

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC**

**MÉMOIRE**

**PRÉSENTÉ À**

**L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**

**COMME EXIGENCE PARTIELLE**

**DE LA MAÎTRISE EN SCIENCE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE**

**PAR**

**MARIO BEAURIVAGE**

**EFFETS D'UN ENTRAÎNEMENT EN MUSCULATION À L'AIDE DE  
MOUVEMENTS DE DIFFÉRENTES DURÉES EN PHASE EXCENTRIQUE  
SUR L'HYPERTROPHIE DES MUSCLES DU MEMBRE SUPÉRIEUR**

**FÉVRIER 2000**

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

## RÉSUMÉ

L'entraînement en musculation augmente la force. Cette augmentation de la force débute par une adaptation nerveuse et se poursuit par une adaptation musculaire (hypertrophie). La contribution des phases concentriques (le raccourcissement du muscle par la contraction) et des phases excentriques (l'allongement du muscle en contraction) sont essentielles pour un gain optimal en hypertrophie. La phase excentrique est fréquemment associée au dommage musculaire (Brown, Child, Day et Donnely, 1997; Ebbeling et Clarkson, 1989; McHugh, Connolly, Eston et Gleim, 1999). Ce dommage permettrait d'obtenir un gain plus grand en hypertrophie (Hortobagyi, Hill, Houmard, Fraser, Lambert et Richard, 1996; Smith et Rutherford, 1995). Il semble donc que l'allongement de la phase excentrique puisse augmenter les gains d'hypertrophie.

Le but de l'étude est de vérifier l'effet de deux différentes durées de contraction musculaire en augmentant le temps de la phase excentrique sur l'hypertrophie musculaire lors d'un entraînement à intensité fixe.

Vingt-deux hommes physiquement actifs, âgés de 17 à 21 ans sont recrutés pour participer à l'étude. Ils sont consignés à des groupes différenciés par la proportion temporelle accordée à chacune des phases de mouvement lors de l'entraînement en musculation de 8 semaines.

Les sujets se divisent en trois groupes, un groupe lent ( $n = 8$ ), un groupe rapide ( $n = 8$ ) et un groupe contrôle inactif ( $n = 6$ ). L'échantillon retenu se compose de sujets pesant de 71 à 73 kg, mesurant 176 à 179 cm et possédant une circonférence des bras de 30 à 31.4 cm. Les candidats n'ont jamais fait d'entraînement en musculation et n'ont aucune blessure pouvant faire obstacle à leur participation à l'expérience. Chaque groupe actif effectue trois séries de 8 à 10 répétitions en utilisant un mouvement de flexion des avant-bras sur les bras et des extensions des avant-bras. La volumétrie des membres supérieurs est faite par la mesure de circonférences.

Les résultats démontrent que les deux groupes actifs de manière individuelle obtiennent des gains très significatifs en hypertrophie de 4% pour le groupe lent et de 6% pour le groupe rapide à la fin des huit semaines d'expérimentation. De plus, le groupe contrôle ne démontre aucune progression. Par ailleurs, la différence entre les deux groupes actifs est non significative à la 1<sup>ière</sup> semaine, la 4<sup>e</sup> semaine, la 6<sup>e</sup> semaine et à la 8<sup>e</sup> semaine.

Pour conclure, la durée de contraction dans la phase excentrique ne serait pas, un facteur déterminant pour favoriser l'hypertrophie musculaire chez le débutant.

## REMERCIEMENTS

Je tiens à témoigner ma reconnaissance à mes directeurs de maîtrise soit messieurs Denis Méthot et François Trudeau pour leurs précieux conseils et surtout pour tout leurs temps consacrés à mon mémoire. De plus, je tiens à souligner le professionnalisme de monsieur Claude Dugas comme directeur des études avancées.

Je remercie également le service des sports du Cégep de St-Hyacinthe de m'avoir permis l'utilisation des locaux et des équipements pour réaliser mon expérience ainsi que monsieur Roberto Lima pour son aide dans l'utilisation du logiciel SAS et l'interprétation statistique des résultats. De plus, un gros merci à tous les volontaires ayant participé aussi sérieusement à la réalisation de ce mémoire.

Finalement, mes remerciements s'adressent à mes parents Lucien et Yolande Beaurivage pour leur encouragement ainsi que ma conjointe Nathalie Gaulin, mon fils Samuel Beaurivage pour leur patience. Un beau bonjour à ma future fille Jade.

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ .....	i
REMERCIEMENTS .....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES .....	vii
CHAPITRES	
I. INTRODUCTION.....	1
II. REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	3
Force musculaire.....	3
Hypertrophie musculaire .....	7
Relation entre la force et l'hypertrophie.....	7
Déterminants de l'hypertrophie.....	8
Travail concentrique.....	10
Travail excentrique.....	11
Comparaisons entre le travail concentrique et excentrique .....	13
Problématique.....	14
Question .....	16
Hypothèse.....	16

III. MÉTHODOLOGIE.....	17
Sujets.....	17
Entraînements .....	17
Paramètre.....	21
Aspects physiques .....	21
Mesures (variable).....	22
IV. RÉSULTATS.....	25
V. DISCUSSION ET CONCLUSION.....	35
La force.....	36
L'hypertrophie musculaire.....	37
Recommandation.....	39
Conclusion.....	40
RÉFÉRENCES.....	41
ANNEXE A: Formulaire de consentement.....	45

## LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Page
1. Facteurs biologiques influençant la force.....	4
2. Résumé du protocole expérimental.....	20
3. Caractéristiques physiques des sujets.....	26
4. Évolution du groupe lent.....	32
5. Évolution du groupe rapide.....	33
6. Comparaison entre le groupe lent et le groupe rapide.....	34



## LISTE DES FIGURES

Figures	Page
1. Évolution de la force moyenne des biceps en fonction du temps.....	27
2. Évolution de la force moyenne des triceps en fonction du temps.....	28
3. Évolution des groupes en hypertrophie.....	30

## **CHAPITRE I**

### **Introduction**

Depuis des siècles, l'Homme associe une musculature imposante avec la force. Citons l'exemple d'Hercule dans la mythologie grecque. Cette croyance est tout aussi populaire aujourd'hui quand on observe les concours d'hommes les plus forts au monde. Dans les deux situations, les musculatures sont gigantesques.

Depuis quelques années, les populations masculines et féminines pratiquent régulièrement l'entraînement en force avec des buts différents. Les uns, pour le plaisir de maintenir une musculature ferme, diminuer les tissus adipeux, augmenter le volume musculaire, améliorer l'apparence et rechercher les effets positifs sur la santé physique et psychologique. Par contre, d'autres ont besoin de plus grands défis et préconisent une approche plus compétitive, de façon directe: concours d'hommes forts, haltérophilie, culturisme ou de façon indirecte: football, lancer du poids, hockey, etc.

En thérapie, l'entraînement est utilisé au moyen de traitements variés visant à la rééducation suite à une blessure musculaire et aussi pour diminuer et prévenir les douleurs dues à une mauvaise posture.

En gériatrie, ces techniques se popularisent pour combattre l'atrophie musculaire et même les gens souffrant de différents problèmes cardiaques retrouvent une qualité de vie par des séances régulières de musculation (American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, 1999).

Plusieurs facteurs influencent la force: le volume du muscle semble le plus important (Hartmann et Tünnemann, 1995; Prevost, 1998). Il est donc possible d'affirmer que l'hypertrophie musculaire occupe une place essentielle pour augmenter la force et que l'entraînement physique permet d'y parvenir.

## **CHAPITRE II**

### **REVUE DE LA LITTÉRATURE**

#### **Introduction**

La revue de la littérature se divise en quatre grands secteurs d'étude ayant fait l'objet d'une attention particulière en ce domaine. Les secteurs d'étude sont: la force, l'hypertrophie musculaire, les phases excentriques et concentriques. Pour simplifier la compréhension des différentes théories qui sont exposées, il est conforme de définir et distinguer quelques concepts de base.

#### **Force musculaire**

La force peut se définir de plusieurs façons. Toutefois, elle est habituellement interprétée comme l'effort maximal exercé pour vaincre une résistance extérieure ou à s'y opposer par la contraction maximale des muscles du corps.

Le tableau 1, à la page suivante, présente les facteurs biologiques influençant la force.

Tableau 1

Plusieurs facteurs biologiques influencent la force (Hartmann et Tünnemann, 1995)

Les facteurs d'entraînement	Les facteurs non entraînaibles
- le diamètre des fibres musculaires	- le nombre de fibres musculaires
- la coordination intra-musculaire	- la structure de la fibre
- la fréquence de l'impulsion nerveuse	
- la coordination inter-musculaire	
- l'élasticité des muscles et des tendons	
- la réserve énergétique dans les muscles et dans le foie	
- la densité capillaire du muscle	
- les étirements (Burke, 1999)	

De plus, l'entraînement de la force est influencé par le système hormonal, l'alimentation, le sommeil (Zatsiorsky, 1995) et le temps de récupération entre les séries (Pincivero, 1998).

Le processus de l'entraînement en force débute par une adaptation nerveuse de l'activité des muscles contractiles (la façon d'apprendre à faire l'exercice avec une bonne technique et de contracter les muscles à l'unisson) et se poursuit par une adaptation musculaire (hypertrophie) (Akima, Takahashi, Kuno, Masuda, Shimojo, Anno, Itai et Katsuta, 1999; Baker, Wilson et Carlyon, 1994; Fleck et Kraemer, 1988; Moritani et deVries, 1979).

Pour qu'il y ait augmentation de la force, la résistance doit être assez grande pour obliger l'adaptation. Plus la résistance confrontée est élevée, plus le nombre d'unités motrices recrutées est grand. L'adaptation nerveuse se fait plus rapidement à une vitesse d'exécution rapide qu'à une vitesse lente (Morrisey, Hartman, Fryman et Han, 1998; Prevost, Nelson et Maraj, 1999). De plus, l'augmentation de la force s'effectue majoritairement à la vitesse d'exécution du mouvement.

Donc, si l'entraînement est fait à une vitesse rapide cette augmentation sera optimale à cette vitesse seulement (Behm et Sale, 1993; Blazevich et Jenkins, 1998; McBride, 1999; Myashita et Kanehisa, 1983; Smith et Melton, 1981).

En contradiction, Coyle, Feiring, Rotkis, Cote, Roby, Lee et Wilmore (1981) pensent que l'entraînement à vitesse rapide offre une progression considérable sur la

force à vitesse rapide, intermédiaire et lente et est accompagné par une amélioration des fibres de type II. Toutefois, ils spécifient qu'inversement, l'entraînement à vitesse lente, n'a pas d'effet sur la force à vitesse rapide parce que la fibre musculaire rapide n'est pas sollicitée (Caiozzo, Perrine et Edgerton, 1981; Coyle et al., 1981).

L'adaptation nerveuse est spécifique au mouvement effectué. En effet, il est important de choisir un exercice de musculation ressemblant au mouvement à améliorer auquel les mêmes groupes musculaires sont sollicités et ce, de la même manière (Sale, 1998). Par exemple, un sprinter désirant augmenter sa performance par un entraînement en salle de musculation, choisira un exercice similaire au mouvement utilisé dans sa discipline.

En conclusion, la vitesse d'exécution et la durée de contraction semblent importantes pour l'augmentation de la force. Le travail avec des charges lourdes à vitesse lente permet d'éliminer le momentum pour déplacer la charge. Lorsqu'un mouvement de musculation est fait lentement, la durée du stimulus augmente et le niveau de tension, imposé au muscle, peut favoriser alors un développement de la force maximale à vitesse lente.

Toutefois, si la vitesse est rapide, il permet au débutant d'obtenir une adaptation neurologique plus rapide et une augmentation de la force pour toutes les vitesses d'exécution. Par conséquent, après l'adaptation neurologique, il y aura adaptation musculaire (hypertrophie).

## **Hypertrophie musculaire**

Les scientifiques s'interrogent encore sur l'hypertrophie musculaire. Plusieurs études tentent de démontrer physiologiquement les mécanismes de l'hypertrophie musculaire.

Le volume musculaire se manifeste par l'augmentation en volume de la fibre musculaire résultant d'une augmentation du contenu des myofibrilles (des filaments d'actine et de myosine). Il est à noter qu'il y a une amélioration de la force.

## **Relation entre la force et l'hypertrophie**

Une relation directe existe entre la force et l'hypertrophie musculaire.

L'augmentation de volume d'un muscle se fait par une majoration du nombre de myofibrilles et de molécules fournissant de l'énergie (ATP, créatine phosphate) et par une production accrue de réticulum sarcoplasmique et de réserves énergétiques (glycogène, triglycérides) (Zatsiorsky, 1995).

Cette augmentation de volume résulte en une plus grande force de contraction. Plus un muscle sain est gros, plus il a de force absolue et maximale et inversement plus il est fort, plus il est gros (Hartmann et Tünnemann, 1995; McRobert, 1998; Prevost, 1998).



Une augmentation de 10% du volume musculaire résulte d'une augmentation de 25% de la force maximale (Hartmann et Tünnemann, 1995).

Il n'y a aucune étude scientifique permettant de croire que l'entraînement pour augmenter la force est différent de l'entraînement pour atteindre l'hypertrophie.

### **Déterminants de l'hypertrophie**

Prevost (1998), suggère deux mécanismes responsables de l'hypertrophie musculaire. Ces hypothèses reposent sur deux théories scientifiques qui, fusionnées, peuvent permettre d'élucider cette énigme.

**Théorie du dommage musculaire.** La cellule musculaire est endommagée par l'exercice. Les facteurs responsables de la croissance musculaire sont activés. Une nouvelle cellule musculaire est créée par les satellites cellulaires, fusionnées avec les fibres musculaires existantes qui ont la capacité d'augmenter la synthèse de protéines ou de fusionner entre elles (Prevost, 1998).

**Théorie de l'accumulation de substrats.** L'entraînement en force utilise un maximum d'énergie. Le corps répond en stimulant le processus métabolique produisant l'énergie nécessaire pour contracter les muscles. Cette augmentation de l'activité métabolique apporte inévitablement une accumulation de plusieurs produits dérivés du

métabolisme. Pour la plupart, il s'agit d'acide lactique. L'acide lactique est démontré comme un stimulant de la sécrétion de la testostérone et probablement joue un rôle comme stimulant de l'hormone de croissance (Prevost, 1998).

En addition, l'effort intensif stimule le système nerveux central produisant de l'adrénaline et de la noradrénaline. Ces hormones sont bêta-agonistes qui a un effet potentiellement anabolisant. La théorie de l'accumulation de substrats propose que l'accumulation de produits métaboliques, occasionnée par des efforts musculaires intenses, augmente les différentes hormones responsables de l'hypertrophie: la testostérone, hormone de croissance et l'insuline (IGF1) (Prevost, 1998).

Plusieurs questions restent incomprises sur les différents mécanismes permettant un résultat optimal. Notamment, la contribution des phases excentriques et concentriques à l'entraînement sur l'hypertrophie reste à être définie.

## **Travail concentrique**

Le raccourcissement d'un muscle par la contraction provoque un rapprochement des extrémités du muscle contracté. Cette étape est appelée phase concentrique du mouvement. Il existe, au sein de la fibre musculaire, un cycle de liaisons-ruptures entre les filaments d'actine et de myosine formant le sarcomère. Ce mécanisme permet le raccourcissement musculaire. Il implique l'utilisation d'énergie, stockée sous forme de phosphagènes (ATP + CP).

Le rétablissement de l'énergie nécessaire à la poursuite de l'exercice rend nécessaire la dégradation par voie anaérobie de substrats glucidiques et lipidiques. Il y a donc une forte utilisation de phosphagènes lors du travail concentrique.

En fonction de l'intensité de l'exercice et de sa durée, on a de plus une sollicitation préférentielle des fibres I, à contraction lente, ou des fibres IIa et IIb, à contraction rapide. Lors du travail concentrique, la force augmente progressivement jusqu'à une position intermédiaire. À ce moment-là, il existe plus de ponts entre les filaments d'actine et de myosine au sein du muscle. Une fois le moment maximal développé, la force diminue progressivement jusqu'à la fin du mouvement. De plus, la force s'atténue avec la vitesse du mouvement (Middleton, Puig, Trouve, Roulland et Fleury, 1993).

## **Travail excentrique**

Le travail musculaire excentrique est, par définition, une contraction musculaire ayant pour effet de résister à l'étirement du muscle. Quand il travaille de manière excentrique, un muscle agoniste résiste au mouvement inverse: il freine le mouvement. Cela définit le mieux son rôle. Il s'oppose à une force externe. De plus, le mode de contraction musculaire, lors du travail musculaire excentrique, ne répond pas au schéma habituel de la contraction musculaire.

Le mécanisme et la physiologie de la contraction musculaire excentrique sont peu connus. Il n'y a ni augmentation de la vascularisation locale, ni utilisation des phosphagènes cellulaires (ATP + CP) (Middleton et al., 1993). La force est maximale vers la fin de l'étirement. Le complexe musculo-tendineux est doué d'une résistance à l'étirement dont le tissu non contractile est en grande partie responsable.

Lors du travail excentrique, on note une sollicitation préférentielle des fibres IIb (Middleton et al., 1993). Pour cette phase, la force augmente progressivement jusqu'à une position proche de l'étirement maximal. Une fois le moment maximal atteint, il existe un mécanisme protecteur central stimulant les neurones de Golgi qui permet une chute brutale de la force musculaire. Le travail musculaire excentrique prolongé est responsable de douleurs musculaires retardées, le début se fait dans les 8 heures après l'arrêt de l'activité et l'arrêt des douleurs après 2 à 3 jours (Middleton et al., 1993).

Les douleurs ont une origine mécanique (hyper-étirement) ainsi qu'une origine métabolique qui explique l'aggravation des lésions notées lors de biopsies musculaires itératives à la suite de l'exercice (Middleton et al., 1993). La phase excentrique est fréquemment associée au dommage musculaire (Brown et al., 1997; Ebbeling et Clarkson, 1989; Evans, Meredith, Cannon, Dinarello, Frontera, Hughes, Jones et Knuttgen, 1985; Friden et Lieber, 1992; McHugh et al., 1999).

Ce dommage permet d'obtenir un gain plus grand en hypertrophie (Hortobagyi et al., 1996). Toutefois Kraemer et Fleck (1998) spécifient que pour un gain en hypertrophie le contrôle de la résistance est plus important que la durée de contraction. En contradiction, plusieurs études (Higbie, Cureton, Warren et Prior, 1996; Hortobagyi et al., 1996; Smith et Rutherford, 1995) affirment que pendant le mouvement excentrique, il est préférable de prendre plus de temps que pour le mouvement concentrique car la force est plus grande pour retenir une charge que la tirer.

## **Comparaisons entre le travail concentrique et excentrique**

Il existe des différences significatives entre les modes concentriques et excentriques de contraction musculaire.

L'adaptation neurologique et musculaire se fait conséquemment par l'entraînement concentrique et excentrique (Higbie et al., 1996). Toutefois, l'augmentation de la force est spécifique à la phase d'entraînement. En effet, augmenter la force en excentrique demande un entraînement excentrique (Higbie et al., 1996). Le travail excentrique est associé à une plus grande adaptation musculaire, par conséquent une meilleure hypertrophie que le travail concentrique (Hortobagyi et al., 1996).

Contrairement à ce que l'on retrouve dans la phase concentrique, la force développée lors du travail excentrique augmente avec la vitesse d'étirement pour obtenir assez rapidement un plateau (Middleton et al., 1993).

On peut dire, lors du travail concentrique, que la force est développée par le tissu contractile. Lors du travail excentrique, il y a contraction musculaire mais la force produite dépend aussi de la mise en tension du tissu conjonctif de soutien. Plus il y a d'unités motrices mises en jeu, plus la force excentrique et concentrique est importante. On note que la force excentrique d'un muscle est supérieure à la force concentrique (Prevost, 1998; Hortobagyi et al., 1996; Smith et al., 1995).

Lors du travail concentrique, nous savons qu'il existe une consommation importante d'ATP pour permettre les cycles de liaisons et ruptures entre les molécules d'actine et de myosine. Lors du travail excentrique, il n'y a pas ou peu d'utilisation d'ATP. Le mécanisme de la contraction musculaire semble donc différent. Il n'est pas bien connu, à ce jour (Middleton et al., 1993).

En conclusion, le mouvement excentrique semble supérieur pour favoriser un gain en hypertrophie. Cependant, le gain en hypertrophie et en force, pour être optimal, doit comprendre une phase concentrique et une phase excentrique. Donc l'expérimentation effectuée permet sûrement de faire un pas dans cette direction.

### **Problématique**

Malgré de nombreuses études, la littérature scientifique est limitée en ce qui concerne différents aspects de l'entraînement en musculation pouvant permettre d'optimiser le résultat attendu. Plusieurs scientifiques établissent que le nombre de répétitions idéal pour l'hypertrophie musculaire est entre 6 RM et 12 RM (Hedrick, 1995; Kraemer et Fleck, 1998; Tesch, 1992). Cette norme de 6 RM-12 RM est aussi la plus souvent utilisée dans les salles d'entraînement. Cependant, la durée de contraction n'est pas abordée par ces auteurs.

En effet, si les répétitions sont faites lentement, le poids et le travail musculaire sont différents que si les répétitions sont faites rapidement.

Malheureusement, peu d'études traitent de la durée de contraction optimale pour l'hypertrophie musculaire dans une série. Habituellement, le vocabulaire utilisé se restreint à l'emploi de termes vagues tels une vitesse rapide, modérée ou lente. Exceptionnellement, Poliquin (1997) spécifie que la durée de contraction optimale pour l'hypertrophie musculaire se situe entre 20 et 70 secondes par série.

MacDougall (1986) prétend que le temps pendant lequel le muscle est en contraction est important pour une réponse positive en hypertrophie. Toutefois, Young et Bilby (1993), dans leurs recherches, concluent que la durée de contraction n'est pas un facteur important pour le développement de l'hypertrophie. Dans cet article de Young et Bilby, le résultat obtenu est que le gain en hypertrophie pour les deux groupes est similaire. Cette étude a permis de conclure qu'il n'y a aucune différence significative même si la durée de contraction dans la phase concentrique est lente ou rapide. Inversement, il s'avère alors intéressant de vérifier s'il existe une différence en hypertrophie dans la phase excentrique.



### **Question**

Le but du travail est de vérifier l'effet d'un entraînement en musculation à l'aide de mouvements de différentes durées de contraction en phase excentrique sur l'hypertrophie des muscles du membre supérieur.

### **Hypothèse**

La phase excentrique est fréquemment associée au dommage musculaire (Brown et al., 1997; Ebbeling et Clarkson, 1989; McHugh et al., 1999). Ce dommage permet d'obtenir un gain plus grand en hypertrophie (Hortobagyi et al., 1995).

Toutefois aucune étude ne permet d'établir des règles sur la durée de cette phase de contraction. L'hypothèse de cette recherche est à l'effet que si la durée de contraction dans la phase excentrique est plus longue, le gain en hypertrophie est plus grand. Si cette hypothèse est confirmée par la présente étude, on peut alors conclure à l'importance de la durée de contraction lors d'un entraînement en musculation favorisant l'hypertrophie musculaire chez le débutant.

## CHAPITRE III

### MÉTHODOLOGIE

#### Sujets

Les sujets sont des étudiants volontaires ( $n = 22$ ) du CÉGEP de St-Hyacinthe qui ont entre 17 et 21 ans, informés de l'expérimentation et consentant d'y participer. Ils sont répartis en trois groupes au hasard, un groupe lent ( $n = 8$ ), un groupe rapide ( $n = 8$ ) et un groupe contrôle inactif ( $n = 6$ ). L'échantillon retenu se compose de sujets pesant de 71 à 73 kg, mesurant 176 à 179 cm et possédant une circonférence des bras de 30 à 31.4 cm. Les candidats n'ont jamais fait d'entraînement en musculation et n'ont aucune blessure pouvant faire obstacle à leur participation à l'expérience.

#### Entraînements

**Mouvements.** Le premier : l'exercice pour les biceps (flexions des avant-bras sur les bras avec haltères courts) et le deuxième: l'exercice pour les triceps (extension des avant-bras avec un haltère court au-dessus de la tête). Ils doivent faire de 8 à 10 répétitions maximales (RM).

**Standardisation des mouvements.** Biceps: les sujets sont debout, le dos, la tête ainsi que les triceps sont droits et s'appuient contre un mur, les genoux sont légèrement fléchis, pieds à l'écart, distants d'environ 12 pouces du mur. Chacun des participants empoigne un haltère dans ses mains, la prise des haltères se fait un peu plus large que les épaules, les bras sont tendus le long du corps et les mains en position de supination. Le mouvement s'exécute par une flexion de l'avant-bras sur le bras, les coudes fixes de chaque côté du corps. Ensuite, redescendre à la position de départ.

Triceps: les sujets sont debout, le dos et la tête sont droits. Les bras sont tendus au-dessus de la tête avec un haltère court entre les mains. Descendre les mains derrière la tête en pliant les coudes. Revenir à la position de départ en étendant les coudes.

**Séance.** La première série (8-10 RM) débute avec la flexion des avant-bras sur les bras. L'exercice suivi d'un repos est recommencé en fonction du nombre de séries. Un repos de 2 minutes est nécessaire et obligatoire entre les séries et comme préparation au deuxième exercice. Ensuite, les sujets poursuivent l'entraînement avec l'autre exercice, plus précisément, l'extension des avant-bras.

**Séries.** Les groupes actifs 1 et 2 font 3 séries pour chaque exercice par séance. Le groupe 3 (contrôle) ne s'entraîne pas.

**Vitesse du mouvement.** Pour le groupe à vitesse rapide, les deux exercices sont exécutés de cette façon : les sujets montent le poids (phase concentrique) en 1 seconde et le redescendent en 2 secondes.

Pour le groupe à vitesse lente, les sujets montent le poids (phase concentrique) en 1 seconde et le redescendent en 5 secondes.

**Durée de contraction par exercice pour les groupes actifs.** Pour le groupe à vitesse rapide, la durée de contraction totale dans la phase excentrique est de 16 à 20 secondes pour chaque série. Pour le groupe à vitesse lente, la durée de contraction totale dans la phase excentrique est de 40 à 50 secondes pour chaque série. Les groupes actifs ont trois séances d'entraînement chaque semaine, de la période du 4 octobre au 26 novembre 1999, pour une durée totale de 8 semaines. L'horaire consiste à une séance les lundis et mercredis à 20hres et les vendredis, à 18hres.

Il est à noter, qu'un support vidéo comprend les directives de l'entraînement. De plus, un modèle à l'écran effectue les exercices avec la durée de contraction souhaitée et le temps de repos requis entre les séries. Le support vidéo assure des explications simples et précises pour chaque groupe. Si les explications ne sont pas comprises par un participant, la cassette est rejouée. Aucun exercice impliquant la musculature des membres supérieurs ne sera autorisé hors des séances tout au long des huit semaines d'expérimentation.

Le résumé du protocole expérimental est présenté au tableau 2.

Tableau 2

Résumé du protocole expérimental

	<b>Groupe I</b>	<b>Groupe II</b>
Choix des exercices	flexion des avant-bras sur les bras, extension des avant-bras	flexion des avant-bras sur les bras extension des avant-bras
Séries	3	3
Répétitions	8-10 RM	8-10 RM
Repos entre les séries	120 secondes	120 secondes
Phase excentrique	5 secondes = 40-50 secondes	2 secondes = 16-20 secondes
Phase concentrique	1 seconde = 8 -10 secondes	1 seconde = 8 -10 secondes
Journées d'entraînement	lundi-mercredi-vendredi	lundi-mercredi-vendredi
Nombre de semaines d'entraînement	8	8

**Paramètre**

Le sujet fait de 8 à 10 répétitions par série. Lorsqu'il atteint 10 répétitions pour chaque série d'exercice, il doit augmenter la charge.

Cette augmentation se fait comme suit: 2.5 livres (1.25 kilogramme) pour chaque bras (biceps) et 5 livres (2.5 kilogrammes) pour les triceps. Cette augmentation peut se faire à tout moment.

**Aspects physiques**

**Local.** Le programme se déroule dans la salle de musculation du CÉGEP de St-Hyacinthe. Le local est de grandeur acceptable, c'est-à-dire 4000 pieds carrés. La température, l'éclairage et l'aération sont de bonne qualité et identiques pour les 3 groupes. Il n'y a pas de musique. Les disponibilités de la salle sont grandes, soit, 7 jours/semaine de 6 hres à 23 hres.

**Matériel et équipements.** Les équipements utilisés sont de type: haltères courts. Il y a dans la salle un écran, un magnétoscope et une cassette adéquate pour chaque groupe.

**Supervision.** La supervision est faite par un éducateur physique. Ce dernier est familiarisé avec l'entraînement en musculation. Il vérifie la qualité de l'entraînement, la technique des participants, le bon fonctionnement de la séance. En plus, il est le responsable de la sécurité en cas de blessure.

### **Mesures (variables)**

Une étude pilote a été effectuée durant 3 semaines avec 6 sujets (non participants) afin de me familiariser avec l'expérimentation et le support vidéo.

Les mesures sont toujours prises par la même personne pour éviter qu'il y ait des variations et s'assurer, s'il y avait erreur, qu'elle soit uniformisée pour tous les groupes. Cette personne est professeur d'éducation physique au CÉGEP de St-Hyacinthe. Elle est habituée de travailler avec les mesures et ne connaît pas mon hypothèse. Chaque sujet est évalué au début et à la fin de l'expérimentation.

**Adiposité.** Un adiposomètre de marque *Jamar* est utilisé, c'est un moyen simple et précis d'établir l'épaisseur d'un pli adipeux. Cet instrument permet de vérifier le pourcentage de gras de chaque participant à partir de la somme des plis intégrés par une équation mathématique. La table de Durnin et Womersley sur quatre plis cutanés (mm) triceps, biceps, omoplate et hanche a été utilisée.

**Force.** La force est mesurée en soulevant, avec un mouvement établi à l'avance, un poids maximum en ne dépassant pas 6 répétitions maximale, 6 RM (Kraemer et al., 1998). La mesure de force se fait trois fois par l'utilisation de la flexion des avant-bras sur les bras avec des haltères courts (biceps) et de l'extension des avant-bras avec un haltère (triceps). Il y a un minimum de 5 minutes de repos entre les deux exercices pour permettre une récupération suffisante (MacDougall, Wenger, Green et Howard, 1991). La charge maximale que le débutant peut lever est notée. De plus, la progression de la force (par l'augmentation des poids) sera notée durant les 8 semaines. Ces deux mouvements ont été choisis parce qu'ils ne demandent pas une grande habileté, mais sont très efficaces car ils activent toutes ou presque toutes les fibres d'un muscle donné.

**Hypertrophie.** L'instrument utilisé est un ruban à mesurer. De nombreuses études ont utilisé cet instrument simple et efficace (Young et al., 1993; Cordain, Richaud et Johnson, 1995). Il est en acier flexible avec une gradation en centimètre et en millimètre d'une longueur 1.5 à 2 mètres et débute avec une mesure avant le zéro. Le ruban peut se refermer avec un bouton automatique (MacDougall et al., 1991). La partie métallique du ruban est tenue de la main droite pour un ruban à angle droit. Le ruban est tiré avec le pouce et l'index de la main gauche. Il est passé à plat autour du bras droit et du bras gauche du sujet et tenu de façon à ce que les chiffres soient faciles à voir et, l'enroulement se fait jusqu'au moment où le ruban soit juxtaposé à la partie métallique.



Durant la mesure, la circonférence est utilisée pour mesurer la grosseur (périmètre) des bras. Les bras sont mesurés en flexion et contraction et sans contraction (position de relâchement) et la mesure reprise trois fois, la moyenne sert de référence (MacDougall et al., 1991).

**En contraction.** Le bras du sujet est placé à 90° de l'angle de son corps, l'avant-bras fléchi à 45°, perpendiculaire à l'humérus et la main fermée en supination dans un angle droit. La mesure du bras est prise entre l'acromion et la tête du radius. Dans cette position, le sujet doit forcer au maximum isométriquement avec les fléchisseurs et les extenseurs du bras. La mesure est prise spécifiquement où le périmètre du bras est le plus saillant (MacDougall et al., 1991).

**Sans contraction.** Le sujet est debout et droit, les bras de chaque côté du corps. La mesure est prise directement entre la tête du radius et l'acromion (MacDougall et al., 1991). Les mesures de la circonférence et des plis cutanés sont prises avant l'entraînement du début de l'expérience et deux jours après le dernier entraînement.

**Statistiques.** Le SAS a été utilisé car il est performant pour l'analyse statistique des mesures répétées (Littel, Henry et Ammerman, 1998). Les ajustements de  $P$  ont été faits par le logiciel SAS (procédure PROC MIXED).

## CHAPITRE IV

### RÉSULTATS

Les résultats de la présente étude débutent (figures 1 et 2) par l'évolution moyenne de la force des sujets. Ces figures sont créées, à partir de l'augmentation successive des poids lors d'entraînement à une intensité fixe de 8-10 RM. Par ailleurs, l'hypertrophie musculaire est calculée en utilisant la mesure de circonférence. La progression en centimètre de la circonférence illustrée à la figure 3. De plus, l'analyse de variance à mesure répétée (SAS) est utilisée pour les analyses statistiques. Dans un premier temps, l'interprétation des résultats se fait sur chaque groupe individuellement afin de déterminer si la progression intra-groupe est significative durant l'expérience (tableaux 4 et 5). Par la suite, l'analyse est utilisée pour comparer les groupes entre eux (tableau 6).

Le tableau 3, qui suit, présente les caractéristiques physiques de chaque groupe. Il permet de distinguer l'âge, la grandeur et le poids des sujets. De plus, il indique la charge initiale utilisée pour l'entraînement ainsi que la mesure de circonférence de départ.

Tableau 3

Caractéristiques physiques des sujets  
(Moyenne de chacun des groupes et écarts-types)

	Groupe lent		Groupe rapide		Groupe contrôle	
	(n = 8)		(n = 8)		(n = 6)	
	$\overline{X}$	écarts-type	$\overline{X}$	écarts-type	$\overline{X}$	écarts-type
<hr/>						
Âge, année	18.8	0.83	17.75	0.95	18	0.89
Grandeur(cm)	179.58	4.19	175.75	6.65	176.2	5.12
Poids(kg).	72.6	9.44	73.2	6.54	71.4	7.04
Poids utilisés au départ (kg)						
Biceps	10.5	1.69	10.8	1.60	inactif	
Triceps	11.5	1.41	12.1	2.34	inactif	
Circonférences au départ(cm)						
	1.4	0.91	31.5	0.91	30	1.05

La figure 1 présente l'évolution de la force moyenne des biceps en fonction du temps.

### Groupe rapide

Le gain de force se fait discrètement dans les deux premières semaines. Cette progression devient plus grande entre la 2<sup>e</sup> et la 4<sup>e</sup> semaine et le maximum de gain a été réalisé entre la 4<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> semaine pour atteindre un plateau entre la 6<sup>e</sup> et la 8<sup>e</sup> semaine.

### Groupe lent

Le gain de force se fait tardivement seulement à la 4<sup>e</sup> semaine. Cette progression est régulière jusqu'à la 6<sup>e</sup> semaine et le maximum d'évolution a été atteint entre la 6<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> semaine sans atteindre de plateau.

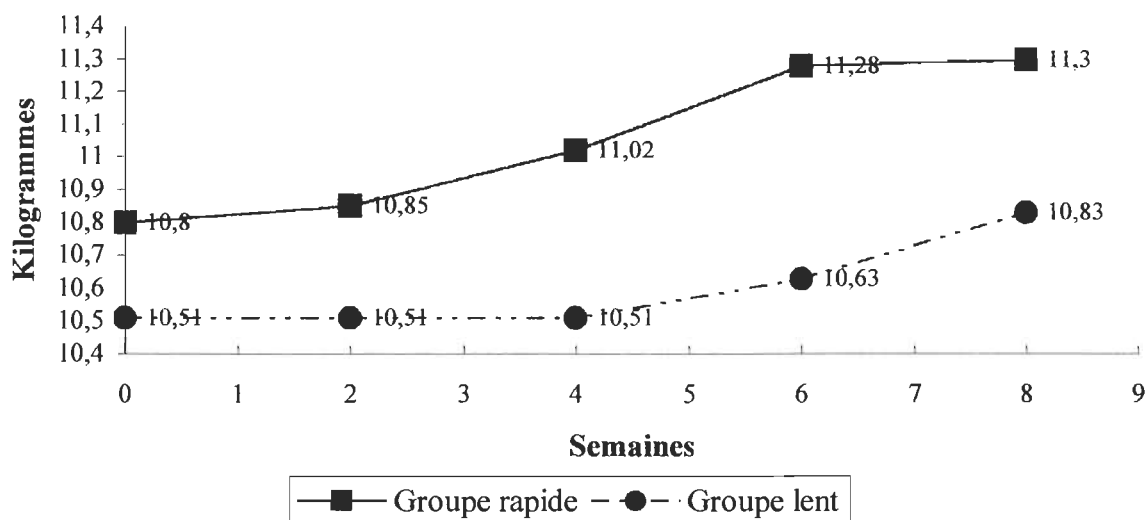


Figure 1. Évolution de la force moyenne des biceps en fonction du temps

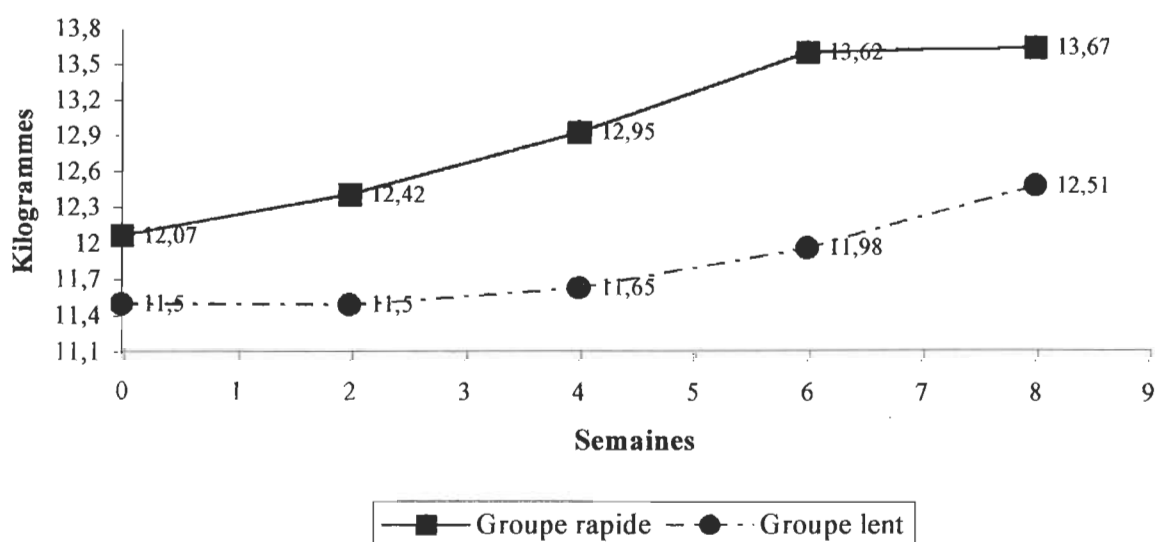
La figure 2 présente l'évolution de la force moyenne des triceps en fonction du temps.

### Groupe rapide

Le gain de force se fait rapidement dès les 2 premières semaines et progresse uniformément pour atteindre un plateau entre la 6<sup>e</sup> et la 8<sup>e</sup> semaine .

### Groupe lent

Le gain de force débute après la 2<sup>e</sup> semaine. Cette progression est régulière jusqu'à la 6<sup>e</sup> semaine et le maximum d'évolution a été atteint entre la 6<sup>e</sup> et la 8<sup>e</sup> semaine sans atteindre de plateau



Figures 2. Évolution de la force moyenne des triceps en fonction du temps.

Les résultats d'une analyse de la variance à mesures répétées révèlent l'absence de différences significatives entre les trois groupes (contrôle, lent et rapide) ( $F [2,19] = 9,64$ ), des différences significatives entre les résultats du début et de la fin des semaines d'entraînement ( $F [1,19] = 50,29, p < 0.01$ ) ainsi qu'un effet significatif pour l'interaction entre les groupes et les moments (début et fin) d'entraînement ( $F [2,19] = 12,81, p < 0.01$ ). Cette interaction révèle que les groupes expérimentaux progressent différemment du groupe de contrôle, qui laisse voir une absence de progrès (voir figure 3).

Une seconde analyse de la variance à mesures répétées a été menée pour approfondir les effets de l'entraînement en tenant compte des quatre moments d'évaluation des groupes expérimentaux à la 1<sup>ière</sup>, 4<sup>e</sup>, 6<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> semaine. Les groupes ne sont pas significativement différents ( $F [2,19] = 0,68$ ) tandis que des effets significatifs furent observés pour les quatre moments d'évaluation ( $F [3,47] = 28,96, p < 0.01$ ) et pour l'interaction groupe par moments ( $F [4,47] = 8,80, p < 0.01$ ). La figure 3, laisse voir un progrès plus rapide chez le groupe rapide que chez le groupe lent.

La figure 3 illustre l'évolution des trois groupes en hypertrophie.

Cette évolution est interprétée de manière descriptive: Le groupe contrôle ne semble pas avoir d'augmentation entre la mesure de départ et la mesure finale. Une progression des deux groupes actifs est plus importante dans les 4 premières semaines. Cependant, durant toute l'expérience, le groupe rapide progresse plus rapidement que le groupe lent.

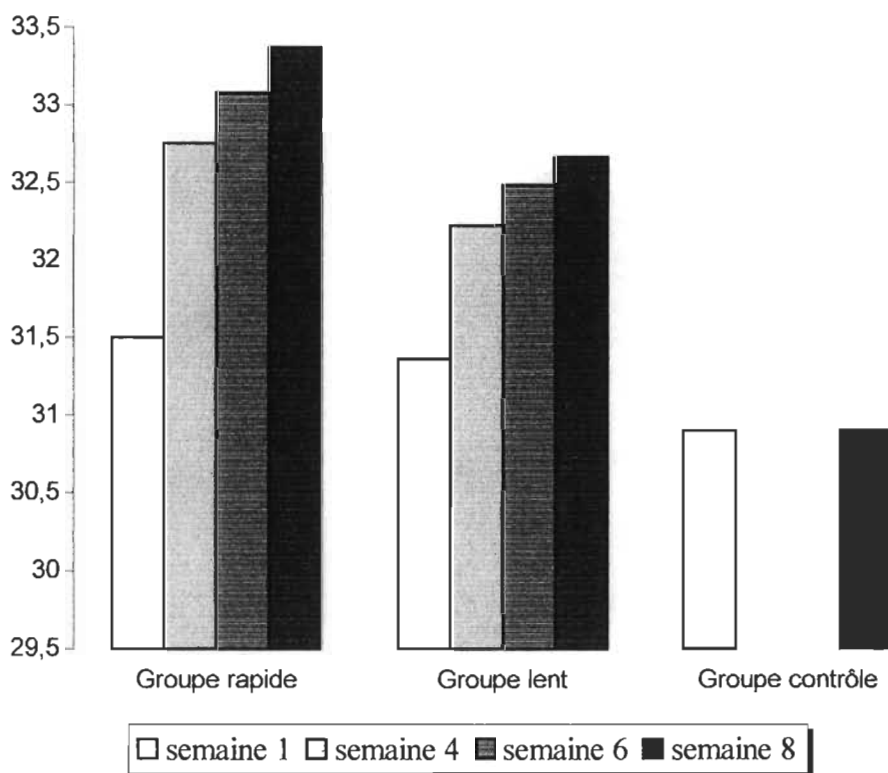


Figure 3. Évolution des trois groupes en hypertrophie

Dans les tableaux 4 et 5 les groupes rapide et lent pour la 1<sup>ière</sup>, 4<sup>e</sup>, 6<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> semaine sont évalués individuellement.

Pour le groupe lent, le gain en hypertrophie est significatif entre la 1<sup>ière</sup> et la 4<sup>e</sup> semaine. Cette différence est plus marquée entre la 1<sup>ière</sup> et la 6<sup>e</sup> semaine et devient très significative entre la 1<sup>ière</sup> et la 8<sup>e</sup> semaine. Les comparaisons entre la 4<sup>e</sup> et la 6<sup>e</sup> semaine ainsi que la 4<sup>e</sup> et la 8<sup>e</sup> semaine ne démontrent aucune différence significative.

Pour le groupe rapide, le gain en hypertrophie est très significatif entre la 1<sup>ière</sup> et la 4<sup>e</sup> semaine. Cette différence est plus marquée entre la 1<sup>ière</sup> et la 6<sup>e</sup> semaine et poursuit une ascension entre la 1<sup>ière</sup> et la 8<sup>e</sup> semaine. Les comparaisons entre la 4<sup>e</sup> et la 6<sup>e</sup> semaine ainsi que la 4<sup>e</sup> et la 8<sup>e</sup> semaine ne démontrent aucune différence significative.



Tableau 4

Évolution du groupe lent

Différence	Écart-type	dl.	<i>t</i>	<i>Pr</i> >   <i>t</i>	Ajustement	Adj <i>p</i>
<b>Semaine 1 à 4</b>						
-0.86250000	0.22286837	42	-3.87	0.0004	Tukey-Kramer	0.0082
<b>*Significatifs</b>						
<b>Semaine 1 à 6</b>						
-1.11375000	0.22286837	42	-5.00	0.0001	Tukey-Kramer	0.0003
<b>*Significatifs</b>						
<b>Semaine 1 à 8</b>						
-1.30125000	0.22286837	42	-5.84	0.0001	Tukey-Kramer	0.0000
<b>*Très significatifs</b>						
<b>Semaine 4 à 6</b>						
-0.25125000	0.21120033	47	-1.19	0.2402	Tukey-Kramer	0.9704
<b>*Non significatif</b>						
<b>Semaine 4 à 8</b>						
-0.43875000	0.21120033	47	-2.08	0.0433	Tukey-Kramer	0.5517
<b>*Non significatif</b>						

\**p* < 0.05

Tableau 5

Évolution du groupe rapide

Différence	Écarts-type	dl	t	Pr >  t	Ajustement	Adj p
<b>Semaine 1 à 4</b>						
-1.25375000	0.22286837	42	-5.63	0.0001	Tukey-Kramer	0.0000
<b>*Très significatif</b>						
<b>Semaine 1 à 6</b>						
-1.58750000	0.22286837	42	7.12	0.0001	Tukey-Kramer	0.0000
<b>*Très significatif</b>						
<b>Semaine 1 à 8</b>						
-1.87875000	0.22286837	42	-8.43	0.0001	Tukey-Kramer	0.0000
<b>*Très significatif</b>						
<b>Semaine 4 à 6</b>						
-0.33375000	0.22286837	42	-1.50	0.1417	Tukey-Kramer	0.8044
<b>*Non-significatif</b>						
<b>Semaine 4 à 8</b>						
-0.62500000	0.22286837	42	-2.80	0.0076	Tukey-Kramer	0.1212
<b>*Non-significatif</b>						

\* $p < 0.05$

La comparaison démontre qu'il n'y a aucune différence significative  $p < 0.05$  entre les groupes du début à la fin (tableau 6). Les traitements sont équivalents.

Tableau 6

Comparaison entre le groupe lent et le groupe rapide

Différence	Écarts-type	dl.	<i>t</i>	<i>pr</i> >   <i>t</i>	Ajustement	Adj <i>p</i>
<b>Semaine 1</b>						
-0.13375000	1.23967243	42	-0.11	0.9146	Tukey-Kramer	1.0000
*Non significatifs						
<b>Semaine 4</b>						
-0.52500000	1.23967243	42	-0.42	0.6741	Tukey-Kramer	0.9999
*Non significatifs						
<b>Semaine 6</b>						
-0.60750000	1.23967243	42	-0.49	0.6266	Tukey-Kramer	0.9997
*Non significatifs						
<b>Semaine 8</b>						
-0.71125000	1.23967243	42	-0.57	0.5692	Tukey-Kramer	0.9990
*Non significatifs						

$p < 0.05$

## CHAPITRE V

### DISCUSSION ET CONCLUSION

Il a été démontré que la phase excentrique dans l'entraînement en force favorisait l'hypertrophie musculaire (Hortobagyi et al., 1996). L'hypothèse principale de la présente étude visait à élucider s'il existe une influence de la durée de contraction dans la phase excentrique sur l'hypertrophie musculaire chez le débutant.

L'hypothèse de cette étude était que: si la durée de contraction dans la phase excentrique est plus longue, le gain en hypertrophie devrait être plus grand. Les résultats démontrent que les deux groupes actifs de manière individuelle ont obtenu des gains très significatifs en hypertrophie à la fin des huit semaines d'expérimentation. De plus, le groupe contrôle n'a démontré aucune progression. Par ailleurs, la différence entre les deux groupes actifs est non significative à la 1<sup>ière</sup>, 4<sup>e</sup>, 6<sup>e</sup> et à la 8<sup>e</sup> semaine.

Comment expliquer que les résultats des tableaux correspondent directement à ce que l'on retrouve dans la littérature sans toutefois obtenir une réponse statistique significative équivalente à l'hypothèse de cette étude?

## **La force**

Premièrement, l'augmentation de la force chez le groupe rapide est accélérée lorsque la vitesse d'exécution est rapide (Morissey et al., 1998 ; Prevost et al., 1999). Cette progression a été régulière pour atteindre un plateau entre la 6<sup>e</sup> et la 8<sup>e</sup> semaine.

Deuxièmement, l'absence de progression en force du groupe lent dans les premières semaines s'expliquerait principalement par une adaptation nerveuse tardive résultant d'une vitesse de contraction lente (Morissey et al., 1998 ; Prevost et al., 1999). De plus, le travail excentrique exigerait un délai de récupération plus important entre les séances pour le groupe lent (Prevost, 1998). Malheureusement, le fait d'accorder plus de temps de repos pour le groupe lent introduirait une variable confondante et aurait rendu difficile l'interprétation des résultats. Cependant, la progression pour ce groupe fut continue sans atteindre de plateau en huit semaines.

En bref, la durée totale de l'expérience et le temps de récupération entre les séances semblent désavantager le groupe lent sur 8 semaines. En se référant aux figures 1 et 2 de la force, de manière descriptive, la durée de contraction pour un travail en force est importante. En effet, le pourcentage d'augmentation en livre, la vitesse d'adaptation nerveuse et le plafonnement dans la progression sont différents et causés par la variété de la durée de contraction.

Analysons maintenant, l'influence de la durée de contraction sur l'hypertrophie musculaire.

### **L'hypertrophie musculaire**

L'analyse de variance fait ressortir plusieurs aspects importants. Essentiellement, il démontre que l'hypothèse est infirmée. Effectivement, le résultat final entre les deux groupes actifs permet de conclure qu'il n'y a aucune différence significative au départ, pendant et après l'entraînement (tableau 6). La durée de contraction chez le débutant n'a pas d'influence significative sur l'hypertrophie musculaire des bras. Cette présente étude indique aussi que, chez le débutant, huit semaines sont suffisantes, indépendamment de la durée de contraction, pour atteindre un gain très significatif en hypertrophie (tableaux 4 et 5).

En observant le résultat des deux groupes actifs individuellement (tableaux 4 et 5), quatre semaines ont suffi pour accéder à un plateau et parvenir à un résultat significatif. Par la suite, dans la dernière moitié de l'étude, la progression a continué discrètement jusqu'à la fin. De plus, le groupe contrôle inactif est demeuré identique du début à la fin de l'expérience (figure 3). Même si la différence statistique n'est pas significative une supériorité de la force et de l'hypertrophie du groupe rapide subsiste (tableau 6).

Il est intéressant de préciser que le groupe rapide a eu une augmentation de 6% dans les huit semaines en comparaison de 4% pour le groupe lent. De plus, le groupe rapide a réalisé un gain en hypertrophie de 4% durant les quatre premières semaines. Il est à noter que ce gain est équivalent au progrès accompli par le groupe lent pour les huit semaines.

L'observation des courbes de force (figures 1 et 2) démontre clairement que la progression la plus marquée se situe lors des quatre dernières semaines de l'étude. Au contraire, en hypertrophie un gain significatif fut réalisé durant les quatre premières semaines (tableaux 4 et 5).

Par conséquent, dans cette étude il semble que l'augmentation de la force et la durée de contraction ne soient pas des facteurs essentiels pour favoriser l'hypertrophie musculaire. Ce gain significatif peut s'expliquer par le degré initial d'entraînement très bas des sujets et la nouveauté dans la stimulation musculaire régulière.

### **Recommandation**

Les résultats de la présente étude nous amènent à proposer qu'à court terme, chez le débutant désirant un résultat optimal d'utiliser une vitesse rapide de 2 secondes dans la phase excentrique et de 1 seconde en phase concentrique jusqu'au plafonnement.

Cette recommandation se base sur le gain total d'hypertrophie et d'augmentation de la force obtenus par le groupe rapide et sur la motivation des participants de réaliser des objectifs rapidement et de façon sécuritaire.

À plus long terme, il est recommandé d'utiliser une périodisation de l'entraînement annuel, c'est-à-dire des variations de la durée de contraction et des différents paramètres de l'entraînement (nombre de séries, repos entre les séries, etc.) afin d'obtenir le maximum de résultat (Fleck, 1999).

Dans une future recherche, il serait intéressant d'effectuer le travail excentrique avec des charges supérieures à celles utilisées lors du travail concentrique. Ainsi, la surcharge offerte durant la phase excentrique serait réelle et aurait davantage de probabilités de présenter des résultats plus concluants. Il serait aussi recommandé de prolonger l'expérimentation au-delà de huit semaines pour accorder suffisamment de temps au groupe lent d'atteindre un plateau. De plus, les groupes actifs devraient être



divisés lors des entraînements pour éviter une influence psychologique (motivation, découragement). Une rémunération remise à la fin de l'expérience à chaque participant préviendrait les abandons et amènerait plus de volontaires à participer.

Finalement, l'effet de la durée de contraction en phase excentrique pourrait être mesuré chez des individus expérimentés.

## **Conclusion**

Cette recherche effectuée sur des débutants visait à vérifier l'importance de la durée de contraction pour favoriser l'hypertrophie musculaire. Les résultats de la présente étude tentent de démontrer que la durée de contraction est importante. Les résultats entre les deux groupes actifs démontrent qu'il n'y a aucune différence significative à la fin de l'expérience. La durée de contraction n'a pas une importance significative en hypertrophie sur une durée de huit semaines. Cependant, il existe une forte inégalité entre les deux groupes actifs pour l'augmentation de la force, les adaptations et les plafonnements. En effet, le groupe rapide semble avoir été avantagé à tous les niveaux dans cette recherche. En opposition, la durée totale de l'expérience et le temps de récupération entre les séances semblent désavantager le groupe lent sur 8 semaines. Une question demeure cependant ouverte: Est-ce que le groupe lent avec quelques semaines de plus aurait continué à progressé suffisamment pour dépasser le groupe rapide?

## RÉFÉRENCES

- Akima, H., Takahashi, H., Kuno, S. Y, Masuda, T., Shimojo, H., Anno, I., Itai, Y., et Katsuta, S. (1999, April). Early phase adaptations of muscles use and strength to isokinetic training. *Medicine Science Sports Exercice.*, 31(4), 588-594.
- American Association of Cardiovascular & Pulmonary Rehabilitation. (1999). Guidelines for cardiac rehabilitation and secondary prevention programs (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Baker, G., Wilson, G. et Carlyon, R. (1994). Periodization: The effect on strength of manipulating volume and intensity. *Strength and Conditioning Research*, 8, 235-242.
- Behm, D. G. et Sale, D. G. (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology*, 74(1), 359-368.
- Blazevich, A.J. et Jenkins, D. (1998). Physical performance differences between weight-trained sprinters and weight trainers. *Medicine Science Sports Exercice.*, 1, 12-21.
- Brown, S.J., Child, R. B., Day, S. H., et Donnelly, A. E. (1997). Indice of skeletal muscle damage and connective tissue breakdown following eccentric muscle contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 75(4), 369-374.
- Burke, R. (1999). Workout fitness bytes. *Muscular and Development*, 36 (7), 26-30.
- Caiozzo, V. J., Perrine, J. J. et Edgerton, V.R. (1981). Training induced alterations of the in vivo force-velocity relationship of human muscle. *Journal of Applied Physiology*, 51, 750-754.
- Cordain, L., Richaud, L. et Johnson, J. (1995). Variability of body composition assessments in men exhibiting extreme muscular hypertrophy. *Strength and Conditioning Research*, 9 (2), 85-89.
- Coyle, E. F., Feiring, D. C., Rotkis, T. C., Cote, R. W., Roby, F. B., Lee, W., et Wilmore, J. H. (1981). Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training. *Journal of Applied Physiology*, 51, 1437-1442.

Ebbeling, C. B. et Clarkson, P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Medicine*, 7(4), 207-230.

Evans, W. J., Meredith, C. N., Cannon, J. G., Dinarello, C. A., Frontera, W. R., Hughes, V. A., Jones, B. H. et H. G. Knuttgen. (1985). Metabolic changes following eccentric exercise in trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology*, 61, 1864-1868.

Fleck, S. et Kraemer, W. (1988). Resistance training: Physiology response and adaptations (Part 3). *Sports medicine*, 16(5), 63-74.

Fleck, S. (1999). Periodized strength training: A critical review. *Strength and Conditioning Research*, 13(1), 82-89

Fridén, J., et Lieber, R. L. (1992). The structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Medicine Science Sports Exercice*, 24, 521-530.

Hartmann, J. et Tünnemann, H. (1995). The biological basic of strength. *Fitness and Strength Training for All Sports*, 12- 49.

Hedrick, A. (1995). Training for hypertrophy. *Strength and Conditioning Research*, 22-28.

Higbie, E. J., Cureton, K. J., Warren, G. L. et Prior, B. M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross sectional area, and neural activation. *Journal of Applied Physiology*, (5), 2173-2181.

Hortobagyi, T., Jeff, P., Hill, J. A., Houmard, D. D., Fraser, N., Lambert, J. et Richard, G. I. (1996). Adaptive responses to muscle lengthening and shortning in humans. *Journal of Applied Physiology*, 80(3), 765-772.

Kraemer, W. et Fleck S. (1998). Conditioning research on muscle. *All Natural Muscular Development*, 35, 106-109.

Littell, R.C., Henry, P.R. et Ammerman, C.B.(1998). Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science* 76,1216-1231.

MacDougall, D. J., Wenger, A. et Green, H. J. (1991). General instructions for obtaining girths. *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*, 241-259.

MacDougall, D. J. (1986). Adaptability of muscle to strength training -A cellular approach. *International series on sport sciences. 16. Biochemistry of exercise I* (pp. 501-513). In VI.B Saltin (Ed.), Champaign, IL: Human Kinetics.

McBride, J. (1999). Comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympics lifter and sprinters. *Strength and Conditioning Research*, 13(1), 58-66.

McHugh, M. P., Connolly, D. A., Eston, R. G., Gleim, G. W. (1999). Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeat bout effect *Sports Medicine*, 27(3), 157-170.

McRobert, S. (1998). *Beyond brawn : the insider's encyclopedia on how to build muscle and might* (1<sup>ière</sup> ed.). Cyprus : CS Publishing Ltd. 139-333.

Middleton, P., Puig, P., Trouve, P., Roulland, R. et Fleury, P. (1993) Eccentric muscular work, muscle and tendon injuries. *Sports Medicine*, 145-165.

Morrissey, M. C., Hartman, E. A., Fryman, P. N., et Han, K. H. (1998). Early phase differential effects of slow and fast barbell squat training. *Sports Medicine*, 26(2), 221-230.

Moritani, T. et deVries, H. A. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physician Medicine*, 58(3), 115-130.

Myashita, M. et Kanehisa, H. (1983). Specificity of velocity in strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 52, 104-108.

Pincivero, L. (1998). Effects of intrasession rest interval on strength recovery and reliability during high-intensity exercise. *Strength and Conditioning Research*, 12, 152-156.

Poliquin, C. (1997, juillet). Speed of contraction. *Muscle Media 2000*, 44-45.

Prevost, C. M., Nelson, A. G. et Maraj, B. K. V. (1999). The effect of two days velocity-specific isokinetic training on torque production. *Strength and Conditioning Research* 13(1), 5-39.

Prevost, M. (1998). How to grow muscle  
(<http://www.geocities.com/HotSprings/4952/buildmuscle.htm>)

Sale, D. G. (1998). Strength training: Neural adaptation.

([http://www.sportsci.org/encyc/drafts/Strength\\_neural\\_mech.doc](http://www.sportsci.org/encyc/drafts/Strength_neural_mech.doc))

Smith, L. et Melton, S. (1981). Isokinetic versus isotonic variable resistance training. *American Journal of Sports Medicine*, 9, 275-279.

Smith, C. R. et Rutherford, O. M. (1995). The role of Metabolites in Strength Training: A comparison of eccentric and concentric contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 71, 332-336.

Tesch, P. A (1992). Training for Bodybuilding. *Encyclopedia of Sport Medicine, Strength and Power in Sport*, 370-380.

Young, B.W., et Bilby, G. E. (1993). The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power, and hypertrophy development. *Strength and Conditioning Research*, 172-178.

Zatsiorsky, M., V. (1995). Athlete-Specific Strength. *Science and Practice of Strength Training* (pp. 59-82). Champaign, IL: Human Kinetics.

**ANNEXE A**  
**FORMULAIRE DE CONSENTEMENT**

## Formulaire de consentement

Science de l'activité physique, U.Q.T.R.  
Responsable: Mario Beaurivage

### *Description du projet*

Le but de l'étude est de vérifier l'effet sur l'hypertrophie musculaire de deux différentes durées de contraction musculaire en phase excentrique lors d'un entraînement musculaire à intensité fixe.

### *Risques*

Il est important de savoir qu'il existe des risques dans la pratique d'un entraînement en musculation. Toutefois, l'encadrement des étudiants et le choix des paramètres d'entraînement permettent de réduire ce risque au minimum. Si vous éprouvez des malaises physiques, vous devez en informer immédiatement le responsable.

### *Confidentialité*

Votre nom et vos coordonnées resteront confidentiels. Seul, les résultats seront divulgués et utilisés pour le projet de recherche et peut-être pour des publications scientifiques. Vous pourrez connaître vos résultats en le demandant à votre responsable.

### *Exigences*

Aucun supplément alimentaire et aucun exercice impliquant la musculature des membres supérieurs ne seront autorisés, hors des séances, tout au long des huit semaines d'expérimentation

### *Consentement libre*

Je suis conscient des renseignements sur cette feuille et j'accepte librement à participer à cette expérience.

---

Signature du candidat

---

Signature du responsable

---

Date

Université du Québec à Trois-Rivières  
Science de l'activité physique