

## 2.1.2. Renforcement musculaire

Auteurs : E. CUGY, V. GREMEAUX, P. DEHAIL, G. RODE  
Co-auteurs : P. GASSIE, A. JIROT, J. ZAUDERER

### Sommaire

- [1 TECHNIQUES DE REEDUCATION / Rééducation motrice \( de l'effecteur à la commande\) / Renforcement musculaire](#)
- [2 Principes des techniques de renforcement musculaire](#)
  - [2.1 1. Notion de chaînes musculaires](#)
  - [2.2 2. Course de travail musculaire](#)
  - [2.3 3. Type de contraction musculaire](#)
    - [2.3.1 a. Travail statique ou isométrique](#)
    - [2.3.2 b. Travail dynamique](#)
  - [2.4 4. Evaluation de la force maximale](#)
  - [2.5 5. Contraction maximale / sous-maximale](#)
- [3 Les moyens résistants](#)
  - [3.1 1. Classiques](#)
    - [3.1.1 a. Gravitaire](#)
    - [3.1.2 b. Manuel](#)
    - [3.1.3 c. Résistance ou charge directe](#)
    - [3.1.4 d. Poulie-thérapie](#)
    - [3.1.5 e. Balnéothérapie](#)
    - [3.1.6 f. Tâches fonctionnelles](#)
- [4 2. Modernes](#)
  - [4.1 a. Isocinétisme](#)
  - [4.2 b. électro-myo-stimulation \(lien vers moyens thérapeutiques\)](#)
- [5 3. A venir](#)
  - [5.1 a. Résistance par bandes élastiques](#)
  - [5.2 b. Vibrations corporelles totales](#)
- [6 Exemples d'application](#)
  - [6.1 1. Réanimation](#)
  - [6.2 2. Orthopédie](#)
  - [6.3 3. Personne âgée chuteuse](#)
- [7 Références](#)
  - [7.1 1. Articles](#)
  - [7.2 2. Ouvrages](#)
  - [7.3 3. Cours](#)

## TECHNIQUES DE REEDUCATION / Rééducation motrice ( de l'effecteur à la commande) / Renforcement musculaire

### Principes des techniques de renforcement musculaire

Indépendamment du programme d'exercices, orienté soit vers le renforcement pur, soit vers l'endurance, un certain nombre de principes caractérisent la technologie du renforcement musculaire.

#### 1. Notion de chaînes musculaires

La chaîne musculaire est l'ensemble des muscles mis en jeu dans un mouvement. Elle peut travailler :

- en chaîne cinétique fermée lorsque l'extrémité distale est fixe (ex : accroupissement)
- en chaîne cinétique ouverte, lorsque l'extrémité distale est libre (ex : un shoot au football)

On parle de chaîne cinétique semi-fermée lorsque l'extrémité distale est libre, se déplace mais rencontre une résistance importante (ex : vélo).

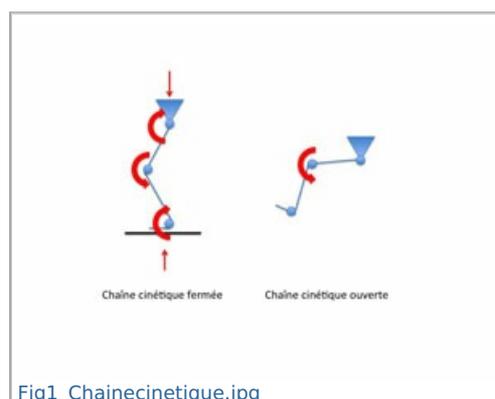
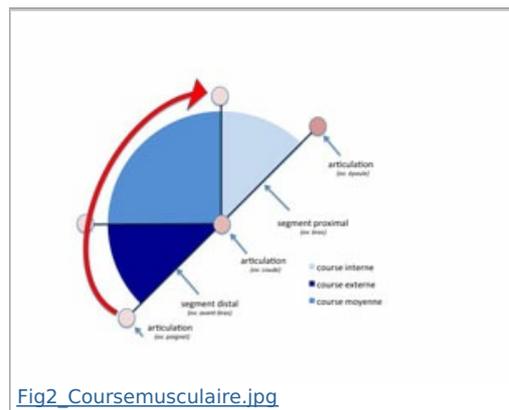


Fig1\_Chainecinetique.jpg

#### 2. Course de travail musculaire

La course de travail caractérise le secteur angulaire d'activité que l'on souhaite privilégier au cours des exercices. Elle se définit par rapport aux points d'insertion du muscle étudié :

- course interne lorsque les points d'insertion sont rapprochés (muscle en position de raccourcissement maximal)
- course externe lorsque les points d'insertion sont éloignés (muscle en position d'étirement maximal)
- course intermédiaire entre les deux positions extrêmes.



### 3. Type de contraction musculaire

#### a. Travail statique ou isométrique

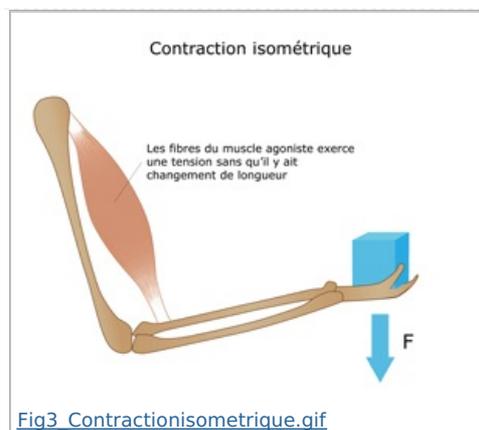


Figure 3 - Contraction isométrique

Il se définit par l'absence de mouvements lors de la contraction du fait de l'égalité entre la force développée et la résistance opposée. En fait, l'ajustement permanent entre ces deux forces entraîne malgré tout des micromouvements.

La contraction isométrique peut être réalisée dans les différentes courses de travail du muscle. La force développée et le temps de travail sont choisis en fonction de l'objectif thérapeutique et du contexte pathologiques depuis l'immobilisation sous contention, où ce mode d'exercice permet de lutter efficacement contre l'amyotrophie, jusqu'à la phase de réentraînement à l'effort.

Ce mode de contraction permet de contrôler facilement les contraintes exercées sur le muscle lui-même et les structures environnantes (articulations en particulier). Il est particulièrement adapté au renforcement des muscles toniques antigravitaires, riches en fibres de type I.

#### b. Travail dynamique



On peut différencier les contractions dynamiques selon les mouvements réalisés par les insertions musculaires :

- rapprochement de celles-ci dans la contraction concentrique (travail dit « positif ») : force développée supérieure à la résistance opposée
- éloignement des points d'insertion au cours de la contraction excentrique ; la contraction du muscle entraîne un freinage, autrement dit un ralentissement du mouvement provoqué par la force extérieure (travail « négatif ») : force développée inférieure à la résistance opposée.

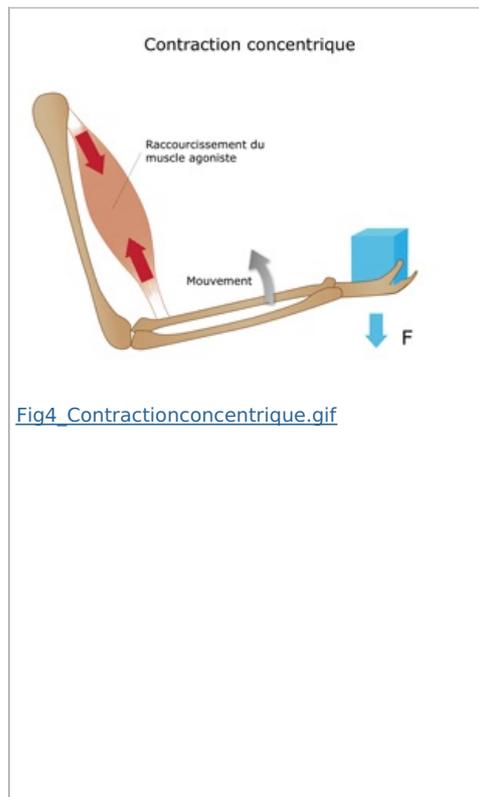


Figure 4 - Contraction isotonique concentrique

La contraction concentrique est favorable à la récupération de l'amyotrophie, notamment lorsque les structures tendineuses et musculaires sont encore fragiles.

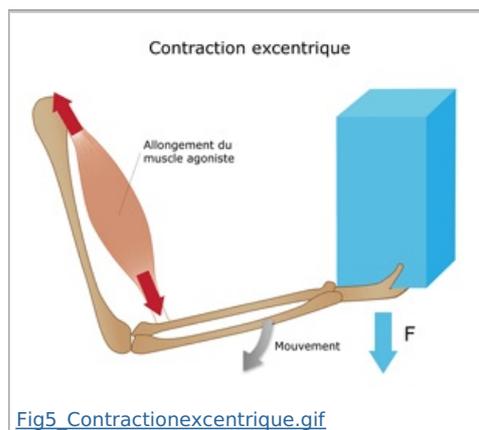


Figure 5 - Contraction isotonique excentrique

La contraction excentrique est quant à elle plus proche de la fonction et est utilisée dans la plupart des activités de la vie quotidienne (marche en descente, réception de saut...). Elle renforce les structures passives du muscle, mais expose à un risque de douleurs musculaires lorsque les exercices sont mal dosés (D.O.M.S. Delayed Onset Muscle Soreness).

**⚠** Au cours d'une contraction dynamique **isotonique**, la charge est constante de même que la tension musculaire sur la plus grande partie de la contraction. En revanche, le muscle se modifie dans sa longueur. La force varie selon l'amplitude articulaire et la vitesse d'exécution du mouvement.

Dans le travail **isocinétique**, ce n'est pas la charge mais la vitesse de l'exercice qui est constante et imposée. A chaque instant, la résistance du système est auto-adaptée aux capacités maximales de force développée par le sujet pour la vitesse considérée.

#### 4. Evaluation de la force maximale

La 1 RM ou Répétition Maximale correspond à la charge maximale que l'on peut déplacer une fois pour un exercice donné.

#### 5. Contraction maximale / sous-maximale



A noter

A noter

A noter

A noter

A noter

A noter

Le nombre de répétitions réalisables dépend de la charge à soulever. Il est possible de réaliser par exemple : 1 contraction à 100 % de la 1RM, 3 à 95 %, 4 à 90 %, 6 à 85 %, 8 à 80 %, 10 - 12 à 75 %.

On distingue classiquement plusieurs modalités d'exercices :

- Séries de 1 à 3 contractions maximales (95 à 100 % de la 1 RM), l'amélioration de la force est essentiellement due aux facteurs nerveux et n'engendre pas (ou peu) d'augmentation du volume musculaire.
- Série de 4 à 12 contractions maximales (entre 75 et 90 % de la 1 RM), le développement de la force s'accompagne du développement du volume musculaire, avec une efficacité très grande pour des séries de 10 répétitions pour développer l'hypertrophie.
- Au delà de 15 contractions, il s'agit essentiellement d'un travail d'endurance musculaire. L'intensité des exercices est dite sous-maximale, ce qui correspond en général à une résistance inférieure à 50 % de la 1 RM.

## Les moyens résistants

### 1. Classiques

#### a. Gravitaire

La résistance est assurée par le poids du membre, lié à la pesanteur.

#### b. Manuel



[Fig6\\_Resistancemanuelle.jpg](#) Figure 6 - Résistance manuelle

La résistance est apportée manuellement, soit par le sujet soit par un tiers. Cette résistance est donc variable, difficile à standardiser.

#### c. Résistance ou charge directe



[Fig7\\_Renforcementgravitaire.jpg](#) Figure 7 - Résistance gravitaire

La résistance est apportée par une charge extérieure, appliquée directement (haltère, bracelet lesté).

#### d. Poulie-thérapie

Elle permet d'appliquer indirectement la charge, à l'aide de poulies, de cordes et de poids. Il faut une participation active du patient qui contrôle volontairement l'amplitude du mouvement.

Cette méthode classique est purement analytique. Elle est encore utilisée en orthopédie, puisqu'elle peut également permettre une auto-mobilisation contrôlée par le patient.



[Fig8\\_Poulietherapie.jpg](#) Figure 8 - Poulietherapie

#### e. Balnéothérapie



[Fig9\\_Balneoetherapie.jpg](#) Figure 9 - Balnéothérapie

Son intérêt principal réside dans la possibilité de renforcement en décharge, particulièrement intéressant dans les situations orthopédiques douloureuses ou nécessitant de reporter l'appui jusqu'à consolidation osseuse. La résistance de l'eau s'oppose au mouvement ; elle peut être rendue plus intense par l'utilisation d'outils augmentant cette surface de résistance.

#### f. Tâches fonctionnelles

Le renforcement musculaire peut être réalisé à travers des exercices reproduisant des tâches signifiantes sur le plan fonctionnel. Par exemple, transfert assis-debout, tâche de préhension debout, montée de marche d'escalier...

Ce type de renforcement est particulièrement utilisé dans le réentraînement de la personne âgée.

## 2. Modernes

### a. Isocinétisme

L'isocinétisme représente un moyen d'évaluation et de renforcement adapté tant au sujet sportif qu'au sujet âgé fragile, du fait des propriétés de l'outil.

La plupart des appareils d'isocinétisme utilisés en pathologie sont des dynamomètres rotatoires à frein électromagnétique, auto-asservis à la force développée : une fois que la vitesse de mouvement choisie est atteinte par le patient, l'appareil exerce une résistance égale à la force développée par le sujet.



[Fig10\\_Isocinetisme.jpg](#) Figure 10 - Renforcement isocinétique

Les conditions d'évaluation et de renforcement sont extrêmement rigoureuses ce qui permet d'obtenir une bonne reproductibilité des paramètres habituellement mesurés (moment maximal de force par exemple).

Un des intérêts de l'isocinétisme réside dans la possibilité d'adapter, de choisir et de combiner le mode d'exercices, les secteurs angulaires de travail et les vitesses en fonction de l'évolution pour que les exercices se rapprochent progressivement de l'objectif fonctionnel. Il permet également d'étudier précisément le ratio de force agoniste/antagoniste, ce qui permet de guider la rééducation.

En effet, la normalisation de ce ratio représente souvent une cible privilégiée des protocoles de renforcement musculaire afin de restaurer un équilibre physiologique entre les différents groupes musculaires.

Les résultats d'une évaluation isocinétique sont majoritairement exprimés par la valeur du pic de couple (moment de force maximal) développé par le groupe musculaire considéré. Une évaluation du travail fourni (aire sous la courbe), ainsi que de la puissance développée par l'articulation, sont également possibles.

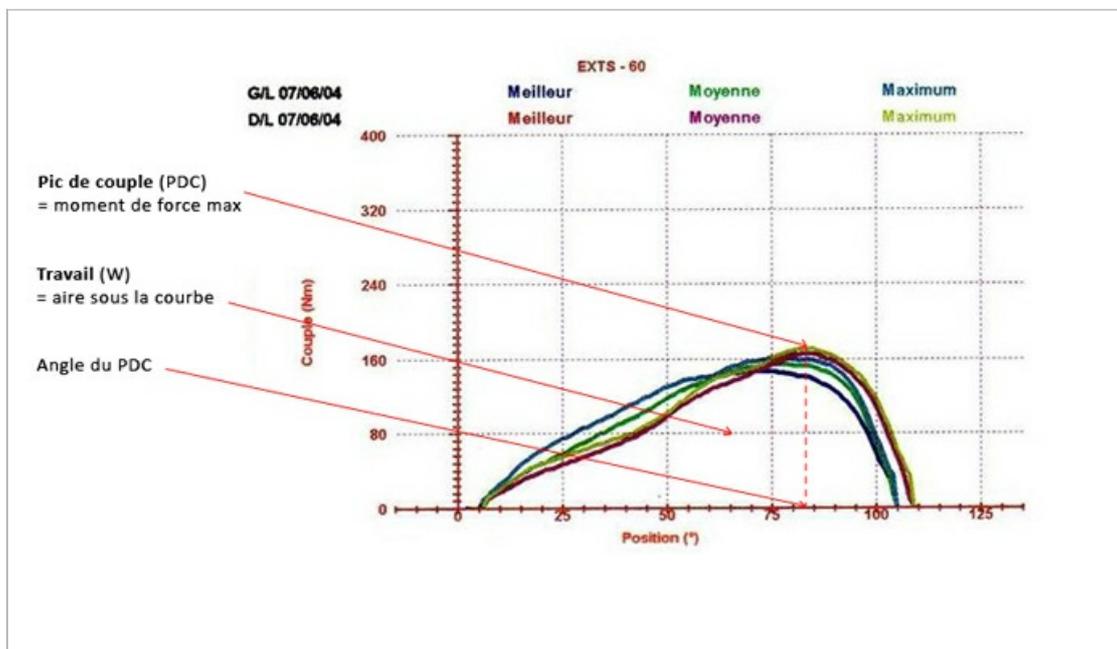


Figure 11 - Courbe d'isocinétisme (ex : extension du genou à 60°/s). L'abscisse correspond à la position du membre par rapport à la référence, exprimée en degré. En ordonnée est reportée le moment de force, exprimé en Newton.mètre.

Les protocoles d'évaluation ou de renforcement isocinétique se définissent par le mode de contraction musculaire (concentrique ou excentrique), la vitesse et le secteur angulaires imposés au segment de membre et le nombre de répétitions. Le choix du protocole dépend des objectifs à atteindre et du sujet.

Le choix de la vitesse de travail détermine le niveau de force que le muscle doit produire. Dans le mode concentrique, le moment de force maximal et la vitesse sont liés par une relation inverse: plus la vitesse est élevée, moins le muscle développe de force. Cette relation s'inverse en mode excentrique.

Ainsi, un entraînement ayant pour objectif un gain de force peut se faire à vitesse lente ( $\leq 60^\circ/\text{sec}$ ) en mode concentrique alors que les exercices à vitesse élevée ( $\geq 180^\circ/\text{sec}$ ) solliciteront d'avantage la puissance musculaire. A noter que les vitesses lentes engendrent plus de contraintes articulaires.

En évaluation, le nombre de répétitions ne dépasse généralement pas cinq répétitions pour les vitesses lentes, en raison de la fatigue induite du muscle qui travaille. Les chiffres varient entre cinq et dix répétitions pour les vitesses rapides. En entraînement, le nombre de répétitions peut augmenter ou diminuer selon le but recherché.

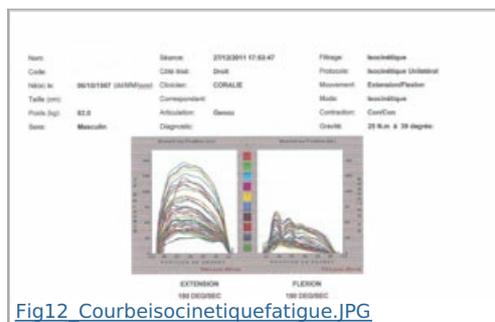


Figure 12 - Courbes obtenues lors d'un exercice de flexion/extension du genou droit (50 répétitions) à vitesse rapide en isocinétisme. On observe une décroissance progressive du pic de couple, témoignant de la fatigue.

### b. électro-myo-stimulation (lien vers moyens thérapeutiques)

L'électro-myo-stimulation est une technique de physiothérapie qui permet de lutter efficacement contre l'amyotrophie et d'obtenir un gain de masse et de force musculaires.

Les conditions d'application de cette technique (EMS utilisée seule ou de manière surimposée) varient suivant les indications.



[Electro-myostimulation.jpg](#) Figure - Electro-myostimulation

**En savoir plus :**  
 P. Dehail, " Electrostimulation et gain de force musculaire", *Annales de réadaptation et de médecine physique* 51 (2008) 441-451

### 3. A venir

#### a. Résistance par bandes élastiques



[Fig13\\_Bandeselastiques.jpg](#)

Figure 13 - Résistance par bandes élastiques

Le renforcement musculaire par bandes élastiques est une technique peu coûteuse, attractive et ludique, pouvant être pratiquée en groupe, qui apparaît aussi efficace que la technique de renforcement par machine à presse. Il existe différents niveaux de résistance de ces bandes élastiques.

Cette technique a l'avantage de permettre un contrôle plus facile de l'effort à produire, essentiellement en chaîne semi-fermée. Elle est facilement accessible aux personnes peu entraînées.

#### b. Vibrations corporelles totales

Les vibrations corporelles totales sont utilisées depuis quelques années, notamment dans la préparation physique chez le sujet sportif.

Le sujet doit maintenir une posture pendant un temps donné, sur une plate-forme vibrante. Les paramètres de vibrations et les protocoles de renforcement varient selon l'objectif.

Les mécanismes sous-tendant le mode d'action de cette technique sur le gain de force musculaire reste incertain.



[Fig14\\_Bodyvibration.jpg](#)

Figure 14 - Renforcement par vibrations corporelles totales

#### Gain de force après renforcement musculaire contre résistance

Quelque soit l'âge, le renforcement musculaire contre résistance permet d'obtenir un gain de force. Le gain maximal est fonction de la force de départ et de la durée du programme de renforcement qui doit être d'au minimum 12 semaines pour que l'ensemble des modifications physiologiques s'expriment. On considère que les facteurs nerveux d'adaptation permettent le gain de force initial (jusqu'à la <6ème semaine environ), alors que les phénomènes d'adaptation musculaire interviennent davantage de la 6<sup>ème</sup> semaine à la 12<sup>ème</sup> semaine.

Chez le sujet jeune, les facteurs d'adaptation musculaires sont les plus importants, alors que chez le sujet âgé, le gain de force est davantage lié aux facteurs nerveux.

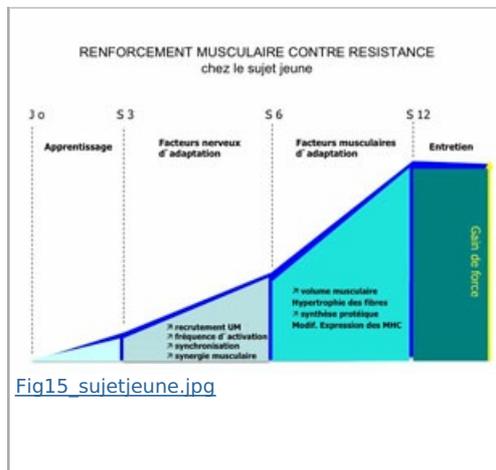


Fig15\_sujetjeune.jpg

Figure 15 - Effets du renforcement musculaire chez le sujet jeune

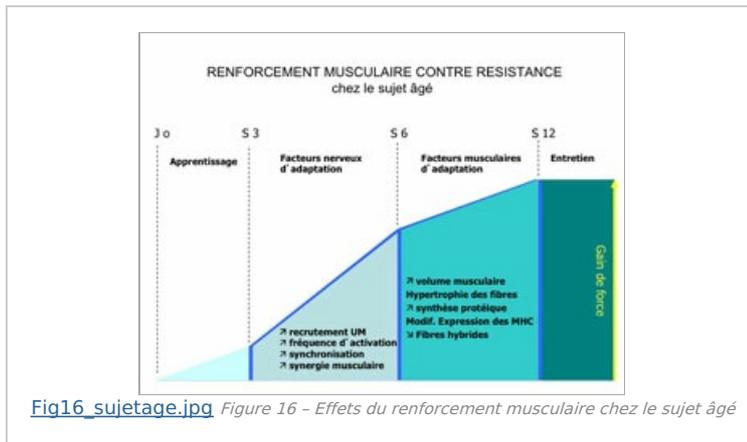


Fig16\_sujetage.jpg Figure 16 - Effets du renforcement musculaire chez le sujet âgé

Légende :

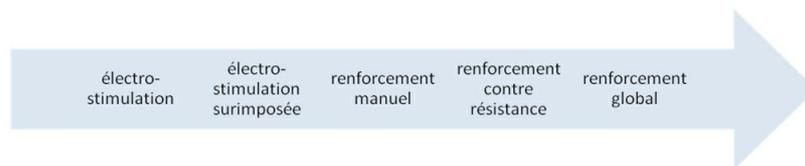
- UM = unité motrice
- MHC = chaîne lourde de myosine

## Exemples d'application

Voici quelques exemples cliniques d'application des techniques de renforcement musculaire selon l'évolution dans le temps.

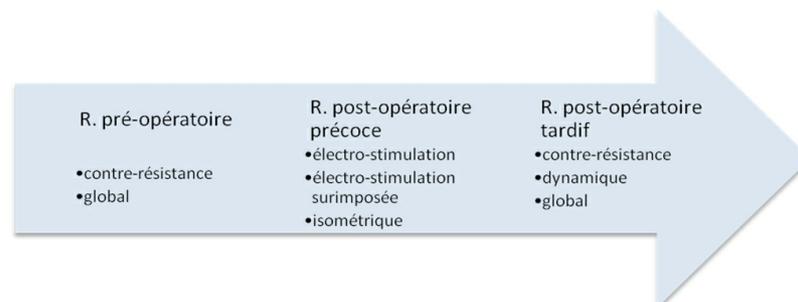
### 1. Réanimation

Objectifs : lutte contre amyotrophie et rétractions



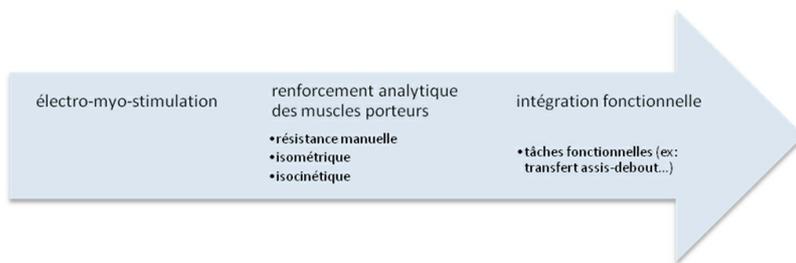
### 2. Orthopédie

Objectifs : préparer l'intervention, lutter contre l'amyotrophie, récupération du geste fonctionnel



### 3. Personne âgée chuteuse

Objectifs : lutte contre amyotrophie, gain de puissance musculaire, optimisation des capacités d'ajustement postural



## Références



Aller plus loin

### 1. Articles

**Brogårdh C, Flansbjerg U, Lexell J**

No Specific Effect of Whole-Body Vibration Training in Chronic Stroke: A Double-Blind Randomized Controlled Study  
Arch Phys Med Rehabil Vol 93, February 2012, p253-258

**Dehail P, Duclos C, Barat M**

*Electrostimulation et gain de force musculaire*  
Annales de réadaptation et de médecine physique 51 (2008) 441-451

**Gain H, Hervé JM, Hignet R, Deslandes R**

*Renforcement musculaire en rééducation*  
Encycl Med Chir Kiné-MPR, 26-055-A-11, 2003, 10p.

**Guincestre JY, Sesboue B, Cavalier V, Hulet C**

*Principes, usages, mésusages et risques du renforcement musculaire*  
J. Traumatol. Sport 2005, 22, 236-242

**Hammami N, Coroian F, Julia M, Amri M, Mottet D, Herisson C, Laffont I**

*Isokinetic muscle strengthening after acquired cerebral damage: A literature review*  
Annals of Physical and Rehabilitation Medicine 55 (2012) 279-291

**Jakobsen et al.**

*Muscle activity during leg strengthening exercise using free weights and elastic resistance: Effects of ballistic vs controlled contractions.*  
Human Movement Science (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2012.07.002>

**Johnson AW, Myrer JW, Hunter I, Feland JB, Hopkins JT, Draper DO, Eggett D.**

*Whole-body vibration strengthening compared to traditional strengthening during physical therapy in individuals with total knee arthroplasty.*  
Physiother Theory Pract. 2010 May; 26(4):215-25.

**Monaghan B, Caulfield B, O'Mathúna D**

*Surface neuromuscular electrical stimulation for quadriceps strengthening pre and post total knee replacement*  
Published Online: 20 JAN 2010

Nader et al  
Thorax 2002; 57:333

**Vanbiervliet W, Pélissier J, Lédermann B, Kotzki N, Benaïm C, Hérisson C**

*Le renforcement musculaire par bandes élastiques : évaluation de ses effets dans le réentraînement à l'effort du coronarien*  
Annales de réadaptation et de médecine physique 46 (2003) 545-552

**Vivodtzev I, et al.**

Chest 2006; 129:1540-1548

### 2. Ouvrages

**Held JP, Dizien O**

*Traité de Médecine Physique et de Réadaptation*  
Médecine Science, Flammarion

**Maffioletti N**

*Electrostimulation neuromusculaire : principes et applications*  
Renforcement musculaire et reprogrammation motrice, Ed. Masson, pp.50-57

**Pocholle M, Codine P**

Isocinétisme et médecine sportive, Ed. Masson, 1998

### 3. Cours

**BOUDARD Alain**

*Musculation et développement de la force*  
Cours L1 STAPS Toulouse UE.6.2 - UE.13.3

**Cometti G**

*LES METHODES DE DEVELOPPEMENT DE LA FORCE*  
Centre d'Expertise de la Performance DIJON, 2005