

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

BLOOD FLOW RESTRICTION (BFR) TRAINING

ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΑΙΜΑΤΙΚΗΣ ΡΟΗΣ ΣΕ ΥΓΙΕΣ ΚΑΙ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΑΣΘΕΝΕΙΣ.

ΦΟΙΤΗΤΕΣ:
ΝΑΤΑΛΙΑ ΜΙΤΑ ΑΜ: 1078816,
ΕΛΕΝΟΣ ΒΛΑΣΙΟΥ ΑΜ:2734

Εποπτεύων καθηγητής, Κωνσταντίνος Α. Φουσέκης, PT,MSc, PhD.

Πανεπιστημίου Πατρών

Πάτρα, 2023

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα αρθρογραφική ανασκόπηση έχει ως σκοπό την ανάλυση μια τεχνικής ενδυνάμωσης η οποία με το πέρασμα του χρόνου γίνεται όλο ένα και πιο γνωστή εδραιώνοντας τον όρο BFRT στις πιο αποτελεσματικές μεθόδους ενδυνάμωσης τόσο σε παθολογίες όπως εγχείρηση πρόσθιου χιαστού αλλά και σε επαγγελματίες bodybuilders που θέτουν ως στόχο μέγιστη υπερτροφία μυών. Με όση αρθρογραφία προϋπήρχε λοιπόν στις μηχανές αναζήτησης λοιπόν, είδαμε, συγκρίναμε και ολοκληρώσαμε μια εργασία που είναι μείζον θέμα που ταλανίζει γυμναστές, φυσικοθεραπευτές και γενικά όλες τις παραϊατρικές ομάδες. Έτσι εμείς καλούμαστε να απαντήσουμε σε κάποια επιστημονικά ερωτήματα που παραμένουν αναπάντητα ή δεν είναι πλήρες απαντημένα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Να ευχαριστήσουμε αρχικά όλους όσους βοήθησαν από τον οικογενειακό μας κύκλο και μη αναφερόμενος φυσικά σε φίλους και συμφοιτητές καθώς και ον εισηγητή μας Κύριο Κωνσταντίνο Φουσέκη για την άμεση ανταπόκρισή του και τις στοχευμένες οδηγίες του που βοήθησαν για την επίτευξη της πτυχιακής μας εργασίας. Τέλος να ευχαριστήσουμε και τον Κύριο Παύλο Αγγελόπουλο για την πολύτιμη βοήθειά του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

1.ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.2 ΣΚΟΠΟΣ

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2. ΓΕΝΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 : Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΙΜΑΤΙΚΗΣ ΡΟΗΣ

2.2 : ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΡΑΣΗΣ

2.2.1 : ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

2.3 : ΜΥΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ – ΜΥΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

3. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3.1. BFR

3.1.1 : ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ BFR ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

3.1.2 : ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ

3.1.3 : ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ

3.1.4 : ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

3.1.5: Ρυθμός αποκατάστασης ισχίου και γόνατος

3.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ

3.2.1. Μελέτες που απορρίφθηκαν.

3.2.2: Έρευνες που πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής – BFR ΣΕ ΥΓΙΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ

3.2.3: Έρευνες που πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής – BFR ΣΕ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΑΣΘΕΝΕΙΣ

3.2.4: Σύγκριση παθολογικών και μη.

3.3. ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ

3.3.1: Στρατηγική αναζήτησης

3.3.2: Κριτήρια εισαγωγής ερευνών.

3.4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.4.1: Σύνοψη χαρακτηριστικών – αποτελέσματα ερευνών

3.4.2: Περιορισμοί ανασκόπησης

3.4.3: Ερευνητική και κλινική σημασία της ανασκόπησης
3.4.4: Μελλοντικές προτάσεις για BFR

3.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΑΘΡΘΟΓΡΑΦΙΑ.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Στη συγγραφή της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν οι εξής συντομογραφίες:

1. BFR – Blood Flow Restriction
2. 1RM – ανώτατο όριο μιας επανάληψης
3. RIT – Running Interval Training
4. RPmax – Maximum Respiratory Performance
5. HRR – Heart Rate Reserve
6. HRmax – Maximum Heart Rate
7. CMJ – Counter movement Jump
8. LL – Low Load
9. CSA – Cross Sectional Area
10. HL – High Load
11. CON – CONtrol group
12. SPPB – Short Physical Performance Battery
13. MRI – Magnetic Resonance Imaging
14. MVC - Maximum Voluntary Contraction
15. ΔFIpt – Επαναληπτική αντίσταση των μυών
16. ΕΜΓ - Ηλεκτρομυογραφία
17. RPE - Rate of Perceived Exertion
18. SmO2 - Saturated Oxygen
19. LAS - Lateral Ankle Sprain
20. ACL – anterior cruciate ligament

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.

Εικόνα 1: Ανθρώπινο μυϊκό σύστημα

Εικόνα 2: Η δομή και τα επίπεδα οργάνωσης ενός σκελετικού μυ

Εικόνα 3: Μυϊκή ανάπτυξη – Μυϊκή υπερτροφία

Εικόνα 4: Ελαστικοί ιμάντες

Εικόνα 5: Smart nylon BFR cuffs – Περιχειρίδες αέρος

Εικόνα 6: Owens Recovery Science – Blood Flow Restriction Training, Ηλεκτρονικές περιχειρίδες

Εικόνα 7: EDGE Restriction System BFR Cuffs

Εικόνα 8: Lifting Lab Flexible Arm Bands for Practical BFR – Πρακτικές περιχειρίδες

Εικόνα 9: BFR στα κάτω άκρα με ιμάντες

Εικόνα 10: BFR σε άνω άκρο

Εικόνα 11: BFR στα κάτω άκρα με ηλεκτρονικές περιχειρίδες

Εικόνα 12: Αερόβια άσκηση με BFR

Εικόνα 13: Μέγιστη απόδοση τρεξίματος, μυϊκή δύναμη και η αντοχή που αλλάζουν μεταξύ των ομάδων RIT-BFR και RIT

Εικόνα 14: Οι βαθμολογίες τριών επαναλήψεων μέγιστης δύναμης καθισμάτων και ο αριθμός των επαναλήψεων μέχρι την κούραση με το 40%

της μέγιστης δύναμης πριν και μετά από 5 βδομάδες προπόνησης αντιστάσεων με ή χωρίς περιορισμό αιματικής ροής.

Εικόνα 15: Αποτελέσματα αξιολόγησης αρχιτεκτονικής μυών, άλματος αντίστροφης κίνησης και sprint πριν και μετά την προπόνηση.

Εικόνα 16: Μέση διαφορά για τη μυϊκή δύναμη, το μέγεθος των μυών και τη φυσική λειτουργία από την έναρξη έως τις 12 βδομάδες μεταξύ της HL, BFR και ομάδας ελέγχου.

Εικόνα 17: Μέση διαφορά για την ποιότητα ζωής από την έναρξη έως τις 12 βδομάδες μεταξύ της HL, BFR και ομάδας ελέγχου.

Εικόνα 18: Πειραματικές ρυθμίσεις για τις ισομετρικές ασκήσεις της αναστροφής και ραχιαίας κάμψης.

Εικόνα 19: Μυική ενεργοποίηση κατά τη διάρκεια ακήσεων ανατροπής και ραχιαίας κάμψης με περιορισμό ροής αίματος και ελέγχου.

Εικόνα 20: Διαφορές μεταξυ τετρακεφάλων και οπίσθιων μηριαίων κατά την περιοχή διατομής.

1.ΠΕΡΙΛΗΨΗ.

1.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σαν φυσικοθεραπευτές είμαστε υπεύθυνοι να παρέχουμε την κατάλληλη θεραπεία στους ασθενείς μας. Τα τελευταία χρόνια ο κλάδος της φυσικοθεραπείας καθώς και του αθλητισμού όπου συνδέονται άμεσα μεταξύ τους δεδομένου ότι μεγάλο μέρος της αποκατάστασης εμπεριέχει αθλητικές δραστηριότητες για την πλήρη αποκατάσταση και ενδυνάμωση του ασθενή, εξελίσσονται ραγδαία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εύρεση καινούργιων μεθόδων για ανώδυνες θεραπείες και ταχύτερη ενδυνάμωση τόσο των ασθενών στο χώρο της φυσικοθεραπείας όσο και των αθλητών στο χώρο του αθλητισμού. Μια από αυτές τις σύγχρονες μεθόδους είναι και ο περιορισμός αιματικής ροής ή BFR από την αγγλική ορολογία Blood Flow Restriction. Η μέθοδος BFR ή αλλιώς kaatsu ή occlusion training ανακαλύφθηκε το 1996 από τον Ιάπωνα Dr. Yoshiaki Santo καθώς παρακολουθούσε ένα βουδιστικό φεστιβάλ όπου είχε γονατίσει και είχε περιορίσει άθελα την αιματική ροή προς τις γάμπες του και ένιωσε ένα περίεργο μούδιασμα και ένα πιάσιμο ανάλογο με αυτό μετά από μια σκληρή προπόνηση ποδιών. Έπειτα πέρασαν πενήντα χρόνια ερευνών για να τελειοποιήσει τη μέθοδό του. Όταν πρωτοεμφανίστηκε η μέθοδος αυτή είχε αθλητικό πρόσημο καθώς χρησιμοποιήθηκε κυρίως από αθλητές, γυμναστές καθώς και από άτομα του χώρου του bodybuilding. Η έκτοτε εφαρμογή του γινόταν με λάστιχα και ιμάντες του οποίου έσφιγγες γύρω από την μυϊκή ομάδα την οποία ήθελες να δυναμώσεις ώστε να περιορίσεις την αιματική ροή της. Με τον καιρό εξελίχθηκε το BFR και είδαμε φυσικοθεραπευτές να το χρησιμοποιούν σε σοβαρά μυοσκελετικά προβλήματα, σε ασθενείς με ατροφικούς μύες και σε περιπτώσεις όπου αντενδείκνυται η άσκηση με μεγάλες αντιστάσεις. Παράλληλα γυμναστές και αθλητές συνέχισαν να χρησιμοποιούν την μέθοδο αυτή για καλύτερη μυϊκή υπερτροφία.

Η μέθοδος του περιορισμού της αιματικής ροής είναι μια νέα μέθοδος προπόνησης, όπου η ροή του αίματος των άνω και κάτω άκρων περιορίζεται μέσω μιας περιχειρίδας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου συστολής και της περιόδου ανάπαυσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον μερικό περιορισμό της αρτηριακής εισροής στους μύες, αλλά κυρίως περιορίζει σημαντικά τη φλεβική εκροή από το μυ (Patterson, Hughes, Head, Warmington, Brandner, Christopher et al 2017). Η προπόνηση για κατάρτιση της δύναμης αποτελεί κεντρικό μέρος της αποκατάστασης. Η μυϊκή δύναμη αυξάνεται με τη χρήση βαρειών φορτίων (60%-70% με μια επανάληψη) άλλα σε άτομα με μυοσκελετικές βλάβες μπορεί να είναι ανέφικτη και να συνεπάγεται αυξημένος κίνδυνος για ανεπιθύμητες συνέπειες. Ο περιορισμός της φλεβικής ροής αίματος (BFR) σε συνδυασμό άσκησης αντίστασης με χρήση χαμηλής εξωτερικής φόρτισης (20%-30% 1RM) έχει ως αποτέλεσμα σημαντική βελτίωση στη μέγιστη δύναμη και στη σκελετική μάζα. (Grønfeldt, B. M., Lindberg Nielsen, J., Mieritz et al,2020). Ακόμη σε συνδυασμό με ασκήσεις αντοχής προκαλεί αύξηση της αντοχής, αύξηση στην ισχύ του μυός και αύξηση του όγκου των κυττάρων μέσω της συγκέντρωσης αίματος σε συνδυασμό με τη συσσώρευση μεταβλητών και αντιδραστικής υπεραιμίας. (Loenneke , Fahs , Rossow , Abe , Bemben et al, 2012).

Πολυάριθμες είναι οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για τα οφέλη της προπόνησης με περιορισμό της αιματικής ροής, γεγονός που πλέον

επιλέγεται ως προπονητική μέθοδος για αθλητές και για ασθενείς με μυοσκελετικές παθήσεις. Πλεονέκτημα του BFR είναι ότι επιφέρει τα ίδια αποτελέσματα που επιταχύνονται με το κλασσικό πρότυπο προπόνησης υψηλής έντασης, οι ασθενείς και οι αθλητές είναι σε θέση να προπονούνται με μειωμένα φορτία και μπορεί να λάβουν τα ίδια προπονητικά οφέλη με αυτά που θα είχαν αν προπονούνταν υπό υψηλά φορτία. Αφού πιστεύεται ότι οι συσσωρευμένες επιδράσεις της κόπωσης, της μηχανικής τάσης, του μεταβολικού στρες και της αντιδραστικής υπεραιμίας συμβάλλουν στην προώθηση της προσαρμογής με ελάχιστη καταπόνηση. (Lauren N Erickson et.al, 2019)

1.2.ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των άρθρων, βιβλιογραφίας, κλινικών δοκιμασιών του BFR training η οποία αποτελεί μια καινοτόμο μέθοδο προπόνησης η οποία χρησιμοποιείται τόσο σε προπονητικό επίπεδο όσο και σε θεραπευτικό επίπεδο ως μέθοδος αποκατάστασης. Ωστόσο υποστηρίζεται πως η χαμηλή ένταση προπόνησης με την χρήση του BFR training έχει τα ανάλογα αποτελέσματα όσον αφορά την μυϊκή υπερτροφία και την αύξηση της μυϊκής δύναμης, με την κλασική προπόνηση υψηλής έντασης όπου χρησιμοποιείται η χρήση μεγάλων φορτίων. Όποτε μέσα από τις έρευνες και τα δεδομένα από διάφορες πηγές θα είμαστε σε θέση να κρίνουμε τη σημαντικότητα της χρήσης του BFR training μέσω της χαμηλής έντασης προπόνησης αντιστάσεων με τη χρήση μικρών φορτίων σε συνδυασμό με τον περιορισμό της αιματικής ροής τόσο σε υγιείς μέσω της προπόνησης όσο και σε ασθενείς ως μέθοδος αποκατάστασης.

1.3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την πραγματοποίηση της πτυχιακής μας εργασίας συλλέξαμε δεδομένα από παρουσιάσεις καθηγητών στο e-class με κύριο μέρος βέβαια της έρευνας να προέρχεται από επιστημονικές βάσεις δεδομένων όπως PubMed, National Library of medicine και Google Scholar. Οι κωδικοί αναζήτησης για κύριο λόγο ήταν Blood Flow Restriction, muscle improvement with BFR, mechanism action of BFR, BFR training to injuries, και πολλά άλλα.

2. ΓΕΝΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ BFR.

Η μέθοδος του περιορισμού της αιματικής ροής (Blood Flow Restriction - BFR) αναδεικνύεται ως μια καινοτόμος προσέγγιση στον τομέα της φυσικής απόδοσης και αποκατάστασης. Αποτελεί μία μοναδική πρακτική που επιτρέπει την επίτευξη σημαντικών φυσικών βελτιώσεων με χαμηλότερα φορτία, μέσω της εφαρμογής μανσετών περιορισμένης πίεσης στα άκρα των μυών.

Σε αυτήν τη μέθοδο, οι μανσέτες εφαρμόζονται στον μηρό, τον βραχίονα ή άλλα μέρη του σώματος, εξασφαλίζοντας έναν ελαφρύ περιορισμό της αιματικής ροής προς το μυ. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, το φορτίο που απαιτείται για την επίτευξη αυξημένης μυϊκής ανάπτυξης και αντοχής είναι σημαντικά μειωμένο. Παράλληλα, η αύξηση της μεταμόσχευσης αντοχής και της μυϊκής δύναμης είναι εκπληκτικά, κάνοντας το BFR μια ενδιαφέρουσα επιλογή για αθλητές, επαγγελματίες αλλά και ανθρώπους που αναζητούν αποτελεσματικές μεθόδους αποκατάστασης.

Οι προσεγγίσεις του BFR βασίζονται στην ιδέα ότι η περιορισμένη αιματική ροή προς το μυ ενεργοποιεί μηχανισμούς ανάπτυξης παρόμοιους με αυτούς που προκαλούνται από την υψηλή ένταση άσκησης. Επιπλέον, η επίδραση του BFR σε παθολογικούς ασθενείς με ατροφία αποτελεί ενδιαφέρουσα προοπτική, καθώς μπορεί να συμβάλει στην αποκατάσταση της μυϊκής λειτουργίας με μειωμένα φορτία και μικρότερο κίνδυνο τραυματισμού.

Η μέθοδος BFR παρουσιάζει σημαντικό δυναμικό για να ανανεώσει τον τρόπο που αντιμετωπίζουμε την άσκηση και την αποκατάσταση. Με την υποστήριξη αξιόπιστης βιβλιογραφίας, ανοίγει νέους ορίζοντες για τη βελτίωση της φυσικής απόδοσης και της μυϊκής λειτουργίας με πιο ασφαλή και αποτελεσματική προσέγγιση. (Loenneke, J.P. et al. Frontiers in Physiology, 2014).

2.2. Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΡΑΣΗΣ.

Ο μηχανισμός δράσης της αρκησίας (BFR) αποτελεί ένα σύνθετο και συνεκτικό πλαίσιο που αναδύει τον ρόλο της περιορισμένης αιματικής ροής ως κινητήριο δύναμη για την προώθηση της μυϊκής υπερτροφίας και της αύξησης της αντοχής. Οι συνέπειες αυτής της διαδικασίας είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσες και ευεργετικές για την αθλητική επίδοση και την θεραπευτική αποκατάσταση.

Ο περιορισμός της αιματικής ροής στον μυϊκό ιστό κατά τη διάρκεια της BFR δημιουργεί μια σειρά από ανταποκρίσεις σε κυτταρικό και μεταβολικό επίπεδο. Η μειωμένη παροχή οξυγόνου και θρεπτικών ουσιών στους μύες δημιουργεί ένα μικροπεριβάλλον μεταβολικού στρες. Αυτός ο στρες ενθαρρύνει την παραγωγή μεταβολιτών όπως το λακτικό οξύ, το οποίο διεγείρει την ανάπτυξη των μυϊκών ινών.

Η αύξηση της μεταβολικής δραστηριότητας στους μύες επίσης ενισχύει την παραγωγή της αδενοσίνης τριφωσφορικής (ATP), της βασικής μορφής ενέργειας για τα μυϊκά κύτταρα. Αυτό οδηγεί σε μια αυξημένη διαθεσιμότητα ενέργειας για την ανάπτυξη των μυϊκών ινών, προωθώντας τη μυϊκή υπερτροφία και την αύξηση της μυϊκής μάζας.

Πέρα από αυτό, ο περιορισμός της αιματικής ροής διαμορφώνει το μυϊκό περιβάλλον καθώς καταλυτικά παράγοντας και μεταλλικά ιόντα απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης. Αυτός ο πολύπλοκος αλληλεπίδρασης παίζει ρόλο στην ενίσχυση της μυϊκής σύσφιξης και της ανάπτυξης.

Εν κατακλείδι, ο μηχανισμός δράσης της BFR εκμεταλλεύεται την αλληλεπίδραση μεταξύ περιορισμένης αιματικής ροής, μεταβολικού στρες και μεταβολιτών, δημιουργώντας ένα περιβάλλον που προάγει τη μυϊκή υπερτροφία και βελτιώνει την αντοχή. Αυτή η πολυπλοκότητα του μηχανισμού καθιστά την BFR μια ελπιδοφόρα προσέγγιση τόσο για τη βελτίωση της αθλητικής επίδοσης όσο και για τη θεραπευτική αντιμετώπιση των μυϊκών διαταραχών.

2.2.2 : ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Η άσκηση με περιορισμένη αιματική ροή (BFR) αντιπροσωπεύει μια μοναδική προσέγγιση στην άσκηση, η οποία βασίζεται σε προηγμένη φυσιολογία. Κατανοώντας τη φυσιολογία της BFR, μπορούμε να καταλάβουμε τους μηχανισμούς που κρύβονται πίσω από τα εντυπωσιακά αποτελέσματά της.

Η BFR συνεπάγεται τον περιορισμό της αιματικής ροής προς τους εργαζόμενους μύες κατά τη διάρκεια της άσκησης, με τη χρήση ειδικών μανικιών ή μανικιών πίεσης. Αυτό έχει έναν αξιοσημείωτο αντίκτυπο στη φυσιολογία του οργανισμού.

Η περιορισμένη αιματική ροή κατά τη διάρκεια της BFR οδηγεί σε υποξία των μυών. Αυτό σημαίνει ότι οι μύες λαμβάνουν λιγότερο οξυγόνο και θρεπτικές ουσίες κατά τη διάρκεια της άσκησης. Αυτός ο υποξικός στρες ενθαρρύνει την παραγωγή μεταβολιτών, όπως το λακτικό οξύ (Loenneke et al., 2010).

Η υποξία προκαλεί αύξηση της παραγωγής της αδενοσίνης τριφωσφορικής (ATP), της κύριας πηγής ενέργειας για τα μυϊκά κύτταρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη διαθεσιμότητα ενέργειας για την ανάπτυξη των μυϊκών ινών (Pope et al., 2013).

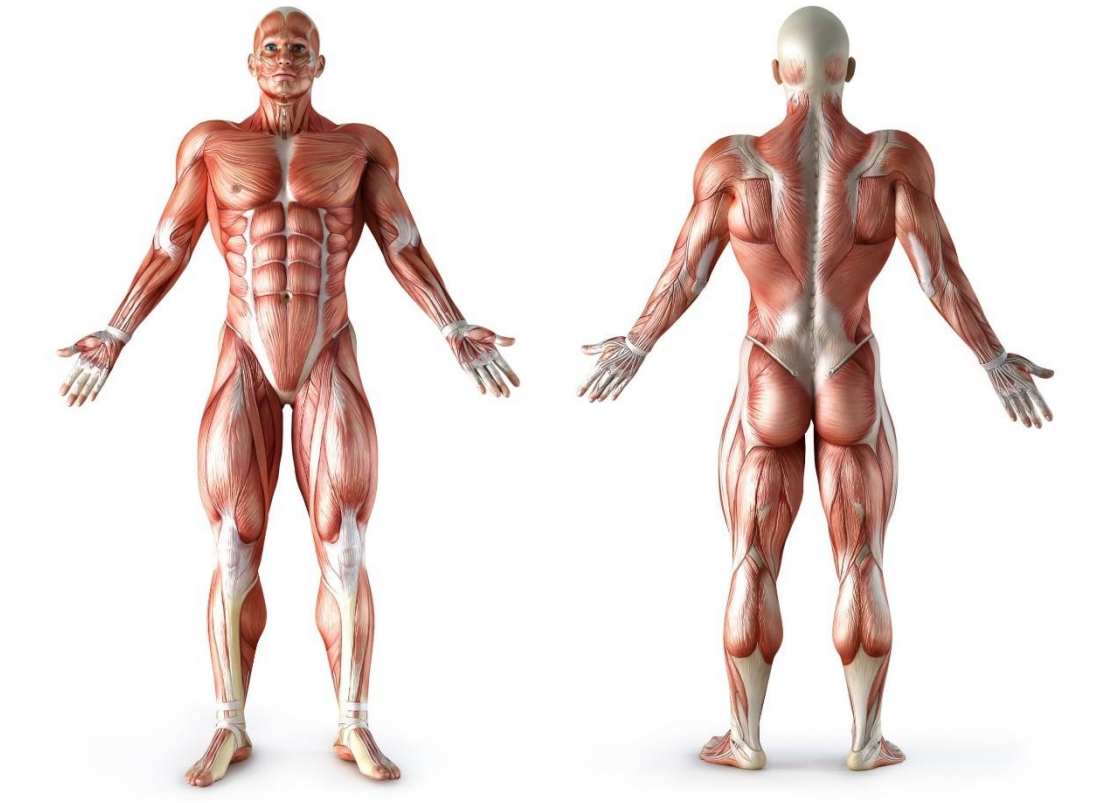
Ο περιορισμός της αιματικής ροής στη BFR διαμορφώνει το μυϊκό περιβάλλον. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, απελευθερώνονται καταλυτικά παράγοντες και μεταλλικά ιόντα, επηρεάζοντας τη μυϊκή σύσφιξη και την ανάπτυξη (Schoenfeld et al., 2017).

Η φυσιολογία της BFR αποτελεί ένα πολύπλοκο πεδίο μελέτης. Η περιορισμένη αιματική ροή κατά τη διάρκεια της άσκησης ενθαρρύνει τη μυϊκή υπερτροφία και βελτιώνει την αντοχή.

2.3. ΜΥΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΜΥΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ.

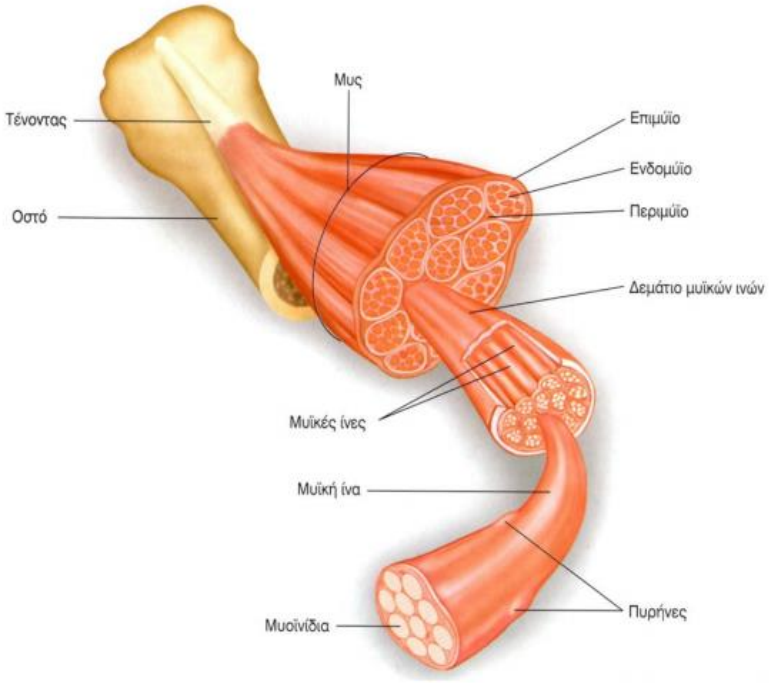
Το μυϊκό σύστημα αποτελεί ένα από τα βασικά συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού και είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία της κίνησης και της δύναμης. Το μυϊκό σύστημα αποτελείται από μύες, τους ιστούς που τους περιβάλλουν και τα νεύρα που τους ελέγχουν. Η λειτουργία του μυϊκού συστήματος είναι κρίσιμη για την κίνηση, τη στήριξη του σώματος και τη διατήρηση της σωστής σωματικής στάσης.

Εικόνα 1: Ανθρώπινό μυϊκό σύστημα



Ο μυϊκός ιστός αποτελείται από μυϊκές ίνες, οι οποίες περιλαμβάνουν μυοσίνη και ακτίνη, τα βασικά πρωτεΐνες που επιτρέπουν τη συστολή του μυ. Η συστολή των μυών είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στις μυϊκές ίνες, με τη μυοσίνη να αλληλοεπιδρά με την ακτίνη και να δημιουργείται κίνηση. Αυτή η διαδικασία απαιτεί ενέργεια, που παρέχεται από την ατομική μόρφη της αδενοσίνης τριφωσφορικού νουκλεοτιδίου (ATP).
Οι μύες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: οι οριακοί μύες και οι υποκείμενοι μύες. Οι οριακοί μύες είναι αυτοί που είναι συνδεδεμένοι με τα οστά και είναι υπεύθυνοι για την προκειμένη κίνηση. Οι υποκείμενοι μύες βρίσκονται κάτω από τους οριακούς μύες και βοηθούν στη σταθεροποίηση των αρθρώσεων κατά την κίνηση.

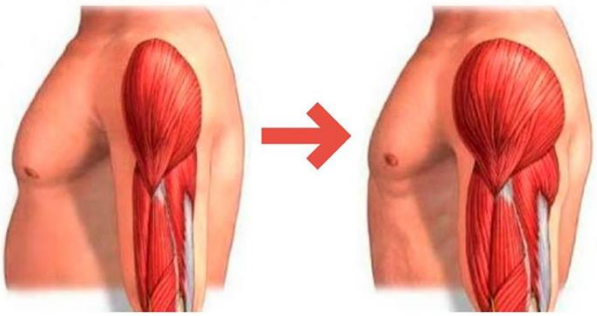
Εικόνα 2: Η δομή και τα επίπεδα οργάνωσης ενός σκελετικού μυ.



Οι επιδράσεις του BFR στο μυϊκό σύστημα είναι πολυσύνθετες. Κατά την εφαρμογή του BFR, η περιορισμένη αιματική ροή προς το μυ δημιουργεί μια κατάσταση υποξίας, καθιστώντας το περιβάλλον αντιδραστικό και επιφέροντας αυξημένη εκκίνηση της μυϊκής ανάπτυξης. (Scott, B.R. et al. Frontiers in Physiology, 2015)
Η μείωση της αιματικής ροής με τη χρήση των μανσετών BFR αυξάνει τον χρόνο που η μυϊκή ίνα παραμένει υποκείμενη σε ένταση, ενισχύοντας τη συστολή της μυϊκής ίνας και ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη του μυ. Επιπρόσθετα, η επίδραση του BFR μπορεί να αυξήσει την απελευθέρωση μεταλλοπρωτεΐνης Myostatin, η οποία εμποδίζει τη μυϊκή ανάπτυξη. Με τον περιορισμό της δράσης της, το BFR δημιουργεί ένα περιβάλλον ευνοϊκό για τη μυϊκή υπερτροφία. (Loenneke, J.P. et al. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2011)
Συνολικά, η εφαρμογή της μεθόδου BFR αποτελεί έναν ανατρεπτικό τρόπο προώθησης της μυϊκής ανάπτυξης και αύξησης της αντοχής με ελάχιστο τραυματισμό στους μαλακούς ιστούς, προσφέροντας νέες δυνατότητες για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης και της αποκατάστασης. (Fry, C.S. et al. Journal of Applied Physiology, 2010)
Η μέθοδος του περιορισμού της αιματικής ροής (Blood Flow Restriction - BFR) αναδεικνύεται ως μια επαναστατική προσέγγιση στον τομέα της φυσικής απόδοσης και μυϊκής ανάπτυξης. Αυτή η μέθοδος έχει κατακτήσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας και των επαγγελματιών αθλητών λόγω των εντυπωσιακών αποτελεσμάτων που προσφέρει.
Αρχικά, το BFR προκαλεί μια μεγάλη αναπτυξιακή ανταπόκριση στο μυϊκό σύστημα. Με την εφαρμογή μανσετών περιορισμένης πίεσης στα άκρα των

μυών, δημιουργείται μια περιορισμένη αιματική ροή προς τον μυ. Αυτό ενεργοποιεί τον μυϊκό μεταβολισμό και την αύξηση της μυϊκής αντοχής, ενώ εξοικονομεί τον ασθενή από το βάρος που θα χρειαζόταν σε μια συμβατική άσκηση. (Yasuda, T. et al. Clinical Physiology and Functional Imaging, 2010)
Μια από τις βασικές επιδράσεις του BFR είναι η αύξηση της μυϊκής αναπτυξιακής απόκρισης. Τον μυϊκό ιστό υποχρεούται να παράγει περισσότερη δύναμη για την επίτευξη της ίδιας εργασίας, μεταλαμβάνοντας ένα υψηλότερο επίπεδο επιβάρυνσης. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι μηχανισμοί ανάπτυξης που ενεργοποιούνται από το BFR είναι παρόμοιοι με εκείνους που προκύπτουν από υψηλές επιβαρύνσεις. (Pearson, S.J. et al. Sports Medicine, 2015)
Πέραν αυτού, το BFR αποδείχθηκε αποτελεσματικό και στην προώθηση της μυϊκής ανάπτυξης. Οι μελέτες έχουν δείξει ότι η συνδυασμένη χρήση του BFR με χαμηλές επιβαρύνσεις μπορεί να προκαλέσει αυξημένη μυϊκή ανάπτυξη σε σχέση με την ανάπτυξη που επιτυγχάνεται με μεγαλύτερες επιβαρύνσεις χωρίς BFR. (Loenneke, J.P. et al. Clinical Physiology and Functional Imaging, 2012)

Εικόνα 3: Μυϊκή ανάπτυξη- Μυϊκή υπερτροφία



Παράλληλα, η μέθοδος BFR έχει εν δειχθεί ως πλέον αποτελεσματική και για την ανάκτηση μετά από τραυματισμούς και χειρουργικές επεμβάσεις. Σε παθολογικούς ασθενείς με ατροφία, η εφαρμογή του BFR μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση της μυϊκής μάζας και της λειτουργίας κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. (Abe, T. et al. Clinical Physiology and Functional Imaging, 2012)
Συνοψίζοντας, το BFR αντιπροσωπεύει μια καινοτόμο προσέγγιση που επιφέρει μεγάλη αναπτυξιακή ανταπόκριση στο μυϊκό σύστημα και προάγει τη μυϊκή ανάπτυξη, καθιστώντας το κρίσιμο εργαλείο στη φυσική απόδοση και αποκατάσταση. (Takarada, Y. et al. Journal of Physiology, 2000)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3.1. BFR

3.1.1 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ BFR ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τον περιορισμό της αιματικής ροής (BFR) είναι ζωτικής σημασίας για την ασφαλή και αποτελεσματική εφαρμογή της μεθόδου. Ο βασικός εξοπλισμός περιλαμβάνει μανσέτες, έναν πιεσομετρητή , αλλά και ενδεχομένως ειδικά ελαστικά λάστιχα.
Οι μανσέτες είναι κρίσιμες για την επιτυχή εφαρμογή του BFR. Τοποθετούνται στη βάση του άνω μέρους του μηρού ή του βραχίονα, ανάλογα με το σημείο της άσκησης, και εφαρμόζονται σε σχετικά χαμηλή πίεση, έτσι ώστε να περιορίζεται η αιματική ροή προς τον μυ. Είναι σημαντικό να είναι καλής ποιότητας και εφαρμογής, για να μειωθεί ο κίνδυνος τραυματισμού και να διατηρηθεί η ασφάλεια του ασθενούς. (Laurentino, G.C. et al. Frontiers in Physiology, 2018)
Ο πιεσομετριτής ρυθμίζει την πίεση των μανσετών και παρακολουθείται στενά κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Αυτό εξασφαλίζει ότι η πίεση παραμένει σε ασφαλή επίπεδα και δεν υπάρχει υπερβολική περιορισμένη αιματική ροή προς το μυ. Ο ελαστικός πιεσομετριτής είναι καίριος για τη σωστή εφαρμογή του BFR. (Loenneke, J.P. et al. Journal of Strength and Conditioning Research, 2012)
Επιπλέον, ενδεχομένως χρησιμοποιούνται και ειδικά ελαστικά λάστιχα για να δημιουργηθεί η απαιτούμενη πίεση κατά τη διάρκεια της άσκησης. Αυτά τα λάστιχα τοποθετούνται γύρω από τον μυ και συμπιέζονται κατά τη διάρκεια της συνεδρίας, δημιουργώντας έναν επιπλέον περιορισμό της αιματικής ροής. (Centner, C. et al. European Journal of Applied Physiology, 2021)
Ο εξοπλισμός του BFR είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου και την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Απαιτείται η σωστή επιλογή και τοποθέτηση των μανσετών, η συνεχής παρακολούθηση της πίεσης και η χρήση ειδικών ελαστικών λαστιχών, για να διασφαλιστεί η ασφαλής και αποτελεσματική εφαρμογή του BFR.
Υπάρχουν τέσσερα είδη περιχειρίδων (cuffs) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μέθοδο αυτή. Τα είδη αυτά είναι :

1.Ελαστικοί ιμάντες : Από τους απλούς και πιο συνηθισμένους τρόπους BFR ανάμεσα σε καθημερινούς ασκούμενους, καθώς αποτελούν μία οικονομική λύση. Όμως μεγάλο μειονέκτημα είναι η ασυνέπεια στο προπονητικό ερέθισμα ,λόγω διαφορετικής περίδεσης και άρα διαφορετικού περιορισμού αιματικής ροής.

2.Πρακτικές περιχειρίδες : Παρουσιάζουν ίδια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα με τους ελαστικούς ιμάντες (λίγο πιο ακριβό). Διαφοροποιούνται όμως ως προς την άνετη εφαρμογή τους καθώς είναι πιο βολικοί (προσοχή σε περιχειρίδες < 4 cm) και ως προς την καλύτερη αποτελεσματικότητα τους που έχει βρεθεί μετά από έρευνες.

3. Ειδικές περιχειρίδες με αέρα: Οι περιχειρίδες με προσαρμοσμένη πίεση, επιτρέπουν την ακριβή μέτρηση του περιορισμού της αιματικής ροής, προσφέρουν σταθερά και μετρήσιμα αποτελέσματα και είναι αρκετά ευέλικτες . Απαιτείται όμως συσκευή Doppler.

4.Ηλεκτρονικές περιχειρίδες : Αποτελεί το Gold Standard της προπόνησης με περιορισμό αιματικής ροής στην αποκατάσταση. Περιέχει ενσωματωμένο Doppler και αυτόματα προσαρμοσμένες πιέσεις , παρέχει τα πιο σταθερά αποτελέσματα από όλες τις άλλες μεθόδους όμως είναι πολύ ακριβότερο από τα προηγούμενα και υστερεί σε ευελιξία. Οι ιατρικές περιχειρίδες τείνουν να είναι οι καλύτερες για την προπόνηση των χεριών ενώ τα ελαστικά καλύμματα των γονάτων (knee wraps) και τα λάστιχα (exercise bands) είναι συνήθως η πιο βολική επιλογή για τα πόδια.

Εικονα 4: Ελαστικοί υμάντες.



Εικόνα 5: Smart nylon BFR cuffs – Περιχειρίδες αέρος



Εικόνα 6: Owens Recovery Science – Blood Flow Restriction Training Ηλεκτρονικές περιχειρίδες



Εικόνα 7: EDGE Restriction System BFR Cuffs



Εικόνα 8: Lifting Lab Flexible Arm Bands for Practical BFR. Πρακτικές περιχειρίδες



Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για το Blood Flow Restriction (BFR) συνδυάζεται με συγκεκριμένες τεχνικές εφαρμογής, οι οποίες σχεδιάζονται να προκαλέσουν την επιθυμητή περιορισμένη αιματική ροή προς τους μύες, προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητοί αναπτυξιακοί ανταγωνισμοί με ελάχιστο τραυματισμό. Οι βασικές τεχνικές εφαρμογής BFR περιλαμβάνουν:
Επιλογή του Κατάλληλου Εξοπλισμού: Επιλέγονται ελαστικές μανσέτες περιορισμού αιματικής ροής με την κατάλληλη πίεση. Ο εξοπλισμός πρέπει να είναι εφαρμοσμένος σωστά για να επιτευχθεί ο επιθυμητός περιορισμός της αιματικής ροής.
Εφαρμογή των Μανσετών: Οι μανσέτες τοποθετούνται γύρω από τον άνω μηρό ή τον βραχίονα, ανάλογα με την περιοχή που θα γίνει η άσκηση. Η πίεση που ασκείται από τις μανσέτες πρέπει να είναι επαρκής για τον περιορισμό της αιματικής ροής, αλλά όχι υπερβολική για να αποφευχθούν ενδεχόμενοι τραυματισμοί.
Εκτέλεση Χαμηλού Φορτίου: Κατά τη διάρκεια της άσκησης, χρησιμοποιείται χαμηλό φορτίο ή αντίσταση για την εκτέλεση των ασκήσεων. Η χρήση χαμηλού φορτίου σε συνδυασμό με τον περιορισμό της αιματικής ροής επιτρέπει την ανάπτυξη της δύναμης και της μυϊκής υπερτροφίας.
Ελεγχόμενη Διάρκεια: Οι ασκήσεις BFR πρέπει να εκτελούνται για συγκεκριμένη διάρκεια και αριθμό επαναλήψεων, με τις παύσεις και τα διαστήματα ανάπαυσης να είναι επίσης καθορισμένα.
Προοδευτική Αύξηση Φορτίου: Καθώς ο ασκούμενος προχωράει, το φορτίο μπορεί να αυξηθεί σταδιακά, λαμβάνοντας υπόψη την απόκριση του σώματος και την άνεση του ασκούμενου.
Αυτές οι τεχνικές εφαρμογής σε συνδυασμό με τη χρήση του εξοπλισμού BFR δημιουργούν ένα πλαίσιο που προάγει τη μυϊκή ανάπτυξη και την αύξηση της αντοχής με ελάχιστο τραυματισμό. (Loenneke, J.P. et al. Frontiers in Physiology, 2012).

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΑΝΣΕΤΩΝ ΒΑΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ.

Συνήθως οι στενές μανσέτες που χρησιμοποιούνται κατασκευάζονται από ελαστικό υλικό, ενώ οι φαρδύτερες μανσέτες είναι κατασκευασμένες από

νάιλον. Αυτή η διαφορά στο υλικό μπορεί να οδηγήσει σε διαφορές προς την ικανότητα περιορισμού της ροής του αίματος και μέρος αυτής της διαφοράς μπορεί να οφείλεται σε διαφορές στην αρχική πίεση. Η αρχική πίεση αντιπροσωπεύει την πίεση που εφαρμόζεται στο άκρο από τις ελαστικές μανσέτες πριν από το πραγματικό φούσκωμα.(Loenneke,Fahs,Rossow,Thiebaud, Mattocks, Abe , Bemben et al , 2013).
Η δυνατότητα ελέγχου της αρχικής πίεσης εμφανίζεται αποκλειστικά στην Kaatsu Master/Mini. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι οι αρχικές πιέσεις είναι διαφορετικές μεταξύ των συσκευών Kaatsu Master και των συσκευών Kaatsu Mini, με τις συσκευές Kaatsu Mini είναι περίπου μισή από εκείνη του Kaatsu Master. Αφού πρόσφατα δεδομένα υποδηλώνουν ότι οι στενές ελαστικές μανσέτες (5 cm) εφαρμόζονται σε αρχική πίεση 50 mmHg και διογκώνονται σε μια πίεση-στόχο ότι περιορίζουν τη ροή του αίματος σε ηρεμία και κατά τη διάρκεια της άσκησης με στενές νάιλον μανσέτες. Συνολικά φαίνεται ότι είναι ευεργετικές και έχει τυποποιηθεί η αρχική πίεση στα 50 mmHg με το Kaatsu Master και στα 25 mmHg με το Kaatsu mini, ώστε να επιτραπεί τις καλύτερες συγκρίσεις μεταξύ των μελετών που χρησιμοποιούν με μανσέτες από διαφορετικό υλικό.

Για παράδειγμα, μια πρόσφατη μελέτη (Jeremy P. Loenneke et al, 2013) ανέδειξε τη σημασία της αναφοράς του μεγέθους της μανσέτας, αφού κατέδειξε ότι φαρδιές (135 cm) νάιλον μανσέτες οδηγούν σε αρτηριακή απόφραξη σε πολύ χαμηλότερη πίεση από τις στενές ελαστικές (5 cm) μανσέτες. Επιπλέον, οι στενές ελαστικές μανσέτες ρυθμίζονται από το Kaatsu Master, το οποίο μπορεί να καθορίσει την αρχική πίεση (πίεση που εφαρμόζει η περιχειρίδα στο άκρο πριν από το φούσκωμα), και οι διαφορετικές αρχικές πιέσεις έχουν οδηγήσει σε διαφορετικές οξείες αποκρίσεις στο BFR (Karabulut et al., 2011). Ωστόσο, αν και είναι προφανές ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ σε ελαστικές στενές (5 cm) μανσέτες και νάιλον φαρδιές (135 cm) μανσέτες, προς το παρόν δεν είναι σαφές εάν υπάρχουν ή όχι διαφορές μεταξύ δύο μανσετών παρόμοιου μεγέθους (5 cm) αλλά διαφορετικού υλικού (νάιλον έναντι ελαστικού). Υποθέσαμε ότι παρόλο που οι δύο μανσέτες έχουν παρόμοιο μέγεθος, θα υπήρχαν σημαντικές διαφορές στην πίεση αρτηριακής απόφραξης μεταξύ των δύο, λόγω της αδυναμίας ρύθμισης της αρχικής πίεσης με τη στενή (5 cm) νάιλον μανσέτα. Για τη δοκιμή χρησιμοποιήθηκαν δύο μανσέτες παρόμοιου μεγέθους αλλά διαφορετικού υλικού για να δούμε αν οι διαφορές στο υλικό της μανσέτας θα είχαν ως αποτέλεσμα διαφορές στην αρτηριακή πίεση απόφραξης.
Ωστόσο μετά από έρευνα όπου συμμετείχαν δεκαεπτά ψυχαγωγικά δραστήριοι άνδρες και γυναίκες. Με τους συμμετέχοντες σε ύπτια θέση, με τυχαία σειρά, είτε με τις νάιλον είτε με τις ελαστικές μανσέτες όπου εφαρμόστηκαν στο πιο εγγύς τμήμα κάθε ποδιού. Ο σφυγμός στον αστράγαλο (αρτηριακή ροή αίματος) ανιχνεύθηκε με τη χρήση χειροκίνητου αμφίδρομου καθετήρα Doppler που τοποθετήθηκε στην οπίσθια κνημιαία αρτηρία. Το σημείο αυτό επιλέχθηκε επειδή η ροή του αίματος στη μηριαία αρτηρία είναι δύσκολο να μετρηθεί με μανσέτες. Τόσο τα ακουστικά όσο και τα οπτικά σήματα από τον καθετήρα Doppler έδειχναν εάν υπήρχε παλμός. Οι ελαστικές μανσέτες εφαρμόστηκαν με αρχική συμπίεση δύναμη 50 mmHg, ενώ οι νάιλον μανσέτες εφαρμόστηκαν σφιχτά γύρω από το άνω μέρος του

μηρού ωστόσο. Οι ελαστικές μανσέτες συνδέθηκαν σε ένα μηχάνημα διόγκωσης Kaatsu Master Cuff και οι νάιλον μανσέτες συνδέθηκαν σε ένα E 20 Rapid Cuff Inflator. Και οι δύο συσκευές ρυθμίζουν την πίεση της μανσέτας αυτόματα και οι πραγματικές πιέσεις της μανσέτας επιβεβαιώνονταν στο ψηφιακό παράθυρο των μηχανημάτων. Το ίδιο φούσκωμα χρησιμοποιήθηκε και για τους δύο τύπους περιχειρίδων. Εάν οι συμμετέχοντες εξακολουθούσαν να έχουν ανιχνεύσιμο σφυγμό στα 300 mmHg της μανσέτας πίεση, η πίεση αρτηριακής απόφραξης καταγράφηκε ως "300+mmHg".
Αντίθετα με την υπόθεσή μας, δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μανικιών όσον αφορά την ατομική πίεση αρτηριακής απόφραξης. Υποθέσαμε ότι θα υπήρχαν διαφορές μεταξύ των μανσέτων λόγω της αδυναμίας ρύθμισης της "αρχικής πίεσης" με την νάιλον μανσέτα. Η μελέτη αυτή υποδηλώνει ότι ο καθορισμός της αρχικής πίεσης μπορεί να μην είναι τόσο σημαντικός στις λιγότερο ελαστικές νάιλον μανσέτες. Επιπλέον, ο υπολογισμός του μεγέθους της επίδρασης για το μέγεθος της διαφοράς μεταξύ των μανικιών ήταν μικρός, γεγονός που υποδηλώνει ότι υπάρχει ελάχιστη διαφορά μεταξύ των δύο τύπων μανικιών σε σχέση με όσον αφορά την πίεση αρτηριακής απόφραξης. Το εύρημα αυτό επεκτείνει την ερμηνεία προηγούμενων μελετών, οι οποίες διαπίστωσαν σημαντικές διαφορές μεταξύ στενών (5 cm) ελαστικών και πλατιών (135 cm) νάιλον μανσέτες (Loenneke et al., 2012b- Rossow et al., 2012). Το αποτελέσματα αυτής της μελέτης υποδηλώνει ότι το πλάτος της μανσέτας, και όχι το υλικό της μανσέτας, έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στην αρτηριακή πίεση απόφραξης. Τα δεδομένα που εξαιρέθηκαν υποδηλώνουν παρόμοιες πιέσεις αρτηριακής απόφραξης μεταξύ των τύπων περιχειρίδων. Αν και είναι απίθανο να αποτελεί μεγάλο παράγοντα, το εύρημα ότι η αρτηριακή απόφραξη δεν είναι ακριβώς η ίδια μεταξύ των μανικετιών για κάθε γεγονός, υποδηλώνει ότι η ρύθμιση της "αρχικής πίεσης" πιθανότατα παίζει τουλάχιστον κάποιο ρόλο, καθώς δεν είναι δυνατόν να ποσοτικοποιηθεί η "αρχική πίεση" με τις νάιλον μανσέτες που ρυθμίζονται από την συσκευή Hokanson. Τέλος, σημειώνεται ότι αυτές οι μετρήσεις έγιναν μόνο σε κατάσταση ηρεμίας επομένως, δεν είναι σαφές εάν τα αποτελέσματα αφορούν τους συμμετέχοντες που εκτελούν άσκηση αντίστασης χαμηλής έντασης BFR. Συμπερασματικά, η πίεση αρτηριακής απόφραξης είναι παρόμοια μεταξύ των δύο μανσέτων παρόμοιου μεγέθους αλλά διαφορετικού υλικού. Αυτά τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι, είτε ελαστικές είτε νάιλον μανσέτες του ίδιου πλάτους θα πρέπει να προκαλούν παρόμοιους βαθμούς BFR στην ίδια πίεση κατά τη διάρκεια συνθηκών ηρεμίας.

Εικόνα 9: BFR κάτω άκρα με ιμάντες



Ακόμη μια μελέτη (Samuel L. Buckner et al,2016) που έγινε όπου ήταν για να εξετάσει την οξεία σκελετική μυϊκή και αντιληπτική αντίδραση με το περιορισμό της ροής του αίματος (BFR) μέχρι την αποτυχία μεταξύ στενών νάιλον και ελαστικών φουσκωτών μανικιών σε ηρεμία και κατά τη διάρκεια της άσκησης. Συμμετείχαν δεκαεπτά άνδρες και γυναίκες με προπόνηση αντίστασης (που εκτελούν τακτικά προπόνηση αντίστασης στο άνω μέρος του σώματος). Η πίεση απόφραξης ηρεμίας μετρήθηκε τόσο με νάιλον περιχειρίδα 5 cm όσο και με ελαστική περιχειρίδα 3 cm, με τυχαία σειρά. Μετά από 10 λεπτά καθιστής ανάπαυσης, ένα νάιλον (πλάτους 5 cm) ή ελαστική (πλάτους 3 cm) περιχειρίδα εφαρμόστηκε στο πιο εγγύς τμήμα του προηγουμένως καθορισμένου βραχίονα στο μόνιμο θέση. Η πίεση ρυθμίστηκε με το E20 Rapid Cuff Inflator για τα 5 cm νάιλον περιχειρίδα και τη συσκευή Kaastu Master Apparatus για την ελαστική περιχειρίδα των 3 cm. Ο σφυγμός μετρήθηκε κατά τη διάρκεια του φουσκώματος με τη χρήση φορητού αμφίδρομου καθετήρα Doppler MD6 που τοποθετήθηκε στην κερκιδική αρτηρία. Τόσο ο ακουστικός όσο και οπτικά σήματα από τον καθετήρα Doppler έδειχναν εάν ο σφυγμός ήταν παρών. Σε ηρεμία, η αρτηριακή πίεση απόφραξης ήταν μεγαλύτερη με την ελαστική περιχειρίδα σε σύγκριση με τη νάιλον μανσέτα.

Το αποτέλεσμα έδειξε ότι η πίεση αρτηριακής απόφραξης κατά την ηρεμία ήταν διαφορετικές μεταξύ των μανσετών παρόμοιου πλάτους αλλά διαφορετικού υλικού. Επιπλέον, η οξεία απόκριση πάχους μυών παρουσίασε μικρές διαφορές μεταξύ των τύπων περιχειρίδων. Εξετάζοντας την οξεία απόκριση στην άσκηση με την ίδια σχετική πίεση, τον αριθμό των επαναλήψεων στην κόπωση, τη μείωση της ροπής μετά την άσκηση και τα επίπεδα μυϊκής ενεργοποίησης δεν διαφέρουν. Οι μόνες διαφορές που βρέθηκαν ήταν, στη δυσφορία καθώς η ελαστική περιχειρίδα προκαλούσε μεγαλύτερη ενόχληση στα σετ 2, 3, και 4 σε σύγκριση με τη νάιλον μανσέτα. Ακόμη διαφορές στην πίεση αρτηριακής απόφραξης ηρεμίας, παρόμοιου μεγέθους μανσέτες, καταδεικνύουν τη σημασία της μέτρησης της αρτηριακής πίεσης απόφραξης πριν την εφαρμογή του. Για παράδειγμα, εάν σε κάθε περιχειρίδα εφαρμόστηκε πίεση 200 mmHg η πλειοψηφία των ατόμων στην τρέχουσα μελέτη που χρησιμοποίησαν το νάιλον, η περιχειρίδα θα ήταν πλήρως φραγμένη ενώ, η ελαστική μανσέτα θα λάμβανε, κατά μέσο όρο, ένα ερέθισμα περίπου 80% αρτηριακή απόφραξη. Ωστόσο, εκεί θα ήταν μεγάλη ατομική μεταβλητότητα στο ερέθισμα που εφαρμόστηκε. Αυτές οι διαφορές

στην αρτηριακή απόφραξη και πίεση είναι αντίθετές με τα ευρήματα των Loenneke et al. που δεν παρατήρησαν διαφορές στην αρτηριακή πίεση απόφραξης μεταξύ των τύπων μανσέτας (νάιλον έναντι ελαστικής) στο κάτω μέρος του σώματος. Δομικά, οι ατρακτωμένοι μύες, όπως ο δικέφαλος μυς, αυξάνουν τον όγκο των μυών κατά τη συστολή, η οποία μπορεί στη συνέχεια να επηρεάσει την εφαρμογή του ερεθίσματος. Επιπλέον, η προηγούμενη μελέτη του Loenneke et al. χρησιμοποίησε δύο μανσέτες που είχαν το ίδιο πλάτος. Αυτό είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη, καθώς μια μεγαλύτερη περιχειρίδα θα εμποδίζει τη ροή του αίματος σε χαμηλότερες περιοριστικές πιέσεις. Επιπλέον, κατά την άσκηση οι επαναλήψεις μέχρι την κούραση, ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο τύπων περιχειρίδων, υποδηλώνοντας παρόμοιο επίπεδο περιορισμού της ροής του αίματος μεταξύ των τύπων περιχειρίδας, παρά το διαφορετικό υλικό. Η ροπή μειώθηκε αμέσως μετά την άσκηση και επέστρεψε αργά προς την αρχική τιμή, αυτό πιθανότατα να οφείλεται σε κόπωση και όχι μυϊκή βλάβη, αφού οι επαναλήψεις μειώθηκαν κατά μήκος των σετ, ομοίως μεταξύ των τύπων μανσέτας, πιθανώς επηρεασμένα από την συσσώρευση μεταβολιτών και μειωμένη ροή του αίματος. Η οξεία αλλαγή στο πάχος των μυών (μυϊκή διόγκωση) ήταν παρόμοια μεταξύ των τύπων περιχειρίδας. Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μόνο 20 λεπτά μετά την άσκηση, όπως αυξήσεις στους μυς και ταυτόχρονη μείωση του όγκου του πλάσματος, που υποδηλώνει μετατόπιση του υγρού στο κύτταρό. Ακόμη το πάνω μέρος του σώματος έχει δείξει ότι με την εφαρμογή μιας φαρδιάς περιχειρίδας, έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάσει χαμηλότερη αρτηριακή πίεση απόφραξης σε σύγκριση με μια στενή μανσέτα. Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η αρτηριακή απόφραξη και η πίεση ήταν σημαντικά μεγαλύτερη κατά τη χρήση του ελαστικού μανσέτα σε αντίθεση με τη νάιλον μανσέτα. Έτσι, αν το ερέθισμα δεν έχει κατασκευαστεί σε σχέση με το άτομο και τον τύπο της περιχειρίδας που χρησιμοποιείται, η εφαρμογή του ερεθίσματος μπορεί να μην είναι αυτή που είναι προορίζονται.

Εικόνα 10 : BFR σε άνω άκρο.



3.1.2. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ.

Ο περιορισμός της αιματικής ροής αναδεικνύεται ως προηγμένη τεχνική στον τομέα της αθλητικής επιστήμης και της φυσικοθεραπείας. Χρησιμοποιώντας ειδικά ελαστικά μανικετόκροτα για να περιορίσουν τη ροή του αίματος προς τους μύες, η τεχνική αυτή επιφέρει ανατροφοδότηση των μεταβολικών συνθηκών στους μύες, με αποτέλεσμα να προωθεί την μυϊκή υπερτροφία και

την ανάπτυξη δύναμης. Οι επιδράσεις του BFR έχουν αναδειχθεί μέσα από εκτενείς ερευνητικές μελέτες, προσφέροντας αναλυτική εικόνα της προσαρμογής του οργανισμού σε αυτή την αναταραχή της φυσιολογίας.
Η πρωταρχική επίδραση της BFR βασίζεται στην ελαφρά αίσθηση ασφυξίας που προκαλείται από την περιορισμένη αιματική ροή. Αυτό δημιουργεί ένα περιβάλλον με υψηλή συγκέντρωση μεταβολιτών, όπως λακτικό οξύ και οιωνίνη, στους μύες. Η αντίδραση αυτή διεγείρει την παραγωγή νέων κυττάρων και μυϊκών ινών, ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη της μυϊκής μάζας.
Μια από τις προσαρμογές του οργανισμού στη BFR αφορά την αύξηση της σύνθεσης πρωτεϊνών. Έρευνες δείχνουν ότι η εφαρμογή της τεχνικής αυτής συνδυάζεται με αυξημένη σύνθεση μυϊκών πρωτεϊνών, οδηγώντας σε μεγαλύτερη ανάπτυξη των μυών. (Πηγή: Pearson, S.J., Hussain, S.R. A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. Sports Medicine, 2015)
Επίσης, η BFR επηρεάζει την παραγωγή αυξημένης ποσότητας αδενοσίνης τριφωσφορικής (ATP), η οποία είναι κρίσιμη για την παροχή ενέργειας στους μύες. Αυτό ενισχύει τη μυϊκή αντοχή και επιτρέπει στους αθλητές να διατηρήσουν υψηλά επίπεδα απόδοσης για περισσότερο χρόνο. (Πηγή: Loenneke, J.P. et al. Blood flow restriction: effects of cuff type on fatigue and perceptual responses to resistance exercise. Acta Physiologica Hungarica, 2010)
Μια πτυχή που προσθέτει ενδιαφέρον είναι η επίδραση της BFR στην αύξηση της απελευθέρωσης οξυντικού αζώτου. Οι μελέτες έχουν δείξει αύξηση της έκκρισης οξειδωτικού αζώτου κατά τη διάρκεια ασκήσεων με BFR, προωθώντας την αύξηση της μυϊκής ανάπτυξης. (Πηγή: Takada, S. et al. Effects of low-intensity, elastic band resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle activation. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2012)
Σε ό,τι αφορά τους παθολογικούς ασθενείς, η BFR αποτελεί ελπιδοφόρα θεραπευτική προσέγγιση. Μελέτες έχουν αναφέρει τη χρήση της BFR σε περιπτώσεις ατροφίας μυών λόγω τραυματισμών ή κινητικών περιορισμών. Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής φαίνεται να ενισχύει την αντοχή και τη δύναμη των μυών, βοηθώντας στην αποκατάσταση. (Πηγή: Centner, C. et al. The Acute Effects of Blood Flow Restriction on Muscle Function, Functional Mobility, and Quality of Life in Individuals with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Journal of Sports Science & Medicine, 2020)
Σε συνολική ανασκόπηση, η εφαρμογή της τεχνικής του BFR ανοίγει νέους δρόμους στον τομέα της αθλητικής επιδίωξης και της θεραπευτικής αποκατάστασης. Οι επιπτώσεις της BFR, όπως αποκαλύπτονται από τη βιβλιογραφία, περιλαμβάνουν αύξηση της μυϊκής μάζας, βελτίωση της αντοχής, αυξημένη σύνθεση πρωτεϊνών και ενίσχυση της αποκατάστασης σε παθολογικούς ασθενείς. Αυτό αποδεικνύει την εξαιρετική προοπτική και ευεργετική επίδραση αυτής της τεχνικής στον τομέα της φυσικής κατάστασης και της υγείας.

Επιπλέον, το BFR δείχνει ότι μπορεί να προσφέρει οφέλη ακόμα και κατά τη διάρκεια αποκατάστασης μετά από χειρουργικές επεμβάσεις. Μελέτες έχουν αναδείξει τον θετικό αντίκτυπο της τεχνικής αυτής στην ενίσχυση της μυϊκής δύναμης και την βελτίωση της λειτουργικής κινητικότητας μετά από

επεμβάσεις όπως αντικατάσταση του ισχίου και γόνατος. (Πηγή: Loenneke, J.P. et al. Blood Flow Restriction Rehabilitation for Musculoskeletal Injuries: A Systematic Review. Sports Medicine, 2015)
Πέρα από την επίδρασή της στη φυσική κατάσταση, η BFR μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση των ψυχολογικών πτυχών των αθλητών και ασθενών. Μελέτες υποδεικνύουν ότι η αίσθηση της περιορισμένης αιματικής ροής μπορεί να διαδραματίσει ρόλο στην αύξηση της συνείδησης και της αίσθησης ευημερίας, καθώς οι αθλητές βιώνουν μια πρόκληση που ξεπερνά τα συνηθισμένα όρια τους. (Πηγή: Parcell, A.C. et al. Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety. Frontiers in Physiology, 2019)
Ωστόσο, παρά τις ελπιδοφόρες επιδράσεις του BFR, πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες προειδοποιήσεις. Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής απαιτεί προσεκτική παρακολούθηση και εξειδικευμένη καθοδήγηση. Μελέτες προειδοποιούν για τον κίνδυνο υπερβολικής πίεσης στους μύες και τα αγγεία, ιδίως σε περιπτώσεις όπου η τεχνική δεν εφαρμόζεται σωστά. (Πηγή: Cook, S.B. et al. Functional Consequences of High-Intensity, Low-Load Work with Blood Flow Restriction: A Review. Muscles, Ligaments and Tendons Journal, 2012)
Συνοψίζοντας, η τεχνική της αρκησίας αίματος (BFR) παρουσιάζει μια σειρά επιδράσεων που επηρεάζουν τη μυϊκή ανάπτυξη, τη δύναμη και την αντοχή, είτε σε υγιή άτομα είτε σε ασθενείς με μυϊκές προβληματικές καταστάσεις. Οι προσαρμογές του οργανισμού στο BFR αποτυπώνονται στην αύξηση της μεταβολικής δραστηριότητας, τη σύνθεση πρωτεϊνών, την ενίσχυση της ανάπτυξης ινών και την ενίσχυση της αντοχής. Παράλληλα, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι προειδοποιήσεις σχετικά με την σωστή εφαρμογή της τεχνικής και την ανάγκη για προσεκτική παρακολούθηση, έτσι ώστε οι επιδράσεις της BFR να αξιοποιηθούν με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.

3.1.3. ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ

Η τεχνική της Αρκησίας της Αιματικής Ροής (Blood Flow Restriction - BFR) έχει ενθουσιασει τον τομέα της φυσικοθεραπείας και της αθλητικής εκγύμνασης ως μια καινοτόμος προσέγγιση για την ενίσχυση της μυϊκής υπερτροφίας και αύξησης της απόδοσης. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτής της τεχνικής δεν είναι απαλλαγμένη από πιθανές επιπλοκές και κινδύνους που πρέπει να αντιμετωπιστούν προσεκτικά προτού ενσωματωθεί στην πρακτική. Έρευνες έχουν ανιχνεύσει ορισμένες πιθανές επιπλοκές που σχετίζονται με τη χρήση του BFR. Είναι σημαντικό να γίνει ξεκάθαρο ότι πολλές από αυτές τις επιπλοκές είναι σχετικά σπάνιες και συνήθως συμβαίνουν όταν η τεχνική δεν εφαρμόζεται σωστά, υπερβολικά ή από άτομα με συγκεκριμένες προδιαγραφές. Ωστόσο, η αναγνώριση αυτών των πιθανών επιπλοκών είναι απαραίτητη προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφαλής και αποτελεσματική εφαρμογή της τεχνικής.
Μια από τις κύριες ανησυχίες αφορά την πιθανότητα εμφάνισης τραυματισμών από την ανεπαρκή τεχνική εφαρμογή του BFR. Όταν τα μανσέτες πίεσης δεν τοποθετούνται σωστά ή εφαρμόζονται υπερβολικές πιέσεις, μπορεί να προκληθούν τραυματισμοί στα αποφρακτικά αγγεία, στα

νεύρα ή στους μύες. Μια ενδεικτική μελέτη ανέφερε ότι υπερβολική πίεση μπορεί να οδηγήσει σε εξασθένιση των μυών και ενδεχομένως σε τραυματισμούς των αγγείων. (Πηγή: Loenneke, J.P. et al. Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. Clinical Physiology and Functional Imaging, 2012)
Επιπλέον, υπάρχει μια ανησυχία για τον κίνδυνο θρομβοεμβολικών επιπλοκών, ειδικά όταν οι μανσέτες πίεσης εφαρμόζονται σε υπερβολικά στενό βάθος ή για παρατεταμένα χρονικά διαστήματα. Μια πολύ πρόσφατη μελέτη ανέφερε την περίπτωση ενός ατόμου που ανέπτυξε θρόμβωση βάθους μερικών φλεβών μετά από παρατεταμένη χρήση του BFR. (Πηγή: Da Silva, et al. Blood flow restriction as a practical technique for deep vein thrombosis prevention after orthopedic surgery: a case report. The Journal of Vascular Access, 2021)
Επιπροσθέτως, η BFR μπορεί να επηρεάσει την καρδιαγγειακή λειτουργία, ειδικά σε άτομα με υποκείμενα προβλήματα. Μελέτες έχουν αναφέρει αυξημένη καρδιακή συχνότητα και αρτηριακή πίεση κατά τη διάρκεια και μετά την εφαρμογή της τεχνικής. (Πηγή: Neto, G.R. et al. Blood pressure and rate pressure product response in hypertensive subjects during leg press exercise with blood flow restriction. Clinical Physiology and Functional Imaging, 2014)
Τέλος, μια σημαντική προειδοποίηση αφορά την αποτελεσματική δοσολογία της πίεσης. Ορισμένες μελέτες έχουν υποδείξει ότι υπερβολικά υψηλή πίεση μπορεί να οδηγήσει σε περιορισμένη κατανομή του αίματος και μείωση της αποτελεσματικότητας της άσκησης. (Πηγή: Wernbom, M. et al. Low-intensity blood flow restricted exercise leads to muscle hypertrophy and strength gains. European Journal of Applied Physiology, 2012)
Συνολικά, ενώ το BFR υπόσχεται πολλά οφέλη, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι πιθανές επιπλοκές που μπορεί να προκύψουν. Η εφαρμογή της τεχνικής πρέπει να γίνεται με προσοχή και επιστημονική γνώση, και οι επαγγελματίες της υγείας πρέπει να είναι επαρκώς καταρτισμένοι για να αντιμετωπίσουν τις πιθανές επιπλοκές με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.

Φυσικά, πέρα από τις πιθανότητες που αναφέρθηκαν προηγουμένως, υπάρχουν και άλλες πιθανές επιπλοκές που μπορεί να προκύψουν από τη χρήση της τεχνικής της αρκησίας αίματος (BFR). Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτές οι επιπλοκές είναι συνήθως σπάνιες και εμφανίζονται κυρίως σε περιπτώσεις κακής χρήσης ή ανεπαρκούς εφαρμογής της τεχνικής.
Διαταραχές στην αίματος: Υπερβολική πίεση στους μύες μπορεί να δημιουργήσει μικρορρήξεις στους κυκλώνες των αιματοφόρων αγγείων, με αποτέλεσμα αιμορραγίες. (Πηγή: Blazevich, A.J. et al. Acute physiological and perceptual responses to blood flow-restricted exercise. European Journal of Applied Physiology, 2012)
Δυσφορία και αίσθημα πίεσης: Κατά τη διάρκεια της άσκησης με BFR, οι ασθενείς μπορεί να αισθανθούν δυσφορία, αίσθημα πίεσης ή και αλλοιώσεις στο δέρμα κάτω από τις μανσέτες. (Πηγή: Teixeira, E.L. et al. Acute effects of resistance exercise with blood flow restriction on hemodynamic responses. Clinical Physiology and Functional Imaging, 2013)
Μυϊκές κράμπες και κόπωση: Λόγω της περιορισμένης ανεφορίας του οξυγόνου και των θρεπτικών ουσιών προς τους μύες, μπορεί να προκληθούν κράμπες, κόπωση και αίσθημα αδυναμίας. (Πηγή: Sundberg, C.J. et al. Blood

flow-restricted intermittent exercise-induced hypoalgesia in young women. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2017)
Ανοσοποιητική απόκριση: Κάποιες έρευνες έχουν υποδείξει ότι το BFR μπορεί να επηρεάσει το ανοσοποιητικό σύστημα, αν και η συνολική επίδραση αυτού του φαινομένου δεν έχει διευκρινιστεί ακόμα πλήρως. (Πηγή: Teixeira, E.L. et al. Immune responses to resistance exercise with and without blood flow restriction. Acta Physiologica Hungarica, 2010)
Καρδιοαναπνευστική αντίδραση: Κατά τη διάρκεια της άσκησης με BFR, μπορεί να παρατηρηθεί αύξηση της καρδιακής συχνότητας και της αναπνοής. Αυτό μπορεί να επηρεάσει ατομικά με επικίνδυνες καρδιακές συνθήκες. (Πηγή: Botton, C.E. et al. Cardiovascular and Autonomic Responses to Blood Flow Restricted Resistance Exercise in Healthy Subjects. Clinical Physiology and Functional Imaging, 2019)
Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η παραπάνω βιβλιογραφία επισημαίνει πιθανές επιπλοκές, αλλά πολλές από αυτές εμφανίζονται σε περιπτώσεις κακής εφαρμογής ή από άτομα με ειδικές προδιαγραφές. Η σωστή κατάρτιση, επιτήρηση και προσαρμογή της τεχνικής μπορούν να μειώσουν σημαντικά τον κίνδυνο των πιθανών επιπλοκών.

3.1.4. ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Η εφαρμογή της τεχνικής του περιορισμού της αιματικής ροής (BFR) στην άσκηση αναμφίβολα προσφέρει ευεργετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης και της μυϊκής μάζας. Ωστόσο, η ασφαλής εφαρμογή της τεχνικής απαιτεί προσεκτική διερεύνηση των αντενδείξεων που μπορεί να παρουσιάσει σε συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες και υγειονομικές καταστάσεις.
Οι αντενδείξεις που σχετίζονται με τη χρήση της τεχνικής BFR καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα παραγόντων, από καρδιακές παθήσεις έως νευρολογικά προβλήματα. Έρευνες έχουν καταδείξει ότι άτομα με προηγούμενα καρδιακά προβλήματα, όπως καρδιακή ανεπάρκεια και αρρυθμίες, έχουν αυξημένο κίνδυνο επιδείνωσης της καρδιακής λειτουργίας με την εφαρμογή της τεχνικής BFR. Η αυξημένη καρδιακή φόρτιση που σχετίζεται με την άσκηση με περιορισμένη αιματική ροή μπορεί να αποτελέσει σοβαρό πρόβλημα για αυτές τις ομάδες. (Bleakley, C. et al. Sports Medicine, 2015)
Περαιτέρω, άτομα με αγγειακές παθήσεις, όπως φλεβίτιδες και θρόμβωση, ενδέχεται να αντιμετωπίσουν επιπλοκές με τη χρήση του BFR. Η πίεση που ασκείται από τις μανσέτες μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη αιμορραγία ή ακόμα και αλλοιώσεις στο αγγειακό σύστημα, επιδεινώνοντας την κατάσταση. (Loenneke, J.P. et al. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2012)
Επιπρόσθετα, άτομα που έχουν υποστεί πρόσφατα εμφραγματικά συμβάντα ή αντιμετωπίζουν υψηλό κίνδυνο για εμφράγματα θα πρέπει να αποφεύγουν την εφαρμογή της τεχνικής BFR. Οι επιπλοκές σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να είναι κρίσιμες και απειλητικές για την υγεία του ατόμου. (Yamanaka, T. et al. Journal of Applied Physiology, 2012)
Επιπλέον, η χρήση του BFR δεν συνίσταται για άτομα που λαμβάνουν φάρμακα που επηρεάζουν την αιμορραγική λειτουργία, όπως αντιπηκτικά φάρμακα. Η πίεση που ασκείται στα αγγεία μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο αιμορραγικών επιπλοκών. (Patterson, S.D. et al. Frontiers in Physiology, 2019)

Τέλος, άτομα με νευρολογικά προβλήματα, όπως νευρομυϊκές ασθένειες, πρέπει να είναι ιδιαιτέρως προσεκτικά με τη χρήση του BFR. Η πίεση που ασκείται στους νεύρους μπορεί να επιδεινώσει τις υπάρχουσες παθήσεις. (Centner, C. et al. Frontiers in Physiology, 2019)
Συνολικά, παρόλο που το BFR έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό για την αύξηση της μυϊκής δύναμης και μάζας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αντενδείξεις που μπορεί να παρουσιάσει. Η συμβουλή εξειδικευμένου επαγγελματία πριν από την εφαρμογή της τεχνικής αποτελεί τη βάση για την ασφαλή και αποτελεσματική χρήση του BFR στην άσκηση.

Η εφαρμογή της τεχνικής του περιορισμού της αιματικής ροής (Blood Flow Restriction - BFR) σε παθολογικούς ή μετεγχειρητικούς ασθενείς, οι οποίοι πιθανότατα έχουν ατροφία μυών, ανοίγει νέες προοπτικές για την αποκατάσταση και ανάπτυξη της μυικής μάζας και λειτουργίας. Παρά τις ελπιδοφόρες προοπτικές, όμως, η χρήση του BFR σε αυτούς τους ασθενείς πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, λαμβάνοντας υπόψη τις ειδικές ανάγκες και τους πιθανούς κινδύνους που συνδέονται με την υγεία τους.
Σε περιπτώσεις ατροφίας μυών λόγω παθολογικών καταστάσεων όπως μυοπάθειες, τραυματισμοί ή μετεγχειρητικά επεισόδια, οι μύες αδυνατούν να διατηρήσουν τη φυσιολογική τους μάζα και λειτουργία. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το BFR εμφανίζεται ως μια ελπιδοφόρα προσέγγιση για την αύξηση της μυϊκής μάζας και ισχύος, προσφέροντας συγχρόνως τη δυνατότητα αποφυγής υπερβολικών φορτίων που μπορεί να είναι επιβλαβή για αυτούς τους ασθενείς.
Ο μηχανισμός δράσης του BFR σε αυτές τις περιπτώσεις επικεντρώνεται στην αύξηση της ανασταλτικής πίεσης στους μύες κατά τη διάρκεια της άσκησης. Η χρήση μανσετών περιορίζει τη ροή του αίματος προς τους μύες, δημιουργώντας έτσι ένα ανασταλτικό περιβάλλον που ενισχύει την προσαρμογή των μυών σε χαμηλότερες φορτίσεις. Αυτό επιτρέπει στους ασθενείς να επωφεληθούν από την άσκηση με χαμηλότερη ένταση, μειώνοντας τον κίνδυνο τραυματισμών. (Laurentino, G.C. et al. Clinics, 2018)
Παρά την ελπιδοφόρα αυτή προοπτική, πρέπει να είμαστε προσεκτικοί στη χρήση του BFR σε ασθενείς με ατροφία μυών. Σημαντικός παράγοντας είναι η αξιολόγηση της βαθμού της ατροφίας, της υγείας των αγγείων και του καρδιαγγειακού συστήματος των ασθενών πριν από την έναρξη της τεχνικής. Σημαντικό ρόλο παίζει και η προσαρμογή της έντασης της άσκησης στην κατάσταση του ασθενούς. (Scott, B.R. et al. Sports Medicine, 2015)
Παρά την υποστηρικτική βιβλιογραφία, πρέπει να τονίσουμε ότι η χρήση του BFR σε παθολογικούς ή μετεγχειρητικούς ασθενείς με ατροφία μυών απαιτεί επαγγελματική επίβλεψη και αξιολόγηση. Η εξατομικευμένη προσέγγιση, σε συνδυασμό με την παρακολούθηση της ανταπόκρισης του ασθενούς, είναι απαραίτητη για την ασφαλή και αποτελεσματική εφαρμογή του BFR σε αυτές τις περιπτώσεις.

3.1.5.ΡΥΘΜΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΙΣΧΙΟΥ ΚΑΙ ΓΟΝΑΤΟΣ

Η εφαρμογή της τεχνικής περιορισμού αιματικής ροής (BFR) σε ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε εγχείρηση ισχίου ή γόνατος ανοίγει νέες προοπτικές για την επιτάχυνση της αποκατάστασης και τη βελτίωση της μυϊκής λειτουργίας. Η εν λόγω τεχνική έχει μελετηθεί σε πολλές ερευνητικές εργασίες για το πώς επηρεάζει τον ρυθμό αποκατάστασης και την αύξηση της μυϊκής μάζας μετά από τέτοιες επεμβάσεις.
Καταρχάς, η εφαρμογή του BFR μετά από εγχείρηση ισχίου ή γόνατος μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της απώλειας μυϊκής μάζας και δύναμης που συνήθως συμβαίνει κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Η περιορισμένη κίνηση λόγω της επέμβασης μπορεί να οδηγήσει σε μυϊκή ατροφία. Ο ρυθμός αποκατάστασης μπορεί να επιβραδυνθεί, ειδικά σε περιπτώσεις που οι ασθενείς δεν μπορούν να φορτώσουν τους μύες με κανονικά φορτία.
Ο μηχανισμός δράσης του BFR είναι σημαντικός σε αυτήν την περίπτωση. Η εφαρμογή μανσετών σε υψηλότερη πίεση γύρω από τον μυ κατά τη διάρκεια ασκήσεων με χαμηλό φορτίο βοηθά στην αύξηση της μυϊκής ακατέργαστης απόκρισης στην άσκηση. Αυτό σημαίνει ότι οι μύες μπορούν να επωφεληθούν από την άσκηση με χαμηλότερα φορτία, ενώ ταυτόχρονα επιταχύνεται η ανάκτηση και η αύξηση της μυϊκής μάζας. (Patterson, S.D. et al. Frontiers in Physiology, 2019)
Μια μελέτη που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό "Physical Therapy in Sport" εξέτασε τη χρήση του BFR μετά από χειρουργική επέμβαση γονάτου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ασθενείς που χρησιμοποίησαν το BFR κατά τη διάρκεια της αποκατάστασής τους εμφάνισαν βελτιωμένη μυϊκή δύναμη, λειτουργία και αντοχή σε σύγκριση με αυτούς που δεν χρησιμοποίησαν το BFR. (Jessee, M.B. et al. Physical Therapy in Sport, 2016)
Ενώ τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η χρήση του BFR μετά από εγχείρηση ισχίου ή γόνατος πρέπει να γίνεται υπό επαγγελματική επίβλεψη και με εξειδικευμένη προσαρμογή στις ανάγκες του κάθε ατόμου. (Hughes, L. et al. Physical Therapy Reviews, 2018) Η παρακολούθηση της ανταπόκρισης του ασθενούς και η εξατομικευμένη προσέγγιση είναι απαραίτητες για την ασφαλή και αποτελεσματική εφαρμογή του BFR σε αυτές τις περιπτώσεις.

Εικόνα 11: BFR στα κάτω άκρα.



3.2: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ
3.2.1: ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΟΡΡΙΦΘΗΚΑΝ

Όλα τα άρθρα που αναζητήθηκαν ήταν στην αγγλική γλώσσα. Από την αναζήτηση στο PubMed βρέθηκαν οι περισσότερες μελέτες, όπου έγινε προσεκτικός έλεγχος των τίτλων και των περιλήψεων για εξακρίβωση της συσχέτισης με το θέμα ανασκόπησης. Μελετήθηκαν προσεκτικά τα πλήρη κείμενα της κάθε έρευνας που επιλέχθηκαν, με σκοπό να γίνει σαφής διάκριση για το ποιες έρευνες πληρούν τα κριτήρια εισαγωγής.

Από τις 20 έρευνες που βρέθηκαν απορρίφθηκαν οι έρευνες που ήταν με συστηματική ανασκόπηση πολλών μελετών αφού εμείς θέλαμε μελέτες που να μας δίνουν το αποτέλεσμα ενός θέματος μέσω κάποιων συμμετεχόντων που καλύπταν τις πληροφορίες που επιθυμούσαμε. Από τις έρευνες αυτές οι 8 πληρούσαν όλες τα κριτήρια όπου οι 7 έρευνες που επιλέχθηκαν αναλύθηκαν πιο πάνω.

3.2.2. ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΠΛΗΡΟΥΣΑΝ ΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ-BFR ΣΕ ΥΓΙΕΙΣ ΑΤΟΜΑ

ΕΡΕΥΝΑ No 1 :
Η διαλειμματική προπόνηση τρεξίματος σε συνδυασμό με περιορισμό της ροής του αίματος αυξάνει τη μέγιστη απόδοση τρεξίματος και τη μυϊκή φυσική κατάσταση στους άνδρες δρομείς.
Ο σκοπός αυτής της μελέτης (Chen YT, Hsieh YY, Ho JY, Ho CC, Lin TY, Lin JC. Running interval training combined with blood flow restriction increases maximal running performance and muscular fitness in male runners, 2022) ήταν να διερευνήσει τα αποτελέσματα οχτώ εβδομάδων RIT-BFR στο RPmax, την ισοκινητική (180°/s) μυϊκή δύναμη και την απόδοση αντοχής σε άνδρες δρομείς, προσπάθησε να δείξει τον αντίκτυπο του διαλειμματικού τρεξίματος σε συνδυασμό με τον περιορισμό της ροής του αίματος στο RPmax. Με συμμετέχοντες 20 άνδρες δρομείς σε ηλικία 19-15 οι οποίοι ήταν σε φάση εκτός σεζόν τους και είχαν 3 χρόνια εμπειρίας καρδιοπνευμονικής προπόνησης αντοχής. Όλα τα άτομα έλαβαν 24 εκπαιδευτικές συνεδρίες σε 8 εβδομάδες, κάθε προπόνηση διεξήχθη μεταξύ 08:00 και 14:00 κάθε προπονητικής ημέρας με διαφορά τουλάχιστον 48 ωρών. Η μυϊκή ικανότητα και το RPmax μετρήθηκαν πριν, στη μέση και μετά την προπόνηση. Στη συνέχεια, τα άτομα πραγματοποίησαν μια δοκιμή RPmax. Μετά από 24 ώρες ανάπαυσης, μετά τη δοκιμή RPmax, τα άτομα πραγματοποίησαν δοκιμασίες ισοκινητικής μυϊκής δύναμης και μυϊκής αντοχής. Την ημέρα κάθε προπόνησης, όλα τα άτομα εκτελούσαν 5 σετ των 3 λεπτών τρέξιμο με 50% HRR σε διάδρομο, με ένα διάστημα ανάπαυσης 1 λεπτού. Τα άτομα στην ομάδα RIT-BFR πραγματοποίησαν το RIT με φουσκωτές μανσέτες σε κάθε μηρό, ενώ τα άτομα στην ομάδα RIT πραγματοποίησαν την ίδια RIT χωρίς φουσκωτές μανσέτες. Ακόμη Τα άτομα πραγματοποίησαν μια σταδιακή δοκιμασία άσκησης σε διάδρομο, σε βουλητική εξάντληση για προσδιορισμό του V˙O2max, RPmax και HRmax. Τα εκπνεόμενα αναπνευστικά αέρια συλλέχθηκαν και μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας ένα σύστημα αναπνοής με αναπνοή ενώ πραγματοποίησαν και δοκιμασίες ισοκινητικής μυϊκής δύναμης και μυϊκής αντοχής χρησιμοποιώντας το δυναμόμετρο biotex. Η μελέτη είχε

ως αποτέλεσμα το RIT-BFR να αύξησει το HR και το RPE κατά τη διάρκεια και των 24 προπονήσεων.

Εικόνα 12: Αερόβια άσκηση με BFR



Η ταχύτητα τρεξίματος δεν διέφερε μεταξύ των ομάδων RIT-BFR και RIT. Το HR ήταν σημαντικά υψηλότερο στην ομάδα RIT-BFR από ό,τι στην ομάδα RIT. Ομοίως, το RPE ήταν σημαντικά υψηλότερο (65,6%) στην ομάδα RIT-BFR από ό,τι στην ομάδα RIT. Επιπρόσθετα στα δεδομένα της ισοτονητικής δύναμης παρατηρήθηκε μια αλληλεπίδραση για την κανονικοποιημένη ισοκινητική δύναμη έκταση γόνατος και καμπτήρα. Οι αναλύσεις εκ των υστέρων αποκάλυψαν ότι η ισοκινητική δύναμη εκτατών και καμπτήρα γόνατος μετά την προπόνηση ήταν σημαντικά υψηλότερη από τις τιμές ισοκινητικής δύναμης εκτατών και καμπτήρα γόνατος πριν από την προπόνηση στην ομάδα RIT-BFR. Επιπρόσθετες αναλύσεις έδειξαν ότι η κανονικοποιημένη ισοκινητική δύναμη εκτατών γόνατος και η δύναμη του καμπτήρα ήταν σημαντικά υψηλότερη στην ομάδα RIT-BFR από την ομάδα RIT μετά από 8 εβδομάδες προπόνησης. Έπιπλέον μετά την προπόνηση η ισοκινητική αντοχή εκτατών γόνατος εφερέ τα ίδια αποτελέσματα με την ισοκινητική δύναμη στους άνδρες δρομείς. Εν κατακλείδι έχουμε το συμπέρασμα ότι σε 8 εβδομάδες η ομάδα RIT-BFR αύξησαν τη μέγιστη απόδοση τρεξίματος, τη δύναμη του τετρακέφαλου και του οπίσθιου μηριαίου και την απόδοση αντοχής στον τετρακέφαλο, καθώς και διατήρησαν την ισορροπία της δύναμης των μηρών στους άνδρες δρομείς. Οπότε αυτή η ειδική στρατηγική προπόνησης μπορεί να αποφέρει εξαιρετικά προπονητικά οφέλη στους αθλητές αντοχής.

Εικόνα 13: Μέγιστη απόδοση τρεξίματος, μυϊκή δύναμη και η αντοχή που αλλάζουν μεταξύ των ομάδων RIT-BFR και RIT.

Table 3

Maximal running performance, muscle strength and endurance changes between RIT-BFR and RIT groups.

	Pre-training	Mid-training	Post-training
Maximal running performance (km/h)			
RIT-BFR	13.52 ± 1.85	13.82 ± 1.73	15.15 ± 1.08
RIT	13.00 ± 1.56	13.00 ± 1.56	13.59 ± 1.43
Muscle strength 180°/s (Nm/kg)			
Extensor			
RIT-BFR	1.61 ± 0.20	1.77 ± 0.26	1.88 ± 0.24
RIT	1.67 ± 0.25	1.71 ± 0.24	1.67 ± 0.22
Flexor			
RIT-BFR	1.17 ± 0.24	1.28 ± 0.24	1.39 ± 0.21
RIT	1.32 ± 0.21	1.34 ± 0.17	1.34 ± 0.20
H/Q ratio			
RIT-BFR	0.73 ± 0.12	0.74 ± 0.18	0.75 ± 0.14
RIT	0.81 ± 0.20	0.80 ± 0.19	0.82 ± 0.20
Muscle endurance (J/kg)			
Extensor			
RIT-BFR	73.37 ± 10.82	74.71 ± 14.50	79.87 ± 11.65
RIT	80.44 ± 9.51	80.09 ± 9.09	78.82 ± 7.12
Flexor			
RIT-BFR	57.64 ± 8.91	59.48 ± 10.75	62.87 ± 12.29
RIT	60.27 ± 9.37	62.05 ± 7.03	64.60 ± 8.58
Fatigue index (%)			
Extensor			
RIT-BFR	37.43 ± 10.18	44.81 ± 10.57	43.62 ± 8.55
RIT	50.72 ± 8.68	52.07 ± 10.76	52.43 ± 8.09
Flexor			
RIT-BFR	39.07 ± 9.51	43.82 ± 13.82	44.17 ± 9.16
RIT	35.11 ± 9.65	41.89 ± 11.10	44.14 ± 8.34

Έρευνα Νο2 :

Οι επιδράσεις της συμπληρωματικής προπόνησης περιορισμού της ροής αίματος χαμηλού φορτίου σε μορφολογικές προσαρμογές και προσαρμογές βάσει απόδοσης σε αθλητές ομαδικών αθλημάτων.

Στόχος της παρούσας μελέτης (BRENDAN R. SCOTT et al,2017)ήταν να εξετάσει την συμπληρωματική προπόνηση BFR χαμηλού φορτίου στη μυϊκή δύναμη, την αντοχή και την αρχιτεκτονική σε προπονημένους αθλητές. Επιπλέον αξιολόγησε κατά πόσον αυτές οι προσαρμοστικές αποκρίσεις στην προπόνηση BFR θα μπορούσαν να ενισχύσουν αποτελέσματα σε φυσικές δοκιμασίες που σχετίζονται με την απόδοση σε ομαδικά αθλήματα. Οι συμμετέχοντες ήταν 21 άνδρες ημιεπαγγελματίες ποδοσφαιριστές οι οποίοι προπονούνταν μαζί στην ίδια ομάδα. . Τα άτομα έλαβαν οδηγίες να απέχουν από έντονη δραστηριότητα εκτός της προπόνησης της ομάδας τους για 24 ώρες πριν από κάθε δοκιμασία και προπόνηση και ενθαρρύνθηκαν να διατηρήσουν την κανονική διατροφή και τα υγρά τους. Κατά την έναρξη της μελέτης, οι αθλητές εξετάστηκαν στην βασική αρχιτεκτονική των μυών μέσω υπερηχογραφίας. Δύο ημέρες αργότερα, ολοκλήρωσαν μέγιστη επανάληψη 3 επαναλήψεων (3RM) και δοκιμές μυϊκής αντοχής για το οπίσθιο κάθισμα. Δύο ημέρες αργότερα και πάλι, τα άτομα αξιολογήθηκαν για CMJ και σπριντ απόδοση. Μετά τις βασικές δοκιμές, οι συμμετέχοντες ανατέθηκαν είτε σε μια ομάδα προπόνησης χαμηλού φορτίου χωρίς περιορισμούς (LL), είτε σε μια ομάδα προπόνησης χαμηλού φορτίου BFR (LLBFR) μετά από ένα σχέδιο αντιστοιχισμένων ζευγαριών. Τα άτομα αυτά στη συνέχεια υποβλήθηκαν σε ένα προπονητικό μπλοκ 5 εβδομάδων κατά τη διάρκεια του οποίου εκτελούσαν το κανονικό πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις, όπως όριζε ο προπονητής τους. Μέσα από συμπληρωματική άσκηση χαμηλής φόρτισης σε κάθισμα όπου εκτελούνταν 3 φορές την εβδομάδα είτε με είτε χωρίς BFR αμέσως μετά τις κανονικές προπονήσεις με αντιστάσεις, εκτός από την εβδομάδα 5 για συνολικά 14 συνεδρίες. Η προπόνηση ποδοσφαίρου χαρακτηριζόταν από τακτική, τεχνική και αγώνα με ασκήσεις προσομοίωσης αγώνα που περιλάμβαναν τρέξιμο, σπριντ, αλλαγή κατεύθυνσης, άλματα, συγκρούσεις και κλωτσιές. Μέσα σε 4 ημέρες μετά την περίοδο προπόνησης 5 εβδομάδων, τα άτομα αξιολογήθηκαν και πάλι για να ελεγχθεί η ερευνητική υπόθεση ότι το LLBFR θα παρείχε ένα πιο αποτελεσματικό συμπληρωματικό προπονητικό ερέθισμα από το LL. Αυτή η προπονητική περίοδος έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της φάσης προετοιμασίας του ετήσιου προγράμματος των αθλητών. Για κάθε συμμετέχοντα καταγράφτηκαν δύο εικόνες στο οβελιαίο επίπεδο της δομής των μυών μέσω υπερηχογραφήματος. Ακόμη οι αθλητές αξιολογήθηκαν για την μυϊκή δύναμη και αντοχή χρησιμοποιώντας το back squat. Με αυτόν τον τρόπο, η απόδοση στο κάθισμα εξατομικεύτηκε για να εξαλειφθεί η επίδραση των ανατομικών διαφορών μεταξύ των αθλητών (π.χ. μηριαίο οστό μήκος και εύρος ραχιαίας κάμψης του αστραγάλου) στην

απόδοση κατάληψης. Το 3RM ορίστηκε ως το βαρύτερο ολοκληρωμένο σετ 3 επαναλήψεων και προσδιορίστηκε εντός 3-6 σετ. Μετά από 10 λεπτά ανάπαυσης, οι εξεταζόμενοι υποβλήθηκαν σε δοκιμασία μυϊκής αντοχής για την άσκηση squat. Αυτό απαιτούσε να εκτελέσουν όσο το δυνατόν περισσότερες επαναλήψεις χρησιμοποιώντας το 40% του προβλεπόμενου φορτίου 1RM στο ίδιο βάθος κατάληψης που χρησιμοποιήθηκε κατά την αξιολόγηση 3RM. Η δοκιμασία σταμάτησε όταν οι δοκιμαζόμενοι είτε έφταναν σε ηθελημένη εξάντληση είτε δεν μπορούσαν να ολοκληρώσουν άλλη επανάληψη με σωστή τεχνική. Για την αξιολόγησή άλματος με αντίθετη κίνηση, μετά από προθέρμανση οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν 2 δοκιμασίες του CMJ όπου είχαν οδηγίες να πηδήξουν όσο πιο ψηλά μπορούσαν για να εκτιμηθεί το ύψος μέσω ενός γραμμικού μετατροπέα θέσης. Για τον προσδιορισμό της επιτάχυνσης και της μέγιστης ταχύτητας σπριντ, τα άτομα ολοκλήρωσαν μια δοκιμασία 40m σπριντ όπου μετρήθηκε ο χρόνος. Επιπρόσθετά υπήρχε η συμπληρωματική άσκηση αντίστασης φορτίου όπου οι αθλητές ολοκλήρωσαν τη συμπληρωματική άσκηση χαμηλού φορτίου υπό τις συνθήκες αμέσως μετά την κανονική τους άσκηση αντίστασης προπονήσεις αντίστασης. Τέλος έγιναν στατικές αναλύσεις με όλα τα δεδομένα, όπου με αυτή την ανάλυση αξιολογήθηκε κατά πόσο το BFR θα μπορούσε να ενισχύσει τις προπονητικές προσαρμογές για μετρήσεις της αρχιτεκτονικής των μυών, της δύναμης κατά το κάθισμα, την αντοχή, την απόδοση στο σπριντ και τα άλματα, όπου παρατηρήθηκε σημαντική κύρια επίδραση, υπολογίστηκε η ελάχιστη σημαντική διαφορά του Fisher για να εκτιμηθεί πού υπήρχαν οι διαφορές. Αυτή η μελέτη είναι η πρώτη που εφαρμόζει την πρακτική άσκηση BFR ως ένα συμπληρωματικό προπονητικό ερέθισμα. Παρόλο που η προπόνηση υψηλού φορτίου σε συνδυασμό με την άσκηση χαμηλού φορτίου αύξησε τη μυϊκή δύναμη και αντοχή, η προσθήκη BFR κατά τη διάρκεια της συμπληρωματικής άσκησης δεν ενίσχυσε αυτές τις αποκρίσεις. Επιπλέον, η προπόνηση αντίστασης δεν μεταβάλλει τη μυϊκή αρχιτεκτονική ή βελτιώνει την απόδοση κατά τη διάρκεια δοκιμασίες σπριντ και άλματος. Τα ευρήματα αυτά μπορεί να σχετίζονται με ανασταλτικές επιδράσεις της ταυτόχρονης προπόνησης αντοχής σε υπερτροφικές διεργασίες και υποδηλώνουν ότι η χρονική στιγμή της BFR προπόνησης μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη για τους αθλητές. Σημαντικές αυξήσεις στη δύναμη παρατηρήθηκαν σε και στις δύο ομάδες σε αυτή τη μελέτη με απουσία μορφολογικών και μεταβολές στον πλευρικό μυϊκό ιστό. Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι οι αυξήσεις της δύναμης συνέβησαν μέσω νευρικών, παρά μέσω υπερτροφικών διαδικασιών. Είναι επίσης πιθανό ότι κατά τη διάρκεια κατά τη διάρκεια της προπονητικής περιόδου, οι συμμετέχοντες αύξησαν την τεχνική επάρκεια στο μοτίβο της κίνησης του squat, αν και αυτό είναι απίθανο να είχε σημαντική επιρροή στην αύξηση της δύναμης, λαμβάνοντας υπόψη την προπονητική κατάσταση όλων των συμμετεχόντων. Με βάση αυτά τα ευρήματα, είναι πιθανό το κανονικό πρόγραμμα προπόνησης που καθορίστηκε στους αθλητές

αυτής της μελέτης να ήταν επαρκές για να προκαλέσει τη μέγιστη ανάπτυξη δύναμης και ότι η προσθήκη της άσκησης BFR χαμηλού φορτίου δεν πρόσθεσε περαιτέρω ευεργετικά ερεθίσματα. Αυτό θα αποτελούσε μια σημαντική διάκριση μεταξύ καλά προπονημένων αθλητών σε σύγκριση με τους αθλητές που δραστηριοποιούνται στην αναψυχή συμμετέχοντες κατά την αξιολόγηση της χρησιμότητας της προπόνησης BFR. Δεδομένου ότι τα αυξημένα επίπεδα δύναμης που προκαλούνται από την προπόνηση BFR χαμηλού φορτίου, θεωρείται ότι η BFR δεν αύξησε κατά πολύ την μυϊκή αντοχή. Με τη χρήση ελαστικών ιμάντων για την πρακτική BFR, δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστεί η περιοριστική πίεση που εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Παρ' όλα αυτά, η εφαρμογή πρακτικής BFR με παρόμοια μεθοδολογία έχει αποδειχθεί ότι διατηρεί την αρτηριακή εισροή ενώ αποκλείει τη φλεβική επιστροφή και ενισχύει τις αναβολικές αποκρίσεις, συμπεριλαμβανομένου του μεταβολικού στρες, μυϊκή διόγκωση και μυϊκή ενεργοποίηση.

Εικόνα 14: Οι βαθμολογίες τριών επαναλήψεων μέγιστης δύναμης καθισμάτων και ο αριθμός των επαναλήψεων μέχρι την κούραση με το 40% της μέγιστης δύναμης πριν και μετά από 5 βδομάδες προπόνησης αντιστάσεων με ή χωρίς περιορισμό αιματικής ροής.

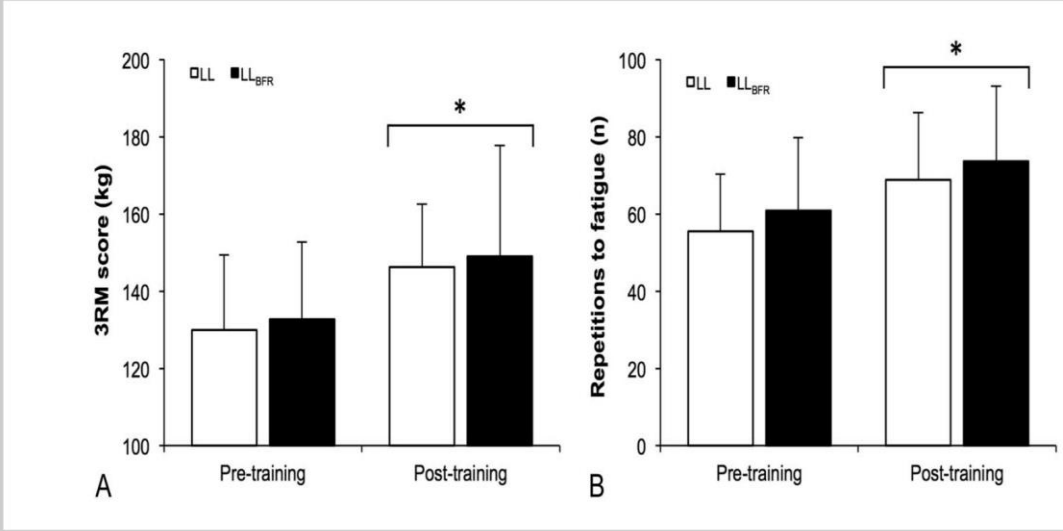


Figure 2. Squat 3-repetition maximum (3RM) scores (A) and the number of repetitions to fatigue using 40% of predicted 1RM (B) before and after 5 weeks of resistance training with or without blood flow restriction. *Statistically different to pretraining scores.

Εικόνα 15: Αποτελέσματα αξιολόγησης αρχιτεκτονικής μυών, άλματος αντίστροφης κίνησης και sprint πριν και μετά την προπόνηση.

Table 3. Muscle architecture, countermovement jump, and sprinting assessment results before and after the training intervention.*†

	Control training		BFR training	
	Pretraining	Post-training	Pretraining	Post-training
Muscle architecture				
VL MT (cm)	3.19 ± 0.66	3.20 ± 0.73	2.88 ± 0.69	3.00 ± 0.77
VL θ_p (°)	17.26 ± 2.80	17.80 ± 2.43	17.27 ± 4.34	17.42 ± 2.94
CMJ performance				
Jump height (m)	0.51 ± 0.03	0.51 ± 0.03	0.51 ± 0.07	0.51 ± 0.09
Sprint performance m (s)				
0–10	1.73 ± 0.07	1.77 ± 0.07	1.74 ± 0.07	1.78 ± 0.04‡
0–20	3.00 ± 0.13	3.02 ± 0.11	3.01 ± 0.09	3.04 ± 0.07
0–40	5.38 ± 0.24	5.38 ± 0.19	5.37 ± 0.15	5.41 ± 0.12
20–40	2.37 ± 0.12	2.35 ± 0.10	2.37 ± 0.07	2.37 ± 0.06

*BFR = blood flow restriction; VL = vastus lateralis; MT = muscle thickness; θ_p = pennation angle.
†Data are mean ± *SD*.
‡Significantly different to pretraining.

ΕΡΕΥΝΑ No3:

Προπόνηση αντίστασης περιορισμένης ροής αίματος σε ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας με κίνδυνο περιορισμών κινητικότητας.

Ο σκοπός της μελέτης αυτής ήταν να συγκρίνει τα αποτελέσματα 12 εβδομάδων προπόνησης χωρίς περιορισμό της αιματικής ροής (HL) και με περιορισμό της αιματικής ροής (BFR) στη δύναμη των κάτω άκρων, την υπερτροφία, τη φυσική λειτουργία και την ποιότητα ζωής σε ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας που διέτρεχαν κίνδυνο περιορισμών κινητικότητας λόγω μυϊκής αδυναμίας. Υποτέθηκε ότι τα προγράμματα προπόνησης HL και BFR θα βελτιώσουν τη μυϊκή δύναμη, την περιοχή διατομής (CSA) του τετρακέφαλου, την ταχύτητα βάδισης, τη μπαταρία μικρής φυσικής απόδοσης (SPPB) και την ποιότητα ζωής εξίσου και σε μεγαλύτερο βαθμό από ένα πρόγραμμα ελέγχου.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν μέσω τριάντα έξι ανδρών και γυναικών (μεγαλύτεροι των 65 ετών) οι οποίοι κατανεμήθηκαν τυχαία σε HL (70% μέγιστο από μία επανάληψη 1RM) ή άσκηση BFR χαμηλού φορτίου (30% 1RM σε συνδυασμό με αγγειακό περιορισμό) για τους εκτατές και τους καμπτήρες γόνατος δύο φορές την εβδομάδα για 12 εβδομάδες. Μια ομάδα ελέγχου (CON) πραγματοποίησε ελαφριά προπόνηση αντίστασης και ευελιξίας στο πάνω μέρος του σώματος. Η μυϊκή δύναμη, η CSA του τετρακέφαλου, η ταχύτητα βάδισης 400 μέτρων, η μπαταρία σύντομης φυσικής απόδοσης (SPPB) και η ποιότητα ζωής αξιολογήθηκαν πριν, στη

μέση και μετά την προπόνηση. Τα άτομα που μπορούσαν να συμμετάσχουν ήταν αυτοί που δεν συμμετείχαν σε προπόνηση με αντιστάσεις τους τελευταίους έξι μήνες και δεν ανέφερε μόνος του ανεξέλεγκτη υπέρταση (>150/90 mmHg), παρουσία νευρομυϊκής νόσου, τερματική νόσο, έμφραγμα του μυοκαρδίου τους τελευταίους 6 μήνες, ασταθή καρδιαγγειακή νόσο ή κάταγμα τους τελευταίους 6 μήνες. Η συνεδρία άσκησης περιελάβανε προθέρμανση 10 επαναλήψεων με πολύ μικρό βάρος για τρία σετ κάθε άσκησης που εκτελούνταν σε βουλητική αποτυχία με 60 δευτερόλεπτα ανάπαυσης μεταξύ των σετ και τρία λεπτά μεταξύ των ασκήσεων . Η βουλητική αποτυχία συνέβη όταν το άτομο δεν μπορούσε να ολοκληρώσει το πλήρες εύρος της κίνησης. Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν μόνο ένα σετ από κάθε άσκηση για την πρώτη εβδομάδα, δύο σετ τη δεύτερη εβδομάδα και τρία σετ για το υπόλοιπο της μελέτης. Η δύναμη, το CSA, η φυσική λειτουργία και η ποιότητα ζωής αξιολογήθηκαν πριν από την παρέμβαση και στις 6 εβδομάδες και 12 εβδομάδες προπόνησης. Η εξέταση διήρκεσε τέσσερις ημέρες και περιλάμβανε: σάρωση μαγνητικής τομογραφίας (MRI) για τον προσδιορισμό της CSA. Δοκιμή αντοχής στο δυναμόμετρο. Δοκιμή 1RM. και μέτρα φυσικής λειτουργίας και ποιότητας ζωής. Η μονόπλευρη, ισομετρική μέγιστη εκούσια συστολή (MVC) ροπή στις 60° έκτασης εκτιμήθηκε στους εκτατές του δεξιού γόνατος στο ίδιο ισοκινητικό δυναμόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο. Ακόμη το SPPB χρησιμοποιήθηκε για να αξιολογήσει τις ικανότητες των συμμετεχόντων να ολοκληρώσουν βάσεις για καρέκλες, τεστ ισορροπίας και περπάτημα 4 μέτρων.

Τα αποτελέσματα ήταν ότι μέσα σε 6 εβδομάδες από την προπόνηση HL, υπήρξαν αυξήσεις σε όλα τα μέτρα δύναμης και CSA ήταν εμφανείς, με τα κέρδη να ήταν σημαντικά μεγαλύτερα από την ομάδα CON. Η ομάδα BFR είχε αυξήσεις δύναμης στις δοκιμές επέκτασης ποδιού και πίεσης ποδιού 1RM, αλλά ήταν σημαντικά χαμηλότερες στην ισομετρική μέγιστη εκούσια σύσπαση της έκτασης του ποδιού (MVC) και στην επέκταση ποδιού 1RM από την ομάδα HL, όμως η ομάδα BFR είχε μεγαλύτερες βελτιώσεις στην αντοχή. Στις 12 εβδομάδες, η προπόνηση HL και BFR δεν διέφεραν στο MVC. Η ταχύτητα βάδισης αυξήθηκε κατά 4% σε όλες τις ομάδες προπόνησης και δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές για τη συνολική βαθμολογία SPPB και την ποιότητα ζωής. Οπότε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι και τα δύο προγράμματα προπόνησης είχαν ως αποτέλεσμα βελτιώσεις στο CSA των μυών και η προπόνηση HL είχε πιο έντονα κέρδη δύναμης από την προπόνηση BFR μετά από 6 εβδομάδες και ήταν πιο παρόμοια με την προπόνηση BFR μετά από προπόνηση 12 εβδομάδων. Αυτές οι αλλαγές και στις δύο ομάδες δεν μεταφέρθηκαν σε βελτιώσεις στην ποιότητα ζωής, στο SPPB και στην ταχύτητα βάδισης. Αυτό δείχνει ότι και τα δύο προγράμματα οδηγούν σε κέρδη δύναμης και CSA, αν και με διαφορετικούς ρυθμούς.

Εικόνα 16: Μέση διαφορά για τη μυϊκή δύναμη, το μέγεθος των μυών και τη φυσική λειτουργία από την έναρξη έως τις 12 βδομάδες μεταξύ της HL, BFR και ομάδας ελέγχου.

Table 4

Mean difference (95% confidence intervals) for muscle strength, muscle size, and physical function from baseline to 12-weeks between high-load (HL) resistance training, low-load blood flow restricted (BFR) resistance training, or attention control (CON).

	HL	BFR	CON	P
Muscle Strength				
LE-1RM (kg)	21.2 (13.0 – 29.5)$^{+*\gamma}$	9.1 (5.0 – 13.2)$^{+}$	0.6 (−4.2 – 5.3)	<.01
LC 1-RM (kg)	8.2 (5.4 – 11.1)$^{+*}$	5.4 (0.5 – 10.2)	0.4 (−1.0 – 1.8)	<.01
LP 1-RM (kg)	31.7 (13.6 – 50.0)$^{+*}$	18.7 (9.0 – 28.4)$^{+}$	−0.2 (−10.4 – 10.1)	<.01
MVC (Nm)	19.3 (8.3 – 30.3)$^{+}$	11.2 (−2.7 – 25.0)	3.5 (−7.3 – 14.3)	.14
STW ratio (Nm·kg^{-1})	0.17 (0.01 – 0.33)$^{+}$	0.09 (0.00 – 0.17)	0.04 (−0.08 – 0.17)	.31
Muscle Size				
CSA (cm^2)	2.86 (1.87 – 3.86)$^{+*}$	3.23 (1.29 – 5.16)$^{+*}$	0.07 (−0.67 – 0.82)	<.01
Physical Function				
SPPB	0.00 (−0.86 – 0.86)	0.67 (−0.07 – 1.40)	0.83 (0.03 – 1.64)	.24
400-m walk (m·s^{-1})	0.02 (−0.05 – 0.09)	0.09 (0.00 – 0.17)	0.44 (−0.08 – 0.17)	.31

Εικόνα 17: Μέση διαφορά για την ποιότητα ζωής από την έναρξη έως τις 12 βδομάδες μεταξύ της HL, BFR και ομάδας ελέγχου.

Table 5

Mean difference (95% confidence intervals) for WHOQOL-BREF from baseline to 12-weeks between high-load (HL) resistance training, low-load blood flow restricted (BFR) resistance training, or attention control (CON).

	HL	BFR	CON	P
Overall QOL	−.17 (−.53 – .20)	.00 (−.30 – .30)	−.08 (−.51 – .79)	.79
General Health	−.00 (−.27 – .27)	.27 (−.26 – .80)	.06 (−.59 – .42)	.44
Domain 1: Physical	−2.7 (−9.7 – 4.4)	.52 (−10.6 – 11.7)	.25 (−3.9 – 4.4)	.78
Domain 2: Psychological	−1.0 (−6.4 – 4.4)	−.80 (−10.7 – 9.1)	−2.1 (−8.4 – 4.2)	.96
Domain 3: Social	3.2 (−8.6 – 14.9)	3.5 (−6.4 – 13.5)	6.0 (−14.5 – 26.5)	.95
Domain 4: Environmental	−3.7 (−8.3 – 1.1)	1.2 (−6.4 – 8.8)	−1.1 (−7.3 – 5.1)	.48

3.2.3.ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΠΛΗΡΟΥΣΑΝ ΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ- BFR ΣΕ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΑΣΘΕΝΕΙΣ.

ΕΡΕΥΝΑ No1 : Οι επιδράσεις του περιορισμού της αιματικής ροής στη μυϊκή ενεργοποίηση και την υποξία σε άτομα με χρόνια αστάθεια αστραγάλου.

(Killinger B et al, 2019, Human Kinetics, Inc)

Τα πλάγια διαστρέμματα του αστραγάλου(LAS) είναι ο πιο συχνός μυοσκελετικός τραυματισμός που υφίσταται κατά τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας. Χαμηλότερα επίπεδα σωματικής δραστηριότητας και μειωμένα ποσοστά σχετιζόμενα με την ποιότητα ζωής έχουν παρατηρηθεί σε νεαρούς και μεσήλικες ενήλικες με CAI, αντίστοιχα, γεγονός που υποδηλώνει ότι η CAI μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την υγεία και την ευημερία των ασθενών. Ως εκ τούτου, ο εντοπισμός συμπληρωματικών παρεμβάσεων που μπορούν να ενισχύσουν τις προσαρμογές της μυϊκής προπόνησης στις παραδοσιακές θεραπευτικές ασκήσεις μπορεί να προφέρει μια ευκαιρία για τη βελτίωση της μυϊκής δυσλειτουργίας σε ασθενείς με CAI. Οπότε οι πρωταρχικοί σκοποί της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσουν τις επιδράσεις του BFR στη μυϊκή ενεργοποίηση κατά τη διάρκεια των ασκήσεων αντίστασης υπομέγιστης εκτροπής και ραχιαίας κάμψης σε άτομα με CAI.

Στην μελέτη συμμετείχαν 19 άτομα ηλικίας 18-30 με ιστορικό CAI σε τουλάχιστον ένα αστράγαλο και τουλάχιστον ενός σημαντικού LAS. Σε κάθε δοκιμασία οι συμμετέχοντες έκαναν 5 λεπτά προθέρμανση με ποδήλατο και στη συνέχεια 4 σετ ασκήσεων εκστροφής, 5 λεπτά ξεκούρασης και στη συνέχεια 4 σετ ασκήσεων ραχιαίας κάμψης. Η ενεργοποίηση των μυών ΗΜΓ κατά την εκτροπή και την ραχιαία κάμψη καταγράφηκε από τον μακρύ ιγνυακό μυ και τον πρόσθιο κνημιαίο μυ, αντίστοιχα. Το SmO2 του κάτω άκρου μετρήθηκε κατά τη διάρκεια και των δύο ασκήσεων εκστροφής και ραχιαίας κάμψης. Το αθροιστικό RPE των συμμετεχόντων με βάση και τα τέσσερα σετ

καταγράφηκε μετά το τελευταίο σετ κάθε άσκησης με τη χρήση της κλίμακας OMNI-Resistance Exercise Scale. Οι ισομετρικές ασκήσεις περιλάμβαναν τέσσερα σετ συσπάσεων εκστροφής και ραχιαίας κάμψης του αστραγάλου σε 30% της μέγιστης δύναμης εκούσιας ισομετρικής σύσπασης (MVIC). Η συνθήκες BFR εφαρμόστηκαν με τη χρήση του εξατομικευμένου συστήματος Tourniquet και του Easi-fit Tourniquet Cuffs for Blood Flow Restriction. Για κάθε άσκηση, η μανσέτα παρέμεινε διογκωμένη στο 80% και για τα τέσσερα σετ και για τα διαλείμματα μεταξύ των σετ. Η μανσέτα ξεφουσκώθηκε μετά το τελευταίο σετ της κάθε άσκησης.

Εικόνα 18: Πειραματικές ρυθμίσεις για τις ισομετρικές ασκήσεις της αναστροφής και ραχιαίας κάμψης.

"The Effects of Blood Flow Restriction on Muscle Activation and Hypoxia in Individuals with Chronic Ankle Instability"
by Killinger B, Lauver JD, Donovan L, Goetschius J
Journal of Sport Rehabilitation
© 2019 Human Kinetics, Inc.

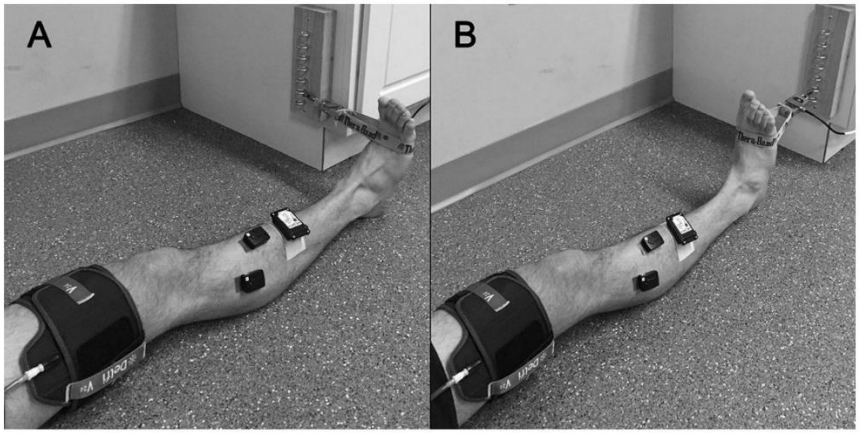


Figure 1. Experimental set-ups for the (A) eversion and (B) dorsiflexion isometric exercises.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατά τη διάρκεια των ασκήσεων εκστροφής, παρατηρήσαμε μια κύρια επίδραση των συνθηκών στην ενεργοποίηση του μακρού ιγνυακού μυός, γεγονός που υποδηλώνει ότι ο μεγάλος μέσος όρος των μυών ενεργοποίησης και στα τέσσερα σετ ήταν μεγαλύτερός με το BFR από ό,τι με τον έλεγχο (μέση διαφορά = +5,6% [0,1 έως 10.3]). Τα μεγέθη επίδρασης & τα διαστήματα εμπιστοσύνης 95% υπέδειξαν ότι η BFR είχε μικρές έως μέτριες, μη κλινικά σημαντικές επιδράσεις στην ενεργοποίηση του μακρού ιγνυακού μυός κατά την εκστροφή. Η SmO2 ήταν χαμηλότερη στα σετ 1-4 σε σύγκριση με την προ-άσκηση (όλα P<.001) με το BFR, αλλά δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ της προ-άσκησης και των σετ 1-4 (όλα P>.09) με τον έλεγχο, γεγονός που υποδηλώνει ότι το SmO2 μειώθηκε κατά τη διάρκεια

των ασκήσεων με το BFR αλλά όχι με τον έλεγχο. Ακόμη παρατηρήσαμε μια κύρια επίδραση των συνθηκών (P=.01, ES = 0.72 [0.07 έως 1.38]) στην πρόσθια κνημιαία ενεργοποίηση των μυών, γεγονός που υποδηλώνει ότι η μεγάλη μέση ενεργοποίηση των μυών και στα τέσσερα σετ ήταν μεγαλύτερη με το BFR σε σχέση με τον έλεγχο. Το BFR είχε μέτριες έως μεγάλες, κλινικές επιδράσεις στην ενεργοποίηση του πρόσθιου κνημιαίου μυός κατά τη διάρκεια της ραχιαίας κάμψης.

Εικόνα 19: Μυική ενεργοποίηση κατά τη διάρκεια ακήσεων ανατροπής και ραχιαίας κάμψης με περιορισμό ροής αίματος και ελέγχου.

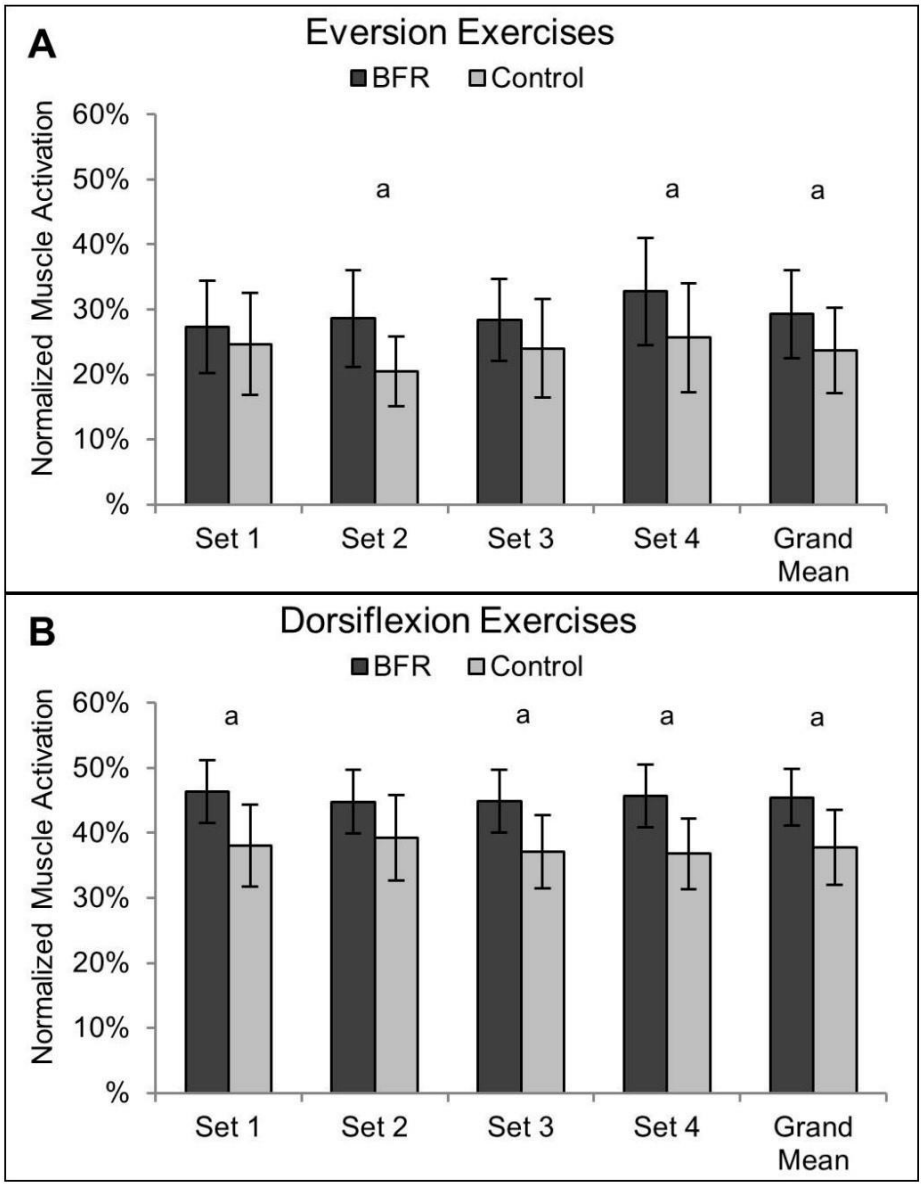
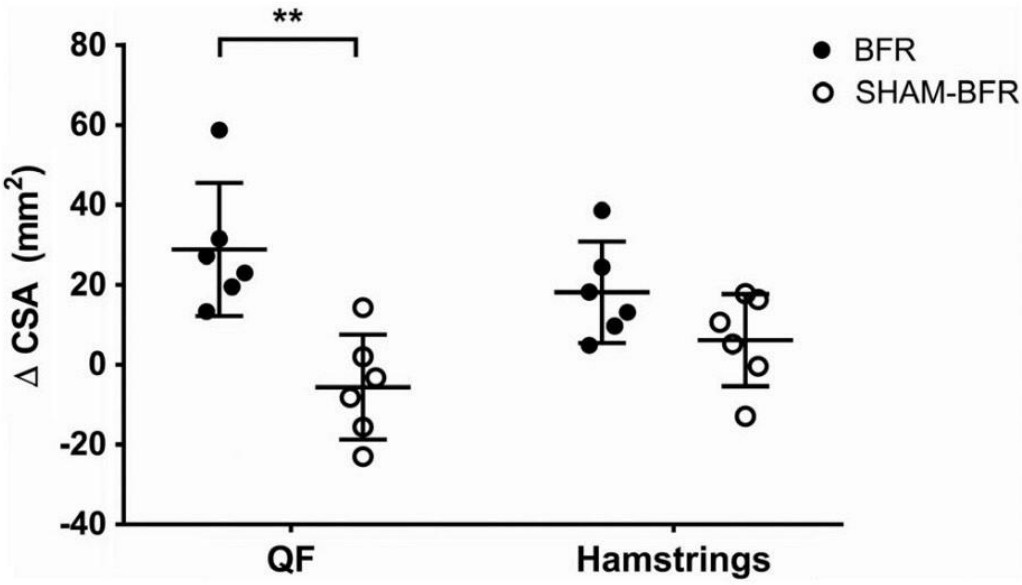


Figure 2. Normalized muscle activation during eversion & dorsiflexion exercises

Εν τέλη οι συμμετέχοντες με ιστορικό CAI επέδειξαν μεγαλύτερη μυϊκή ενεργοποίηση και υποξία και ανέφεραν μεγαλύτερη αντιλαμβανόμενη προσπάθεια κατά τη διάρκεια υπομέγιστων ισομετρικών ασκήσεων

αντίστασης με BFR σε σχέση με τον έλεγχο αφού ο μέσος όρος μυϊκή ενεργοποίησης ήταν 5,6% μεγαλύτερη κατά την εκστροφή και 7,7% μεγαλύτερη κατά την ραχιαία κάμψη. Ο κορεσμός οξυγόνου (SmO2) των κάτω ποδιών κατά μέσο όρο ήταν 31-44% χαμηλότερος κατά τη διάρκεια του BFR σε σύγκριση με τη συνθήκη ελέγχου. Κατά τη διάρκεια των ασκήσεων με BFR, η παρουσία υποξίας και περιορισμένης φλεβικής ροής αίματος προκαλεί μεγαλύτερη συσσώρευση μεταβολικών αποβλήτων εντός των ασκούμενων μυών και οξείες αποκρίσεις όπου η παρουσία αυτών των οξέων αποκρίσεων στους CAI ασθενείς μπορεί να θεωρηθεί ως πιθανό εργαλείο αποκατάστασης του αστραγάλου. Οπότε η χρόνια προπόνηση υπό αυτές τις συνθήκες μπορεί να οδηγήσει σε διευρυμένα δίκτυα μυϊκών τριχοειδών και βελτιωμένη παροχή οξυγόνου εντός των μυών, γεγονός που μπορεί να εξηγήσει τη βελτιωμένη μυϊκή αντοχή και ικανότητα που σχετίζεται με την προπόνηση BFR. Στην τρέχουσα μελέτη, οι ασκήσεις υπομέγιστης αντίστασης που θεωρήθηκαν ως "κάπως εύκολες" από τον μέσο συμμετέχοντα στην CAI, θεωρήθηκαν ως "κάπως δύσκολη" όταν εκτελούνται με BFR. Παρά τη μεγαλύτερη αντιλαμβανόμενη προσπάθεια, τα τρέχοντα στοιχεία υποδηλώνουν ότι η υπομέγιστη άσκηση με BFR δεν αυξάνει τη συχνότητα εμφάνισης μυϊκής βλάβης και εξακολουθεί να οδηγεί σε χαμηλότερη έντασης άσκηση σε σύγκριση με την παραδοσιακή άσκηση υψηλής έντασης. Ενώ οι οξείες μυϊκές αποκρίσεις στην BFR που παρατηρήθηκαν σε αυτή τη μελέτη παρέχουν στοιχεία ότι η χρήση BFR κατά τη διάρκεια θεραπευτικών ασκήσεων στον αστράγαλο σε ασθενείς με CAI, μπορεί να παρέχει τη δύναμη, αντοχή, υπερτροφία, που είναι απαραίτητες στον πληθυσμό των ασθενών με CAI.

Εικόνα 20: Διαφορές μεταξύ τετρακεφάλων και οπίσθιων μηριαίων κατά την περιοχή διατομής.



ΕΡΕΥΝΑ Νο2: Λειτουργικές και μοριακές προσαρμογές των μυών του τετρακέφαλου και του οπίσθιου μηριαίου σε προπόνηση περιορισμένης ροής αίματος σε ασθενείς με ρήξη ACL

Η αδυναμία του τετρακέφαλου μηριαίου μυός (QF) τις περισσότερες φορές αναπτύσσεται μετά από τραυματισμό του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου υποστροφή που μπορεί να προκαλέσει επιδείνωση του πόνου και περαιτέρω βλάβη της άρθρωσης. Οπότε η παρούσα μελέτη έχει ως σκοπό να διερευνήσει κατά πόσον η προπόνηση LLBFR μπορεί να αυξήσει την επαγόμενη από την άσκηση αύξηση της μυϊκής λειτουργίας και του μεγέθους τόσο των μυών QF όσο και των μυών της ποδοκνημικής ασθενείς με ανεπάρκεια ACL. Επιπλέον στη μελέτη υπόθεσαν ότι οι λειτουργικές και μορφολογικές προσαρμογές των μυών στη BFR προπόνηση είναι παράλληλες με προσαρμοστικές μεταγραφικές αποκρίσεις γονιδίων και μυοκίνων που ρυθμίζονται από την υποξία.

Τρεις ανεξάρτητες ομάδες υποκειμένων συγκρίθηκαν ως εξής: μια ομάδα που εκτελούσε εκπαίδευση LL-BFR, μια ενεργή ομάδα ελέγχου που εκτελούσε εκπαίδευση LL-BFR εικονικής εργασίας, και μια ομάδα βιοψίας ομάδα ελέγχου (χωρίς παρέμβαση). Όλες οι δοκιμασίες και οι μετρήσεις έγιναν δύο φορές-πρώτα στην αρχή της μελέτης (PRE) και ξανά στο τέλος των τριών εβδομάδων προπονητικής περιόδου (POST). Συνολικά 18 ασθενείς συμμετείχαν στις ομάδες άσκησης-παρέμβασης. Τα ακόλουθα κριτήρια ένταξης έπρεπε να πληρούνται για όλες τις ομάδες: ηλικία μεταξύ 18 και 45 ετών, πλήρης μονόπλευρη ρήξη πρόσθιου χιαστού συνδέσμου που διαγνώστηκε με μαγνητική τομογραφία και επιβεβαιώθηκε με κλινική αξιολόγηση, χωρίς προηγούμενους τραυματισμούς ή χειρουργική επέμβαση, στο προσβεβλημένο γόνατο, καμία συστηματική ασθένεια ή νευρολογικά ελλείμματα. Η προπόνηση 3 εβδομάδων LL-BFR για το προσβεβλημένο πόδι σχεδιάστηκε για να προκαλέσει υπερτροφία των σκελετικών μυών και κέρδη σε μυϊκής απόδοσης. Η παρέμβαση περιείχε 9 συνεδρίες άσκησης τρεις φορές την εβδομάδα που εκτελούνταν είτε με περιορισμό της ροής του αίματος (ομάδα BFR) ή με εικονικό περιορισμό της ροής του αίματος (SHAM-BFR ομάδα). Κάθε συνεδρία της ομάδας BFR περιελάβανε 4 σετ εκτάσεις και κάμψεις γόνατος σε 40 RM μέχρι ηθελημένης αποτυχίας, που εκτελούνταν μόνο με το τραυματισμένο πόδι. Η αρχική προθέρμανση περιείχε 10-12 επαναλήψεις με ελάχιστο φορτίο εργασίας και η μανσέτα διογκώθηκε με αέρα σε αθροιστική πίεση 150 mmHg και αφέθηκε σε έναν μυ σε ηρεμία για 30 s. Στη συνέχεια ο εξεταζόμενος εκτελούσε ισοτονική άσκηση έκτασης του γόνατος μέχρι ηθελημένης αποτυχίας. Μετά το πρώτο και το τρίτο σετ, επιτράπηκε ανάπαυση 45 δευτερολέπτων χωρίς επαναιμάτωση. Μετά το δεύτερο σετ, η περιχειρίδα ξεφουσκώθηκε για να επιτραπεί 90 δευτερόλεπτα επαναιμάτωσης. Το ίδιο πρωτόκολλο επαναλήφθηκε στη συνέχεια για την

άσκηση κάμψης του γόνατος. Η ομάδα SHAM-BFR εκτέλεσε πανομοιότυπο πρωτόκολλο άσκησης με αντίστοιχο αριθμό επαναλήψεων με την ομάδα BFR, ενώ η περιχειρίδα είχε φουσκώσει μόνο σε 20 mmHg. Αυτό το πρωτόκολλο εξασφάλισε σχεδόν το ίδιο μηχανικό μυϊκό έργο και στις δύο ομάδες σε διαφορετική μυϊκή αιμάτωση. Οι μετρήσεις της δύναμης των μονόπλευρων εκτινόντων και καμπτηρών μυών του γόνατος πραγματοποιήθηκαν με ένα δυναμομετρικό σύστημα. Αρκετές διατομές του μηρού αποτυπώθηκαν με αξονική σάρωση με βάρος πρωτονίων στο απομακρυσμένο 50% του του μήκους του μηριαίου οστού του τραυματισμένου ποδιού με τη χρήση μαγνητικής τομογραφίας 3T και οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό Statistica.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα άτομα πραγματοποίησαν κατά μέσο όρο 54 ± 11 επαναλήψεις έκτασης του γόνατος και 90 ± 16 επαναλήψεις άσκησης κάμψης του γόνατος κατά τη διάρκεια μιας προπονητικής συνεδρίας. Ο αριθμός των επαναλήψεων που πραγματοποιήθηκαν ανά συνεδρία αυξήθηκε προοδευτικά κατά τη διάρκεια του προγράμματος κατά 35 ± 25% για τους εκτίνοντες και 68 ± 36% για τους καμπτήρες. Ο όγκος ανά συνεδρία αυξήθηκε από 1271 ± 244 kg στην πρώτη συνεδρία σε 1927 ± 604 kg στην τελευταία συνεδρία για την ομάδα BFR και από 1286 ± 502 kg σε 1962 ± 820 kg στην ομάδα SHAM-BFR. Η συνολική δόση της προπονητικής παρέμβασης ήταν επομένως πολύ παρόμοια μεταξύ των ομάδων. Για το γόνατο στους εκτίνοντες μύες, η ομάδα BFR είχε μεγαλύτερη μέγιστη ροπή Δ από την ομάδα SHAMBFR, ενώ για τους καμπτήρες η Δ μέγιστη ροπή ήταν παρόμοια. Το Δ συνολικό έργο ήταν μεγαλύτερο στο BFR και στους εκτίνοντες και στους καμπτήρες μύες. Στο εμβαδόν διατομής μυών η τετράδα ΔCSA ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην BFR (5,0 ± 3,4%) σε σύγκριση με την ομάδα SHAM-BFR (-1,1 ± 2,1%). Το ΔCSAhams ήταν παρόμοια μεταξύ της ομάδας BFR (5,1 ± 3,1%) και της ομάδας SHAM-BFR (1,3 ± 3,3%). Οι δείκτες μυϊκής κόπωσης για τους εκτίνοντες μύες του γόνατος, η ομάδα BFR είχε σημαντικά μεγαλύτερο ΔFIpt σε σύγκριση με την ομάδα SHAMBFR. Για τους καμπτήρες μύες του γόνατος, η BFR και η SHAM-BFR είχαν παρόμοιο ΔFIpt. Μέσα από αυτά που γνωρίζουμε, η μελέτη έχει δείξει τις διαφορές στις λειτουργικές και μοριακές προσαρμογές της QF και των μυών της ποδοκνημικής στην προπόνηση LL-BFR σε ασθενείς με ρήξη πρόσθιου χιαστού συνδέσμου. Η προπόνηση LL-BFR ενίσχυσε την υπερτροφία των QF, αλλά όχι των οπίσθιων μηριαίων μυών. Η προπόνηση LL-BFR είχε επίσης πιο έντονη επίδραση στη δύναμη και την αντοχή των εκτεινόντων του γόνατος από ό,τι των καμπτήρων. Συνολικά, τα ευρήματά μας αποκαλύπτουν ένα συγκεκριμένο πρότυπο φυσιολογικών προσαρμογών στην προπόνηση LL-BFR των εκτεινόντων και καμπτήρων του γόνατος, τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την προετοιμασία ασθενών με ACL ρήξη.

3.2.4.ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΟΘΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΩΝ.

Οι ερευνητές έχουν διεξάγει μελέτες που συγκρίνουν τα αποτελέσματα της εφαρμογής του περιορισμού αιματικής ροής (BFR) σε υγιείς ατομικά και σε ασθενείς με ατροφία μυών. Αυτές οι μελέτες προσπαθούν να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα του BFR ως μέθοδος ενδυνάμωσης και αύξησης της μυϊκής μάζας σε ασθενείς που αντιμετωπίζουν ατροφία λόγω παθολογικών καταστάσεων.
Μία μελέτη που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό "Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy" εξέτασε την επίδραση του BFR σε ασθενείς με μυϊκή ατροφία μετά από χειρουργική επέμβαση στο γόνατο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ασθενείς που εφάρμοσαν το BFR κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης είχαν βελτιωμένη μυϊκή δύναμη και λειτουργία σε σύγκριση με αυτούς που δεν χρησιμοποίησαν το BFR. (Clark, B.C. et al. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 2011)
Επίσης, μια έρευνα δημοσιεύθηκε στο περιοδικό "Muscle & Nerve" που εξέτασε την εφαρμογή του BFR σε ασθενείς με μυοπάθεια Duchenne, μια σοβαρή γενετική ασθένεια που οδηγεί σε ατροφία μυών. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η χρήση του BFR είχε θετικές επιδράσεις στη μυϊκή δύναμη και στη λειτουργία των ασθενών, παρά τη σοβαρή φύση της ασθένειας. (Sculthorpe, N. et al. Muscle & Nerve, 2010)
Μια ακόμα μελέτη που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό "Journal of Science and Medicine in Sport" εξέτασε την αποτελεσματικότητα του BFR σε ασθενείς με ενδομυϊκή κακοήθη νόσο, έναν τύπο καρκίνου που συχνά συνοδεύεται από μυϊκή ατροφία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ασθενείς που συμπεριέλαβαν το BFR στο πρόγραμμα αποκατάστασής τους είχαν βελτιωμένη μυϊκή δύναμη και λειτουργία σε σύγκριση με αυτούς που δεν χρησιμοποίησαν το BFR. (Karabulut, M. et al. Journal of Science and Medicine in Sport, 2013)
Αυτές οι μελέτες παρέχουν ενθαρρυντικές ενδείξεις για την αποτελεσματικότητα του BFR σε ασθενείς με ατροφία μυών. Παρά τα ενθαρρυντικά αυτά αποτελέσματα, πρέπει να τονίσουμε ότι η χρήση του BFR σε αυτούς τους ασθενείς πρέπει να γίνεται υπό επαγγελματική επίβλεψη και να λαμβάνονται υπόψη οι ειδικές ανάγκες του κάθε ατόμου.

3.3: ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ

3.3.1: ΣΤΡΑΤΙΓΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ

Σε αυτήν την αρθρογραφική ανασκόπηση διερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα της άσκησης με περιορισμό της αιματικής ροής σε ασθενείς μετά από τραυματισμό και σε αθλητές. Η ανάγκη δημιουργίας μιας νέας μελέτης προέκυψε από την διευκρίνηση αν όντως ο περιορισμός της αιματικής ροής μπορεί να βοηθήσεις όλων των ειδών ανθρώπων και στο γεγονός ότι η μέχρι στιγμής συστηματικές ανασκοπήσεις που εξετάζουν αυτά τα θέματα δεν διευκρινίζουν ακριβώς αν το BFR είναι όντως αποτελεσματικό για αποκατάσταση η ενδυνάμωση.

Για το επιστημονικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την μελέτη πραγματοποιήθηκε αναζήτηση μέσω επιστημονικών βάσεων δεδομένων όπως PubMed, National Library of medicine και Google Scholar. Στις παραπάνω βάσεις δεδομένων αναζητήθηκαν δημοσιευμένες απιδημολογικές έρευνες τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες και μη, μόνο σε αγγλική γλώσσα. Οι κωδικοί αναζήτησης για κύριο λόγο ήταν Blood Flow Restriction, muscle improvement with BFR, mechanism action of BFR, BFR training to injuries, και πολλά άλλα.

3.3.2: ΚΡΗΤΗΡΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΕΡΕΥΝΩΝ.

Τύπος ερευνών: Οι έρευνες που επιλέχθηκαν ήταν τυχαιοποιημένες έρευνες και τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες έρευνες. Σε όλες τις έρευνες έγιναν εφαρμογές του περιορισμού της αιματικής ροής σε ασθενείς και σε αθλητές για διερεύνηση των προσαρμογών ανάλογα με τους στόχους της κάθε μελέτης.

Τύπος συμμετεχόντων: Στη μελέτη αυτή δεν υπήρχε κάποιος περιορισμός ηλικίας και φύλου των ατόμων. Σε κάποιες μελέτες υπήρχαν υγιή άτομα που βρίσκονταν σε ομάδες ελέγχου για το αν το BFR μπορεί να τους βοηθήσει στην προπονητική τους εξέλιξη και σε κάποιες μελέτες υπήρχαν άτομα παθολογικά που σκοπός ήταν να ελέγξουν αν το BFR μπορεί να τους βοηθήσει στην αποκατάσταση.

Τύπος παρεμβάσεων: Ο τύπος παρέμβασης που επιλέχθηκε σε αυτή την μελέτη είναι η εφαρμογή του BFR μέσω ασκήσεων για αποκατάσταση ή προπονητική ανέλιξη. ΟΙ παρεμβάσεις που μελετήθηκαν δεν αφορούσαν μόνο ένα θέμα αλλά διαφορετικά μεταξύ τους, όπως η μυϊκή δύναμη, η μυϊκή αντοχή, η ατροφία κάποιων μυών, η οστική πυκνότητα κ.α.

3.4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.4.1: ΣΥΝΟΨΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΩΝ

3.4.2: ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

Οι περιορισμοί της αρθρογραφικής ανασκόπησης αφορούσαν το μικρό αριθμό ερευνών που πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής, καθώς και την αδυναμία εύρεσης μίας <<καλής>> ποιοτικής έρευνας. Επίσης λόγω του γεγονότος ότι η μέθοδος του περιορισμού της αιματικής ροής τώρα σιγά σιγά έρχεται στην επιφάνια πολλές αναζητήσεις που κάναμε δεν βρήκαν ανταπόκριση λόγω περιορισμένης βιβλιογραφίας. Για παράδειγμα θεωρήσαμε ενδιαφέρον να βρούμε μια αθρθροπλαστική ισχίου πως μπορεί να αντιδράσει στην τεχνική αυτή ωστόσο δεν καταφέραμε να βρούμε μια τέτοια έρευνα.

3.4.3: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΚΛΙΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

Στις παρούσες ανασκοπήσεις πραγματοποιήθηκε εξονυχιστική αναζήτηση και αξιολόγηση της βιβλιογραφίας. Έπειτα συγκεντρώθηκαν και καταγράφτηκαν τα χαρακτηριστικά των ερευνών που αφορούν την εφαρμογή και την επίδραση του BFR. Έγινε σύσταση της BFR μεθόδου ως εναλλακτική μέθοδος αποκατάστασης σε παθολογικά άτομα και ως βελτίωση της προπονητικής κατάστασης υγιών ατόμων για μυϊκή υπερτροφία, μυϊκή αντοχή, αντιμετώπιση μυϊκής ατροφίας και βελτίωση λειτουργικότητας των αρθρώσεων στους παθολογικούς ασθενείς στηριζόμενη στα αποτελέσματα των μέχρι τώρα ερευνών. Εν τέλη, θα ήταν πιο βοηθητικό να πραγματοποιούνταν έρευνες στοχευμένες και προσεκτικές με ένα αξιοσέβαστο δείγμα. Έτσι, ο ερευνητής να αισθάνεται ασφάλεια για τα αποτελέσματα και να μπορεί να βασιστεί σε αυτά, ερχόμενος αντιμέτωπος με την σωστή παρέμβαση του BFR σε αυτά τα άτομα.

3.4.4. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟ BFR

Ο βιομηχανικός και επιστημονικός χώρος έχει διανύσει μεγάλη απόσταση στον τομέα του Blood Flow Restriction (BFR) τα τελευταία χρόνια. Η ραγδαία αύξηση της έρευνας και των εφαρμογών του BFR έχει ανοίξει νέες προοπτικές

και προκλήσεις σε πολλούς τομείς. Ας εξετάσουμε τις μελλοντικές προοπτικές του BFR.

Κλινική Εφαρμογή: Η πιο προφανής μελλοντική προοπτική είναι η επέκταση της κλινικής εφαρμογής του BFR. Το BFR έχει δείξει αντίστοιχες αποτελεσματικές εφαρμογές με την αντιμετώπιση των τραυματισμών, την ανάκτηση μετά από χειρουργικές επεμβάσεις, τη διαχείριση των καταστάσεων της μυϊκής αδυναμίας και την αντιμετώπιση της αρθρίτιδας. Η συνεχής έρευνα και η ανάπτυξη πρωτόκολλων θα μπορούσε να επεκτείνει την κλινική χρήση του BFR σε νέες περιπτώσεις και πληθυσμιακές ομάδες.

Αντιγήρανση: Μια από τις πιο υποσχόμενες προοπτικές του BFR είναι η εφαρμογή του στην αντιγήρανση. Η διατήρηση της μυϊκής μάζας και της λειτουργίας των κάτω άκρων είναι κρίσιμη για την ποιότητα ζωής και την ανεξαρτησία των ηλικιωμένων. Οι μελλοντικές έρευνες πρέπει να εξετάσουν τον τρόπο με τον οποίο το BFR μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη γήρανση.

Αθλητισμός και Απόδοση: Το BFR έχει ήδη αποδείξει την αξία του στη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης και στην επιτάχυνση της ανάκτησης μετά από τραυματισμούς. Στο μέλλον, η προσαρμογή και η βελτίωση των πρωτοκόλλων BFR μπορεί να οδηγήσει σε νέες τεχνικές για την αύξηση της αθλητικής απόδοσης.

Επιστημονική Έρευνα: Η έρευνα στον τομέα του BFR εξακολουθεί να εξελίσσεται. Νέες μεθόδους, εφαρμογές και μηχανισμοί δράσης ανακαλύπτονται συνεχώς. Η προοπτική της εκτεταμένης επιστημονικής έρευνας στον τομέα του BFR είναι λαμπρή.

Εκπαίδευση και Επαγγελματική Ανάπτυξη: Οι επαγγελματίες της αθλητικής απόδοσης, της φυσιοθεραπείας και της ιατρικής χρειάζονται κατάλληλη εκπαίδευση για τον σωστό χειρισμό του BFR. Οι μελλοντικές προοπτικές περιλαμβάνουν προγράμματα εκπαίδευσης και επαγγελματικής ανάπτυξης στον τομέα του BFR.

Συνοψίζοντας, το BFR ανοίγει νέες προοπτικές στην κλινική, τον αθλητισμό, την αντιγήρανση και την επιστημονική έρευνα. Με την συνεχιζόμενη έρευνα και ανάπτυξη πρωτοκόλλων, το BFR αναμένεται να εξελιχθεί και να επεκταθεί σε νέους τομείς και εφαρμογές, προσφέροντας ανανεωμένες ελπίδες για βελτίωση της υγείας και της απόδοσης.

3.5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Η προπόνηση με περιορισμό της αιματικής κυκλοφορίας έχει ενσωματωθεί για τα καλά στα πρωτόκολλα αποκατάστασης μυοσκελετικών και νευρολογικών παθήσεων αλλά και μέσω για διαφορετικό τρόπο προπόνησης σε αθλητές την τελευταία δεκαετία, λόγω των θετικών επιδράσεων της σε αύξηση της μυϊκής μάζας, μυϊκής αντοχής, μυϊκής δύναμης, μείωση ατροφίας, μείωσης συμπτωματολογίας και ταχύτερης επούλωσης τραυματισμένων δομών μέσα από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί.

Η παρούσα ανασκόπηση αρθρογραφίας διερεύνησε ένα ερώτημα σημαντικής σημασίας για τον κλάδο της φυσικοθεραπείας αλλά και γυμναστών. Εξέτασε τα αποτελέσματα των ερευνών στις διάφορες επιδράσεις της προπόνησης BFR σε άτομα με παθολογικά προβλήματα και μη. Μετά από μελέτη 8 ερευνών και καταγραφή των 5 εξ αυτών, συμπεραίνεται ότι η χρήση της μεθόδου του BFR επιδρά θετικά σε αυτά τα άτομα. Εν κατακλείδι, οι μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να επικεντρώσουν την προσοχή τους στη συλλογή δεδομένων που στοχεύουν σε μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της προπόνησης με περιορισμό της αιματικής ροής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΑΘΡΘΟΓΡΑΦΙΑ.

1. Patterson SD, Hughes L, Head P, Warmington S, Brandner C. Blood flow restriction training: a novel approach to augment clinical rehabilitation: how to do it. Br J Sports Med. 2017 Dec;51(23):1648-1649. doi: 10.1136/bjsports-2017-097738. Epub 2017 Jun 22. PMID: 28642225.

2. Grønfeldt, B. M., Lindberg Nielsen, J., Mieritz, R. M., Lund, H., & Aagaard, P. (2020). Effect of blood-flow restricted vs heavy-load strength training on muscle strength: systematic review and meta-analysis. Scandinavian journal of medicine & science in sports, 30(5), 837-848.

3. Loenneke, Jeremy P., et al. "Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise." European journal of applied physiology 112 (2012): 2903-2912.

4. Erickson, Lauren N., et al. "Effect of blood flow restriction training on quadriceps muscle strength, morphology, physiology, and knee biomechanics before and after anterior cruciate ligament reconstruction: protocol for a randomized clinical trial." Physical therapy 99.8 (2019): 1010-1019.

5. Ferreira-Junior, Joao B., et al. "Could whole-body cryotherapy (below−100° C) improve muscle recovery from muscle damage?." Frontiers in physiology 5 (2014): 247.

6. Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., & Abe, T. (2012). Bemben, M. G. (2012). The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling. Medical Hypotheses, 78(1), 151-154.

7. Loenneke, Jeremy P., et al. "The acute response of practical occlusion in the knee extensors." The Journal of Strength & Conditioning Research 24.10 (2010): 2831-2834.

8. Van Den Hoogen, Frank, et al. "2013 classification criteria for systemic sclerosis: an American College of Rheumatology/European League

against Rheumatism collaborative initiative." Arthritis & Rheumatism 65.11 (2013): 2737-2747.

9. Schoenfeld, Brad J., et al. "Strength and hypertrophy adaptations between low-vs. high-load resistance training: a systematic review and meta-analysis." The Journal of Strength & Conditioning Research 31.12 (2017): 3508-3523.

10. Patterson, Stephen D., et al. "Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety." Frontiers in physiology (2019): 533.

11. Loenneke, J. P., et al. "Potential safety issues with blood flow restriction training." Scandinavian journal of medicine & science in sports 21.4 (2011): 510-518.

12. Yasuda, Tomohiro, et al. "Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: A pilot study." Clinical physiology and functional imaging 30.5 (2010): 338-343.

13. Pearson, Stephen John, and Syed Robiul Hussain. "A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy." Sports medicine 45 (2015): 187-200.

14. Abe, Takashi, et al. "Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow–restricted limbs and non-restricted muscles: a brief review." Clinical physiology and functional imaging 32.4 (2012): 247-252.

15. Takarada, Yudai, et al. "Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans." Journal of applied physiology 88.6 (2000): 2097-2106.

16. Patterson, Stephen D., et al. "Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety." Frontiers in physiology (2019): 533.

17. Wilson, Jacob M., et al. "Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises." The Journal of Strength & Conditioning Research 26.8 (2012): 2293-2307.

18. Centner, Christoph, et al. "Low-load blood flow restriction training induces similar morphological and mechanical Achilles tendon adaptations compared with high-load resistance training." Journal of Applied Physiology 127.6 (2019): 1660-1667.

19. Loenneke, Jeremy P., et al. "Blood flow restriction: how does it work?." Frontiers in physiology 3 (2012): 392.

20. Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Thiebaud, R. S., Mattocks, K. T., Abe, T., & Bemben, M. G. (2013). Blood flow restriction pressure recommendations: a tale of two cuffs. Frontiers in physiology, 4, 249.

21. Karabulut M, Bemben DA, Sherk VD, Anderson MA, Abe T, Bemben MG. Effects of high-intensity resistance training and low-intensity resistance training with vascular restriction on bone markers in older men. Eur J Appl Physiol. 2011 Aug;111(8):1659-67. doi: 10.1007/s00421-010-1796-9. Epub 2011 Jan 5. PMID: 21207053.

22. Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Thiebaud RS, Mattocks KT, Abe T, Bemben MG. Blood flow restriction pressure recommendations: a tale of two cuffs. Front Physiol. 2013 Sep 10;4:249. doi: 10.3389/fphys.2013.00249. PMID: 24058346; PMCID: PMC3767914.

23. Loenneke JP, Thiebaud RS, Fahs CA, Rossow LM. Blood flow-restricted resistance exercise: rapidly affecting the myofibre and the myonuclei. J Physiol. 2012 Nov 1;590(21):5271. doi: 10.1113/jphysiol.2012.242859. PMID: 23118067; PMCID: PMC3515818.

24. Buckner SL, Dankel SJ, Mattocks KT, Jessee MB, Mouser JG, Counts BR, Loenneke JP. The problem Of muscle hypertrophy: Revisited. Muscle Nerve. 2016 Dec;54(6):1012-1014. doi: 10.1002/mus.25420. Epub 2016 Oct 7. PMID: 27717161.

25. Pearson SJ, Hussain SR. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. Sports Med. 2015 Feb;45(2):187-200. doi: 10.1007/s40279-014-0264-9. PMID: 25249278.

26. Loenneke JP, Thiebaud RS, Fahs CA, Rossow LM, Abe T, Bemben MG. Blood flow restriction: effects of cuff type on fatigue and perceptual responses to resistance exercise. Acta Physiol Hung. 2014 Jun;101(2):158-66. doi: 10.1556/APhysiol.101.2014.2.4. PMID: 24901077.

27. Yasuda T, Fukumura K, Fukuda T, Iida H, Imuta H, Sato Y, Yamasoba T, Nakajima T. Effects of low-intensity, elastic band resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle activation. Scand J Med Sci Sports. 2014 Feb;24(1):55-61. doi: 10.1111/j.1600-0838.2012.01489.x. Epub 2012 Jun 27. PMID: 22734915.

28. Reina-Ruiz ÁJ, Galán-Mercant A, Molina-Torres G, Merchán-Baeza JA, Romero-Galisteo RP, González-Sánchez M. Effect of Blood Flow Restriction on Functional, Physiological and Structural Variables of Muscle in Patients with Chronic Pathologies: A Systematic Review. Int J Environ Res Public Health. 2022 Jan 20;19(3):1160. doi: 10.3390/ijerph19031160. PMID: 35162182; PMCID: PMC8835162.

29. Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. 2017 Jul;51(13):1003-1011. doi: 10.1136/bjsports-2016-097071. Epub 2017 Mar 4. PMID: 28259850.

30. Fernandes DZ, Weber VMR, da Silva MPA, de Lima Stavinski NG, de Oliveira LEC, Casoto Tracz EH, Ferreira SA, da Silva DF, Queiroga MR. EFFECTS OF BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING ON HANDGRIP STRENGTH AND MUSCULAR VOLUME OF YOUNG WOMEN. Int J Sports Phys Ther. 2020 Dec;15(6):901-909. doi: 10.26603/ijspt20200901. PMID: 33344006; PMCID: PMC7727424.

31. Rossow LM, Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Sherk VD, Abe T, Bemben MG. Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. Clin Physiol Funct Imaging. 2012 Sep;32(5):331-7. doi: 10.1111/j.1475-097X.2012.01131. x. Epub 2012 Apr 4. PMID: 22856338.

32. Nascimento DDC, Rolnick N, Neto IVS, Severin R, Beal FLR. A Useful Blood Flow Restriction Training Risk Stratification for Exercise and Rehabilitation. Front Physiol. 2022 Mar 11;13:808622. doi: 10.3389/fphys.2022.808622. PMID: 35360229; PMCID: PMC8963452.

33. Spranger MD, Krishnan AC, Levy PD, O'Leary DS, Smith SA. Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: a call for concern. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2015 Nov;309(9):H1440-52. doi: 10.1152/ajpheart.00208.2015. Epub 2015 Sep 4. PMID: 26342064; PMCID: PMC7002872.

34. Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bemben MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. Eur J Appl Physiol. 2012 May;112(5):1849-59. doi: 10.1007/s00421-011-2167-x. Epub 2011 Sep 16. PMID: 21922259.

35. Wei J, Nassis GP, Gu Z, Zou Y, Wang X, Li Y. Acute physiological and perceptual responses to moderate intensity cycling with different levels of blood flow restriction. Biol Sport. 2021 Sep;38(3):437-443. doi: 10.5114/biolsport.2021.100146. Epub 2020 Oct 28. PMID: 34475624;

PMCID: PMC8329982.

36. Lemos LK, Toledo Teixeira Filho CA, Biral TM, de Souza Cavina AP, Junior EP, Oliveira Damasceno S, Vanderlei FM. Acute effects of resistance exercise with blood flow restriction on cardiovascular response: a meta-analysis. J Comp Eff Res. 2022 Aug;11(11):829-842. doi: 10.2217/cer-2021-0272. Epub 2022 Jun 17. PMID: 35712965.

37. Song JS, Spitz RW, Yamada Y, Bell ZW, Wong V, Abe T, Loenneke JP. Exercise-induced hypoalgesia and pain reduction following blood flow restriction: A brief review. Phys Ther Sport. 2021 Jul;50:89-96. doi: 10.1016/j.ptsp.2021.04.005. Epub 2021 Apr 23. PMID: 33940556.

38. Poton R, Polito MD. Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. Clin Physiol Funct Imaging. 2016 May;36(3):231-6. doi: 10.1111/cpf.12218. Epub 2014 Nov 27. PMID: 25431280.

39. Rossow LM, Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Sherk VD, Abe T, Bemben MG. Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. Clin Physiol Funct Imaging. 2012 Sep;32(5):331-7. doi: 10.1111/j.1475-097X.2012.01131.x. Epub 2012 Apr 4. PMID: 22856338.

40. Rankin, Alan T., Chris M. Bleakley, and Michael Cullen. "Hip joint pathology as a leading cause of groin pain in the sporting population: a 6-year review of 894 cases." The American journal of sports medicine 43.7 (2015): 1698-1703.

41. Seo, Dong-il, et al. "Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender." Journal of sports science & medicine 11.2 (2012): 221.

42. Centner, Christoph, et al. "Low-load blood flow restriction training induces similar morphological and mechanical Achilles tendon adaptations compared with high-load resistance training." Journal of Applied Physiology 127.6 (2019): 1660-1667.

43. Zarbato, Graciela Freitas, et al. "Dimethyl fumarate limits neuroinflammation and oxidative stress and improves cognitive impairment after polymicrobial sepsis." Neurotoxicity research 34 (2018): 418-430.

44. Jessee, Matthew B., et al. "Applying the blood flow restriction pressure: the elephant in the room." American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology 310.1 (2016): H132-H133.

45. Piper, Christine C., et al. "Operative versus nonoperative treatment for the management of full-thickness rotator cuff tears: a systematic review and meta-analysis." Journal of shoulder and elbow surgery 27.3 (2018): 572-576.

46. Chen YT, Hsieh YY, Ho JY, Ho CC, Lin TY, Lin JC. Running interval training combined with blood flow restriction increases maximal running performance and muscular fitness in male runners. Sci Rep. 2022 Jun 15;12(1):9922. doi: 10.1038/s41598-022-14253-3. PMID: 35705671; PMCID: PMC9200839.

47. Scott BR, Peiffer JJ, Goods PSR. The Effects of Supplementary Low-Load Blood Flow Restriction Training on Morphological and Performance-Based Adaptations in Team Sport Athletes. J Strength Cond Res. 2017 Aug;31(8):2147-2154. doi: 10.1519/JSC.0000000000001671. PMID: 28737609.

48. Cook SB, LaRoche DP, Villa MR, Barile H, Manini TM. Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. Exp Gerontol. 2017 Dec 1;99:138-145. doi: 10.1016/j.exger.2017.10.004. Epub 2017 Oct 5. PMID: 28987643; PMCID: PMC5660944.

49. The Effects of Blood Flow Restriction on Muscle Activation and Hypoxia in Individuals with Chronic Ankle Instability" by Killinger B, Lauver JD, Donovan L, Goetschius J Journal of Sport Rehabilitation.

50. Kacin A, Drobnič M, Marš T, Miš K, Petrič M, Weber D, Tomc Žargi T, Martinčič D, Pirkmajer S. Functional and molecular adaptations of quadriceps and hamstring muscles to blood flow restricted training in patients with ACL rupture. Scand J Med Sci Sports. 2021 Aug;31(8):1636-1646. doi: 10.1111/sms.13968. Epub 2021 Apr 26. PMID: 33837592.

51. Quek, June, et al. "Effects of thoracic kyphosis and forward head posture on cervical range of motion in older adults." Manual therapy 18.1 (2013): 65-71.

52. Sculthorpe, Nicholas, et al. "The effect of short-term creatine loading on active range of movement." Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism 35.4 (2010): 507-511.