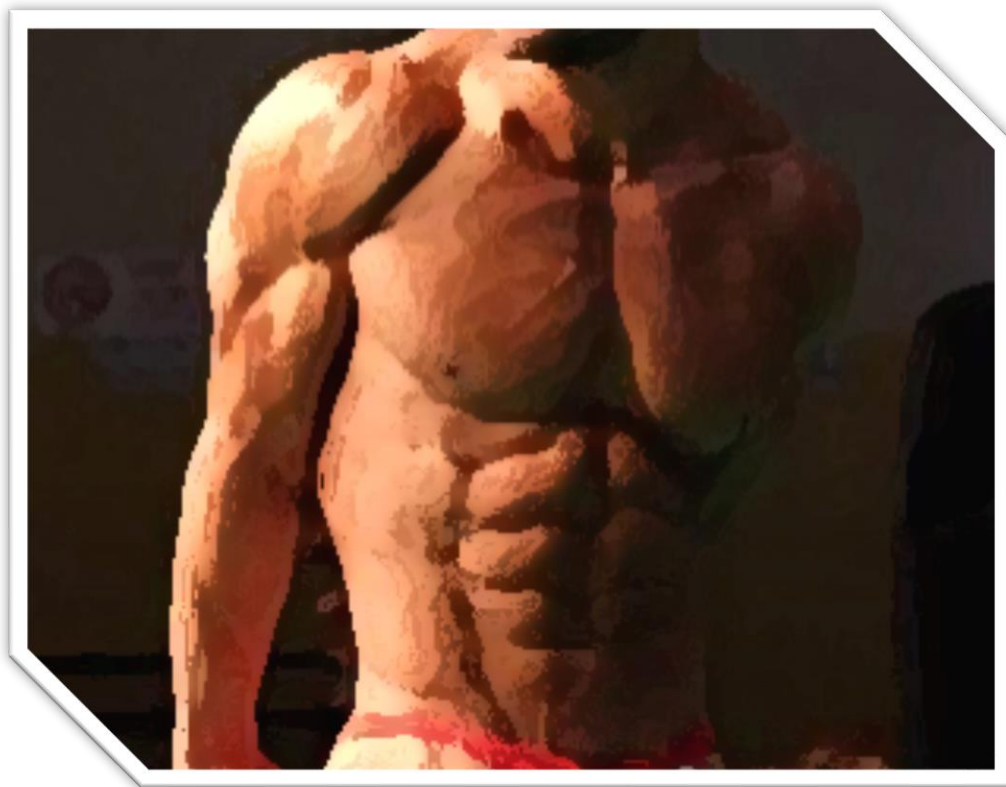


03. QU'EST-CE QUE L'HYPERTROPHIE ?



Thierry ZAMBON

Table des matières

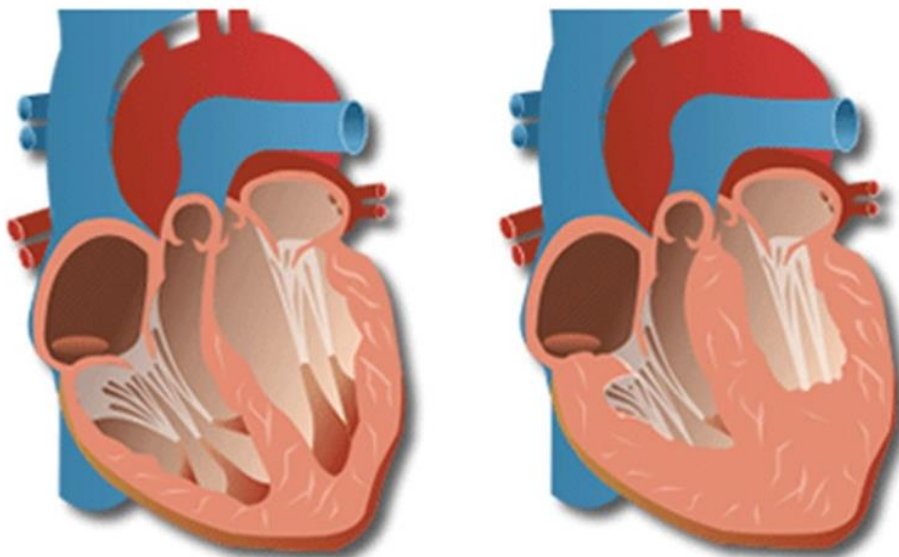
1.	DÉFINITION ET MÉCANISMES DE L’HYPERTROPHIE MUSCULAIRE.....	1
a.	Définition.....	1
b.	Mécanisme de l’hypertrophie musculaire	2
2.	LES MÉCANISME DU DÉVELOPPEMENT DE LA FORCE	3
a.	Les facteurs structuraux	4
b.	Les facteurs nerveux.....	5
c.	Les facteurs d’étirement.....	5
d.	Les atouts d’un travail de type force	6
3.	LES MÉCANISMES DE L’HYPERTROPHIE MUSCULAIRES.....	7
a.	L’hypertrophie conjonctive	7
b.	L’hypertrophie vasculaire	7
c.	L’hypertrophie sarcoplasmique.....	8
d.	L’hypertrophie myofibrillaire.....	9
e.	L’hypertrophie en série ou en parallèle.....	10
f.	L’hyperplasie	11
4.	LES FACTEURS POUVANT INFLUENCER L’HYPERTROPHIE.....	12
5.	QUE RECHERCHER EN FONCTION DU TYPE D’HYPERTROPHIE ?.....	13
a.	L’hypertrophie vasculaire	13
b.	L’hypertrophie sarcoplasmique	14
c.	L’hypertrophie myofibrillaire.....	15
	CONCLUSION.....	16

1. DÉFINITION ET MÉCANISMES DE L'HYPERTROPHIE MUSCULAIRE

a. Définition

Au sens premier du terme, l'hypertrophie désigne le développement trop important d'un organe ou d'une partie du corps. Cette modification anatomique est due à des altérations de son fonctionnement. Cet accroissement peut être variable.

Le contraire de l'hypertrophie est l'atrophie. Ce terme caractérise la diminution du volume ou du poids d'un tissu ou encore d'un organe. C'est ainsi que l'on parle couramment d'atrophie musculaire pour désigner la faiblesse d'un muscle ou de son volume.

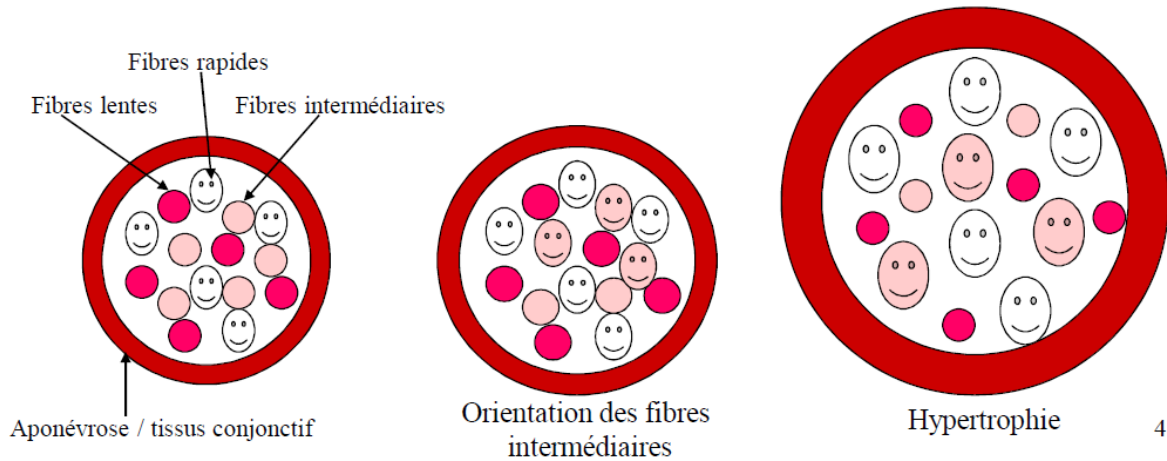


Exemple: hypertrophie ventriculaire

Dans le cadre du culturisme, ce terme désigne l'augmentation de la coupe transversale d'un muscle.

b. Mécanisme de l'hypertrophie musculaire

Ce sont, entre autres, les travaux de FUKUNAGA (1974) qui ont permis de comprendre le principe général de l'hypertrophie. Celui-ci peut être résumé par le schéma suivant :



L'hypertrophie musculaire est la résultante d'une adaptation

Les travaux de FUKUNAGA concluent que cette hypertrophie est une manifestation du processus d'adaptation de l'organisme humain (Cf. définitions : homéostasie, anabolisme, catabolisme).

Effectivement, en réaction à un stress extérieur, un processus d'adaptation se met en place. Toutefois, cela ne se fait pas automatiquement. Il faut en effet que ce stress ou ces stimuli soient suffisamment importants pour déclencher les mécanismes d'adaptation.

De fait, l'hypertrophie ne peut être considérée sans comprendre sa relation étroite avec les mécanismes de développement de la force. Seule une contrainte sortant de « l'ordinaire » peut engendrer ces adaptations.

En conséquence, si l'on n'exerce pas une force minimale contre résistance, le tissu musculaire ne s'adaptera pas et donc n'évoluera pas.

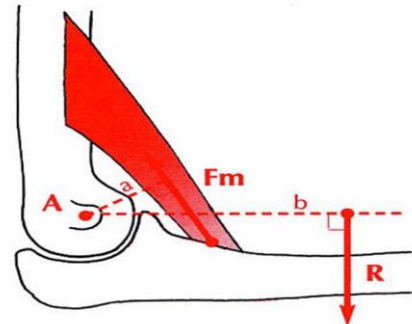
2. LES MÉCANISME DU DÉVELOPPEMENT DE LA FORCE

La FORCE, selon ZATZIORSKI (1966), est « la faculté de vaincre une résistance extérieure ou d'y résister grâce à des efforts musculaires ».

Selon PRADET, chez l'homme, la force est la « faculté que ce dernier a de vaincre une résistance extérieure ou d'y résister grâce à la contraction musculaire ».

Il est toutefois bon de rappeler que la force, en sa qualité de caractéristique mécanique du mouvement, peut être interprétée comme toute cause capable de modifier l'état de repos ou de mouvement d'un corps.

En revanche, quelle que soit la définition qu'on lui donne, la force reste définie par trois notions essentielles : son intensité, sa direction, et son point d'application (Cf. principes fondamentaux de biomécanique).



Les mécanismes du développement de la force sont dépendants de différents facteurs qui peuvent être schématiquement résumés comme suit :

FACTEURS STRUCTURAUX	FACTEURS NERVEUX	FACTEURS D'ÉTIREMENTS
Hypertrophie	Coordination	Élasticité
Fibres de type 2	Recrutement	Reflexe myotatique
Sarcomères	Synchronisation	

a. Les facteurs structuraux

FACTEURS STRUCTURAUX		
HYPERTROPHIE Développement de la section transversale du muscle	FIBRES DE TYPE II Travail de recrutement sélectif des fibres de type II	SARCOMÈRES
<ul style="list-style-type: none"> - Myofibrillaire (6x6) - Sarcoplasmique (4x10/12) - Conjonctif (13% de la masse totale du muscle) - Vasculaire (10x10/15) 	<ul style="list-style-type: none"> - Travail lourd (min 80% du 1RM) - Moins de 6 répétitions ou 8 à 10 secondes de travail 	<ul style="list-style-type: none"> - Travail en amplitude maximale (« hypertrophie en série » par augmentation du diamètre des sarcomère suite à leur étirement) - Travail en amplitude moyenne (« hypertrophie en parallèle » par augmentation du diamètre des sarcomères périphériques)

b. Les facteurs nerveux

FACTEURS NERVEUX		
COORDINATION	RECRUTEMENT	SYNCHRONISATION
<p>Le principe fondamental est l'amélioration de l'apprentissage moteur et de la vitesse.</p> <p>Dans cette approche, les qualités de vitesse sont fondamentales</p> <p>Charges légères (entre 30% et 60% du 1RM)</p>	<p>Il s'agit de l'action sur les unités motrices. Comme le dit la loi de HENNEMANN *, relative au recrutement des unités motrices (recrutement en « rampe ») : Faire progressivement appel aux plaques motrices des fibres I puis à celles des fibres II lors d'un effort type force pour lutter contre la charge.</p> <p>Le recrutement temporel va permettre d'augmenter la force par une élévation de la fréquence des impulsions envoyées aux unités motrices</p> <p>Charges allant de 0% (bien que selon les auteurs l'efficacité minimale soit située à 30%) à 80 du 1RM</p> <p><i>*Il y a controverse à ce sujet, à propos des mouvements balistiques : GRIMBY, HARNNETZ, 1980</i></p>	<p>Il s'agit « d'apprendre » à l'organisme à recruter en même temps toutes les plaques motrices pour un effort de type force</p> <p>Charges supérieures à 80% du 1 RM</p>

c. Les facteurs d'étirement

LES FACTEURS D'ÉTIREMENT	
REFLEXE MYOTATIQUE	ÉLASTICITÉ
<p>Il s'agit d'un des moyens de protection du muscle : un muscle subitement étiré se contracte, avec inhibition de l'antagoniste.</p> <p>Il est possible d'intégrer et de développer ce réflexe à l'entraînement, en le basant sur un principe action/réaction, avec la PLIOMÉTRIE</p> <p><i>Charge impact : (HxP) x 9,81</i></p>	<p>Un muscle s'étire jusqu'à 120% de sa longueur et peut se raccourcir jusqu'à 50% de celle-ci.</p> <p>Plus la distance de contraction est longue, et plus il développe de force.</p> <p>Plus on sollicite l'élasticité du tendon :</p> <ul style="list-style-type: none"> - plus on renforce le périmysium (enveloppe du muscle) - plus on agit sur la longueur des myofibrilles en provoquant l'accroissement des sarcomères.

d. Les atouts d'un travail de type force

Le premier d'entre eux concerne la **mobilisation inter et intra musculaire**. En effet, un travail de ce type permet :

- D'optimiser le fonctionnement musculaire,
- D'accroître la mobilisation synergique des muscles,
- De développer une meilleure coordination générale.

Le second concerne le **maintien et la posture**. Le travail en force permet :

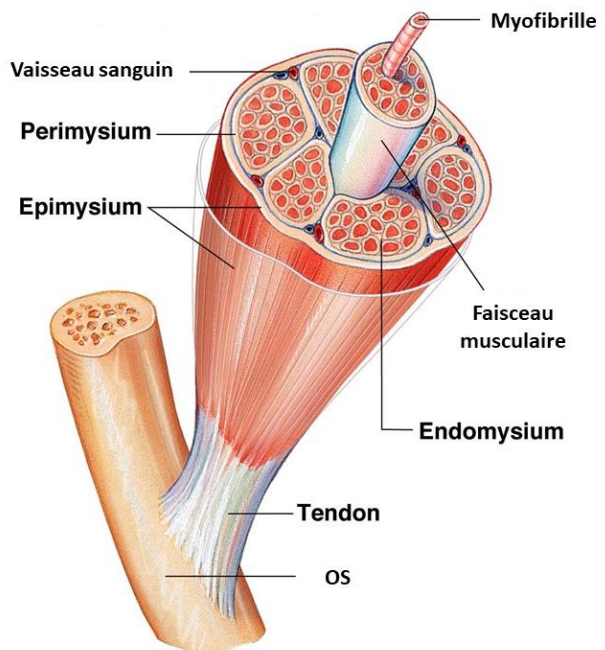
- D'optimiser les placements,
- D'optimiser le maintien et la posture du rachis (développement du travail des muscles paravertébraux),
- D'optimiser les gestes sportifs,
- De renforcer la coaptation articulaire.

3. LES MÉCANISMES DE L'HYPERTROPHIE MUSCULAIRE

a. L'hypertrophie conjonctive

Le tissu conjonctif musculaire (aponévroses : épimysium, périmysium, endomysium), est l'enveloppe des fibres musculaires, des muscles et des tendons. De façon plus globale c'est à la fois un tissu de soutien, de protection, et d'aide aux mouvements. Il représente 13 % du poids total du muscle. Cette proportion est constante même chez les culturistes, ce qui tend à prouver que le tissu conjonctif se développe au prorata du tissu musculaire.

Des études scientifiques ont mis en évidence que des entraînements en concentrique, en amplitudes maximales et en pliométrie (voire en excentrique) avaient des conséquences favorables sur le tissu conjonctif, en termes d'élasticité et de plasticité (POUSSON M. (1990), THEPAUTMATHIEU C., VAN HOECKE J., MATON B. (1998), GOUBEL F. (1999)).



De ce fait, un entraînement effectué « dans les règles de l'art », en conservant les caractéristiques fondamentales du mouvement (qui par ailleurs garantissent l'intégrité du pratiquant), permet de développer, sans difficulté, cette forme d'hypertrophie, qui reste toutefois « automatique ».

b. L'hypertrophie vasculaire

Cette forme d'hypertrophie est due à un afflux sanguin localisé, appelé **congestion**, qui provoque une vasodilatation des capillaires périphériques des muscles. Plus simplement, le muscle sollicité s'engorge de sang de façon transitoire pendant l'entraînement.

Ce processus est le résultat du travail effectué en séries longues principalement (charges inférieures ou égales à 50% de 1 RM).

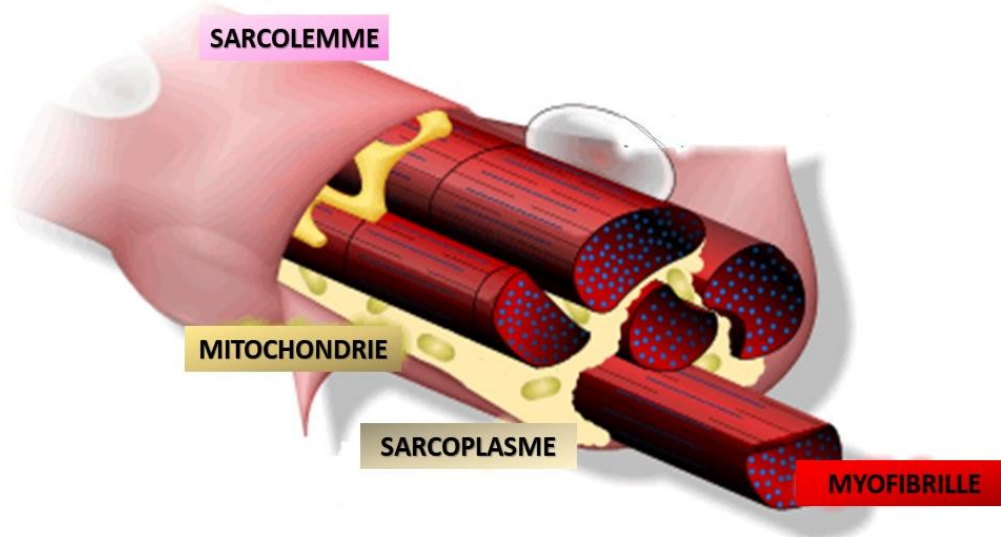
Des travaux ont montré que le nombre de capillaires par fibre est deux fois plus important chez le culturiste que chez le sédentaire. Ce phénomène est nommé **néocapillarisation** (développement de nouveaux capillaires à partir des capillaires existants).

En revanche, on constate un nombre de capillaires moins important chez les haltérophiles. Ceci est dû à l'utilisation préférentielle de la filière anaérobie alactique lors d'efforts brefs et maximaux.

En effet, sous l'action de la contraction, à partir d'une charge supérieure ou égale à 50% de 1 RM, une stase veineuse intramusculaire par compression des voies sanguines peut être observée. Cela a pour effet de limiter considérablement les échanges (impactant la récupération par exemple).

c. L'hypertrophie sarcoplasmique

Ce phénomène désigne une augmentation du volume du liquide intracellulaire, le sarcoplasme. C'est un liquide « gélatineux » qui remplit les espaces entre les myofibrilles (Cf. Schéma ci-dessous). Il est essentiellement constitué de glycogène, d'eau et d'O₂ (COSTILL, BOULA).

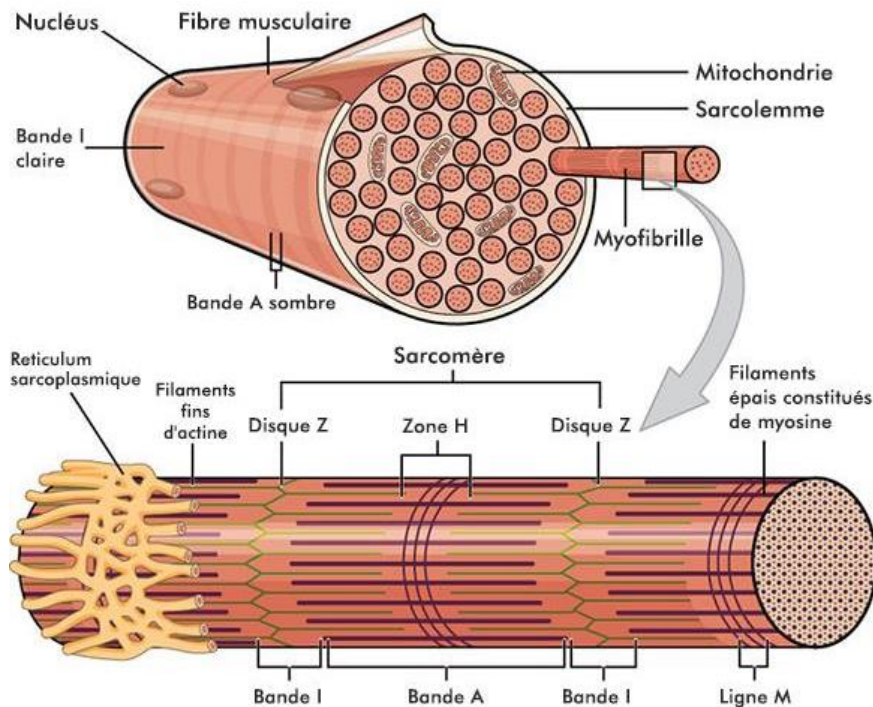


L'entraînement de type culturiste engendre une accumulation d'acide lactique. Cette acidose abaisse le pH de la cellule. Cela entraîne une perturbation de la perméabilité membranaire et une augmentation du liquide intracellulaire. En effet, il s'opère une rétention glycogénique qui s'accompagne de la pénétration d'H₂O (2,7g d'eau/g de glycogène) au sein de la cellule, induisant une volumisation importante du muscle par rétention intracellulaire.

Ceci est encore plus effectif chez des sujets soumis à une alimentation régulièrement excédentaire (principalement en glucide).

d. L'hypertrophie myofibrillaire

Ce phénomène désigne l'augmentation de la taille des myofibrilles. Pour rappel, le muscle contient des faisceaux de fibres, eux-mêmes composés de myofibrilles qui sont une succession de sarcomères alignés en série et solidaires dans la contraction.



Lors d'un travail de force (au-delà de 60 % et surtout au-delà de 75 % de 1 R.M.), on constate un accroissement des myofibrilles en taille et en nombre (travaux de SALE et Mac DOUGALL).

L'augmentation de la taille des myofibrilles est la cause principale de l'hypertrophie.

Elle est due à une fissuration longitudinale, consécutive à un déséquilibre entre la bande sombre constituée par l'actine et la myosine (Anisotrope) et la bande claire (Isotrope).

Lors de l'effort, la bande A se retrouve dilatée, ce qui entraîne une forte traction sur la strie Z (limite des segments de sarcomères) qui cède et se rompt sous la contrainte mécanique de l'effort fourni.

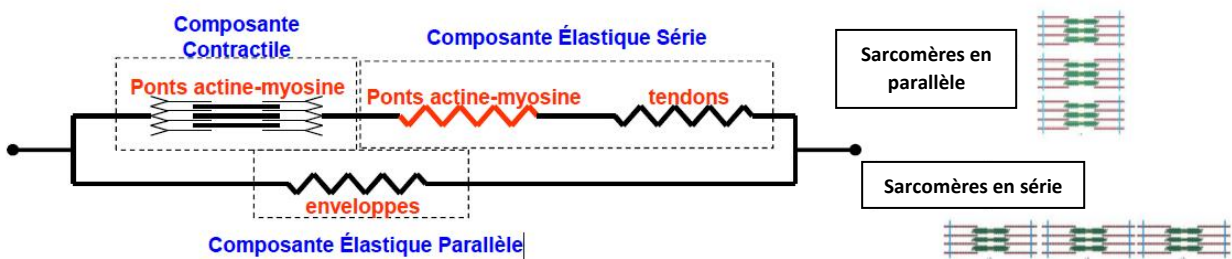
De ce phénomène, qui donne naissance à deux myofibrilles, résulte l'hypertrophie. Cette forme d'hypertrophie est donc durable, car on crée « du tissu contractile » : du muscle.

e. L'hypertrophie en série ou en parallèle

Il ne s'agit pas à proprement parler d'une « hypertrophie physiologique » comme nous venons de le voir, mais plutôt de deux biais d'hypertrophie correspondant à deux types de sollicitations mécaniques.

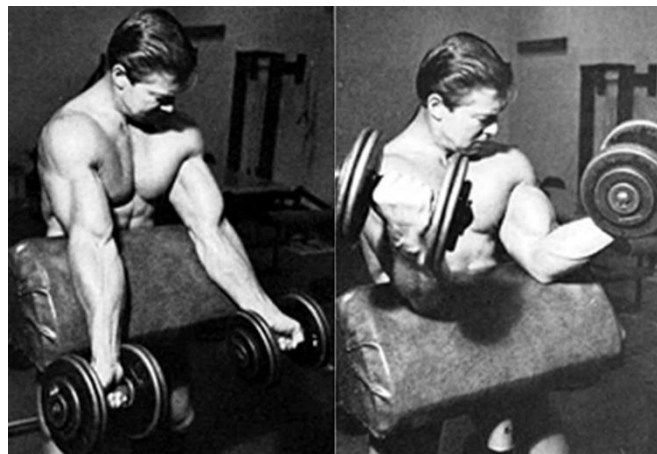
L'hypertrophie **en parallèle** correspond à des mouvements réalisés en amplitude médiane. Dans ce cas précis, l'épaisseur musculaire augmente par ajouts de sarcomères à la périphérie de la myofibrille. On parle donc ici de mouvements incomplets.

L'hypertrophie **en série** est générée par des mouvements en amplitude complète qui augmentent plutôt la « longueur » du muscle en ajoutant des sarcomères aux extrémités de la myofibrille.



En se basant sur l'analyse et le fonctionnement des articulations et des muscles, sur l'analyse mécanique du mouvement, ainsi que sur la compréhension des processus décrits plus haut, il est alors aisé d'influer sur le développement d'une portion d'un muscle.

On peut, par exemple, combler un manque de développement du biceps côté insertion commune en utilisant un travail distal au pupitre à 45° (Larry SCOTT).



De la même manière, on peut développer le vaste externe du quadriceps par rapport au vaste interne. En effectuant des extensions de genou sur appareil (legs extensions) avec une rotation interne préalable du fémur. Ainsi, la contrainte mécanique se portera de façon élective sur le faisceau principalement concerné, à savoir le vaste externe du quadriceps.

f. L'hyperplasie

Ce principe désigne l'augmentation du nombre de fibres.

Selon TESCH, l'hyperplasie serait due à une fissuration longitudinale des fibres consécutive aux tensions subies lors d'un entraînement de force.

De son côté, Mac DOUGALL émet une autre hypothèse qui met en avant que chaque fibre musculaire possède des cellules satellites qui, au cours de certains types de sollicitations, se solidarisent afin de créer une fibre nouvelle en parallèle à leur fibre mère.

Ces hypothèses sont extrapolées d'études chez le rat et le chat, mais la difficulté de procéder à de telles investigations sur des « cobayes » humains fait qu'aucune preuve concrète n'est à ce jour réellement avancée... Et au-delà de cette hypothèse subsiste un problème majeur : l'innervation de ces fibres et donc la démultiplication du système nerveux qui devrait en découler.

SYNTHÈSE

Comme nous l'avons vu précédemment, l'organisme fonctionne sur un principe d'équilibre : l'homéostasie. L'hypertrophie n'échappe pas à cette règle puisque les mécanismes qui y mènent sont le résultat d'une modification de l'homéostasie musculaire.

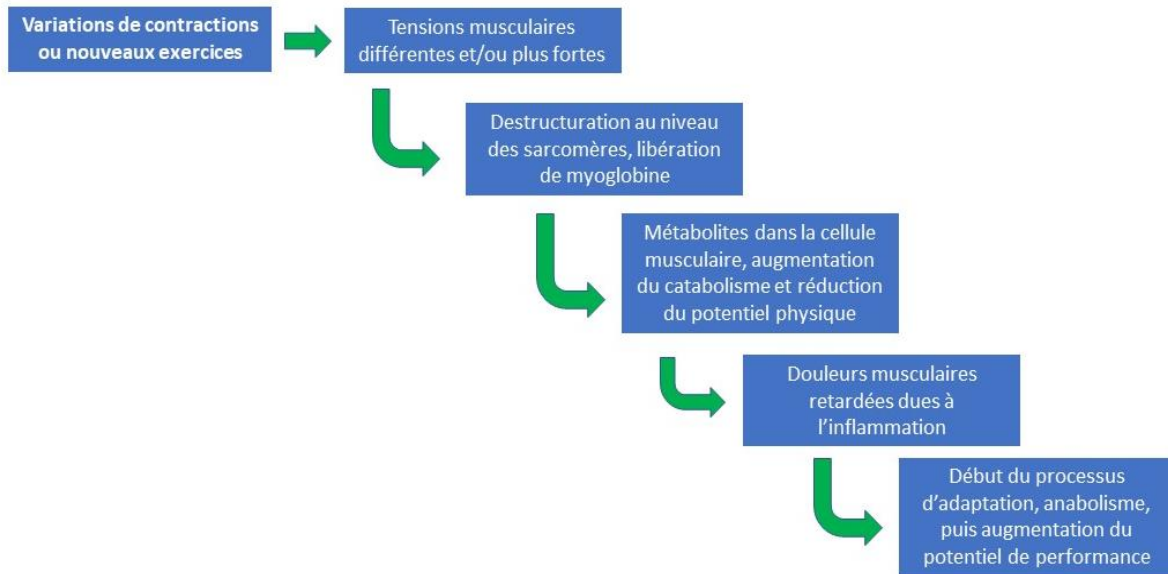
L'hypertrophie, schématiquement, peut s'entendre comme « détruire pour mieux reconstruire » (body building = construction du corps). Autrement dit, une phase de destruction (catabolisme), qui survient durant l'entraînement, suivie d'une phase de reconstruction plus intense (anabolisme), lors de la récupération.

On peut donc conclure que l'hypertrophie est un phénomène d'adaptation anabolique consécutif aux dommages musculaires engendrés par un entraînement intense et répété.

On peut dès lors affirmer que les courbatures sont le signe d'un catabolisme musculaire. Cette affirmation est par ailleurs corroborée par une présence importante de myoglobine dans les urines, marqueur des dommages causés aux protéines contractiles.

4. LES FACTEURS POUVANT INFLUENCER L'HYPERTROPHIE

- Le **type de contraction** peut influencer l'hypertrophie. Le schéma ci-dessous résume ce processus :



- Le **temps de contraction** ou de travail peut aussi influencer l'hypertrophie :

Certains travaux, synthétisés par COMETTI en 1988, ont montré que lorsque la durée de la contraction est longue, le processus de développement de l'hypertrophie de la masse musculaire est plus important.

Ce principe, couplé aux éléments mis en avant par SALE et Mac DOUGALL (Cf. hypertrophie myofibrillaire) nous permet de comprendre l'intérêt de l'utilisation de charges relativement lourdes et contrôlées pour obtenir une hypertrophie de qualité et durable, et non pas une volumisation éphémère (la fameuse « gonflette »).

5. QUE RECHERCHER EN FONCTION DU TYPE D'HYPERTROPHIE ?

a. L'hypertrophie vasculaire

L'objectif principal de cet entraînement est de provoquer un afflux sanguin important au niveau du ou des muscles sollicités.

De fait, le nombre de répétitions doit être important et par conséquent, la charge d'entraînement peu élevée. Le temps de récupération entre les séries devra être incomplet afin de ne pas enrayer le processus mis en avant, et permettre un travail quasi continu.

- Sensations lors de l'entraînement :
 - Pas de sensation de brûlure en fin de série,
 - Pas de fin de série à l'agonie,
 - La transpiration peut être conséquente,
 - Sensation de muscle « congestionné »,
 - Apparition des principales veines sous-cutanées,
 - Pas, ou quasiment pas de courbatures post-entraînement,
 - hypertrophie très éphémère.

- En résumé :

SÉRIES	3 à 5 ou 2 à 4 tours si travail en circuits
RÉPÉTITIONS	> 15
CHARGE	< 50% de 1 RM
RÉCUPÉRATION	1' à 1'30'' voire 3' à 5' si travail en circuit
NOMBRE D'ENTRAÎNEMENTS/SEMAINE	3 à 5 maximum

b. L'hypertrophie sarcoplasmique

L'objectif principal est de provoquer une perturbation de l'équilibre acido-basique de l'organisme, pour produire un maximum de lactates afin modifier la perméabilité cellulaire et ainsi, favoriser au maximum l'entrée d'eau et de glycogène dans les cellules.

De fait, le nombre de répétitions doit être conséquent sans être excessif, et la charge d'entraînement suffisamment lourde pour un travail en anaérobie. Le temps de récupération entre les séries devra être incomplet afin de provoquer une accumulation optimale de lactates musculaires.

- Sensations lors de l'entraînement :
 - Sensation de brûlure très intense en fin de série,
 - La fin de série peut être « à l'agonie »,
 - Sensation de muscle dur et brûlant, ainsi que de la fatigue physique,
 - Augmentation du volume des muscles sollicités,
 - Quelques, voire peu de courbatures post entraînement,
 - Hypertrophie peu durable si l'entraînement est isolé ou interrompu.

- En résumé :

SÉRIES	3 à 5 ou 3 à 4 tours si travail en mini circuits
RÉPÉTITIONS	9 à 12
CHARGE	Entre 50% et 70% de 1 RM
RÉCUPÉRATION	2' à 3'
NOMBRE D'ENTRAÎNEMENTS/SEMAINE	4 à 5

c. L'hypertrophie myofibrillaire

L'objectif principal de ce type d'entraînement est de provoquer une dégradation maximale de tissus musculaires pour engendrer une reconstruction hypertrophiée des muscles visés.

De fait, le nombre de répétitions doit être relativement peu important, mais avec un temps de tension suffisamment long pour provoquer des « lésions tissulaires ». La charge d'entraînement doit être lourde pour un travail optimal. Le temps de récupération entre les séries devra être complet afin de pouvoir reproduire l'effort de façon efficace et optimale.

- Sensations lors de l'entraînement :
 - Pas ou peu de sensations de brûlure en fin de série,
 - La fin de série peut être réalisée avec difficulté surtout sur les dernières répétitions,
 - Sensation de muscle dur,
 - Sensation de fatigue, corps vidé de son énergie,
 - Courbatures post entraînement importantes, douloureuses, pouvant engendrer une gêne motrice,
 - Hypertrophie durable même si entraînement est interrompu quelques temps.

- En résumé :

SÉRIES	4 à 7
RÉPÉTITIONS	6 à 8 (dans certains cas 3 à 5)
CHARGE	Entre 75% à 90% de 1 RM
RÉCUPÉRATION	3' au moins à 5'/7' (sous certaines conditions)
NOMBRE D'ENTRAÎNEMENTS/SEMAINE	3 à 4

CONCLUSION

L'ensemble de ces données nous permet d'affirmer que chaque séance d'entraînement constitue une déstabilisation de l'état d'équilibre musculaire (homéostasie) : cette perturbation engendre en effet des phénomènes d'adaptation et d'augmentation des capacités de force / endurance de force qui nécessitent une augmentation du volume des fibres.

Ce phénomène est réversible et comme le dit l'adage, et les manifestations du désentraînement apparaissent très vite. Les séances ne doivent donc pas être trop éloignées les unes des autres, sans quoi chaque phase d'évolution sera suivie d'un retour au niveau initial.

Il est donc important de garder en mémoire que le contenu de la séance présente déterminera la place et le contenu de la séance suivante, avec les répercussions qui en découlent.