

Maximiser l’Hypertrophie Musculaire après le SARS-CoV2 : Effets de l’Entraînement par Restriction du Flux Sanguin sur la Force et le Volume Musculaire Après un Arrêt d’Entraînement Prolongé Effects of Blood Flow Restriction Training on Strength and Muscle Volume After Prolonged Training Disruption Due to SARS-CoV2

Ait Ali Braham Mounir ¹, Ould Hammou Mustapha², Tafiroult Billel³

¹ Université Sorbonne Paris Nord – UFR SMBH- France, mounir.aitalibraham@edu.univ-paris13.fr ;

^{2,3} Université M’hamed Bougera –Faculté des Sciences- Département STAPS- Boumerdes Algerie, ² m.ouldhammou@univ-boumerdes.dz; ³ b.tafiroult@univ-boumerdes.dz.

Reçu le : 09/01/2021

Accepté le : 09 /03 /2021

Publié le :01/06/2021

Mots clés :

Hypertrophie, Occlusion sanguine, Force musculaire, arrêt d’entraînement, Covid-19

Auteur correspondant :

AIT ALI BRAHAM
Mounir

Email:

mounir.aitalibraham@edu.univ-paris13.fr

Résumé :

L’objectif, de cette recherche est de comparer deux méthode d’entraînements ; le High Load Resistance Training (HL-RT) et le Low Load Blood Flow Restriction (LL-BFR), sur l’hypertrophie et la force musculaire maximale après un arrêt d’entraînement plus de 3 mois due au COVID-19. Echantillon :16 sujets divisés en deux groupes de 08 randomiser en aveugle ont suivi un entraînement de 08 semaines, soit en HL-RT ou bien en LL-BFR. Résultats : une augmentation de l’hypertrophie chez les deux groupes, et amélioration de force uniquement pour le groupe HL-RT. Conclusion : l’entraînement en occlusion sanguine offre une alternative aux sportifs après un arrêt d’entraînement prolongé en diminuant le risque de blessures

Keywords :

Hypertrophy,
Blood Occlusion,
Muscle Strength,
Stop Training,
Covid-19,

Abstract

The aim of this study is to compare two training models; High Load Resistance Training (HL-RT) and Low Load Blood Flow Restriction (LL-BFR), on muscle hypertrophy and maximum strength after stopping training. Sample: 16 subjects divided into two groups of 08 and followed a training for 08 weeks, in HL-RT and LL-BFR. Results: increased hypertrophy in both groups, and improved strength in the HL-RT group. Conclusion: training in blood occlusion offers an alternative to athletes with a prolonged cessation of trainingSW, by maintaining a good level of performance with better fatigue management.

I. Introduction

Depuis le printemps 2020 le monde connaît une situation pandémique sans précédent, avec le Corona virus ou la COVID-19 aussi appelé le SARS-Cov2. La propagation rapide de ce virus à forcer le monde entier à un confinement forcé à domicile, avec l'arrêt de presque toutes les activités professionnelles, scolaires et toutes les compétitions sportives (Wang and al., 2020). Pendant le confinement dû au COVID-19, les athlètes étaient probablement exposés à un certain niveau dés entraînement (c'est-à-dire la perte partielle ou totale des adaptations morphologiques et physiologiques induites par l'entraînement), en raison de stimuli d'entraînement insuffisants et / ou inappropriés, en plus des modifications des comportements en restant plus de temps à regarder la télévision ou en position assises (Sarto and al., 2020).

Les conséquences négatives de l'inactivité prolongé sur le système musculaire chez des sujets sains entraîne une perte d'azote, de phosphore et de calcium dû à la non-utilisation des muscles (Narci and al., 2020a). La sédentarité peut causer une perte de la fonction musculaire qui affecte à la fois la force musculaire et la puissance et il est à noter que la perte de la fonction musculaire dépasse généralement celle de la taille du muscle, indiquant que le muscle devient intrinsèquement plus faible (Tidow., 1995). On observe une atrophie et une perte de force contractile et de force maximale par zone de section transversale mais aussi au niveau d'une seule fibre. Plus récemment il a été prouvé que l'inactivité endommage la jonction neuromusculaire et cause une dénervation musculaire (Narici and al., 2020a, b ; Mujika and Padilla., 2001).

En outre, la survenue de blessures semble être régulée par une interaction mécanique complexe entre le stress tissulaire, le désentraînement et la charge d'entraînement (Narici and al., 2020a). Par conséquent, les altérations des structures mécaniques, telles que les muscles et les tendons, sont impliquées dans le processus de blessure. De tels changements peuvent entraîner une diminution des performances et un risque accru de blessures si, lors de la reprise des entraînements, un reconditionnement spécifique à la pratique sportive n'est pas fait (Implizzeri and al., 2020).

C'est dans ce contexte tout particulier que les coachs doivent adapter leurs programmes d'entraînements avec le niveau physique de l'athlète après un arrêt forcé dû au confinement pour cause de pandémie, comme c'est le cas avec la COVID-19 ou après le retour d'une blessure ou au retour des

vacances (intersaison), l'objectif étant de retrouver le niveau initial le plus vite possible en préservant autant que possible l'intégrité du sportif.

Actuellement, les recherches scientifiques montrent des perspectives intéressantes en ce qui concerne l'hypertrophie musculaire. Indiquant qu'il est possible d'induire une hypertrophie musculaire significative lors d'entraînements avec des charges inférieures à celles recommandées habituellement. Utilisant des techniques d'entraînements spécifiques en réduisant ainsi le risque de blessure chez le sportif.

Parmi ces techniques, il ya la technique de l'entraînement par occlusion du flux sanguin ou BFR (Blood Flow Restriction). Le concept de la méthode BFR est venu du Japon et initié par « Yoshiaki Sato » au milieu des années 1980 sous le nom de KAATASU training. Cette méthode a été largement utilisée chez les sportifs afin de diminuer l'atrophie musculaire ou bien de traiter des pathologies chez des populations spécifiques (Sato, 2005).

Afin de permettre la restriction du flux sanguin pendant l'exercice, un brassard ou une bande restrictive est placé sur la partie la plus proximale du membre en exercice, ce qui réduit le flux sanguin artériel vers le muscle actif et obstrue le retour veineux entraînant une accumulation de sang veineux autour du muscle en exercice (Jessee and al., 2018). En tant que telle, la pression du brassard obstrue le retour veineux et provoque une turbulence du flux sanguin artériel, et une réduction de la vitesse d'écoulement du sang est observée en aval du brassard (Fahs and al., 2012 ; Manini and Clark., 2009).

L'entraînement BFR utilise généralement des charges faibles <40% de 1RM et 15 à 30 répétitions pour le même exercice avec pour effets, une augmentation de la force et du volume musculaire similaire aux entraînements utilisant des charges plus lourdes (>70% 1RM). (Thiebaud and al., 2013 ; Fahs and al., 2012 ; Cook and al., 2007).

Ainsi, selon Hwang & Willoughby (2019) les principaux mécanismes physiologiques qui stimulent la croissance musculaire squelettique après l'application de la méthode BFR sont : accumulation de certains agents métaboliques qui peuvent stimuler les facteurs de croissance anabolisants, l'augmentation de la synthèse des protéines musculaires par des voies de signalisations intracellulaires spécifiques, lésions musculaires, mécanotransduction, modèles de recrutement de types de fibres, l'activité des cellules satellites, production des ROS mitochondriale.

D'un point de vue cellulaire, il a été démontré que la méthode BFR phosphoryle les protéines stimulant le mTORC1 (mechanistic Target of

Rapamycine Complex1, responsable de la synthèse de protéines musculaires), telles que la protéine ribosomale S6 kinase bêta-1 (S6K1) (Kadi and al., 2004). Ainsi qu'une phosphorylation précoce du p38MAPK (p38 Mitogen Activated Protein Kinase, impliquées dans la différenciation cellulaire) contribuant à l'augmentation de la synthèse de protéines musculaires en parallèle avec une signalisation réduite de la myostatine (un facteur qui limite la croissance des tissus musculaires). Permettant la prolifération et de la différenciation des cellules satellites, et fournissant une capacité améliorée pour la transcription du gène myofibrillaire (Laurentino and al., 2012 ; Nielsen and al., 2012 ; Wernbom and al., 2013).

Notre étude a pour objectif de comparer les effets de deux programmes d'entraînement de 8 semaines basés sur deux méthodes distinctes ; la LL-BFR (Low Load-Blood Flow Restriction) et la HL-RT (High Load-Resistance Training) sur le volume et la force musculaire du biceps et du triceps brachial chez des bodybuilders.

Par conséquent, nous avons émis l'hypothèse que les deux méthodes d'entraînement offraient les mêmes bénéfices en matière d'amélioration de la taille et de la force musculaire malgré la différence d'intensité entre les deux méthodes.

II. Matériels et méthodes :

2.1. Echantillon :

L'étude comporte 16 participants volontaires de sexe masculin (âge : $24 \pm 4,65$ ans, taille : $178,12 \pm 4,68$ cm, poids : $79,86 \pm 9,67$ Kg) pratiquant le bodybuilding régulièrement (min 3 fois par semaine) dans le club de fitness (Basic-fit Paris Choisy). Pour être éligible à cette étude les participants devaient n'avoir aucune maladie cardiaque, hypertension artérielle, ou tout pathologies musculo-squelettique des membres supérieurs empêchant la participation aux protocoles et aux tests proposés, ainsi que n'avoir pas effectué d'entraînement en force au moins 3 mois avant l'étude. Le protocole de notre étude à été mis en place en respectant la charte de Helsinki.

2.2. Déroulement de l'étude:

Les participants ont été divisés au hasard (randomisation en aveugle) soit au groupe LL-BFR (n = 8) soit au groupe HL-RT (n = 8). Le protocole de l'étude a débuté à la mi-juin 2020 et s'est terminé à la mi-août 2020. Les sujets ont exécuté deux exercices supervisés, de flexion et d'extension des

bras quatre fois par semaine pendant 8 semaines. Tous les sujets ont subi des tests avant, à la 4^{ème} semaine et après l'application des programmes afin de mesurer les changements du volume musculaire, de la masse graisseuse et de la force musculaire. Pour la 4^{ème} semaine, seule le test de force est effectué afin de réajuster les charges d'entraînement.

2.3. Programme d'entraînement :

Durant les 8 semaines d'entraînement les deux groupes s'entraînaient au même moment, à la même heure et au même jour avec une fréquence de 4 entraînements par semaine. Les entraînements étaient supervisés par nous avec l'aide des coaches de la salle de fitness. Les sujets devaient faire 32 répétitions (4 séries de 8 répétitions) à 75% de 1-RM et avec 2 à 3 minutes



Figure 1 : BFR au niveau du bras (Schoenfeld, 2020)

de repos entre les séries pour le groupe HI-RT, et à 35% de 1-RM avec 60 répétitions (4 séries de 15 répétitions) avec 30 s de repos entre les séries pour le groupe LL-BFR. Les exercices consistaient à effectuer une flexion des bras soutenus sur un banc incliné à 45° (Larry Scott Biceps Curl) suivi, d'une extension des bras en position allongée (triceps banc extension). Les deux exercices étaient effectués avec une barre libre d'un poids de 14,6Kg permettant de rajouter des charges à son extrémité.

2.4. La restriction du flux sanguin (BFR):

Pour le groupe LL-BFR, des bandes élastiques (TAVIEW, FUJIAN C-long Fily Co.,Ltd) (longueur 60cm ajustable avec une largeur de 3cm) ont été attachées sur la zone la plus proximale des deux bras (figure 1). Le serrage de ces bandes reste variable et est spécifique pour chaque sujet, afin d'induire une pression adéquate et de réaliser l'exercice sans aucun gêne. On préconise des pressions restrictives suffisamment hautes pour obstruer le retour

veineux aux muscles, mais suffisamment basses pour maintenir le flux sanguin artériel dans le muscle actif, entre 50 à 70% de la pression d'occlusion artérielle totale (pression à laquelle le flux sanguin cesse de circuler) (Mcewen and al., 2018).

2.5. Mesure de la force musculaire:

Trois jours avant le début du protocole d'entraînement, la force maximale dynamique (RM) du biceps brachial et du triceps brachial ont été évalués chez tous les sujets, de manière indirecte grâce aux protocoles de **Dohoney and al. (2002)** qui proposent des équations pour estimer de façon indirecte la force maximale ou 1RM du biceps et du triceps brachial

Test de force sous maximal (4-5 de 1RM) :

$$\text{Biceps brachiale} : 19,97 + (0,81 \times \text{poids soulevé}) + (2,31 \times \text{répétitions})$$

$$\text{Triceps brachiale} : 6,74 + (0,99 \times \text{poids soulevé}) + (1,61 \times \text{répétitions})$$

2.6. Estimation du % de masse grasse:

Afin de permettre l'analyse de %MG ont à opter sur la méthode par bioimpédance, basée sur les propriétés électriques des tissus et de leur contenu en électrolytes (**Houtkooper and al., 1989**). Elle consiste dans l'application d'un faible courant électrique dans tout le corps à l'aide d'électrodes placées au niveau des pieds et des mains. La conduction électrique dans le corps est liée à la distribution de l'eau et de l'électrolyte. Tandis que la masse maigre (MM) contenant environ 73% d'eau) conduit facilement le courant, la masse grasse (MG) et les os ne le font différemment (**Earthman, 2015**). Un analyseur (Tanita BC-601 Gold, Tanita Corp., Tokyo, Japon) disposé au sein de la salle (basic-fit Paris Choisy) a été utilisé offrant une précision de 0,1%.

2.7. Mesure du volume musculaire:

Afin de mesurer les réponses adaptatives des muscles squelettiques sollicités durant les programmes entrainements, nous avons utilisé la méthode anthropo-morphologique qui consiste à mesurer la circonférence des bras et des plis cutanés du bras. La circonférence du bras a été mesurée à l'aide d'un ruban contrôlé avec une graduation de 1mm à enroulement automatique (COMED, COM4444450). Les mesures ont été prises sur deux positions distinctes du bras; circonférence avec bras tendu (CBT) et circonférence avec bras contracté (CBC) (Schoenfeld, 2020).

2.8. Plis cutané:

L'évaluation du tissu adipeux sous-cutané, est mesurée avec une pince à plis (skinfold caliper, type Harpenden, IDASS, UK). La variabilité de la prédiction du pourcentage de graisse corporelle % M.G des plis cutanés est de $\pm 3\%$ à 5% (Bellisari and Roche, 2005). On a mesuré le pli bicipital (PB) : pli verticale au-dessus du biceps et le pli tricipital (PT) : pli vertical au niveau du triceps.

2.9. Analyses Statistiques:

Nous avons utilisé le logiciel SigmaPlot 11.0 pour tous les calculs statistiques. Pour la comparaison des données entre les pré et post test pour le même groupe, on utilise le T-test apparié si la normalité des données est confirmée. En cas où les données ne passent pas le test de normalité, le test de Wilcoxon est utilisé. Pour la comparaison des données du pré et post test entre le groupe HL-RT vs LL-BFR le T-test est utilisé en cas de normalité avérée. Dans le cas contraire, le Mann-Whitney Rank Sum test est utilisé.

III. Résultats :

Les résultats ont montré des différences significatives entre le pré-test et post-test et ceci chez les deux groupes et dans l'ensemble des paramètres mesurés, en faveur du post-test (tableau 1).

Pour le groupe LL-BFR on note des différences hautement significatives à $p < 0.001$ dans le test CBT, PT, 1RM-Bicep et 1RM-Tric en faveur du post test et on note des différences à $p < 0.01$ entre le pré et le post test dans le test CBC, alors que la différence n'est qu'à $p < 0.05$ dans le PB, %M. G et le poids, toujours en faveur du post test.

Pratiquement le même constat est fait pour le groupe HL-RT, où on note des différences hautement significatives à $p < 0.001$ dans le test PB, 1RM-Bicep et 1RM-Tric, alors qu'on note des différences dans le test CBC à $p < 0.01$ et dans le test PT, CBT et le poids à $p < 0.05$. Toutes ces différences sont en faveur du post test.

Seule exception, on ne note aucune différence significative entre le pré et le post test dans le %M. G chez ce dernier groupe. Cependant, la comparaison entre les deux groupes LL-BFR et HL-RT (Tableau 02), montrent une absence de différences significatives entre les deux groupes avant l'application des programmes d'entraînements, par contre, on note des

différences à la limite du seuil de signification, dans les résultats du post-test seulement dans les tests de force maximale 1RM-Bicep et 1RM-Tric à $p < 0.05$ en faveur du groupe HL-RT, le reste des comparaisons reste sans différences significatives.

Tableau 1 : Comparaison des résultats des tests avant (pré) et après (post) l'application du programme, chez le groupe LL-BFR (avec restriction du flux sanguin) et le groupe HL-RT (sans restriction du flux sanguin).

	LL-BFR				HL-RT			
	Pré-test	Post-test	valeur T	valeur P	Pré-test	Post-test	valeur T	valeur P
Poids (Kg)	81,1 ± 10,6	78,3 ± 8,7*	3,174	0,025	78,1 ± 9,9	81,3 ± 7,7*	-2,89	0,034
% MG	25,5 ± 7,5	23,9 ± 6,3*	2,996	0,03	23,9 ± 6,9	26,6 ± 6,5	-7,5	0,563
CBT (cm)	29,8 ± 2,06	31,2 ± 2,3***	-10,627	0,001	29,8 ± 2,6	31,3 ± 2,1*	-3,35	0,02
CBC (cm)	31,8 ± 2,4	33,4 ± 3,02**	-4,545	0,006	32,3 ± 2,3	33,7 ± 2,7**	-5,347	0,003
PB (mm)	6,03 ± 2,7	5,2 ± 2,1*	-2,207	0,031	5,6 ± 2,1	6,1 ± 4,6***	-8	0,001
PT (mm)	11,2 ± 4,5	9,5 ± 3,3***	-6,325	0,001	9,7 ± 4,3	10,6 ± 3,8*	-2,646	0,046
1RM – Bicep (Kg)	46,2 ± 6,1	47,6 ± 5,8***	-12	0,001	47,9 ± 3,9	53,7 ± 2,6***	-7,558	0,001
1RM- Tric (Kg)	52,06 ± 4,4	53,8 ± 2,6***	-7,393	0,001	53,4 ± 3	58,8 ± 2,9***	-14,47	0,001

(*) Différence significative à $p < 0.05$; (**) Différence significative à $p < 0.01$; (***) Différence significative à $p < 0.001$, en faveur du post test. %M.G : pourcentage de masse grasse, CBT : circonférence du bras tendu, CBC : circonférence du bras contracté, PB : pli bicipital, PT : pli tricipital, 1RM-Bicep : force maximale du biceps, 1RM-Tric : force maximale du triceps.

Tableau 2 : Comparaison des résultats des tests avant (pré) et après (post) l'application du programme, entre le groupe LL-BFR(avec restriction du flux sanguin)et le groupe HL-RT (sans restriction sanguine)

	Pré-test				Post-test			
	LL-BFR	HL-RT	valeur T	valeur P	LL-BFR	HL-RT	valeur T	valeur p
Poids (Kg)	81,1 ± 10,6	78,1 ± 9,9	0,519	0,615	78,3 ± 8,7	81,3 ± 7,7	-0,62	0,54
% MG	25,5 ± 7,5	23,9 ± 6,9	0,39	0,7	23,9 ± 6,3	26,6 ± 6,5	-0,70	0,49
CBT (cm)	29,8 ± 2,06	29,8 ± 2,6	0,012	0,99	31,2 ± 2,3	31,3 ± 2,1	-0,09	0,93
CBC (cm)	31,8 ± 2,4	32,3 ± 2,3	-0,35	0,734	33,4 ± 3,02	33,7 ± 2,7	-0,18	0,86
PB (mm)	6,03 ± 2,7	5,6 ± 2,1	42	0,7	5,2 ± 2,1	6,1 ± 4,6	30	0,18
PT (mm)	11,2 ± 4,5	9,7 ± 4,3	44	0,48	9,5 ± 3,3	10,6 ± 3,8	-0,54	0,59
1RM – Bicep (Kg)	46,2 ± 6,1	47,9 ± 3,9	-0,547	0,59	47,6 ± 5,8	53,7 ± 2,6 *	-2,33	0,04
1RM- Tric (Kg)	52,06 ± 4,4	53,4 ± 3,07	-0,631	0,542	53,8 ± 2,6	58,8 ± 2,9 *	-2,313	0,04

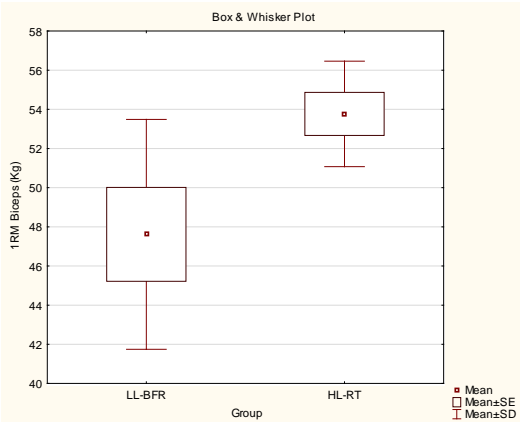


Figure 2 : représentation graphique des performances de force musculaire au niveau du biceps post entraînement

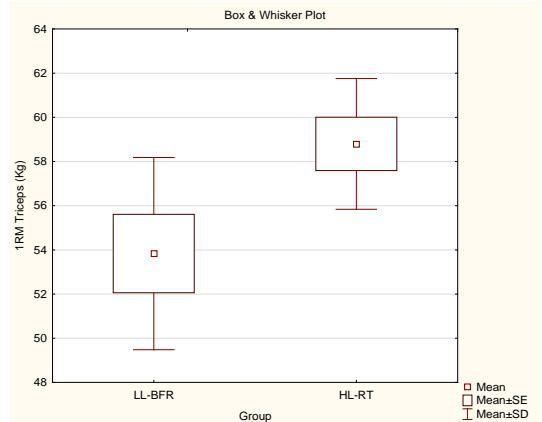


Figure 3 : représentation graphique des performances de force musculaire au niveau du triceps brachiale post

IV. Discussion :

Cette étude avait pour objectif de comparer les effets de deux modèles d'entraînements et qui sont : HL-RT et LL-BFR sur les réponses musculaires en hypertrophie et en force maximale au niveau du bras (biceps et triceps). Les résultats ont montré une augmentation significative de la force maximale après l'entraînement de 08 semaines, chez le groupe HL-RT par rapport au groupe LL- BFR.

Concernant l'hypertrophie, les résultats n'ont pas révélé des différences significatives entre les deux groupes HL-RT et LL-BFR. En ce qui concerne la masse corporelle et le %MG, on note une légère diminution après l'application des programmes d'entraînements chez le groupe LL-BFR.

Pour la force maximale, nos résultats concordent avec les résultats de Yasuda and al. (2011) qui rapportent une augmentation de la force maximale isométrique des extenseurs du coude chez le groupe HL-RT seulement. L'amélioration de la force musculaire observée après le protocole HL-RT pourrait être due au niveau du recrutement des unités motrices et notamment à une meilleure sollicitation des fibres musculaires au niveau spatio-temporel (Bernardi and al.,1999), car la recherche menée par Kubo & Ratamess (2004) montre une augmentation de l'amplitude de l'activité électromyographique (EMG) des muscles sollicités dans le groupe HL-RT, sans modification apparente dans le groupe LL-BFR

En ce qui concerne l'hypertrophie musculaire, nos résultats sont semblables à certaines études, qui rapportent une augmentation de la section transversale du triceps brachiale chez les deux groupes (HL-RT et BFR) sans enregistrer pour autant de différences significatives entre les deux groupes (Ozaki and al., 2012).

Généralement le facteur de charge mécanique déployé lors de l'exercice de force, reste le facteur essentiel expliquant l'hypertrophie musculaire. Ainsi, la surcharge mécanique induit une hypertrophie alors qu'une décharge induit une atrophie (Goldberg and al., 1975). Cependant en analysant les mécanismes et facteurs qui contribuent à l'hypertrophie musculaire, on remarque que le stress métabolique (l'accumulation ultérieure de métabolites tels que le lactate, ion hydrogène, phosphate inorganique, créatine et autres, suite à un exercice) pourrait être un facteur optimisant les réponses hypertrophiques à l'entraînement (Shinohara and al., 1998).

De plus, l'ischémie musculaire (circulation sanguine insuffisante au niveau des muscles) produit un stress métabolique plus important en stimulant une sécrétion de l'hormone de croissance (GH) contribuant à une augmentation du tissu musculaire (Pierce and al., 2006). De ce fait, l'entraînement sous restriction du débit sanguin avec une charge faible (<40%) à induit une réponse hypertrophique identique à celle enregistrée avec l'entraînement à charge haute (>75%).

Notre recherche montre aussi, une légère tendance à la diminution de la masse grasse globale et la graisse sous-cutanée au niveau des bras, après l'application du programme d'entraînements en occlusion du flux sanguin. Ces résultats ne sont rapportés par aucune autre étude, et pourraient être confirmés ou infirmés par des études futures.

Il est bien évident que toute recherche comporte des limites. Notre travail comporte une limite majeure, et qui est le non contrôle alimentaire & diététique des sujets de notre échantillon, et qui pourrait être un facteur essentiel et significative en matière de changements structurels des muscles sollicités, et de la composition corporelle surtout en matière grasse.

V. Conclusion:

Cette recherche expérimentale montre que l'entraînement avec charge légère et avec une restriction du flux sanguin offre une alternative intéressante en matière d'hypertrophie du tissu musculaire comparé à l'entraînement avec des charges lourdes, surtout après une longue période d'arrêt des entraînements, comme c'est le cas pour notre échantillon (confinement due au COVID-19) ou après le retour de blessure ou même après l'arrêt de l'intersaison. L'utilisation de la méthode BFR pourrait éviter des blessures graves à l'athlète et permettrait aux coachs sportifs de programmer des séances de force en début de préparation, sans grand risque de surcharge ou de blessure des athlètes, tout en optimisant la prise de masse musculaire.

VI. Référence :

- Bellisari, A., and Roche, A. F. (2005). Anthropometry And Ultrasound. In Human Body Composition, Eds *Human Kinetics. USA*
- Bernardi, M., Felici, F., Marchetti, M., Montellanico, F., Piacentini, M. F., and Solomonow, M. (1999). Force Generation Performance And Motor Unit Recruitment Strategy In Muscles Of Contralateral Limbs. *J Electromyography Kinesiol*, 9(2), 121–130.
- Cook, S. B., Clark, B. C., and Ploutz-Snyder, L. (2007). Effects Of Exercise Load And Blood-Flow Restriction On Skeletal Muscle Function. *Med Sci Spor Exe*, 39(10), 1708–1713.
- Dohoney, P., Chromiak, J.A., Lemire, D., Abadie, B., and Kovacs, C. (2002). Prediction Of One Repetition Maximum Strength From A 4-6 Rm And A 7-10 Rm Submaximal Strength Test In Healthy Young Adult Males. *J Exer Physiol*, 5(3), 54-59.
- Earthman, C. P. (2015). Body Composition Tools For Assessment Of Adult Malnutrition At The Bedside: A Tutorial On Research Considerations And Clinical Applications. *J Parenter Enteral Nutr*, 39(7), 787–822.
- Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Rossow, L. M., Tiebaud, R. S., and Bemben, M. G. (2012). Methodological Considerations For Blood Flow Restricted Resistance Exercise. *J Trainlo*, 1(1), 14–22.
- Goldberg, A. L., Etlinger, J. D., Goldspink, D. F., and Jablecki, C. (1975). Mechanism Of Work-Induced Hypertrophy Of Skeletal Muscle. *Med Sci Sport Exer*, 7(4), 248- 261.
- Houtkoper L. B., Lohman T. G., Going S. B. and Hall M. C. (1989) Validity Of Bioelectrical Impedance For Body Composition Assessment In Children. *J Appl Physiol*, 66(2), 814–821.
- Hwang, P.S., and Willoughby, D. S. (2019) .Mechanisms Behind Blood Flow–Restricted Training And Its Effect Toward Muscle Growth, *J Stren Condi Res*, (33), S167-S179.
- Impellizzeri, F. M., Franchi, M. V., Sarto, F., Meyer, T., and Coutts, A. J. (2020). Sharing Information Is Probably More Helpful Than Providing Generic Training Recommendations On Return To Play After COVID-19 Home Confinement, *Sci Medi In Football* , 4(3), 169-170
- Jessee, M. B., Mattocks, K. T., Buckner, S. L., Dankel, S. J., Mouser, J. G., Abe, T., and Loenneke, J. P. (2018). Mechanisms Of Blood Flow Restriction. *Tech Orthop*, 33(2), 72–79.

- Kadi, F., Schjerling, P., Andersen, L. L., Charifi, N., Madsen, J. L., Christensen, L. R., and Andersen, J. L. (2004). The Effects Of Heavy Resistance Training And Detraining On Satellite Cells In Human Skeletal Muscles. *J Physiol*, 558(3), 1005-1012.
- Kubo, K., Komuro, T., Ishiguro, N., Tsunoda, N., Sato, Y., Ishii, N., Kanehisa, H., and Fukunaga, T. (2006). Effects Of Low-Load Resistance Training With Vascular Occlusion On The Mechanical Properties Of Muscle And Tendon. *J App Biomech*, 22(2), 112–119.
- Laurentino, G. C., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aoki, M. S., Soares, A. G., Neves, M., and Tricoli, V. (2012). Strength Training With Blood Flow Restriction Diminishes Myostatin Gene Expression. *Med Sci Sports Exer*, 44(3), 406–412.
- Manini, T. M., and Clark, B. C. (2009). Blood Flow Restricted Exercise And Skeletal Muscle Health. *Exer Sport Sci Rev*, 37(2), 78–85.
- McEwen, J. A., Owens, J. G., and Jeyasurya, J. (2019). Why Is It Crucial To Use Personalized Occlusion Pressures In Blood Flow Restriction (BFR) Rehabilitation?. *J Med Biol Engin*, 39(2), 173–177.
- Mujika, I., and Padilla, S. (2001). Muscular Characteristics Of Detraining In Humans. *Med Sci Sports Exer*, 33(8), 1297–1303.
- Narici, M., De Vito, G., Franchi, M., Paoli, A., Moro, T., Marcolin, G., Grassi, B., Baldassarre, G., Zuccarelli, L., Biolo, G., Giorgio di Girolamo, F., Fiotti, N., Dela, F., Greenhaff, P., and Maganaris, C. (2020a). Impact Of Sedentarism Due To The COVID-19 Home Confinement On Neuromuscular, Cardiovascular And Metabolic Health: Physiological And Pathophysiological Implications And Recommendations For Physical And Nutritional Countermeasures. *Eur J Sport Sci*, 20(3), 1-22.
- Narici, M., Monti, E., Franchi, M., Sarto, F., Reggiani, C., Toniolo, L., Giacomello, E., Zampieri, S., Simunič, B., and Pisot, R. (2020b). Early Biomarkers Of Muscle Atrophy And Of Neuromuscular Alterations During 10-Day Bed Rest. *FASEB Journal*, 34(S1), 1-1.
- Nielsen, J. L., Aagaard, P., Bech, R. D., Nygaard, T., Hvid, L. G., Wernbom, M., Suetta, C., and Frandsen, U. (2012). Proliferation Of Myogenic Stem Cells In Human Skeletal Muscle In Response To Low-Load Resistance Training With Blood Flow Restriction. *J Physiol*, 590(17), 4351–4361.
- Ozaki, H., Yasuda, T., Ogasawara, R., Sakamaki-Sunaga, M., Naito, H., and Abe, T. (2012). Effects Of High-Intensity And Blood Flow-Restricted Low-Intensity Resistance Training On Carotid Arterial Compliance: Role Of Blood Pressure During Training Sessions. *Eur J Appl Physiol*, 113(1), 167–

174.

Sarto, F., Impellizzeri, F. M., Spörri, J., Porcelli, S., Olmo, J., Requena, B., Suarez-Arrones, L., Arundale, A., Bilsborough, J., Buchheit, M., Clubb, J., Coutts, A., Nabhan, D., Torres Ronda, L., Mendez-Villanueva, A., Mujika, I., Maffiuletti, N.A., and Franchi, M. V. (2020). Impact Of Potential Physiological Changes Due To COVID-19 Home Confinement On Athlete Health Protection In Elite Sports: A Call For Awareness In Sports Programming. *Sports Med*, 50, 1417-1419.

Pierce, J. R., Clark, B. C., Ploutz-Snyder, L. L., and Kanaley, J. A. (2006). Growth Hormone and Muscle Function Responses to Skeletal Muscle Ischemia. *J App Physiol*, 101(6), 1588-1595.

Sato, Y. The History and Future of Kaatsu Training. *Int J Kaatsu Training Res*. 2005; 1(1),1-5.

Schoenfeld, B. (2020). Science and Development Of Muscle Hypertrophy. *Human Kinetics 2ed*.

Shinohara, M, Kouzaki, M, Yoshihisa T, and Fukunaga T.(1998) Efficacy Of Tourniquet Ischemia For Strength Training With Low Resistance. *Eur J Appl Physiol* 77(1), 189–191.

Thiebaud, R. S., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Kim, D., Abe, T., Anderson, M. A., Young, K. C., Bembien, D. A., and Bembien, M. G. (2013). The Effects Of Elastic Band Resistance Training Combined With Blood Flow Restriction On Strength, Total Bone-Free Lean Body Mass And Muscle Thickness In Postmenopausal Women. *Clin Physiol Funct Imag*, 33(5), 344–352.

Tidow, G. (1995) Muscular Adaptations Induced By Training And Detraining. A Review Of Biopsy Studies. *New Stud Athletics*, 10(2),47–56.

Wang, L., Wang, Y., Ye, D., and Liu, Q. (2020). A Review Of The 2019 Novel Coronavirus (SARS-CoV2) Based On Current Evidence. *Inter J Antimi Agen*. 55(6), 105948.

Wernbom, M., Apro, W., Paulsen, G., Nilsen, T. S., Blomstrand, E., and Raastad, T. (2013). Acute Low-Load Resistance Exercise With And Without Blood Flow Restriction Increased Protein Signalling And Number Of Satellite Cells In Human Skeletal Muscle. *Eur J Appl Physiol*, 113(12), 2953–2965.

Yasuda, T., Ogasawara, R., Sakamaki, M., Ozaki, H., Sato, Y., and Abe, T. (2011). Combined Effects Of Low-Intensity Blood Flow Restriction Training And High-Intensity Resistance Training On Muscle Strength And Size. *Eur J Appl Physiol*, 111(10), 2525–2533.