

 **Université Paris Cité**  ASSISTANCE PUBLIQUE HÔPITAUX DE PARIS

Renforcement musculaire en pathologie de l'appareil locomoteur

Johann Beaudreuil, Médecine Physique et de Réadaptation,
Hôpital Lariboisière – Fernand Widal
DMU LOCOMOTION, GHU AP-HP.Nord – Université Paris Cité

Paris, le 4 juin 2025

UMR 1132 Inserm
BIOSCAR

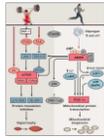
Plan

- Physiologie du muscle strié squelettique → *e-learning*
- Exercices de renforcement musculaire
- Méthodes et programmes de renforcement musculaire

Plan

- Exercices de renforcement musculaire

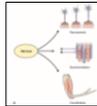
Adaptation du muscle à l'exercice



- Exercice anaérobie
 - Force maximale
 - Durée limitée
- Exercice aérobie
 - Force sous maximale
 - Durée prolongée
- ↗ Force
- ↗ Endurance
- Hypertrophie musculaire (synthèse protéique, volume \uparrow)
- ↗ Capacité métabolique aérobie (production ATP)
- Activité \uparrow de type IIb
- Activité \uparrow de type I

Hawley, Cell 2014

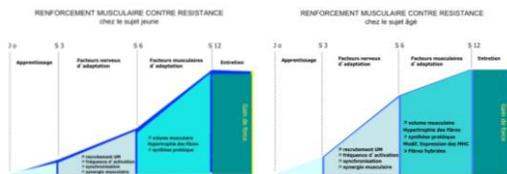
Gain de force musculaire par l'exercice en résistance



- Adaptation neurale initiale (facteurs nerveux)
 - ↗ # et taille des unités motrices (# myocytes) recrutées
 - ↗ Fréquence de stimulation des unités motrices
 - Synchronisation des unités motrices et synergie musculaire
- ⇒ Gain de force avant 6 semaines de renforcement
- Hypertrophie musculaire
 - ↗ Synthèse protéique ; ↗ Volume cellulaire
- ⇒ Gain de force après 6 semaines de renforcement

Exercice en résistance = exercice anaérobie, renforcement musculaire

Gain de force musculaire par l'exercice en résistance



d'après Cugy, Campus MPR 2013

Exercices de renforcement musculaire

- Moyens résistants
- Typologie des exercices

Moyens résistants

- Gravité
- Résistance manuelle
- Charge directe
- Poulie-thérapie
- Balnéothérapie
- Isocinétisme
- Bandes élastiques
- Vibrations corporelles
- Électro-stimulation



Cugy, Campus MPR 2013

Typologie des exercices de renforcement musculaire

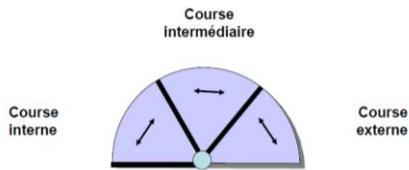
- Course de travail musculaire
- Déplacement des extrémités musculaires
- Chaîne musculaire
- Contraction musculaire

⇒ *Adaptation au travail musculaire physiologique, à la fonction musculaire privilégiée, à l'effet recherché et à la tolérance*

Course de travail musculaire

- Travail musculaire en course externe
 - Sollicitation d'un muscle dans un secteur correspondant à une position éloignées des insertions musculaires
- Travail musculaire en course interne
 - Sollicitation d'un muscle dans un secteur correspondant à une position rapprochées des insertions musculaires
- Travail musculaire en course intermédiaire
 - Sollicitation d'un muscle dans un secteur intermédiaire

Course de travail musculaire



Courses de travail pour un muscle fléchisseur

Course de travail musculaire

- Ischio-jambiers
 - Course intermédiaire



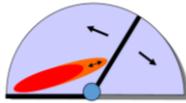
Course de travail musculaire

- Quadriceps
 - Course interne

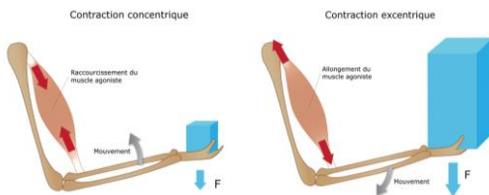


Déplacement des insertions musculaires

- Exercice musculaire concentrique
 - Contraction lors d'un raccourcissement du muscle
 - Rapprochement des insertions musculaires
- Exercice musculaire excentrique
 - Contraction lors d'un allongement du muscle
 - Éloignement des insertions musculaires



Déplacement des insertions musculaires



Cugy, Campus MPR 2013

Déplacement des insertions musculaires



Contraction concentrique du tibial antérieur (TA)

Déplacement des insertions musculaires



Contraction concentrique du tibial antérieur (TA)

Contraction excentrique du TA puis concentrique du triceps sural

Déplacement des insertions musculaires



Contraction concentrique du tibial antérieur (TA)

Contraction excentrique du TA puis concentrique du triceps sural

Contraction concentrique du quadriceps

Chaîne musculaire

- Chaîne musculaire ouverte
 - Extrémité distale libre
- Chaîne musculaire fermée*
 - Extrémité distale fixe



* Chaîne semi-fermée : extrémité distale libre mais résistance importante (ex. vélo)

Boorman, J Bone Joint Surg Am 2014

Contraction musculaire

- Travail musculaire statique
 - Travail musculaire isométrique
 - Contraction sans mouvement segmentaire
- Travail musculaire dynamique
 - Travail musculaire isotonique
 - Contraction contre résistance constante
 - Travail musculaire isocinétique
 - Contraction lors d'un mouvement à vitesse constante

Contraction musculaire isométrique



Contraction sans mouvement contre résistance manuelle

Contraction musculaire isométrique

- Avantages
 - Tolérance ostéo-articulaire
- Inconvénients
 - Longueur musculaire constante

Résistance manuelle

- Avantages
 - Adaptation à la force développée
 - Réactivité
 - Travail mono/pluri-segmentaire
- Inconvénients
 - Variabilité
 - Imprécision

Résistance manuelle

- Travail pluri-segmentaire
 - Quadriceps et jambier antérieur
 - Débordement d'énergie



Contraction musculaire dynamique isotonique

- Exercice dynamique des muscles de la sangle abdominale contre la gravité



Contraction musculaire isotonique contre gravité

- Avantages
 - Simplicité
- Inconvénients
 - Non adaptation au cours du mouvement
 - Résistance non modulable

Contraction musculaire dynamique isotonique



Exercice musculaire dynamique à charge directe ou indirecte constante

Contraction musculaire contre charge constante

- Charge directe
 - Avantages
 - Simplicité
 - Précision
 - Résistance modulable
 - Inconvénients
 - Non adaptation au cours du mouvement
- Charge indirecte
 - Avantages
 - Simplicité
 - Précision
 - Résistance modulable
 - Inconvénients
 - Non adaptation au cours du mouvement

Contraction musculaire dynamique isocinétique

- Exercice musculaire dynamique à vitesse constante



Forthomme, Clin Physiol Funct Imaging 2011

Contraction musculaire isocinétique

- Avantages
 - Évaluation
 - Précision
 - Adaptation au cours du mouvement
 - Résistance modulable
- Inconvénients
 - Matériel sophistiqué
 - Adaptation au dispositif

Plan

- Méthodes et programmes de renforcement musculaire

Méthodes et programmes de renforcement musculaire

- Paramètres
 - Muscle(s), type(s) d'exercice(s)
 - Force musculaire maximale
 - Temps de travail/récupération
 - Charge de travail
 - # de répétitions/séries/séance
 - # de séances par programme
 - Modulation (progression)
- } Intensité
Volume
Fréquence

Programmes de renforcement musculaire : étapes

- Évaluation
- Planification
 - Exercices
 - Méthode
 - Répétitions
 - Séries
 - Séances
 - Modulation
- Réalisation/éducation
 - Échauffement
 - Renforcement musculaire
 - Étirements musculaires
- Évaluation

⇒ *Adaptation et évolution en fonction du contexte et des objectifs*

Exercices : critères de choix

- Faisabilité
- Tolérance
- Physiologie musculaire
 - Course, centricité, chaîne, contraction
- Effets recherchés
 - Fonction ciblée
 - ↗ résistance tissulaire ...

Exercices : critères de choix

- Travail isométrique
 - Douleur, protection tissulaire (cartilage, os, tendon, lig)
- Travail excentrique
 - Tendinopathie*, objectif de charge élevée, physiologie musculaire (exemples : JA, IJ, spinaux, RE épaule)
- Travail concentrique
 - Physiologie musculaire (quadriceps, abdominaux, RI épaule)
- Travail pléiométrique
 - Recherche de vitesse, puissance, explosivité
- Combinaison des exercices en cours de programme



* Cicatrisation et renforcement tendineux

Mesure de la force musculaire

- Tests isométriques
 - Dynamomètres



- Test dynamiques
 - Isocinétisme
 - Résistance maximale

Mesure de la force musculaire

- Résistance maximale (RM)

- X RM
 - Charge maximale déplacée x fois
- 1 RM
 - Charge maximale déplacée 1 fois
- 5 RM
 - Charge maximale déplacée 5 fois
- 10 RM
 - Charge maximale déplacée 10 fois



Résistance maximale

- Exemple : Mr F

- 5 RM : charge maximale déplacée x 5
- Exercice : tiré – nuque
- Muscles cibles : grand dorsal, biceps brachial
- Travail concentrique et excentrique
- Tentative 1 : 15 kg x 5
 - « facile » ; repos 2 min
- Tentative 2 : 25 kg x 5
 - « facile » ; repos 2 min
- Tentative 3 : 35 kg x 5
 - « moyen » ; repos 2 min
- Tentative 4 : 40 kg x 5
 - « difficile » ; arrêt

Méthodes et programmes d'exercices musculaires

	Endurance	Résistance
Intensité	30-60% 1 RM	80-90% 1RM
Volume	1-3 séries 10-20 répétitions	1-3 séries 1-8 répétitions
Repos	1 minute	2-3 minutes
Fréquence	2-4 j/semaine	4-6 j/semaine
Progression	Volume (durée)	Intensité (charge)

d'après Donner, Pulmonary Rehabilitation 2005

Méthode de renforcement musculaire

- Méthode de Delorme et Watkins : *progressive resistance exercises*
 - 3 séries de 10 mouvements
 - Série 1 : 50% 10 RM ; 1 minute ; repos 1 minute
 - Série 2 : 75% 10 RM ; 1 minute ; repos 1 minute
 - Série 3 : 100% 10 RM ; 1 minute ; repos 1 minute
 - Charge directe
 - 4 séances de travail/semaine ; mesure 10 RM en séance 5
 - 3 séries de 10 mouvements étalonnées sur la nouvelle 10 RM ...

Delorme, Arch Phys Med 1948

Méthode de renforcement musculaire

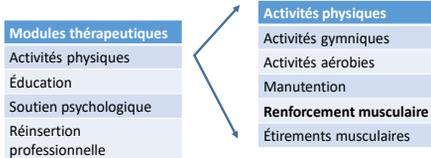
- Méthode des efforts maximaux
 - 4 à 8 séries de 1 à 3 mouvements
 - 90% 1 RM
 - Repos 7 minutes
 - 1 séance/8-10 jours

Sale, Exc Sport Sci Rev 1987

• ...

Revel, Traité de MPR 1998

Restauration fonctionnelle pour lombalgie chronique



Lariboisière – Fernand Vidal

Restauration fonctionnelle pour lombalgie chronique

• Renforcement musculaire : évaluation initiale

EVALUATION RENFORCEMENT MUSCULAIRE			
	100 % 5 RM	80 % 5 RM	75 % 5 RM
Développé couché	28	13	24,5
Quadriceps			
Biceps axiaux	16	8	12
Miroir	16	8	12
Papillon	30	15	25
Traîneau	25	10	20
Pressé à jambes	60	30	50



Lariboisière – Fernand Vidal

Restauration fonctionnelle pour lombalgie chronique

• Renforcement musculaire : progression

- Semaine 1
 - 50% 5RM
- Semaine 2
 - 75% 5RM
- Semaine 3
 - 75% 5 RM
- Semaine 4
 - 100% 5 RM
- Semaine 5
 - 100% 5 RM



5 à 10 séries ; 1 à 2 séances / semaine

Lariboisière – Fernand Vidal

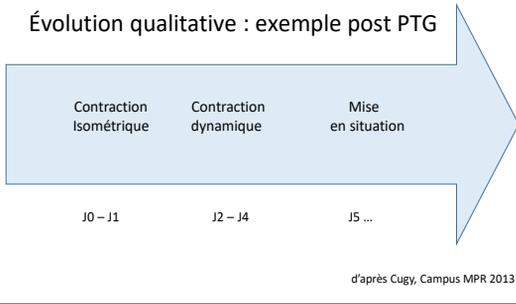
Renforcement du quadriceps Mme A 47 ans



Évaluation 1	5 RM initiale	Renforcement musculaire	Évaluation 2	5 RM finale
- Charge en début de test : 30% poids du corps - Paliers : 5kg - Tentatives : 3-5 - Gradation de l'effort : facile/moyen/difficile	30 kg	<ul style="list-style-type: none"> • Semaine 1 <ul style="list-style-type: none"> • 50% 5RM • Semaine 2 <ul style="list-style-type: none"> • 75% 5RM • Semaine 3 <ul style="list-style-type: none"> • 75% 5 RM • Semaine 4 <ul style="list-style-type: none"> • 100% 5RM • Semaine 5 <ul style="list-style-type: none"> • 100% 5 RM 5 à 10 séries 1 à 2 séances / semaine	- Charge en début de test : 30 kg (5 RMi) - Paliers : 5kg - Tentatives : 3-5 - Gradation de l'effort : facile/moyen/difficile	50 kg

Programme de renforcement musculaire

Évolution qualitative : exemple post PTG



Traitement fonctionnel d'une lésion du LCA

- RICE
 - **Renforcement ischio-jambiers et quadriceps**
 - Reprogrammation neuromusculaire
 - Reconditionnement à l'effort
- } *Stabilisation active du genou*

Traitement fonctionnel d'une lésion du LCA

- Renforcement musculaire : phase 1 (1-3 semaines)
 - Levée de sidération du quadriceps

Faire des contractions répétées du quadriceps avec remontée de la rotule. Les exercices sont ceux qui seront enseignés par le kinésithérapeute : contractions flash et contractions statiques pendant 10 s, en alternant les 2 genoux pour permettre un repos de 10 s. Faire entre 30 et 50 répétitions de chaque exercice 3 fois par jour.

Ghoziane, Actualités en MPR 2014

Traitement fonctionnel d'une lésion du LCA

- Renforcement musculaire : phase 2 (2-3 mois)
 - Travail excentrique des ischio-jambiers
 - Travail concentrique des ischio-jambiers



↳ translation antérieure et rotation tibiales



Ghozlane, Actualités en MPR 2014

Traitement fonctionnel d'une lésion du LCA

- Renforcement musculaire : phase 2 (2-3 mois)
 - Travail du quadriceps en chaine fermée



↳ translation tibiale antérieure
↳ contraintes LCA et FP



Ghozlane, Actualités en MPR 2014

Traitement fonctionnel d'une lésion du LCA

- Renforcement musculaire : phases 3 et 4 (4-6 mois)
 - Genou sec, indolore, mobile
 - Force IJ et Q : 90% ; ratio IJ/Q : 60%
 - ⇒ Poursuite du renforcement
 - + mise en situations spécifiques et instables
 - Travail de la proprioception
 - ⇒ Reprise progressive de l'entraînement sportif

Ghozlane, Actualités en MPR 2014

Points importants

- **Muscle strié squelettique**
 - Propriété : contraction
 - Rôle physiologique : posture et mouvement
- **Exercices de renforcement**
 - Vaste classe thérapeutique
 - Activité et adaptation musculaires
- **Programme de renforcement**
 - Indication : Contexte, patient, affection
 - Évaluation : force maximale
 - Planification : exercices, intensité, volume, fréquence, modulation
 - Réalisation/éducation

Merci pour votre
attention
