, sont divisées en fibre II A et fibres II B.
 - Les fibres II B
 - rapides, peu vascularisés
 - utilisées pour des exercices à intensité maximale comme la vitesse,
 - nécessitent une forte stimulation pour être activées.

 - Les fibres II A
 - sont intermédiaires entre les I et les II B.
 - Elles ont les propriétés des fibres 1 et 2.

Jeannot AKAKPO

Typologie et modification des fibres

	1	2A	2B
Conduction velocity	100%	100%	100%
Innervation	1	1	1
Endurance	High	Low	Low
Force	Low	High	High
Interval training	Low	High	High

1 → 2C
2A → 2B

Jeannot AKAKPO

Facteurs nerveux: recrutement des fibres

Loi 1: loi de Henneman

- ▣ Elle montre que les fibres lentes sont recrutées avant les fibres rapides et ce quelque soit le type de mouvement.
 - Une charge légère entraîne un recrutement des fibres lentes
 - Une charge moyenne entraîne un recrutement des fibres lentes et II A
 - Une charge lourde entraîne un recrutement des fibres lentes II A et II B
- ▣ Remarque : Cette loi n'est plus valable pour les mouvement de type pliométrique

Jeannot AKAKPO

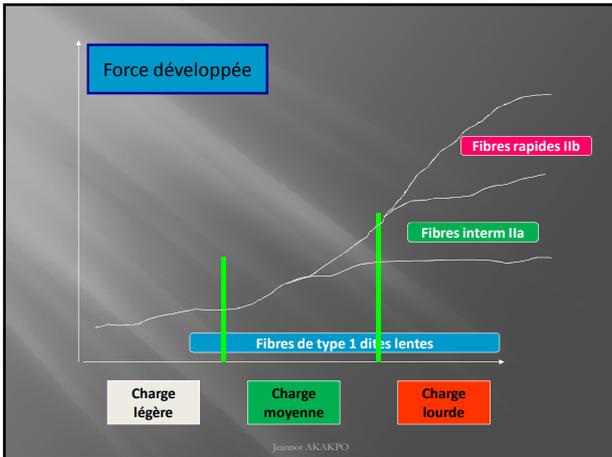
Facteurs nerveux: recrutement des fibres

- ▣ Le type de fibre caractérise le niveau de force.
 - ▣ Les fibres de type 1 sont plus endurantes.
 - ▣ Les fibre de type 2 sont capables de générer de la force plus rapidement.
 - Le nombre de fibre de type 1 ou 2 a une influence sur la force vitesse ou la force endurance.

Incidence sur la force max:

- ▣ A diamètre identique les fibres de type 1 ou 2 développent la même force.
- ▣ La force maximale pourra être atteinte plus rapidement si on possède beaucoup de fibre de type 2.

Jeannot AKAKPO



Facteurs nerveux: recrutement des fibres

- Les fibres lentes sont recrutées avant les fibres rapides quelque soit le type de mouvement.
- Pas intéressant dans le cas de mouvements rapides ou explosifs.

La loi d'Henneman

Facteurs nerveux: recrutement des fibres

Augmenter le % de fibres rapides permettrait d'augmenter FMAX

The main graph shows Force (F) on the y-axis and Nombre d'unités motrices (Number of motor units) on the x-axis. Three curves represent Fibre I, Fibre IIa, and Fibre IIb. Vertical dashed lines indicate the recruitment points for 'Charge faible', 'Charge moyenne', and 'Charge forte'. Fibre I is recruited at the lowest load, Fibre IIa at the medium load, and Fibre IIb at the highest load. The total force increases as more motor units are recruited.

Est-ce que le développement de la force favorise la conversion de fibres lentes en fibres rapides ?

Facteurs nerveux: aspects pratiques

l'intensité du travail

- ☐ Pour mobiliser les fibres de type II B et donc les développer (celle du sprinter ou de tout exercice de force explosive)
 - les charges devront être importantes:
 - A intensité supérieures à 60 % de 1 RM (répétition max) pour un débutant
 - A intensité supérieures à 80 % de 1 RM pour un confirmé.
 - ☐ Pour recruter et développer les fibres musculaires,
 - l'entraînement doit s'inscrire sur du long terme et une augmentation progressive de l'intensité des charges ainsi que le volume de travail
- ☐ Il est possible de différencier alors le niveau des pratiquants :
 - ☐ Plus le niveau de performance est élevé, moins le bénéfice de l'entraînement est important pour la même charge de travail.
 - à un niveau débutant n'importe quel travail permettra de réaliser des progrès
 - à un niveau expert seul un travail construit et important permettra des progrès.

Jeannot AKAKPO

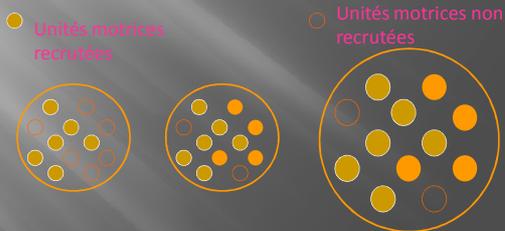
Les facteurs nerveux: le recrutement spatial

- ☐ Le muscle est constitué de plusieurs UM. Lors d'une contraction toutes les UM ne sont pas recrutées.
- ☐ L'UM sont recrutés différemment en fonction de la force.
 - Ce sont d'abord les UM de type lente qui sont recruté avant les UM rapides. (Principe d'Henneman)
 - UM de petite taille sont recrutés en premier elles ont une vitesse de conduction faible.
- ☐ Avec l'entraînement on va augmenter le nombre d'UM recruté lors d'une contraction.
- ☐ Elle joue fortement sur la force-vitesse mais également sur la force max.

Jeannot AKAKPO

Les mécanismes de la force

Les facteurs nerveux : la sommation spatiale



Jeannot AKAKPO

Les mécanismes de la force

Les facteurs nerveux : la sommation temporelle

(1) Secousse musculaire (2) Sommation temporelle (3) Tétanos incomplet (les contractions ne sont pas complètement fusions) (4) Tétanos complet (les contractions sont complètement fusionnées)

Adapté de Marieb (1993)

Jeannot AKAKPO

La sommation temporelle

- ☐ Lorsque l'on applique une secousse ou un stimulus sur une fibre musculaire, on s'aperçoit que la fibre développe une tension.
- ☐ Si on applique a nouveau une secousse, avant un retour à la tension de base, on s'aperçoit que la tension développée est supérieure à celle de la secousse simple.
- ☐ Quand les secousses sont très rapprochées on obtient un tétanos complet avec une tension supérieure à la simple stimulation.
- ☐ Ainsi la fréquence de décharge du motoneurone fait varier la tension développée par l'UM.
 - Cela a une incidence surtout pour la force maximale et la force vitesse.

Jeannot AKAKPO

Le recrutement temporel

a - la secousse b - sommation de secousses c - le tétanos imparfait d - le tétanos parfait

Un muscle répond par une secousse à une impulsion. Si une deuxième impulsion survient suffisamment rapidement, la secousse est alors supérieure (il y a sommation).

Une série d'impulsions rapprochées donnera un tétanos imparfait, puis un tétanos parfait.

Jeannot AKAKPO

La sommation temporelle

Conséquences pratiques

- ▣ Les charges lourdes sont idéales pour augmenter la force maximum,
- ▣ Les charges légères utilisées rapidement sont favorables pour la montée rapide en force.
 - Une combinaison des 2 présente un intérêt certain.
- ▣ L'entraînement augmente donc la possibilité de développer des fréquences élevées. Les unités motrices à haut seuil de recrutement qui n'étaient pas concernées vont être sollicitées.
- ▣ L'entraînement isométrique permet un maintien de décharge élevée pour une période plus longue.

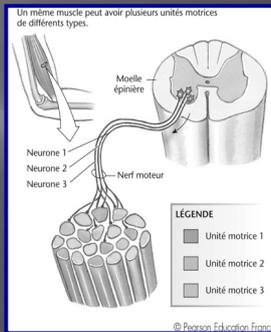
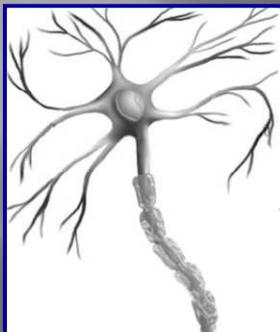
Jeannot AKAKPO

Synchronisation - coordination intramusculaire

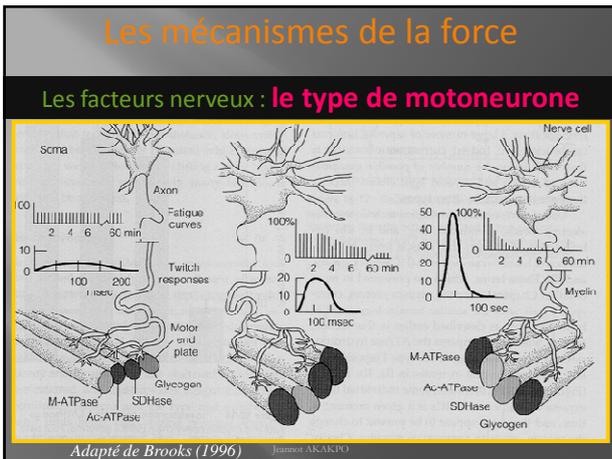
- ▣ Il s'agit de rechercher une synchronisation des fibres lors d'un effort.
- ▣ Une UM est constituée d'une fibre nerveuse (axone) et de l'ensemble des fibres musculaires.
 - de quelques fibres à plusieurs milliers pour les gros muscles
- ▣ La synchronisation c'est la capacité à coordonner de tous les éléments à l'intérieur du muscle.
 - C'est l'action synchrone des différentes fibres.

Jeannot AKAKPO

Facteurs nerveux: les UM.



Jeannot AKAKPO



Facteurs nerveux: les unités motrices

- C'est le motoneurone qui détermine le type de fibre de l'UM. Ces motoneurones ont des propriétés différentes notamment à cause de leur taille.
 - Plus le diamètre est important, plus la vitesse de conduction de l'influx est rapide.
 - Plus sa sensibilité à l'influx nerveux est faible, il faudra une intensité de décharge plus élevée pour réussir à l'exciter car sa gaine de myéline (un isolant constitué de graisses) - est plus épaisse.

Jeannot AKAKPO

Facteurs nerveux: les unités motrices

- Les motoneurones de gros diamètres innervent également plus de fibre.
- Lorsqu'ils sont stimulés, ils provoquent la mise en jeux de plus de fibres musculaires.
- Conséquences:
 - une contraction plus forte.
 - déterminant surtout pour la force-vitesse

Jeannot AKAKPO

Facteurs nerveux : la synchronisation

- ▣ Si la coordination intramusculaire est optimisée :
 - Le nombre de fibres musculaires innervées simultanément est important.
 - Les fibres ayant une vitesse de contraction différente (fibres lentes et fibres rapides) atteignent au même moment la force maximale de leurs actions

Jeannot AKAKPO

Facteurs nerveux de la force: coordination intramusculaire

La synchronisation qui serait responsable d'une montée en force plus rapide dans les mouvements explosifs et peut être d'une force maximum supérieure.

Le gain de force est souvent très spécifique aux conditions d'entraînement. La spécificité se manifeste de 4 façons:

- Le type de contraction
- La position de travail
- La vitesse d'exécution
- Le nombre de segments

Jeannot AKAKPO

Conséquences pratiques

- ▣ Pour améliorer la synchronisation:
 - Travailler avec des charges lourdes;
 - Travail mixte de type lourd – léger;
 - Travail mixte de type: stato-dynamique;
 - La pliométrie.

Donc les méthodes les plus efficaces sont ces efforts maximaux (Zatziorski) et les combinaisons lourd-léger.

Jeannot AKAKPO

Coordination intermusculaire

- ▣ Il s'agit de coordonner l'ensemble des muscles concernés par le mouvement mais également d'arriver à un relâchement des antagonistes.
- ▣ Cela s'obtient par un travail spécifique ou par un travail de force proche du mouvement de compétition et s'effectuant à la même vitesse

Jeannot AKAKPO

Facteurs nerveux : la coordination intermusculaire

La coordination intermusculaire .

- ▣ C'est la capacité de contracter uniquement le muscle concerné par le mouvement et de relâcher ceux qui ne le sont pas:
 - Muscles agonistes: synergiques – qui sont acteurs du mouvement
 - Muscles antagonistes: qui s'opposent au mouvement

Jeannot AKAKPO

Facteurs nerveux : la coordination intermusculaire

- ▣ Un autre facteurs nerveux est la coordination intermusculaire ou synergie musculaire.
- ▣ Pour une expression maximale de la force, il faut que les différents muscles sollicité se contracte ou se relâche ensemble.
- ▣ On distingue 4 groupes musculaires dans un mouvements:
 - les agonistes,
 - antagoniste,
 - les fixateurs (fixent les parties du corps ou articulation qui ne sont pas impliqué dans le mouvement)
 - les neutralisateurs qui empêchent les mouvements parasites.

Jeannot AKAKPO

La coordination intermusculaire

La coordination intermusculaire met en relation la force avec le geste spécifique de l'activité sportive.

La force fait donc appel à un apprentissage du mouvement.

coordination intermusculaire

contraction uni ou bilatérale	intérêt pour certaines activités
co-contraction des antagonistes	débutant et athlète
EMG mouvem. différents	choix correct des muscles
EMG mouvem. semblables	choix des exercices

Résumé sur la coordination intermusculaire.

Jeannot AKAKPO

Coordination intermusculaire

Coordination unilatérale et bi-latérale

Il faut dans certaines disciplines veiller à alterner dans le travail de force des exercices symétriques avec des exercices unilatéraux, pour parvenir à des sollicitations supérieures.

La co-contraction de agonistes et des antagonistes.

La contraction des muscles agonistes peut s'accompagner d'une contraction simultanée des muscles antagonistes (mécanisme protecteur), surtout au cours de mouvement rapides et violents (Freud et coll, 1978) chez des athlètes qui ne sont pas entraînés à la tâche donnée (Smith, 1981).

L'entraînement est susceptible de réduire le rôle de ce mécanisme.

Jeannot AKAKPO

Coordination intermusculaire

EMG ET MOUVEMENT DIFFÉRENTS

L'EMG détermine précisément les muscles concernés par les mouvements principaux de musculation.

Il faut sélectionner des exercices qui sont proches des conditions rencontrées dans les activités sportives.

Étude électromyographique du mouvement de squat (Kuntz et coll, 1988)

Jeannot AKAKPO

Coordination intermusculaire

EMG et Mouvement sensible

Kuntze et coll, (1986) ont voulu comparer le mouvement de squat dans 2 conditions différentes.

- 1) Charge lourde (80%) déplacée rapidement.
- 2) Charge légère 60% déplacée lentement.

On constate l'efficacité de sollicitation supérieure avec la charge lourde déplacée rapidement.

Jeannot AKAKPO

Facteurs nerveux: étirement

Les facteurs de l'étirement :

Cet étirement correspond à une contraction excentrique.

- ☐ Il met en jeu le réflexe myotatique (contraction réflexe d'un muscle suite à son propre étirement).
- ☐ Il s'effectue dans les mouvements de force explosive donc par exemple les bondissements.
- ☐ Principes à connaître : un muscle réagit d'autant mieux qu'il a été préalablement étiré.
- ☐ Ainsi l'étirement optimise les facteurs nerveux et structuraux en jouant sur les composantes élastiques du muscle.

Jeannot AKAKPO

Les facteurs de la force

Le réflexe myotactique

Une estimation de la contribution de l'élasticité et du réflexe myotactique.

L'analyse du gain consécutif à une contremouvement jump comparé à un squat jump.

La part relative de l'élasticité est évaluée à 70% et celle relative au réflexe myotactique à 30%

Jeannot AKAKPO

Etirement et pliométrie

Force supérieur	Zatsiorski 1966
Diminue les inhibitions sur le R.M.	Schmidtbleicher 1988
Élève le seuil des récepteurs de Golgi	Bosco 1985
Augmente la sensibilité des FNM	Pousson 1988
Diminue le temps de couplage	Bosco 1985
Augmente la raideur musculaire	Pousson 1988

Jeannot AKAKPO
