

Renforcement musculaire et contraintes hémodynamiques

MICHEL LAMOTTE, PHD

Coordinateur, service de Kinésithérapie et Cardiologie médico-chirurgicale

Mots-clés: hémodynamique, pression artérielle, fréquence cardiaque, effort résistif, réadaptation physique

Key words: hemodynamic, blood pressure, heart rate, resistive training, readaptation

RÉSUMÉ

Le renforcement musculaire est une technique d'entraînement complémentaire à l'entraînement dynamique qui permet d'améliorer la fonctionnalité du patient, de corriger l'amyotrophie et peut être d'obtenir plus de bénéfices en termes de capacité physique.

Ce type d'entraînement est recommandé en cardiologie (coronariens, insuffisants cardiaques, ...), mais également en pneumologie, oncologie etc.

Le challenge en réadaptation est de proposer des modalités de travail efficaces sur le plan fonctionnel tout en limitant leur contrainte sur le plan hémodynamique.

En appliquant une technique de mesure non invasive, mais en continu (beat to beat) de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle et du débit cardiaque, nous avons pu démontrer qu'à modalité comparable concernant les bénéfices fonctionnels, 3 séries courtes (10 répétitions) réalisées contre des charges élevées (75 % de CMV), plutôt rapidement, séparées d'au moins une minute de récupération et en évitant la manœuvre de valsalva, semble être le « compromis hémodynamique idéal ».

1. INTRODUCTION

De nombreux patients présentent une diminution de leur potentiel musculaire. Cette atteinte musculaire, amyotrophie, est liée à la maladie elle-même (insuffisance cardiaque – catabolisme augmenté, BPCO – hypoxie, certains cancers), au traitement (corticostéroïdes chez les transplantés, BPCO ou pour certains traitements en oncologie) ou « simplement » au déconditionnement. Des altérations quantitatives (masse ou volume musculaire) mais aussi qualitatives musculaires (type de fibre, force produite par cm² de muscle) ont été clairement mises en évidence, notamment en insuffisance cardiaque ⁽¹⁾. De nombreux patients alités quelques jours ou parfois plusieurs semaines peuvent également présenter une amyotrophie que seul des exercices adaptés peuvent inverser. Ces mécanismes sont bien décrits dans ce qu'on appelle aujourd'hui « l'hypothèse musculaire » de la limitation à l'effort de l'insuffisant cardiaque ⁽²⁾ et de la BPCO ^(3,4). De très nombreuses études montrent que l'ajout de renforcement musculaire permet, non seulement d'augmenter la force, mais également d'obtenir des effets plus importants sur la VO₂max ^(5,6). Il semble de plus que plus le patient est déconditionné, plus il améliorera sa VO₂ par un entraînement musculaire spécifique. A l'inverse, un sujet en bonne condition (haute VO₂) modifiera peu celle-ci par un programme de renforcement musculaire ⁽⁷⁾.

1.1 Renforcement musculaire : Efficacité fonctionnelle :

Les modalités générales de travail **permettant une amélioration fonctionnelle optimale** sont bien connues des spécialistes dans le domaine. Pour rappel : dans le but

de solliciter toutes les unités motrices du muscle, les charges utilisées doivent être supérieures à 40 % de la 1-RM (= résistance maximale: la charge qu'on peut soulever 1 seule fois dans toute l'amplitude du mouvement). Il faut réaliser entre 1 et 5 séries de 5 à 25 répétitions, en fonction de la charge imposée pour mener à « l'épuisement ». Il faut travailler les grands groupes musculaires et en fonction des déficits ⁽⁸⁾.

1.2. Méthodologie générale :

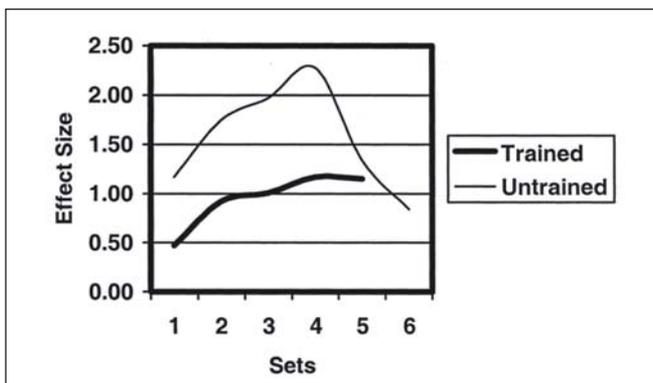
La plupart de nos expériences ont été réalisées sur une chaise à quadriceps classique (Technogym ROM, Italie) en position assise. LE Task Force Monitor (CNSystems, Autriche) est un système de mesure non invasif, en continu, permettant d'obtenir une fréquence cardiaque (FC), une pression artérielle (PA) et un volume d'éjection systolique instantanés. De ces paramètres sont également calculé le débit cardiaque et le double produit. Ce système a fait l'objet d'une validation ⁽¹⁶⁾.

1.3. Renforcement musculaire : Efficacité fonctionnelle et contraintes hémodynamiques en réadaptation cardiaque :

Si de nombreux auteurs s'accordent pour souligner l'importance du renforcement musculaire, de nombreuses craintes subsistent quant à l'impact hémodynamique imposé lors de ce type de rééducation ⁽⁹⁾. En effet, il s'agit d'être efficace sur le plan fonctionnel tout en évitant une « surcharge » du système cardio-vasculaire, et notamment une élévation « trop importante » de la pression artérielle. **Le challenge est donc de déterminer les modalités idéales pour obtenir un gain fonctionnel tout en évitant cette « surcharge ».**

1.3.1. Nombre de séries :

Le nombre de séries à exécuter est toujours sujet à discussion. Comme illustré sur la [figure 1](#), le « débutant » progressera de manière optimale en réalisant 3 séries. Plus le sujet s'entraîne, plus il devra réaliser de séries pour continuer à progresser.

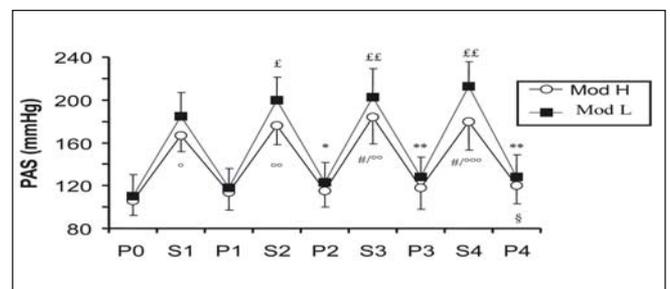


► Figure 1 : influence du nombre de séries sur les bénéfices fonctionnels en renforcement musculaire

La littérature actuelle démontre que pour développer la force et la puissance, le nombre de séries réalisées importe moins pour autant que l'intensité soit importante ^(10, 11).

1.3.2. Intensité :

Sur le plan des améliorations fonctionnelles, les charges imposées **doivent être comprises entre 40 et 80 % de la 1-RM**. Comme les tests maximaux sur chaque appareil nécessitent beaucoup de temps, on utilise en général la technique des 10-RM, à savoir la charge qui permet de réaliser 10 répétitions de suite, avec difficulté. On sait que cela correspond à une charge de l'ordre de 70 à 75 % de la 1-RM ^(8, 12, 13). De nombreuses études cliniques, réalisées sur des populations similaires à ce qui est rencontré en réadaptation, démontrent que pour autant que les charges totales soulevées soient équivalentes (nb de Kg mobilisés aux termes des X séries de Y répétitions), les gains fonctionnels sont équivalents ^(6, 14, 15). Etant donné que les différentes combinaisons « charge x nb de répétitions » sont équivalentes pour autant que la charge mobilisée soit la même, qu'en est-il de la réponse hémodynamique ? En mesurant, de manière non invasive, en continu la FC et la PA lors de différentes modalités de renforcement musculaire, nous avons démontré que pour un travail total équivalent, l'utilisation de charges plus lourdes combinées à un nombre réduit de répétitions (3 x 10 x 75 % CMV) s'accompagne d'une contrainte hémodynamique moindre que lors de l'utilisation de charges plus légères répétées un plus grand nombre de fois (3 x 17 x 45 % CMV) ([fig 1&2](#)). Ceci s'explique essentiellement par une différence de durée entre les deux modalités. Ces résultats ont été obtenus tant chez des sujets sains que chez des patients de réadaptation cardio-vasculaire. ^(16,17).

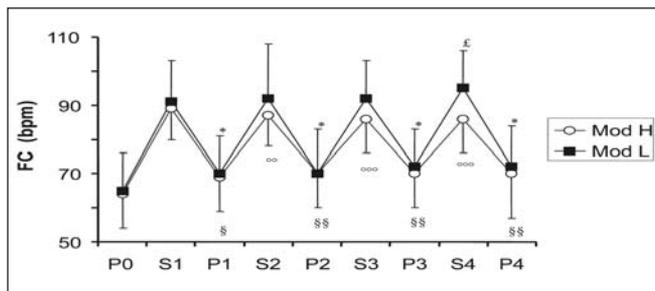


► Figure 2 : PAS au fil des pauses (P0 – P4) et des séries (S1 – S4) successives lors des modalités intensité légère (L: 4x17x45% 1-RM) et haute intensité (H: 4x10x70% 1-RM) (Patients cardiaque, n=14, ⁽¹⁶⁾)

- * différences entre les pauses (P1 à P4) comparées à P0, au cours de la modalité L (* p<0.05, ** p<0.01)
- § différences entre les pauses (P1 à P4) comparées à P0, au cours de la modalité H (§ p<0.05)
- £ différences entre les séries (S2 à S4) comparées à S1, au cours de la modalité L (£ p<0.05, ££ p<0.01)
- # différences entre les séries (S2 à S4) comparées à S1, au cours de la modalité H (# p<0.05)
- ° différences entre les modalités L et H (° p<0.05, °° p<0.01, °°° p<0.001)

1.3.3. Durée de la récupération entre les séries :

Les temps de récupération, proposés dans la littérature, entre les séries successives d'exercices de renforcement musculaire, varient entre 30 sec et 3 min. La restauration des substrats énergétiques après une série de contractions exécutées jusqu'à épuisement peut nécessiter jusqu'à 5 minutes. En utilisant la même méthodologie que celle citée plus haut, nous avons démontré qu'un temps de récupération compris entre 60 et 90 sec entre les séries successives est indispensable à un retour des paramètres hémodynamiques à leurs valeurs de repos (fig 3). Ces données ont été observées tant chez des sujets sains que chez des patients de réadaptation cardio-vasculaire (18,19).



➤ Figure 3 : fréquence cardiaque (FC) au fil des pauses (P0 – P4) et des séries (S1 – S4) successives lors des modalités intensité légère (L : 4x17x45% 1-RM) et haute intensité (H : 4x10x70% 1-RM) (Patients cardiaques, n=14 (16))

- * différences entre les pauses (P1 à P4) comparées à P0, au cours de la modalité L (* p<0.05)
- § différences entre les pauses (P1 à P4) comparées à P0, au cours de la modalité H (§ p<0.05, §§ p<0.01)
- £ différences entre les séries (S2 à S4) comparées à S1, au cours de la modalité L (£ p<0.05)
- ° différences entre les modalités L et H (° p<0.05, °° p<0.01, °°° p<0.001)

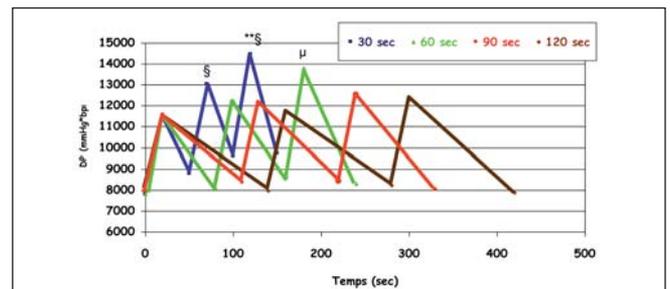
1.3.4. Vitesse d'exécution des répétitions :

Les vitesses d'exécution imposées dans les études et dans les centres de réadaptation, lors d'exercices de renforcement musculaire sont très différentes. Elles varient de 1 sec (phase concentrique), 1 sec (phase excentrique), 2 sec – 2 sec, 2 sec – une phase isométrique de 2 sec – 2sec, et jusqu'à 6 sec par phase.

De nombreuses publications démontrent clairement que le travail à vitesse d'exécution plus rapide s'accompagne de bénéfices plus importants sur le plan fonctionnel (20,21).

Toujours en utilisant la même méthodologie, nous avons mesuré la réponse hémodynamique lors de modalités d'exercices de renforcement musculaire équivalentes (3 séries de 10 répétitions à 75% de 1-RM, 1 min de repos entre les séries) exécutées à 3 rythmes différents. Nous avons observé que la contrainte hémodynamique est

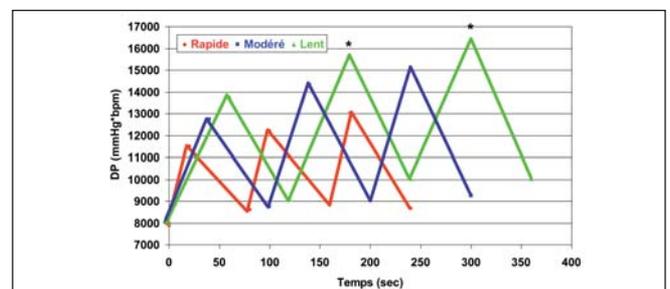
d'autant plus importante que la vitesse d'exécution est lente (fig 4). Nous avons également observé, en mesurant la pression intra-thoracique de nos sujets, un plus grand nombre de manœuvres de Valsalva en cas de travail « lent ». L'exercice était par ailleurs ressenti comme plus éprouvant (échelle de Borg au terme des 3 séries). Une durée des séries plus longue (10 mouvements réalisés lentement versus 10 mouvements réalisés rapidement), et un plus grand nombre de manœuvres de Valsalva expliquent cette réponse hémodynamique plus importante.



➤ Figure 4 : comparaisons du double produit (DP) entre les différentes modalités (30, 60, 90 ou 120 sec de récupération entre des modalités par ailleurs équivalentes (3x10x75% 1-RM)). (Patients cardiaque, n=17 (19))

- * différences entre la modalité 30 et la modalité 90 (* p<0.05 ; ** p<0.01 ; *** p<0.001)
- § différences entre la modalité 30 et la modalité 120 (§ p<0.05 ; §§ p<0.01 ; §§§ p<0.001)
- μ différences entre la modalité 60 et la modalité 120 (μ p<0.05 ; μμ p<0.01 ; μμμ p<0.001)

NB : Par souci de clarté les statistiques concernant les phases de repos ne sont pas représentées dans ces graphiques.



➤ Figure 4 : comparaisons du double produit (DP) au fil des séries lors des trois modalités (Lente : 2sec-2sec-2sec, Modérée : 2sec-2sec, Rapide 1sec-1sec) (Patients cardiaque, n=17 (19)).

- ° différences entre les modalités L et R (° p<0.05).

1.3.5. Masse musculaire sollicitée

Plusieurs études montrent que, plus la masse musculaire utilisée est importante, plus la réponse hémodynamique sera de grande amplitude. Ainsi, une contraction isométrique de préhension manuelle réalisée à

50 % de la force maximale s'accompagne d'une PA et une FC plus basse qu'un arraché du sol d'une charge correspondant à 50 % de la force maximale (22, 23). Ces anciens travaux ont conduit certains à proposer des entraînements d'un seul membre à la fois, afin d'éviter l'influence de ce facteur sur l'amplitude de la réponse hémodynamique.

En utilisant une fois de plus la même méthodologie, nous avons comparé la réponse hémodynamique lors de manœuvre de hand-grip de 20 sec à 75 % de la force maximale isométrique, lors de 10 flexions-extensions du coude avec une haltère correspondant à 75 % de la force maximale de flexion, lors de 10 flexions-extensions de 1 ou de 2 jambes sur chaise à quadriceps (contre 75 % de la charge maximale respective). Bien que la réponse hémodynamique soit influencée par la masse musculaire utilisée, cette relation n'est pas proportionnelle et ne justifie en tout cas pas de prescrire des entraînements unilatéraux. Ces données, non publiées à ce jour, ont été obtenues tant chez des coronariens que chez des insuffisants cardiaques. D'autres facteurs que la quantité de muscle utilisé semblent également intervenir dans ces comparaisons : l'exercice de flexion extension du bras entraîne par exemple une réponse hémodynamique similaire à celle d'un seul quadriceps. Nous avons évalué le nombre de manœuvres de Valsalva qui accompagnent ces différents exercices et observé qu'il était beaucoup plus élevé lors des exercices de bras. Ces manœuvres de Valsalva sont sans doute en grande partie responsables de l'amplitude de la réponse hémodynamique observée (cf ci – après).

Il faut cependant garder à l'esprit que le choix du groupe musculaire à entraîner reste déterminé par les déficits mis en évidence !

Ci-dessous une reproduction de feuille de suivi des charges et exercices réalisées au fil des séances successives de réadaptation.

Renforcement		Veuillez noter ici, le nb de Kg soulevés à chaque machine, soit de * * * * * ou * * * * * si vous pensez devoir augmenter, diminuer ou maintenir la charge la séance suivante											
		Règles											
1	Postérieur												
2	Triège / bras												
3	Statés												
4	Press / jambes A / B												
5	Pulsion												
6	Traction												
7	Quadriceps												
8	Enche-jambiers												
9	Abdominaux Machine / Sol												
10	Overman												
11	Haltères												
12	Multifonction												

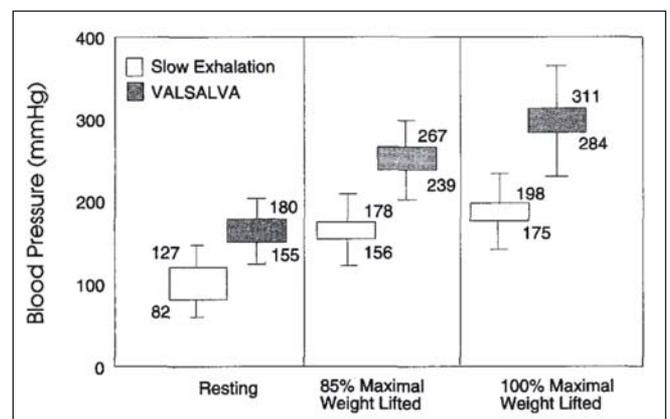
➤ Figure 6 : suivi des charges et exercices réalisées au fil des séances successives de réadaptation

1.3.6. Adaptations en fonction du type de patients :

La réponse hémodynamique lors d'exercices de renforcement musculaire a peu été étudiée chez des patients. Les comparaisons entre différents types de patients sont anecdotiques. Il semble que cette réponse soit très similaire entre des patients coronariens opérés ou traités médicalement (fibrinolyse ou dilatation) (données personnelles non publiées). Il ne semble pas exister de grandes différences quand on compare les variations de PA, FC et fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) de patients insuffisant cardiaque de différent niveau d'altération de la FEVG (24,25). Il ne semble donc pas opportun d'adapter les modalités en fonction de ce facteur.

1.3.7. Influence de la manœuvre de Valsalva :

L'augmentation de pression intra-thoracique qui accompagne la manœuvre de Valsalva influence fortement la pression artérielle. Narloch J & Coll (26) comparent différentes situations (repos et efforts) illustrant (cf figure 7) cette influence et observent notamment que lors d'extensions à la presse jambe (100% 1-RM) les pressions artérielle, systolique et diastolique, (PAS/PAD) sont de 311/284 mmHg en présence de Valsalva, mais de seulement 198/175 mmHg pour le même exercice réalisé en lente expiration (25,26). La surveillance respiratoire lors des entraînements de force est un élément très important dans notre travail.



➤ Figure 7 : réponse tensionnelle au repos, lors d'un effort résistif sous maximal et d'un effort résistif maximal effectués avec ou sans manœuvre de Valsalva

CONCLUSION SUR LES MODALITÉS IDEALES

Il ressort de ces différentes données qu'afin d'obtenir une modalité efficace sur le plan fonctionnel (gain optimal de puissance) tout en limitant l'amplitude de la réponse hémodynamique, il convient de réaliser 3 séries de 10 répétitions à 75 % de la CMV, de réaliser ces répétitions plutôt rapidement, de ménager une récupération d'au moins une minute entre les séries et d'éviter les manœuvres de Valsalva.



1.4. Remarques complémentaires :

Les progrès en musculation sont rapides au début de l'entraînement et il est nécessaire de très souvent adapter les charges mobilisées pour que celui-ci reste « éprouvant », caractéristique indispensable pour continuer à progresser.

Il est recommandé de faire travailler les groupes musculaires importants, des membres supérieurs et inférieurs, agonistes et antagonistes, sans oublier les abdominaux et les dorsaux.

Les douleurs musculaires ressenties après les premières séances de musculation, culminant 48 h après les exercices, sont très fréquentes mais régressent au fil des séances.

Enfin, certains médicaments (statines) augmentent la survenue des douleurs musculaires.

Les étirements, indispensables quand on pratique de la musculation, permettent éventuellement de diminuer ces douleurs musculaires.

— 2. CONCLUSION —

Le renforcement musculaire est une partie intégrante des programmes de réadaptation d'aujourd'hui, que ce soit dans le domaine de la cardiologie, de la pneumologie mais également plus largement dans la transplantation, l'oncologie ou la gériatrie.

Il convient de dégager un compromis entre des modalités efficaces sur le plan fonctionnel tout en évitant toute surcharge du système cardiovasculaire. Un choix judicieux de modalité permet de limiter sensiblement la réponse hémodynamique.

— CONTACT —

Centre de réadaptation physique pluridisciplinaire –
Hôpital Erasme
808 route de Lenik,
1070 Bruxelles – Belgique
e-mail : Michel.Lamotte@erasme.ulb.ac.be

— 3. BIBLIOGRAPHIE —

1. Harrington D, Anker SD, Chua TP, Webb-Peploe KM, Ponikowski PP, Poole-Wilson PA, Coats AJ.: Skeletal muscle function and its relation to exercise tolerance in CHF. *JACC*, 1997;30(7):1758-64.
2. Clark AL.: Origin of symptoms in CHF. *Heart*. 2006;92(1):12-6.
3. Zainuldin R, Mackey MG, Alison JA: Optimal intensity and type of leg exercise training for people with chronic obstructive pulmonary disease. *The Cochrane Library* 2011; (11).
4. Troosters T, Gosselink R, Decraemer M: Chronic obstructive pulmonary disease and chronic heart failure: two muscle disease? *J Cardiopulm Rehabil*. 2004;24(3):137-45.

5. Marzolini S, Oh P, Brooks D. Effect of combined aerobic and resistance training versus aerobic training alone in individuals with CAD: a meta-analysis. *Eur J CPR*, 2011.
6. Karavirta L, Hakkinen K, Kauhanen A, Hakkinen A: Individual responses to combined endurance and strength training in older adults. *MSSE*, 2011,43(3):484-490.
7. Hautala A, Kiviniemi A, Tulppo MP: Individual differences in the responses to endurance and resistance training. *Eur J Appl Physiol* 2006(96): 535–542.
8. Baechele T.R., Earle R.W.: *Essentials of strength training and conditioning*: third edition. Human kinetics USA 2008.
9. Vincent KR, Braith RW, Feldman RA: Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83. *J Am Geriatr Soc*. 2002;50(6):1100-7.
10. Hass CJ, Garzarella L, de Hoyos D, Pollock ML.: Single versus multiple sets in long-term recreational weightlifters. *MSSE*, 2000 Jan;32(1):235-42.
11. Carpinelli RN.: Berger in retrospect: effect of varied weight training programmes on strength. *Br J Sports Med*. 2002 Oct;36(5):319-24.
12. Braith RW, Stewart KJ.: Resistance training: its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation*. 2006 Jun 6;113(22):2642-50.
13. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ: AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription. *Circulation*. 2000 Feb 22;101(7):828-33.
14. Bembem DA, Fettes NL, Bembem MG: Musculoskeletal responses to high- and low-intensity resistance training in early postmenopausal women. *MSSE*, 2000, 32(11):1949-57.
15. de Vos NJ, Singh NA, Ross DA: Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2005 May;60(5):638-47.
16. Lamotte M, Niset G, van de Borne Ph: The effect of different modalities of resistance training on beat to beat blood pressure in cardiac patients. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.*, 2005, 12(1), 12-7.
17. Lamotte M., Strulens G., Niset G, van de Borne Ph.: Influence of different resistive training modalities on blood pressure and heart rate responses of healthy subjects. *Isokinetic and Exercise Science*, 13, 2005, 273-277.
18. Lamotte M., Fournier F., Vanissum A., van de Borne Ph: Influence of rest period duration between successive muscular strength sets on acute modifications of blood pressure and heart rate in the healthy subject. *Isokinetic and Exercise Science*, 14, 2006, 349-355.
19. Lamotte M, Fleury F, Pirard M, Jamon A, van de Borne P.: Acute cardiovascular response to resistance training during cardiac rehabilitation: effect of repetition speed and rest periods. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2010;17(3):329-36.
20. Munn J, Herbert RD, Hancock MJ, Gandevia SC.: Resistance training for strength: effect of number of sets and contraction speed. *MSSE*, 2005;37(9):1622-6.
21. Henwood T.R., Taaffe D.R. : Short term resistance training and the older adult : the effect of varied programmes for the enhancement of muscle strength and functional performance. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2006;26:305-313.
22. Sagiv M, Hanson P, Besozzi M, Nagle F.: Left ventricular responses to upright isometric handgrip and dead lift in man with coronary artery disease. *Am. J. Physiol*. 1985;55:1298-1302.
23. Gonzales JU, Thompson BC, Thistlethwaite JR, Harper AJ, Scheuermann BW.: Muscle strength and pressor response. *Int J Sports Med*. 2009;30(5):320-4.
24. Karlsdottir AE, Foster C, Porcari JP, Palmer-McLean K, White-Kube R, Backes RC.: Hemodynamic responses during aerobic and resistance exercise. *J Cardiopulm Rehabil*. 2002;22(3):170-7.
25. Lentini AC, McKelvie RS, McCartney N, Tomlinson CW, MacDougall JD. : Left ventricular response in healthy young men during heavy intensity weight-lifting exercise. *J. Appl. Physiol*. 1993;75(6):2703-2710.
26. Narloch JA, Brandstater ME : Influence of breathing technique on arterial blood pressure during heavy weight lifting. *Arch. Phys. Med. Rehabil*. 1995;76:457-462.