



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ -  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Συνδυασμός προπόνησης με αντιστάσεις με περιορισμό της ροής του αίματος για την αύξηση μεγέθους των μυών.**

Γραμμένος Δημήτριος  
Καθηγητής Φυσικής Αγωγής

Σκουλαρίγκης Ιωάννης, Καθηγητής Καρδιολογίας  
Ζιμπής Αριστείδης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ανατομίας  
Μακαρίτσης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής Παθολογίας

**Λάρισα, 2021**



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ -  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»

## **Combination of resistance training with blood flow restriction to increase muscle size**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ (ΕΛΛΗΝΙΚΑ).....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ (ΑΓΓΛΙΚΑ) .....	5
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ.....	6
1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ BFR .....	6
1.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ BFR .....	7
2.1 ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΣΤΟ BFR .....	10
2.1.1 ΥΛΙΚΟ ΠΕΡΙΧΕΙΡΙΔΑΣ .....	10
2.1.2 ΠΛΑΤΟΣ ΠΕΡΙΧΕΙΡΙΔΑΣ .....	11
2.1.3 ΕΦΑΡΜΟΖΟΜΕΝΗ ΠΙΕΣΗ .....	12
2.1.4 ΕΝΤΑΣΗ ΑΣΚΗΣΗΣ .....	13
2.1.5 ΟΓΚΟΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ .....	14
2.1.6 ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΑΝΑΠΑΥΣΗ .....	15
2.1.7 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ .....	15
2.1.8 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΣΚΗΣΗΣ .....	16
2.1.9 BFR ΧΩΡΙΣ ΑΣΚΗΣΗ (ΠΑΘΗΤΙΚΑ) .....	16
2.1.10 BFR ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΪΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ .....	16
2.1.11 ΑΕΡΟΒΙΑ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΚΑΙ BFR .....	17
2.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ	
ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΙ BFR .....	17
2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	23
4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	30
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΕΣ .....	31

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Ο περιορισμός της ροής του αίματος αποτελεί μία μέθοδο προπόνησης κατά την οποία ειδικές περιχειρίδες χρησιμοποιούνται στα εγγύς τμήματα των άνω ή κάτω άκρων με σκοπό να εμποδίσει εν μέρει την αρτηριακή εισροή και να εμποδίσει εντελώς την φλεβική επιστροφή.

Σκοπός: Να αναλύσει τα διαθέσιμα στοιχεία που υπάρχουν στην βιβλιογραφία τα οποία αφορούν το συνδυασμό παραδοσιακής προπόνησης υψηλής έντασης και την προπόνηση με αντιστάσεις με την εφαρμογή του περιορισμού της ροής του αίματος στον αθλητικό πληθυσμό συμπεριλαμβανομένων των συστάσεων για την εφαρμογή του.

Υλικό και Μέθοδος: Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση με τις λέξεις κλειδιά "KAATSU" OR "BFR" OR "BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING" χρησιμοποιώντας την βάση αναζήτησης PUBMED τον Οκτώβριο του 2020. Τα κριτήρια εισαγωγής ήταν οι μελέτες που εξετάζουν την προπόνηση με περιορισμό της ροής του αίματος σε συνδυασμό με την παραδοσιακή προπόνηση υψηλής έντασης. Επιπλέον, κριτήριο εισαγωγής ήταν το δείγμα των μελετών να είναι αθλητές. Συλλέχθηκαν δεδομένα που αφορούν τα ατομικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, το σχεδιασμό των μελετών, τα πρωτόκολλα παρέμβασης, τις αυξήσεις σε μυϊκή δύναμη και στο μέγεθος των μυών.

Αποτελέσματα: Συνολικά 6 μελέτες πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής. Από τις μελέτες 3 από αυτές ανέφεραν σημαντικές αυξήσεις στη μυϊκή δύναμη και 3 από αυτές ανέφεραν αυξήσεις στο μέγεθος των μυών σε σχέση με τις ομάδες που προπονήθηκαν χωρίς περιορισμό της ροής του αίματος. Μία από τις μελέτες δεν έδειξε καμία επίδραση της προπόνησης σε καμία από τις παραμέτρους.

Συμπεράσματα: Τα στοιχεία της βιβλιογραφίας δείχνουν ότι η συμπληρωματική προπόνηση με περιορισμό της ροής του αίματος μπορεί να οδηγήσει σε αυξήσεις του μεγέθους των μυών και της μυϊκής δύναμης σε αθλητές. Περεταίρω μελέτες θα μπορούσαν να διεξαχθούν που να εξετάζουν την συμπληρωματική προπόνηση με περιορισμό της ροής του αίματος σε αθλητές ώστε να βρεθεί ο βέλτιστος συνδυασμός πίεσης και έντασης άσκησης για τη μεγιστοποίηση των προσαρμογών.

Λέξεις κλειδιά: "Περιορισμός της ροής του αίματος", "αθλητές", "προπόνηση αντιστάσεων"

## ABSTRACT

Introduction: Blood flow restriction training is a training method in which compressive cuffs are used to the proximal region of the upper or lower limbs with purpose to reduce partly arterial inflow and restrict completely venous return.

Purpose: To analyze the available evidence of the literature relating combination of traditional training with high loads and low loads resistance training with blood flow restriction training in athletes and included recommendations for the application of blood flow restriction training.

Material and methods: A search was performed with key words "KAATSU" OR "BFR" OR "BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING" using PUBMED until October 2020. The admission criteria were articles that examines training with blood flow restriction training combining traditional training with high loads. As well, methods consisted of athletes. Data were collected about individual characteristics of the participants, design of studies, intervention protocols, increases in muscle strength and muscle size.

Results: A total of 6 studies met the admission criteria. Of the studies, 3 of them reported significant increases in muscle strength and 3 of these reported significant increases in muscle size relative to groups without blood flow restriction. One of the studies, showing no effect of BFR in strength and hypertrophy.

Conclusions: The evidence of literature show that the supplementary training with blood flow restriction training can provide increases in muscle strength and muscle size in athletes. Further studies could be conducted to examine supplementary training with blood flow restriction training in athletes to determine optimal combination of pressure and exercise intensity to maximize muscle adaptations.

Key words: "blood flow restriction", "athletes", "resistance training"

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Η προπόνηση με περιορισμό της αιματικής ροής του αίματος (BFR) χρονολογείται από την δεκαετία του 1960 με αρχική ονομασία "KAATSU" (1). Συγκεκριμένα, ο Yoshiaki Sato το 1966 εμπνεύστηκε το "KAATSU" κατά τη διάρκεια μιας θρησκευτικής τελετής. Όπως ήταν γονατισμένος στο πάτωμα, με τα πόδια να βρίσκονται κάτω από το μέρος του σώματος του, ένιωσε τα πόδια του να μουδιάζουν ιδιαίτερα στα σημεία κάτω από τα γόνατα. Καθώς συνεχιζόταν η τελετή, άρχισε να νιώθει έντονη δυσφορία μέχρι που αποφάσισε να τρίψει τα πόδια του για να ανακουφιστεί από το έντονο μούδιασμα. Εκείνη τη στιγμή, παρατήρησε ότι η αίσθηση που ένιωσε ήταν παρόμοια με εκείνη που ένιωθε μετά από έντονη άσκηση των μυών της περιοχής. Θεώρησε ότι αυτό το μυϊκό πρήξιμο και η αίσθηση του μούδιασματος πιθανόν να ήταν αποτέλεσμα του BFR. Έτσι, ο Yoshiaki Sato άρχισε να πειραματίζεται με το BFR προκειμένου να προσδιορίσει την κατάλληλη πίεση που χρειαζόταν και το ιδανικό σημείο που θα έπρεπε να εφαρμοστεί. Το 1973 μετά από ένα ατύχημα, τραυματίστηκε σοβαρά στο γόνατο και στον αστράγαλο. Παρά τη σύσταση του ορθοπαιδικού του για χειρουργείο, εκείνος αρνήθηκε και εφάρμοσε BFR. Κατά το διάστημα εκείνο επισκέφτηκε μετά από λίγες βδομάδες τον ορθοπαιδικό του ο οποίος παρατήρησε ότι όχι μόνο οι μύες του δεν είχαν ατροφήσει αλλά αντίθετα το μέγεθος των μυών αυξήθηκε και επιπλέον ο αστράγαλος και το γόνατο του είχαν θεραπευτεί. Τα επόμενα χρόνια η προπόνηση "KAATSU" άρχισε να γίνεται όλο και πιο δημοφιλής με τη σημερινή μοντέρνα ονομασία "BFR TRAINING" όπου στον ερευνητικό χώρο έχει δημοσιευτεί ένας μεγάλος αριθμός μελετών που εξετάζουν διάφορες μεταβλητές της προπόνησης με BFR σε ποικιλόμορφους πληθυσμούς. (2)

### 1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ BFR

Το BFR αποτελεί μια μέθοδο προπόνησης κατά την οποία περιχειρίδες χρησιμοποιούνται με σκοπό να περιορίσουν εν μέρει την αρτηριακή εισροή και να εμποδίσουν εντελώς τη φλεβική επιστροφή. (3) Οι περιχειρίδες τοποθετούνται στο εγγύς τμήμα των άνω ή κάτω άκρων. Ως συνέπεια αυτού του περιορισμού, λόγω της πίεσης που εφαρμόζεται, η συγκέντρωση του αίματος γίνεται στο άκρο σε απόσταση από τη περιχειρίδα αλλάζοντας το τοπικό περιβάλλον του μυϊκού συστήματος. (2) Το BFR δημιουργεί υποξία στους μυϊκούς ιστούς των άκρων που εφαρμόζεται, με αποτέλεσμα την αυξημένη συσσώρευση μεταβολιτών. Επιπλέον, η πίεση που εφαρμόζεται κάτω από τη περιχειρίδα μπορεί να αυξηθεί περεταίρω κατά τη σύσπαση των μυών. (3)

Οι μηχανισμοί του BFR δεν είναι εντελώς ξεκάθαροι ακόμα και εξακολουθούν να είναι αμφιλεγόμενοι. (2) Η αύξηση στο μέγεθος των μυών συμβαίνει όταν η ισορροπία καθαρής πρωτεΐνης είναι σε θετικά επίπεδα για περισσότερο χρόνο από όταν είναι σε αρνητικά. (4) Φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην μυϊκή υπερτροφία η έκφραση του συμπλέγματος ραπαμκίνης 1 (MTORC 1), μετά τη προπόνηση με αντιστάσεις σε συνδυασμό με BFR. (2) Όταν οι ασκήσεις με αντιστάσεις συνδυάζονται με BFR τότε παρατηρείται πρόωρη κόπωση λόγω της συσσώρευσης μεταβολιτών και του κυτταρικού οιδήματος τα οποία συνεπάγονται τη δημιουργία ενός αναβολικού περιβάλλοντος στο μυϊκό σύστημα. Λόγω του πλήρους περιορισμού της φλεβικής επιστροφής μεταβολίτες όπως γαλακτικό και ιόντα υδρογόνου είναι περιορισμένα στο άκρο όπου εφαρμόζεται BFR. Η συσσώρευση αυτών των μεταβολιτών προκαλεί ενεργοποίηση μυϊκών ινών τύπου 2 και συμβάλλουν επιπλέον στην έναρξη αναβολικών ουσιών. Η συσσώρευση ιόντων υδρογόνου μειώνει τη δέσμευση ασβεστίου στις μυϊκές ίνες τύπου 2 και ενεργοποιούνται με αυτό τον τρόπο και οι μυϊκές ίνες τύπου 1, στις οποίες φαίνεται το μέγεθος τους να αυξάνεται περισσότερο κατά τη προπόνηση με BFR. (2,5) Πιθανόν, η υποξία που δημιουργείται και η συγκέντρωση μεταβολιτών, στο άκρο όπου εφαρμόζεται η πίεση, να έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση υγρών. Το κυτταρικό πρήξιμο είναι παρόμοιο με αυτό που συμβαίνει στη παραδοσιακή προπόνηση υψηλής έντασης χωρίς BFR και πιθανόν να παίζει ρόλο στην μακροπρόθεσμη μυϊκή υπερτροφία. (2)

### 1.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ BFR

Το Αμερικάνικο Κολέγιο Αθλητικής Ιατρικής (ACSM) προτείνει για την αύξηση του μεγέθους των μυών προπόνηση με αντιστάσεις σε φορτίο που κυμαίνεται από 70% μέχρι και 85% της μιας μέγιστης επανάληψης (1RM) για αρχάριους και μέσους ασκούμενους, ενώ το ποσοστό αυτό ανεβαίνει σε προχωρημένους ασκούμενους και φτάνει μέχρι και το 100% της 1RM. (6) Ένα πλήρες πρόγραμμα προπόνησης που περιλαμβάνει την αερόβια άσκηση και τις ασκήσεις με αντιστάσεις μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των ασκούμενων, με καλύτερη ποιοτικά καρδιαγγειακή λειτουργία, με μειωμένες πιθανότητες εμφάνισης στεφανιαίας νόσου, οστεοπόρωσης, προάγει στην απώλεια σωματικού βάρους και αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο κατά της παχυσαρκίας. Επιπλέον, τονίζει τη σημασία της άσκησης με αντιστάσεις στους αθλητές, καθώς όπως έχει αποδειχθεί βελτιώνει τις αθλητικές επιδόσεις σε διάφορα αθλήματα όπως είναι το ποδόσφαιρο, τη κολύμβηση, τη χειροσφαίριση και τον κλασικό αθλητισμό. Ωστόσο, η προπόνηση με BFR έχει αποδειχθεί ότι παρέχει αυξήσεις στο μέγεθος των μυών και της δύναμης σε φορτία πολύ μικρότερα από αυτά. Εντάσεις 20% ως 40% της 1RM σε συνδυασμό με BFR οδήγησαν σε μυϊκή υπερτροφία σε νεαρά άτομα, σε ηλικιωμένους ακόμα και σε καλά προπονημένους αθλητές. (3,7)

Αν και η μέθοδος BFR είναι όπως δείχνουν τα στοιχεία αποτελεσματική και μπορεί να παρέχει μυϊκές προσαρμογές η εφαρμογή της απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και γνώση της μεθοδολογίας καθώς έχουν αναφερθεί παρενέργειες και θέματα ασφάλειας όπως για παράδειγμα έντονο μούδιασμα, καθυστερημένος μυϊκός πόνος και λιποθυμία. (8,9) Πριν από τη συνταγογράφηση προγραμμάτων άσκησης με BFR είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψιν τα ατομικά χαρακτηριστικά των ατόμων όπως ενδεχόμενη φαρμακευτική αγωγή, τρόπος ζωής, εμπειρία στην άσκηση με αντιστάσεις, κάπνισμα, ηλικία κτλ. (8) Θεωρείτε λοιπόν, υψίστης σημασίας η εφαρμογή του BFR να εξατομικεύεται σε κάθε ασκούμενο. Καταστάσεις όπως εγκυμοσύνη στις γυναίκες, ανοιχτά τραύματα, ασταθής υπέρταση αποτελούν όπως δείχνουν τα στοιχεία αντενδείξεις για τη μέθοδο BFR. (8) Είναι πιθανό, η χρήση του BFR να οδηγήσει σε ανεπιθύμητα συμβάντα εάν δεν εφαρμοστεί σύμφωνα με τις συστάσεις των ειδικών. Επιπλέον, μεταβλητές που θα πρέπει να εξεταστούν πριν από τη σύνθεση ενός προγράμματος άσκησης με BFR είναι το υλικό και το πλάτος της περιχειρίδας, την πίεση που θα εφαρμοστεί καθώς και μεταβλητές της παραδοσιακής προπόνησης αντιστάσεων όπως ο τύπος άσκησης, η ένταση και τα διαστήματα ξεκούρασης μεταξύ των συνόλων. (10) Επιπλέον, δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για το αν η προπόνηση με BFR μπορεί να εφαρμοστεί στα άνω και κάτω άκρα ταυτόχρονα πιθανόν γιατί αυτή η κατάσταση μπορεί να φανεί επικίνδυνη. Επιπροσθέτως, η προπόνηση με BFR δεν έχει εφαρμοστεί απ' όσο γνωρίζουμε μέχρι στιγμής σε ανήλικους ασκούμενους επομένως η εφαρμογή της δεν προτείνεται λόγω έλλειψης στοιχείων.

Στην βιβλιογραφία εξετάζονται συνηθέστερα δύο τύποι περιχειρίδων που περιλαμβάνουν ελαστικές περιχειρίδες στις οποίες η πίεση επιτυγχάνεται από τον ίδιο το χρήστη και οι πνευματικές περιχειρίδες στις οποίες η πίεση γίνεται μέσω μιας αντλίας αέρα είτε μέσω μιας συσκευής είτε χειροκίνητα. (4). Σε μελέτες που χρησιμοποιούν πνευματικές περιχειρίδες, στο σύνολο τους η πίεση που εφαρμόζεται προσδιορίζεται ως ένα ποσοστό της αρτηριακής απόφραξης (LOP). (3) Το LOP είναι η τιμή της πίεσης που απαιτείται για να σταματήσει πλήρως η αιματική ροή προς το άκρο. Για να προσδιοριστεί η τιμή του LOP χρησιμοποιείται μηχάνημα Doppler ή όπως παρατηρείται τα τελευταία χρόνια με μια σύγχρονη συσκευή με ενσωματωμένο αισθητήρα πίεσης παλμού. Τελευταία εξετάζεται και η χρήση παλμικού οξύμετρου μόνο για άνω άκρα. (4) Ελαστικές περιχειρίδες έχουν χρησιμοποιηθεί με εφαρμογή υποκειμενικής πίεσης σε μελέτες χωρίς τη μέτρηση του LOP. (11,12,7,13)

Η προπόνηση με BFR φαίνεται να είναι αποτελεσματική για τις μυϊκές ομάδες που επηρεάζονται από τη πίεση. Υπάρχουν στοιχεία, ωστόσο, που δείχνουν ότι και οι μύες που βρίσκονται κοντά στην περιχειρίδα μπορούν να επωφεληθούν από την εφαρμογή του BFR ( όπως είναι για παράδειγμα οι μύες του θώρακα και του ώμου) παρά το γεγονός ότι δεν προορίζονται άμεσα. (14) Είναι αξιοσημείωτο, ότι έχουν



αναφερθεί αυξήσεις στο μέγεθος των μυών ακόμα και σε μυϊκές ομάδες που βρίσκονται μακριά από τις περιχειρίδες. (15)

Τα χαμηλά φορτία που εφαρμόζονται στην προπόνηση με BFR μπορούν να αυξήσουν την μυϊκή δύναμη και τη μυϊκή μάζα χωρίς υψηλές μηχανικές πιέσεις για τις αρθρώσεις και τα οστά. (16) Το γεγονός αυτό καθιστά το BFR μια καλή στρατηγική για ομάδες ατόμων που δεν μπορούν να ασκηθούν με υψηλές εντάσεις όπως για παράδειγμα οι ηλικιωμένοι. Το μέγεθος των μυών μειώνεται κάθε χρόνο σε ένα σημαντικό ποσοστό και λόγω των διάφορων μυοσκελετικών κακώσεων ή παθήσεων που πιθανόν να συνυπάρχουν στα άτομα αυτά, πολλές φορές δεν είναι εφικτή η προπόνηση σε υψηλές εντάσεις. Έχει βρεθεί ότι η αύξηση του μεγέθους των μυών με προπόνηση BFR με χαμηλά φορτία είναι παρόμοια με εκείνη των υψηλών φορτίων. (16) Ακόμα και με πολύ χαμηλής έντασης δραστηριότητες όπως είναι το περπάτημα, μπορεί να έχει μυϊκές προσαρμογές όταν συνδυάζεται με BFR. (16) Τα στοιχεία δείχνουν ότι το BFR μπορεί να εφαρμοστεί σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας έχοντας θετικές προσαρμογές μειώνοντας τη πιθανότητα εμφάνισης κινδύνων όπως οστεοπόρωση, καρδιαγγειακές παθήσεις, πτώσεις και βελτιώνοντας γενικότερα την ποιότητα ζωής των ηλικιωμένων.

Οι προπονημένοι αθλητές ιδιαίτερα εκείνοι της σωματικής διάπλασης έχοντας πολλά χρόνια εμπειρίας στη προπόνηση αντιστάσεων φαίνεται να μην μπορούν να αυξήσουν σημαντικά το μέγεθος των μυών τους μόνο με τη παραδοσιακή προπόνηση υψηλής έντασης. (2) Οι αθλητές που στοχεύουν στη μεγιστοποίηση της μυϊκής υπερτροφίας θα μπορούσαν να εντάξουν στο πρόγραμμα τους τη μέθοδο BFR καθώς λόγω των χαμηλών φορτίων και της μικρής ή μηδενικής μυϊκής βλάβης τους επιτρέπει να προπονηθούν σε μια υψηλή συχνότητα χωρίς πίεση στις αρθρώσεις. (2) Στοιχεία δείχνουν ότι οι αθλητές υψηλού επιπέδου θα μπορούσαν να εντάξουν τη προπόνηση με BFR στο πρόγραμμα τους είτε σε συνδυασμό με την προπόνηση υψηλής έντασης (11) είτε αντικαθιστώντας την παραδοσιακή προπόνηση με τη προπόνηση με BFR. (13)

Μία ανασκόπηση των Scott et al (17) ανέλυσε μελέτες που είχαν δημοσιευτεί μέχρι τον Απρίλιο του 2015. Τα κριτήρια ένταξης ήταν μελέτες όπου το δείγμα αποτελούνταν από αθλητές και το BFR να εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της άσκησης με αντιστάσεις ή αερόβιας προπόνησης. Από τις 11 μελέτες που συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη, 7 από αυτές αναφέρουν αύξηση στο μέγεθος των μυών ή αύξηση της δύναμης, ή και τα δύο. Επιπλέον, δύο από αυτές έδειξαν σημαντικές μεταβολές στις οξείες αποκρίσεις της άσκησης σε συνδυασμό με BFR. Τα ευρήματα της συγκεκριμένης ανασκόπησης έδειξαν ότι η προπόνηση με BFR μπορεί να είναι ωφέλιμη στους προπονημένους αθλητές. Ωστόσο, φαίνεται πως η άσκηση υψηλής έντασης είναι ανα αντικατάστατη όσον αφορά τις νευρικές προσαρμογές. Ως εκ τούτου,

φαίνεται να αποτελεί μια καλή στρατηγική ο συνδυασμός αυτών των δύο σε ένα πρόγραμμα άσκησης που πιθανόν να δώσει ένα μέγιστο ερέθισμα στο μυϊκό σύστημα. (2) Φαίνεται, επιπλέον, ότι η προπόνηση με BFR μπορεί να ενισχύσει ορισμένες αθλητικές δεξιότητες όπως για παράδειγμα η ταχύτητα ή το άλμα. (17)

Η εφαρμογή του BFR στη προπόνηση αντιστάσεων έχει αποδειχθεί ότι έχει πολύ χαμηλή ως μηδενική εμφάνιση μυϊκής βλάβης. Τα στοιχεία δείχνουν ότι η λειτουργικότητα των μυών δεν μειώνεται παρατεταμένα και επιπλέον, οι βιοδείκτες του αίματος που σχετίζονται με τη μυϊκή βλάβη δεν αυξάνονται. (18) Αυτό είναι σημαντικό καθώς οι αθλητές μπορούν να αυξήσουν το μέγεθος των μυών παρόμοια με την υψηλής έντασης προπόνηση παρά τα χαμηλά φορτία που χρησιμοποιούνται συνήθως στη προπόνηση με BFR.

## 2.1 ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΣΤΟ BFR

Η προπόνηση με BFR φαίνεται να αποτελεί μια εναλλακτική ή συμπληρωματική στρατηγική σε ένα σύνολο πληθυσμών. Ωστόσο, λόγω της ιδιαιτερότητας απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την εφαρμογή της ώστε να παρέχει τις μέγιστες μυϊκές προσαρμογές με όσο το δυνατόν λιγότερες πιθανότητες εμφάνισης κάποιας απρόσμενης συνέπειας. Στην ενότητα αυτήν θα αναλυθούν οι μεταβλητές που λαμβάνονται υπόψιν πριν από το σχεδιασμό ενός προγράμματος με BFR καταλήγοντας στις συστάσεις της βιβλιογραφίας.

### 2.1.1 ΥΛΙΚΟ ΠΕΡΙΧΕΙΡΙΔΑΣ

Ελαστικές και νάιλον περιχειρίδες έχουν χρησιμοποιηθεί συνηθέστερα στη βιβλιογραφία για να εξετάσουν την αποτελεσματικότητα του κάθε υλικού, τόσο στο άνω (19) όσο και στο κάτω σώμα (20,21). Όταν ασκείτε πίεση στα άνω άκρα με σκοπό να προσδιοριστεί η τιμή του LOP σε ηρεμία έχει βρεθεί ότι οι περιχειρίδες από νάιλον υλικό απαιτούν λιγότερη συνολικά πίεση για να περιορίσουν πλήρως την αρτηριακή ροή σε σχέση με τις περιχειρίδες από ελαστικό υλικό. (19) Είναι πιθανό, με ελαστικές περιχειρίδες, ιδιαίτερα όταν το πλάτος τους είναι μικρό, να μην μπορεί να επιτευχθεί αρτηριακή απόφραξη ακόμα και με πολύ υψηλές πιέσεις. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι ελαστικές περιχειρίδες προκαλούν συχνά περισσότερη δυσφορία κατά την άσκηση σε σχέση με τις νάιλον. Όταν οι ασκούμενοι, ωστόσο, προπονούνται με BFR σε μια πίεση που υπολογίζεται ως ένα ποσοστό της τιμής του LOP, φαίνεται ότι και τα δύο υλικά παρέχουν παρόμοιες αποκρίσεις. Επιπλέον, ο μέγιστος αριθμός επαναλήψεων που μπορούσαν να εκτελέσουν οι ασκούμενοι φαίνεται να μην επηρεάζονται από το υλικό της περιχειρίδας, γεγονός που υποδηλώνει ότι ο περιορισμός που επιτυγχάνεται είναι παρόμοιος και με τα δύο υλικά όταν η πίεση υπολογίζεται σε σχέση με το LOP. (19) Είναι πιθανό, άτομα που δεν έχουν

εμπειρία στη προπόνηση με αντιστάσεις και έχουν μικρή ανοχή στη δυσφορία να είναι πιο ευνοϊκές οι περιχειρίδες από νάλον υλικό. Σε αντίθεση με τα άνω άκρα, στα κάτω άκρα η τιμή του LOP είναι παρόμοια ανάμεσα στα δύο υλικά και επιπλέον να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά στα επίπεδα δυσφορίας που βιώνουν οι ασκούμενοι. (20,21) Ο μέγιστος αριθμός επαναλήψεων είναι, επίσης, παρόμοιος και στους δύο τύπους περιχειρίδων. Το γεγονός ότι στα άνω άκρα παρατηρήθηκαν διαφορές στις τιμές του LOP ανάμεσα στα δύο υλικά ενώ στα κάτω άκρα οι τιμές ήταν παρόμοιες πιθανόν να δικαιολογείται από τις ανατομικές διαφορές των άκρων. (19) Επιπροσθέτως, έχει αναφερθεί ότι ελαστικές περιχειρίδες διατείνονται κατά τη συστολή των μυών και έτσι επηρεάζουν τη ποσότητα πίεσης που εφαρμόζεται κάτω από τη περιχειρίδα. (22) Τα στοιχεία δείχνουν ότι και οι δύο τύποι περιχειρίδων μπορούν να παρέχουν μυϊκές προσαρμογές. Ωστόσο τονίζεται ότι είναι σημαντικό η πίεση που εφαρμόζεται να υπολογίζεται με βάση τη τιμή του LOP.

### 2.1.2 ΠΛΑΤΟΣ ΠΕΡΙΧΕΙΡΙΔΑΣ

Το πλάτος της περιχειρίδας παίζει σημαντικό ρόλο στη πίεση που απαιτείται για να σταματήσει πλήρως η αιματική ροή. Φαρδιές περιχειρίδες διακόπτουν τη ροή του αίματος σε χαμηλότερες πιέσεις σε σχέση με τις στενές περιχειρίδες. (23) Μια ποικιλία πλάτους περιχειρίδων υπάρχει στη βιβλιογραφία που κυμαίνεται από 5 εκατοστά (cm) μέχρι 12 cm και εξετάζεται η αποτελεσματικότητά τους, συγκρίνονται τα επίπεδα δυσφορίας μεταξύ των μεγεθών και οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι που μπορεί να προκύψουν. Μελέτη που διερεύνησε διαφορετικά μεγέθη περιχειρίδων (5 cm έναντι 12 cm) στα άνω άκρα έδειξε ότι με τις στενές περιχειρίδες οι ασκούμενοι κατάφεραν να εκτελέσουν μεγαλύτερο αριθμό επαναλήψεων σε σχέση με τις φαρδιές περιχειρίδες. (24) Επιπλέον, οι συμμετέχοντες είχαν μειωμένα επίπεδα δυσφορίας με τις στενές περιχειρίδες από ότι με τις μεγαλύτερες. Αξίζει να τονιστεί ότι οι πιέσεις που εφαρμόστηκαν ήταν στο ίδιο ποσοστό σε σχέση με την τιμή του LOP. Οι φαρδιές περιχειρίδες όταν χρησιμοποιούνται για τη προπόνηση των άνω άκρων είναι πολύ πιθανό να περιορίσουν τη κίνηση κατά τη διάρκεια της άσκησης. (10) Ομοίως, στα κάτω άκρα σε περιχειρίδες μεγέθους 5 cm και 15,5 cm που συγκρίθηκαν μεταξύ τους βρέθηκε ότι οι φαρδιές περιχειρίδες είχαν ως αποτέλεσμα μειωμένο συνολικό όγκο προπόνησης και υψηλότερα ποσοστά δυσφορίας. (22) Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκε συσκευή με ενσωματωμένο αισθητήρα που ρύθμιζε αυτόματα τη πίεση κατά τη διάρκεια της άσκησης και ως εκ τούτου πιθανόν να διαφέρει ποσοστιαία σε σχέση με τη τιμή του LOP. Επομένως δεν είναι εντελώς ξεκάθαρο εάν ο μειωμένος όγκος προπόνησης και η δυσφορία που ένιωσαν οι συμμετέχοντες είναι αποτέλεσμα του πλάτους της μανσέτας και όχι της πίεσης που εφαρμόστηκε κατά τη διάρκεια της άσκησης. (22) Οι Loenneke et al (23), ανέφεραν ότι υπήρχαν περιπτώσεις συμμετεχόντων όπου χρησιμοποιήθηκαν στενές περιχειρίδες με πολύ υψηλές πιέσεις (ως και

300 mmHg) αλλά παρόλα αυτά δεν κατάφεραν να πετύχουν LOP. Είναι σημαντικό να τονιστεί, ότι οι υψηλές πιέσεις που απαιτούνται στα κάτω άκρα με τις στενές περιχειρίδες αυξάνουν τη πιθανότητα κινδύνων του νευρικού συστήματος. (19) Τέλος, αν και υπήρχε η ανησυχία για μείωση της υπερτροφίας ακριβώς κάτω από το σημείο που τοποθετείται η περιχειρίδα, ιδιαίτερα όταν εκείνες είναι φαρδιές, φαίνεται ότι η μέτρηση του LOP και η εφαρμογή πίεσης ως ένα ποσοστού αυτού ελαττώνει αυτή τη πιθανότητα. (3) Συνοπτικά, φαίνεται πως όλα τα πλάτη περιχειρίδων μπορούν να φανούν αποτελεσματικά, ωστόσο θεωρείται σημαντικό να εξατομικεύεται ανάλογα με τον ασκούμενο και η πίεση που εφαρμόζεται να είναι σε σχέση με το LOP.

### 2.1.3 ΕΦΑΡΜΟΖΟΜΕΝΗ ΠΙΕΣΗ

Στοιχεία δείχνουν ότι το μέγεθος της περιχειρίδας και τα χαρακτηριστικά του κάθε ατόμου, όπως η περιφέρεια των άκρων, σχετίζονται με τη πίεση που απαιτείται για να σταματήσει πλήρως η αιματική ροή σε ένα άκρο. (23,25,26) Έχει εξηγηθεί ότι η χρήση μιας φαρδιάς περιχειρίδας δημιουργεί μεγαλύτερη αντίσταση στη ροή του αίματος καθώς καλύπτει μεγαλύτερη επιφάνεια. (27) Κατά συνέπεια θα χρειαστεί μικρότερη ποσότητα πίεσης απ' ότι θα χρειαζόταν με μια πιο στενή περιχειρίδα. Μελέτη έχει αποδείξει ότι τα άκρα με μεγαλύτερη περιφέρεια απαιτούν υψηλότερες πιέσεις σε σχέση με άκρα με μικρότερη περιφέρεια για να επιτευχθεί LOP. (23) Επιπλέον, σύμφωνα με τις συστάσεις των ερευνητών είναι σημαντικό η μέτρηση του LOP να γίνεται στη θέση που πρόκειται να ασκηθεί το κάθε άτομο (2). Υπάρχουν ευρήματα που δηλώνουν ότι η τιμή του LOP διαφέρει όταν μετριέται σε ύπτια, όρθια και καθιστή θέση. Συγκεκριμένα, η τιμή του LOP ήταν χαμηλότερη στην ύπτια απ' ότι στη καθιστή, και η καθιστή είχε χαμηλότερες τιμές από την όρθια. (28) Λαμβάνοντας υπόψιν τα στοιχεία αυτά φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματικό η πίεση που εφαρμόζεται να προσδιορίζεται σε σχέση με την τιμή του LOP και όχι ως απόλυτες τιμές. Επιπλέον, έχει μελετηθεί η αποτελεσματικότητα της προπόνησης με BFR εφαρμόζοντας υποκειμενικές πιέσεις μη μετρήσιμες όπως για παράδειγμα πίεση "7/10". (11) Αν και μπορεί να φανεί αποτελεσματική, αυτή η στρατηγική δεν είναι ακριβής καθώς σε παρόμοια μελέτη έχει βρεθεί ότι υπήρχε υπό εκτίμηση ή υπέρ εκτίμηση του LOP. (29) Μία λανθασμένη υποκειμενική αντίληψη της πίεσης που εφαρμόζεται μπορεί να οδηγήσει τον ασκούμενο να προπονηθεί με υψηλές πιέσεις σε καταστάσεις LOP ή με χαμηλότερες που δεν θα παρέχουν κάποιο όφελος. Από την μέχρι τώρα βιβλιογραφία φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο η ένταση της άσκησης που θα προπονηθεί ένα άτομο για να προσδιοριστεί το κατάλληλο ποσοστό πίεσης με τις βέλτιστες προσαρμογές. (30,31,32) Οι Michael J (31) μελέτησαν διαφορετικές εφαρμοζόμενες πιέσεις σχετικές με το LOP (40%, 60%, 80% του LOP και χωρίς BFR) σε ένταση που αντιστοιχεί στο 20% του 1RM. Η ομάδα που εφάρμοσε πίεση στο 40% του LOP είχε παρόμοια αποτελέσματα με την ομάδα που δεν εφάρμοσε BFR. Επομένως, φαίνεται πως η

πίεση στο 40% του LOP ήταν ανεπαρκής για να παρέχει προσαρμογές στους μύες. Οι υψηλότερες πιέσεις στο 60% και στο 80% πιθανόν να δημιούργησαν ένα πιο ευνοϊκό μεταβολικό περιβάλλον και να ήταν πιο αποτελεσματικές. Φαίνεται ότι υπάρχει μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ έντασης και πίεσης που απαιτείται για είναι αποτελεσματική η μέθοδος του BFR. Με υψηλότερα φορτία άσκησης, μικρότερες πιέσεις είναι όπως δείχνουν τα στοιχεία αποτελεσματικές. Σε μελέτη που σύγκρινε δύο διαφορετικές εντάσεις (20% και 40% του IRM ) με διάφορες πιέσεις (40% και 80% του LOP) βρέθηκε ότι όταν τα φορτία ήταν στο 40% του IRM και οι δύο πιέσεις ήταν αποτελεσματικές στην αύξηση του μεγέθους των μυών. Αυτό υποδηλώνει ότι σε πιο υψηλά φορτία περίπου στο 40% του IRM η πρόσθετη πίεση να μην παρέχει κάποιο επιπλέον όφελος. Αξίζει να τονιστεί ότι οι εξαιρετικά υψηλές πιέσεις προκαλούν συχνά δυσφορία και αυξάνουν τη πιθανότητα κάποιου ανεπιθύμητου συμβάντος χωρίς να προσφέρουν κάποιο επιπλέον όφελος. (9,32) Μία μελέτη ακόμα που σύγκρινε μια ποικιλία πιέσεων που κυμαίνεται από 40% μέχρι και 90% του LOP σε ένταση άσκησης 30% του IRM στα άνω άκρα, έδειξε ότι η πίεση που αντιστοιχούσε στο 40% του LOP ήταν αρκετή για να αυξήσει το μέγεθος των μυών μετά από 8 εβδομάδες που διήρκεσε η έρευνα. (32) Οι υψηλότερες πιέσεις όχι μόνο δεν παρείχαν κάποιο επιπλέον όφελος αλλά αντιθέτως προκάλεσαν μεγαλύτερες βαθμολογίες δυσφορίας κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Εν κατακλείδι, τα ποσοστά πίεσης κυμαίνονται από 40% ως 80% του LOP και φαίνεται να είναι αποτελεσματικά στις περισσότερες περιπτώσεις, με τα υψηλά ποσοστά να εφαρμόζονται όταν τα φορτία είναι πολύ χαμηλά (20% του IRM).

#### 2.1.4 ΕΝΤΑΣΗ ΑΣΚΗΣΗΣ

Έχει αποδειχθεί ότι διαφορετικά μεγέθη φορτίων προκαλούν και διαφορετικές προσαρμογές στη δύναμη και την μυϊκή υπερτροφία. (6) Όταν συνδυάζεται η προπόνηση με BFR εντάσεις άσκησης μεταξύ 20% και 40% του IRM μπορούν να είναι αποτελεσματικά. (3) Μικρότερες εντάσεις όπως για παράδειγμα 15% μπορούν να αυξήσουν το μέγεθος των μυών αλλά σε πολύ μικρό βαθμό. (33) Οι Buckner et al (33) σύγκριναν 4 τέσσερις συνθήκες προπόνησης χαμηλό φορτίο, στο 15% του IRM, 1) χωρίς BFR 2) με BFR στο 40% του LOP 3) με BFR στο 80% του IRM και παραδοσιακή προπόνηση υψηλής έντασης. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι το εξαιρετικά χαμηλό φορτίο δεν είναι αρκετό για να προκαλέσει μυϊκή υπερτροφία. Επιπλέον φάνηκε ότι ακόμα και με υψηλές πιέσεις (80 % του LOP) δεν επιτεύχθηκε αύξηση το μεγέθους των μυών. Υπάρχουν στοιχεία που δηλώνουν ότι όταν τα φορτία είναι περίπου στο 20% του IRM σε ασκήσεις των κάτω άκρων πιθανόν να απαιτούνται αρκετά υψηλές πιέσεις περίπου στο 80% του LOP, για να έχει μυϊκές προσαρμογές. (31) Αντίθετα, φαίνεται ότι τα φορτία που αντιστοιχούν πάνω από το 50% να μην παρέχουν κάποιο πρόσθετο όφελος κατά την άσκηση με BFR σε ενεργά άτομα.

(34) Επιπλέον, μελέτη που διερεύνησε μέτρια (μέγιστη προσπάθεια 12 επαναλήψεων) και υψηλά φορτία (μέγιστη προσπάθεια 6 επαναλήψεων) έδειξε ότι η χρήση του BFR δεν παρείχε πρόσθετο ερέθισμα για την αύξηση της δύναμης ή της υπερτροφίας. (35) Αξίζει να σημειωθεί ότι όταν, στη συγκεκριμένη μελέτη, η πίεση που εφαρμόστηκε παρέμενε συνεχόμενα κατά την άσκηση (ακόμα και στις περιόδους ανάπαυσης μεταξύ των συνόλων) οι συμμετέχοντες δήλωσαν έντονη δυσφορία. Φαίνεται ότι τα υψηλά φορτία παρέχουν ήδη ένα μέγιστο ερέθισμα και η εφαρμογή του BFR να μην παρέχει επιπλέον όφελος. Ωστόσο, έχουν αναφερθεί σημαντικές βελτιώσεις στην μυϊκή δύναμη και τις αθλητικές επιδόσεις σε πολύ καλά προπονημένους αθλητές που προπονήθηκαν σε εντάσεις στο 70% του 1RM. (15)

Συνοπτικά, τα στοιχεία δείχνουν ότι εντάσεις από 20% μέχρι 50 % του 1RM είναι αρκετές για να αυξήσουν το μέγεθος των μυών και τη μυϊκή δύναμη. Ωστόσο μεγαλύτερες εντάσεις μπορεί να είναι αποτελεσματικές σε πολύ καλά προπονημένους αθλητές.

#### 2.1.5 ΟΓΚΟΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ

Στη βιβλιογραφία οι μελέτες που εξετάζουν τη προπόνηση με BFR χρησιμοποιούν συνήθως ένα πρωτόκολλο άσκησης που περιλαμβάνει 4 σύνολα άσκησης, 30 επαναλήψεις το πρώτο σύνολο ακολουθούμενο από 3 σύνολα των 15 επαναλήψεων. (3) Καθώς η σχέση μεταξύ έντασης και αριθμού επαναλήψεων είναι αντιστρόφως ανάλογη (10) και λαμβάνοντας υπόψη ότι η προπόνηση με BFR γίνεται συνήθως με χαμηλά φορτία συμπεραίνουμε ότι ο συνολικός αριθμός επαναλήψεων είναι συχνά πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τη παραδοσιακή προπόνηση. Καθώς ασκείται σταδιακά πίεση στην περιχειρίδα πριν από την έναρξη της άσκησης η συσσώρευση μεταβολιτών είναι σε χαμηλά επίπεδα και δίνει τη δυνατότητα στον ασκούμενο να εκτελέσει έναν μεγάλο αριθμό επαναλήψεων στο πρώτο σύνολο άσκησης. Στα σύνολα που ακολουθούν αυξάνεται σταδιακά και η συσσώρευση μεταβολιτών και σε συνδυασμό με την μεταβολική οξέωση στη συσταλτική λειτουργία κουράζουν τον ασκούμενο και για το λόγο αυτό μειώνεται ο αριθμός των πιθανών επαναλήψεων. (10) Οι Martin-Hernandez (36) σύγκριναν 2 διαφορετικούς όγκους προπόνησης σε συνδυασμό με BFR και τη παραδοσιακή προπόνηση υψηλής έντασης. Η πρώτη ομάδα εκτέλεσε ένα πρωτόκολλο 30-15-15-15 επαναλήψεων. Η δεύτερη ομάδα διπλασίασε τον όγκο αυτό μετά από 5 λεπτά ξεκούρασης. Η τρίτη ομάδα προπονήθηκε χωρίς BFR με υψηλή ένταση αποτελούμενη από 3 σύνολα των 8 επαναλήψεων. Οι 3 ομάδες προπονήθηκαν για 5 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα της μελέτης ήταν ότι οι ομάδες που προπονήθηκαν με BFR είχαν παρόμοιες αυξήσεις στην δύναμη και τη μυϊκή υπερτροφία. Επομένως φαίνεται πως ο διπλασιασμός του όγκου προπόνησης δεν πρόσφερε κάποιο επιπλέον όφελος. Ωστόσο αξίζει να τονιστεί ότι η πίεση που εφαρμόστηκε ήταν απόλυτη τιμή των 110 mmHg και δεν προσδιορίστηκε σε σχέση με το LOP του κάθε

συμμετέχοντα. Αυτό είναι σημαντικό καθώς υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν ότι τα ατομικά χαρακτηριστικά όπως η περιφέρεια των άκρων παίζουν ρόλο στην εφαρμογή της πίεσης. (23,25,26)

Αν και υπάρχουν μελέτες που εξετάζουν την εκτέλεση μέγιστου αριθμού επαναλήψεων, αυτή η τακτική πιθανόν να αυξήσει τον απαιτούμενο χρόνο ανάκαμψης μειώνοντας έτσι τη συχνότητα προπόνησης. (3,2)  
Η τακτική αυτή πιθανόν να είναι αναγκαία στους πολύ καλά προπονημένους αθλητές. Αντίθετα σε άλλους πληθυσμούς, όπως κλινικούς πληθυσμούς φαίνεται να μην είναι απαραίτητη. (2)

Συμπερασματικά ένα πρωτόκολλο 30-15-15-15 επαναλήψεων φαίνεται να είναι αποτελεσματικό καθώς έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει τη δύναμη και τη μυϊκή υπερτροφία.

#### 2.1.6 ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΑΝΑΠΑΥΣΗ

Το μεταβολικό στρες θεωρείται βασικός παράγοντας των φυσιολογικών αποκρίσεων κατά την άσκηση με BFR. (10) Η πλειονότητα των μελετών χρησιμοποιεί περιόδους ανάπαυσης που κυμαίνονται μεταξύ 30 και 60 δευτερολέπτων που αντικατοπτρίζουν τις συστάσεις για τη βέλτιστη προσαρμογή των μυών. Μεγαλύτερες περίοδοι ανάπαυσης μεταξύ των συνόλων φαίνεται να μην παρέχουν κάποιο όφελος της μεθόδου BFR σε σχέση με τη παραδοσιακή προπόνηση. (3) Η γενική συναίνεση είναι η συνεχής εφαρμογή της πίεσης ακόμα και κατά τη διάρκεια των περιόδων ανάπαυσης καθώς φαίνεται πως η φλεβική συγκέντρωση που παρατηρείται αυξάνει το κυτταρικό οίδημα το οποίο θεωρείται σημαντική μεταβλητή για την αύξηση του μεγέθους των μυών. (10) Επιπλέον, φαίνεται πως όταν η πίεση αφαιρείται κατά τα διαστήματα ανάπαυσης τα επίπεδα οξυγόνου των ιστών τείνουν να επανέρχονται σε φυσιολογικά επίπεδα και έτσι το μεταβολικό στρες μειώνεται. (2)

#### 2.1.7 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ

Τα στοιχεία της βιβλιογραφίας δείχνουν ότι η προπόνηση με BFR προκαλεί πολύ μικρή έως καθόλου μυϊκή βλάβη. (18) Αυτό επιτρέπει στους ασκούμενους να προπονηθούν σε μια υψηλή συχνότητα προπόνησης Έχει παρατηρηθεί ότι μιας χαμηλής έντασης άσκηση με συχνότητα ακόμα και δύο φορές την ημέρα για ένα σύντομο χρονικό διάστημα οδήγησε σε αύξηση της δύναμης και του μεγέθους των μυών όταν συνδυάστηκε με BFR. (10) Προπονήσεις συχνότητας 2 με 3 φορές την εβδομάδα έχει αποδειχθεί ότι είναι αρκετό για να έχει θετικές προσαρμογές. (3) Επιπλέον, είναι σημαντικό να αναφερθεί η συχνότητα που προτείνεται να μετρίεται η τιμή του LOP. Οι πιέσεις που απαιτούνται για να επιτευχθεί το LOP έχει αποδειχθεί ότι παραμένει παρόμοια σε υγιή άτομα για περίπου 8 εβδομάδες. Προτείνεται επομένως, να επαναπροσδιορίζεται το LOP κάθε 4-8 εβδομάδες περίπου. (2)

#### 2.1.8 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΣΚΗΣΗΣ

Αύξηση στο μέγεθος των μυών έχει παρατηρηθεί σε σύντομη διάρκεια προγραμμάτων άσκησης, όπως 1-3 εβδομάδες. (3) Η πλειονότητα των μελετών έχει εξετάσει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου σε χρονικά διαστήματα πάνω από 3 εβδομάδες. Μελέτες σε αθλητές έχουν δείξει κέρδη σε διαστήματα 4 (12), 7 (7), και 8 εβδομάδων (13). Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχουν πολλά στοιχεία για μεγάλες χρονικές περιόδους προπόνησης με BFR και τις μακροπρόθεσμες επιδράσεις του (πάνω από 16 εβδομάδες) όπου είναι πολύ πιθανό να εμφανιστούν κίνδυνοι όπως δυσκαμψία. Για την αποφυγή επομένως κάποιου ανεπιθύμητου συμβάντος προτείνεται μετά από μεγάλες χρονικές περιόδους εφαρμογής του BFR να μεσολαβεί ένα διάστημα περίπου 4 εβδομάδων μόνο παραδοσιακής προπόνησης χωρίς BFR. (2)

#### 2.1.9 BFR ΧΩΡΙΣ ΑΣΚΗΣΗ (ΠΑΘΗΤΙΚΑ)

Μια ακόμα στρατηγική του BFR η διαλείπουσα εφαρμογή του χωρίς άσκηση. Έχει αποδειχθεί ότι η τεχνική αυτή είναι ικανή να μετριάσει την απώλεια δύναμης και μυϊκού ιστού σε άτομα που βρίσκονται σε ακινησία ή σε ασκούμενους που βρίσκονται σε περιόδους ανάπαυσης. (3) Αυτή η μέθοδος πιθανόν να αποτελεί μια καλή λύση για άτομα που έχουν προγραμματισμένη μια χειρουργική επέμβαση καθώς θα διατηρήσουν τη μυϊκή τους μάζα και ενδεχομένως να χρειαστεί λιγότερος χρόνος για την αποκατάσταση τους μετά το χειρουργείο. Το πρωτόκολλο περιλαμβάνει 5 λεπτά BFR χωρίς άσκηση με την πίεση να αφαιρείται για 3 λεπτά για περίπου 3-4 σύνολα. Η πίεση ποικίλει από 50 mmHg μέχρι 260 mmHg. (3) Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν έχει δώσει ιδιαίτερη προσοχή στους ερευνητές και είναι το μοναδικό πρωτόκολλο που έχει μελετηθεί.

#### 2.1.10 BFR ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΪΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

Το BFR έχει συνδυαστεί χωρίς άσκηση και με ταυτόχρονη ηλεκτρομυϊκή διέγερση. (3) Σε μελέτη που διεξήχθη, 8 νεαροί υγιείς άνδρες υποβλήθηκαν σε ηλεκτρομυϊκή διέγερση και ταυτόχρονα BFR στο ένα τους πόδι ενώ στο άλλο χωρίς BFR (37). Η διάρκεια κάθε συνεδρίας ήταν 23 λεπτά και η συχνότητα ήταν 2 φορές την εβδομάδα. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι το πόδι που συνδύασε τις δύο μεθόδους είχε αύξηση του μεγέθους των μυών και της δύναμης. Φαίνεται πως ο συνδυασμός των συσπάσεων των μυών μέσω της ηλεκτρομυϊκής διέγερσης σε συνδυασμό με το BFR μπορεί να αυξήσει τις μυϊκές προσαρμογές σε σχέση με την ακινησία. Πιθανόν, αυτή η στρατηγική να είναι ωφέλιμη σε ασθενείς που νοσηλεύονται σε κλινικές και λόγω σκελετικών ή μυϊκών κακώσεων και παθήσεων να μην τους επιτρέπεται η κίνηση. Ωστόσο, τα στοιχεία πάνω στο συνδυασμό των μεθόδων δεν είναι ακόμα πολλά κι επομένως απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση πάνω στο θέμα. (3)



Οι μεταβλητές παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα της προπόνησης με BFR. Είναι απαραίτητο πριν από το σχεδιασμό ενός προγράμματος να συνδυαστούν κατάλληλα ανάλογα με το πληθυσμό, το στόχο και την εμπειρία των ασκούμενων στη προπόνηση με αντιστάσεις ώστε να τους παρέχει όσο το δυνατόν καλύτερες προσαρμογές ελαχιστοποιώντας ενδεχόμενους κινδύνους. Φαίνεται πως για διαφορετικούς πληθυσμούς είναι και διαφορετικός ο ιδανικός συνδυασμός των μεταβλητών για τα βέλτιστα οφέλη από τη προπόνηση.

#### 2.1.11 ΑΕΡΟΒΙΑ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΚΑΙ BFR

Η αερόβια προπόνηση σε συνδυασμό με τη μέθοδο BFR έχει χρησιμοποιηθεί σε μια ποικιλία πληθυσμών και έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να έχει επιπρόσθετες προσαρμογές για την αύξηση του μεγέθους των μυών, της δύναμης και της αερόβιας ικανότητας (3). Επιπλέον, βελτιώνει την λειτουργική ικανότητα των ατόμων, την εκτέλεση των καθημερινών του δραστηριοτήτων και την υγεία (3) Η αερόβια προπόνηση χρησιμοποιείται και από τους αθλητές που εκτός από την αντοχή τους στοχεύουν στην αύξηση της ενεργειακής δαπάνης με σκοπό τη μείωση του λιπώδους ιστού. (4) Ωστόσο, η αερόβια χαμηλής έντασης άσκηση μπορεί να επηρεάσει την μυϊκή υπερτροφία των αθλητών όταν γίνεται για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η αερόβια με BFR έχει αποδειχθεί ότι όχι μόνο δεν αυξάνει τη κόπωση των μυών μετά την άσκηση (4) αλλά αντίθετα φαίνεται να αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη διατηρώντας ή και αυξάνοντας το μέγεθος των μυών στα κάτω άκρα. (38) Επίσης, οι οξείες αποκρίσεις και το μέγεθος των μυών φαίνεται να είναι αυξημένες σε σχέση με την αερόβια που πραγματοποιείται χωρίς BFR. (39) Προτείνεται μία ένταση περίπου 30% με 40% του αποθεματικού καρδιακού ρυθμού. Τέλος, επί του παρόντος φαίνεται να μην υπάρχουν στοιχεία για τις αυξήσεις στην μυϊκή υπερτροφία σε ταυτόχρονη αερόβια προπόνηση με BFR και προπόνηση αντιστάσεων.

#### 2.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΙ BFR

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση με τις λέξεις κλειδιά "KAATSU" OR "BFR" OR "BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING" χρησιμοποιώντας την βάση αναζήτησης PUBMED τον Οκτώβριο του 2020. Τα κριτήρια εισαγωγής ήταν οι μελέτες που εξετάζουν την προπόνηση με περιορισμό της ροής του αίματος σε συνδυασμό με την παραδοσιακή προπόνηση υψηλής έντασης. Επιπλέον, κριτήριο εισαγωγής ήταν το δείγμα των μελετών να είναι αθλητές. Συλλέχθηκαν δεδομένα που αφορούν τα ατομικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, το σχεδιασμό των μελετών, τα πρωτόκολλα παρέμβασης, τις αυξήσεις σε μυϊκή δύναμη και στο μέγεθος των μυών.

Ο συνδυασμός πρωτόκολλων υψηλής έντασης άσκησης και προπόνησης με BFR σε προπονημένους αθλητές φαίνεται να είναι αποτελεσματικός, ωστόσο τα αποτελέσματα των ερευνών δείχνουν ότι αυτό δεν συμβαίνει πάντα. Στην ενότητα αυτή θα αναλυθούν μελέτες που χρησιμοποιούν ταυτόχρονα προπόνηση με υψηλό φορτίο και προπόνηση με BFR. Μερικές από αυτές τις μελέτες χρησιμοποίησαν τη μέθοδο BFR με χαμηλά φορτία σαν επιπρόσθετη προπόνηση μετά τη προπόνηση υψηλής έντασης (12,7,11), μία μελέτη εξέτασε το BFR και πριν και μετά τη παραδοσιακή προπόνηση (13), μία από αυτές εφάρμοσε μόνο το BFR με χαμηλές εντάσεις για μια χρονική περίοδο (5) και μία μελέτη εφάρμοσε BFR σε υψηλές εντάσεις (15). Από τις μελέτες, 3 από αυτές ανέφεραν σημαντικές αυξήσεις στη μυϊκή δύναμη (12,7,15) και 3 από αυτές ανέφεραν αυξήσεις στο μέγεθος των μυών (12,7,5). Μία από τις μελέτες δεν έδειξε καμία επίδραση της προπόνησης σε καμία από τις παραμέτρους (11) και μία από τις μελέτες δεν έδειξε ότι υπήρχαν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων. (13) Οι περισσότερες μελέτες χρησιμοποίησαν ελαστικές περιχειρίδες και μια χρησιμοποίησε πνευματική. Τα δείγματα ήταν από 19 (το μικρότερο) ως 62 (το μεγαλύτερο) άτομα. Η ελάχιστη εμπειρία άσκησης που αναφέρεται είναι στο 1 έτος. Η συχνότητα προπόνησης ποικίλει από 2 ως 5 φορές την εβδομάδα.

Η μέθοδος προπόνησης με BFR χρησιμοποιήθηκε ως συμπληρωματική προπόνηση στην έρευνα των Scott et al (11) σε 21 ημι- επαγγελματίες αθλητές. Οι Αυστραλιανοί αθλητές ποδοσφαίρου είχαν ηλικία 19,8 ετών μέσο όρο. Όλοι οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα έντυπο συναίνεσης πριν από τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Η συνολική διάρκεια του προγράμματος ήταν 5 εβδομάδες, στις οποίες οι αθλητές εκτός από την προγραμματισμένη προπόνηση αντιστάσεων της ομάδας πρόσθεσαν μια άσκηση χαμηλής έντασης με ή χωρίς BFR. Η συχνότητα της προπόνησης ήταν 3 φορές την εβδομάδα. Μετά τη προπόνηση με αντιστάσεις ακολούθησε προπόνηση τακτικής της ομάδας. Πριν από την έναρξη του προγράμματος της μελέτης έγιναν μετρήσεις στη μυϊκή δύναμη (3RM) στην άσκηση με καθίσματα που ήταν και η συμπληρωματική άσκηση, στη μυϊκή αντοχή, στο άλμα και στην ταχύτητα. Για την αξιολόγηση της μυϊκής αντοχής οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να εκτελέσουν το μέγιστο αριθμό επαναλήψεων που μπορούσαν στο 40% του προβλεπόμενου 1RM στην ίδια άσκηση. Η άσκηση πραγματοποιήθηκε σε μία ένταση που αντιστοιχούσε στο 20% με 30% του προβλεπόμενου 1RM, τα σύνολα ήταν 4 (30-15-15-15 επαναλήψεις) και τα διαστήματα ξεκούρασης ανάμεσα στα σύνολα ήταν 30 δευτερόλεπτα. Οι ποδοσφαιριστές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα εκτέλεσε την συμπληρωματική άσκηση με BFR ενώ η δεύτερη χωρίς BFR. Χρησιμοποιήθηκαν ελαστικές περιχειρίδες για το BFR που εφάρμοσε η πρώτη ομάδα σε μια υποκειμενική πίεση που αντιστοιχούσε σε μια κλίμακα '7/10'. Συνολικά, 18 συμμετέχοντες συμπεριελήφθησαν στην ανάλυση καθώς ένας από αυτούς τραυματίστηκε στη προπόνηση του αθλήματος και 2 από αυτούς δεν παρακολούθησαν το απαιτούμενο

ποσοστό συνεδριών. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι δεν παρατηρήθηκαν διαφορές σε καμία από τις δύο ομάδες. Παρατηρήθηκαν αλλαγές στις μετρήσεις του 3RM πριν και μετά τη περίοδο προπόνησης και στις δύο ομάδες. Επιπλέον, υπήρχαν αυξήσεις στο μέγιστο αριθμό επαναλήψεων που μπορούσαν να εκτελέσουν οι αθλητές πριν και μετά τη περίοδο προπόνησης. Η απόδοση στη ταχύτητα και στο άλμα δεν βελτιώθηκε, επίσης, σε καμία από τις δύο ομάδες. Όταν οι ομάδες συγκρίθηκαν μεταξύ τους βρέθηκαν παρόμοια αποτελέσματα σε όλες τις παραμέτρους. Η δύναμη αυξήθηκε παρά το γεγονός ότι το μέγεθος των μυών δεν άλλαξε. Αυτό υποδηλώνει ότι η αύξηση της δύναμης ήταν αποτέλεσμα νευρικών διαδικασιών και όχι λόγω υπερτροφίας. Τα ευρήματα της μελέτης υποστηρίζουν ότι η προσθήκη ενός συμπληρωματικού πρωτοκόλλου με χαμηλές εντάσεις (20-30% του 1RM) και BFR δεν παρείχε επιπλέον αυξήσεις στο μέγεθος των μυών, τη μυϊκή δύναμη και αντοχή και επίσης δεν ενίσχυσε τις αθλητικές επιδόσεις στο άλμα και στην ταχύτητα.

Μία ακόμη μελέτη χρησιμοποίησε τη προπόνηση BFR χαμηλών φορτίων ως συμπληρωματική μετά από προπόνηση υψηλής έντασης. (5) Οι συμμετέχοντες ήταν 16 “Powerlifters” και είχαν μέσο όρο ηλικίας 25 ετών. Χωρίστηκαν σε δύο ίσες ομάδες. Η πρώτη ομάδα ήταν η πειραματική όπου εκτός από το πρωτόκολλο άσκησης που σχεδιάστηκε από τους προπονητές τους, το οποίο ήταν με υψηλά φορτία, εκτέλεσε τη πρώτη και τρίτη εβδομάδα 5 συμπληρωματικές συνεδρίες αμέσως μετά τις κανονικές προπονήσεις. Σε κάθε συμπληρωματική συνεδρία, οι αθλητές πραγματοποίησαν 4 σύνολα στην άσκηση καθίσματα. Το πρώτο και το τέταρτο σύνολο εκτέλεσαν επαναλήψεις μέχρι την εθελοντική αποτυχία. Στο δεύτερο και τρίτο σύνολο εκτέλεσαν 15 και 12 επαναλήψεις αντίστοιχα. Η δεύτερη ομάδα πραγματοποίησε το ίδιο πρόγραμμα με τη διαφορά ότι στις εβδομάδες 1 και 3 εκτέλεσαν τα καθίσματα σε ένταση 60% με 85% του 1RM για 6-7 σύνολα. Το πρόγραμμα υψηλής έντασης που προπονήθηκαν και οι δύο ομάδες ήταν προπόνηση δύναμης και περιείχε ασκήσεις όπως παραλλαγή των καθισμάτων, πίεσης στήθους σε πάγκο, παραλλαγή των άρσεων θανάτου και ασκήσεις για τους δικέφαλους και τρικέφαλους μύες των χεριών. Το φορτίο ήταν αυξανόμενο προοδευτικά από 60% μέχρι και 85% του 1RM. Η ένταση της άσκησης στην ομάδα που προπονήθηκε με BFR ήταν περίπου στο 24% του 1RM στη πρώτη εβδομάδα και περίπου 31% στην τρίτη. Για το BFR της πειραματικής ομάδας χρησιμοποιήθηκαν ελαστικές περιχειρίδες (πλάτους 7,6 εκατοστά) στο εγγύς μέρος των κάτω άκρων. Οι προπονητές εκπαίδευσαν τους αθλητές στη διαδικασία να ασκήσουν πίεση με τις περιχειρίδες σε μια υποκειμενική αίσθηση της πίεσης που αντιστοιχούσε σε περίπου 120 mmHg. Η τιμή της πίεσης που επιλέχθηκε να εφαρμοστεί υπολογίστηκε από την πίεση που επέλεξε παρόμοια μελέτη συνυπολογίζοντας το πλάτος της περιχειρίδας που χρησιμοποιήθηκε. Κατά τη διάρκεια των προπονήσεων με BFR υπήρχαν προπονητές που ελέγχαν τη διαδικασία. Αξιολογήθηκαν η δύναμη των μυών, το μέγεθος των μυών πριν και μετά τη

μελέτη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πειραματική ομάδα είχε σημαντικά μεγαλύτερες μεταβολές στο μέγεθος των μυών. Επιπλέον έπειτα από εξέταση παρατηρήθηκε μεγαλύτερη υπερτροφία των μυϊκών ινών τύπου 1 σε σχέση με τις μυϊκές ίνες τύπου 2. Ωστόσο, παρά την σημαντικότερη αύξηση στην μυϊκή υπερτροφία δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στην δύναμη μεταξύ των ομάδων. Συνοπτικά, τα ευρήματα της μελέτης δείχνουν ότι η παρέμβαση BFR σε προπονημένους Powerlifters είχε σημαντικές προσαρμογές στη σύσταση των μυών. Επιπλέον, φαίνεται πως στη προπόνηση με BFR έχει περισσότερες προσαρμογές στις μυϊκές ίνες τύπου 1.

Οι Lowery et al. (13) διερεύνησαν ένα συνδυασμένο πρωτόκολλο προπόνησης για συνολικά 8 εβδομάδες. Τα άτομα που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν 20 άντρες με μέσο όρο ηλικίας 23 ετών. Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν εμπειρία τουλάχιστον ένα χρόνο στη προπόνηση με αντιστάσεις και επιπλέον έδωσαν γραπτή συγκατάθεση για τη συμμετοχή τους. Το πρόγραμμα περιείχε μία συμπληρωματική προπόνηση με BFR χαμηλού φορτίου. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα εκτέλεσε την συμπληρωματική άσκηση πριν από τη προπόνηση υψηλής έντασης κατά τις πρώτες 4 εβδομάδες και τις υπόλοιπες 4 εβδομάδες μετά. Η δεύτερη ομάδα το αντίθετο. Η εφαρμογή του BFR έγινε στα άνω άκρα στην άσκηση κάμψεις δικεφάλου η οποία εκτελέστηκε μαζί με το υπόλοιπο πρόγραμμα κάθε Δευτέρα και Παρασκευή. Το υπόλοιπο πρόγραμμα είχε ασκήσεις με υψηλά φορτία όπως πρέσα ποδιών, πιέσεις ώμων, πιέσεις στήθους κ.α. Ο συνολικός όγκος προπόνησης ήταν παρόμοιος και στις δύο ομάδες. Το μέγεθος των δικεφάλων βραχιόνων των χεριών μετρήθηκε με μηχανήμα υπερήχων πριν την έναρξη του προγράμματος, στις 4 εβδομάδες και στο μετά το πέρας του προγράμματος. Για τον προσδιορισμό του 1RM οι συμμετέχοντες μετρήθηκαν στην άσκηση κάμψεις δικεφάλου εκτελώντας 10RM. Για το BFR χρησιμοποιήθηκαν περιχειρίδες με υποκειμενική πίεση που αντιστοιχούσε σε μία κλίμακα “6-7/10”. Το πρωτόκολλο προπόνησης με BFR ήταν 3 σύνολα των 30 επαναλήψεων σε ένταση περίπου στο 30% του προβλεπόμενου 1RM. Η ομάδα χωρίς BFR εκτέλεσε 3 σύνολα των 15 επαναλήψεων σε ένταση περίπου στο 60% του προβλεπόμενου 1RM. Όλοι οι εθελοντές επισκέφτηκαν έναν επαγγελματία διαιτολόγο και ακολούθησαν συγκεκριμένη διαίτα κατά τη διάρκεια της μελέτης. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι από την έναρξη της μελέτης ως την τέταρτη εβδομάδα και από τη τέταρτη εβδομάδα ως το τέλος της μελέτης και οι δύο ομάδες είχαν σημαντικές αυξήσεις στο μέγεθος του δικεφάλου βραχιόνιου. Τα ευρήματα της μελέτης δηλώνουν ότι η προπόνηση με BFR χαμηλής έντασης μπορεί να συμπεριληφθεί σε συνδυασμό με υψηλής έντασης άσκησης για μια περίοδο. Αξίζει να τονιστεί ότι οι συμμετέχοντες και των δύο ομάδων είχαν παρόμοιες αυξήσεις και στις 3 περιόδους που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Αυτό υποδηλώνει ότι συμπληρωματική προπόνηση

με BFR μπορεί να είναι αποτελεσματική είτε πριν είτε μετά την άσκηση υψηλής έντασης. Στη συγκεκριμένη μελέτη εξετάστηκε το μέγεθος των μυών αλλά δεν εξετάστηκε η μυϊκή δύναμη.

Οι Cook et al. (15), μελέτησαν την αποτελεσματικότητα του BFR σε 20 άντρες, οι οποίοι ήταν ημι-επαγγελματίες αθλητές του Rugby. Η μελέτη ενσωματώθηκε κατά τη διάρκεια ενός προγραμματισμένου προγράμματος προπόνησης 8 εβδομάδων που θα πραγματοποιούσαν οι αθλητές. Οι συμμετέχοντες είχαν μέσο όρο ηλικίας 21,5 έτη και τουλάχιστον δύο χρόνια εμπειρία στη προπόνηση με αντιστάσεις. Ακολούθησαν συγκεκριμένες οδηγίες σχετικά με τις διατροφικές τους συνήθειες. Την κατανάλωση καφεΐνης ή ενεργειακών ποτών και συμπλήρωσαν ένα έντυπο συναίνεσης για τη συμμετοχή τους στη μελέτη. Η μελέτη έγινε εκτός αγωνιστικής περιόδου. Οι αθλητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των 10 ατόμων. Η παρέμβαση είχε διάρκεια 3 εβδομάδες με συχνότητα 3 προπονήσεις την εβδομάδα. Το πρωτόκολλο άσκησης περιείχε 3 ασκήσεις καθίσματα, πιέσεις στήθους σε πάγκο και έλξεις σε μονόζυγο. Προσδιορίστηκαν οι τιμές του IRM στις ασκήσεις αυτές, οι επιδόσεις στο άλμα σε ύψος και στην ταχύτητα στα 40 μέτρα. Στη προπόνηση κάθε άσκησης εκτελέστηκαν 5 σύνολα των 5 επαναλήψεων σε μία ένταση στο 70% του IRM. Τα διαστήματα ανάπαυσης μεταξύ των συνόλων ήταν 90 δευτερόλεπτα. Η μία από τις δύο ομάδες προπονήθηκε σε συνδυασμό με BFR στα κάτω άκρα με μια πνευματική περιχειρίδα σε μια πίεση 180 mmHg. Αξίζει να σημειωθεί οι περιχειρίδες παρέμεναν στα κάτω άκρα ακόμα και όταν οι ασκούμενοι εκτελούσαν έλξεις και πιέσεις στήθους που είναι ασκήσεις για το πάνω μέρος του σώματος. Η πίεση αφαιρούνταν μόνο κατά τη διάρκεια των περιόδων ξεκούρασης. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η ομάδα που εφάρμοσε BFR είχε σημαντικά μεγαλύτερες αυξήσεις στις τιμές του IRM μετά τη παρέμβαση στις 3 ασκήσεις στις επιδόσεις στο άλμα σε ύψος και στη ταχύτητα σε σχέση με την ομάδα που δεν εφάρμοσε BFR. Επιπλέον από τη μελέτη βρέθηκε ότι η ομάδα που προπονήθηκε με BFR είχε σημαντικές αυξήσεις στα επίπεδα τεστοστερόνης. Συνοπτικά, φαίνεται από τη μελέτη ότι η συμπληρωματική προπόνηση με BFR μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και σε υψηλές εντάσεις. Επιπλέον, το BFR φάνηκε να προκαλεί αλλαγές στις οξείες ορμονικές αποκρίσεις.

Μία ακόμα μελέτη που χρησιμοποίησε τη μέθοδο BFR ως συμπληρωματική ήταν αυτή των Yamanaka et al. (12) Το δείγμα αυτής της μελέτης αποτελούταν από 32 ενεργούς παίκτες ποδοσφαίρου της NCAA Division IA (Εθνικός Κολεγιακός Αθλητικός Σύνδεσμος των Ηνωμένων Πολιτειών). Οι αθλητές είχαν μέσο όρο ηλικίας 19,2 έτη. Τα κριτήρια συμμετοχής τους στην έρευνα ήταν να έχουν υψηλά επίπεδα στην μυϊκή τους δύναμη τόσο στο κάτω όσο και στο πάνω μέρος του σώματος και τουλάχιστον 5 χρόνια εμπειρία στη προπόνηση με αντιστάσεις. Σε όλους τους συμμετέχοντες δόθηκαν ερωτηματολόγια υγείας που συμπλήρωσαν ώστε να αποφευχθούν πιθανές επιπλοκές της προπόνησης με BFR. Τα 32 άτομα χωρίστηκαν σε δύο ίσες ομάδες την πειραματική και την ομάδα ελέγχου. Όλοι οι συμμετέχοντες εκτός

από τη προγραμματισμένη προπόνηση στο ποδόσφαιρο, έκαναν δύο επιπλέον ασκήσεις με αντιστάσεις τις πιέσεις στήθους σε πάγκο και τα καθίσματα, για συνολικά 4 εβδομάδες. Σε αυτές τις ασκήσεις η πειραματική ομάδα εφάρμοσε BFR. Πριν από την έναρξη της διαδικασίας μετρήθηκαν η περίμετρος του θώρακα, του βραχίονα και του μηρού, η σωματική μάζα το ύψος και το 1RM στις ασκήσεις που αναφέρθηκαν. Οι ίδιες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν δύο ημέρες μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Το πρωτόκολλο άσκησης ήταν 4 σύνολα στο 20 % του 1RM, Οι προπονήσεις πραγματοποιήθηκαν με τουλάχιστον μία ημέρα ξεκούρασης ανάμεσα στις συνεδρίες. Ανάμεσα στα σύνολα οι ασκούμενοι ξεκουράζονταν για περίπου 45 δευτερόλεπτα. Για το BFR χρησιμοποιήθηκαν ελαστικές περιχειρίδες οι οποίες τραβήχτηκαν περίπου 5 εκατοστά. Η πίεση αυτή που προκλήθηκε διατηρήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια των ασκήσεων ακόμα και κατά τη διάρκεια της ξεκούρασης. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι υπήρχε μια σημαντική αύξηση στην δύναμη των μυών και στις περιφέρειες που μετρήθηκαν και για τις δύο ομάδες. Όταν οι ομάδες συγκρίθηκαν μεταξύ τους φάνηκε ότι η πειραματική ομάδα είχε σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση στις μετρήσεις 1RM και στην άσκηση των πιέσεων στήθους αλλά και στα καθίσματα σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Η πειραματική ομάδα, επίσης, είχε μεγαλύτερες αλλαγές στην περιφέρεια του θώρακα συγκριτικά με την ομάδα που δεν εφάρμοσε BFR. Επιπλέον, ο αριστερός άνω βραχίονας αυξήθηκε σημαντικά στην ομάδα που εφάρμοσε BFR σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Ωστόσο, στις υπόλοιπες μετρήσεις στις περιφέρειες παρατηρήθηκαν παρόμοιες μεταβολές και στις δύο ομάδες. Συμπερασματικά, η έρευνα δηλώνει ότι η συμπληρωματική προπόνηση μπορεί να παρέχει πρόσθετα οφέλη σε καλά προπονημένους αθλητές ποδοσφαίρου.

Μια ακόμη μελέτη που εξέτασε καλά προπονημένους αθλητές ποδοσφαίρου ήταν αυτή των Luebbers et al. (7) Το δείγμα αποτελούταν από 72 υψηλού επιπέδου αθλητές ποδοσφαίρου. Οι εθελοντές είχαν ηλικία μέσο όρο 20,3 έτη και εμπειρία στη προπόνηση με αντιστάσεις μέσο όρο 7,1 έτη. Ο Ιατρικός και Αθλητικός σύλλογος του Πανεπιστημίου εξέτασε τα έντυπα που συμπλήρωσαν όλοι οι αθλητές για να συμμετέχουν στην έρευνα. Πριν και μετά την παρέμβαση που είχε διάρκεια 7 εβδομάδες πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις που αφορούσαν τις περιφέρειες των άνω και κάτω άκρων και του 1RM στις ασκήσεις πιέσεις στήθους σε πάγκο και καθίσματα. Κάθε Δευτέρα και Πέμπτη όλοι οι αθλητές προπονήθηκαν στο κάτω μέρος του σώματος, κάθε Τρίτη και Παρασκευή το άνω μέρος και τις υπόλοιπες ημέρες έκαναν ξεκούραση. Ενώ αρχικά στη μελέτη συμμετείχαν 72 άτομα που χωρίστηκαν σε 4 ομάδες των 18 ατόμων, 10 άτομα αποχώρισαν λόγω τραυματισμών. Το παραδοσιακό πρόγραμμα προπόνησης ήταν ασκήσεις όπως πιέσεις στήθους σε πάγκο, πιέσεις ώμων, καθίσματα κ.α. για 1 ως 3 σύνολα σε ένταση που ποικίλει από 65% μέχρι 90% του 1RM. Μία από τις 4 ομάδες ακολούθησε ένα

τροποποιημένο πρόγραμμα το οποίο ήταν παρόμοιο με το παραδοσιακό πρόγραμμα χωρίς τις ασκήσεις υψηλής έντασης. Το συμπληρωματικό πρόγραμμα αποτελούταν από δύο ασκήσεις πιέσεις στήθους σε πάγκο και καθίσματα, πραγματοποιήθηκαν στις ημέρες άνω και κάτω σώματος αντίστοιχα, 4 σύνολα, 30 επαναλήψεις το πρώτο σύνολο ακολουθούμενο από 3 σύνολα των 20 επαναλήψεων. Η ένταση στο συμπληρωματικό πρωτόκολλο ήταν στο 20% του 1RM. Για το BFR χρησιμοποιήθηκαν ελαστικές περιχειρίδες και η πίεση επιτεύχθηκε «σφίγγοντας» τη περιχειρίδα κατά 7,6 εκατοστά. Οι περιχειρίδες δεν αφαιρέθηκαν στα διαστήματα ανάπαυσης. Η πρώτη ομάδα προπονήθηκε με το πρόγραμμα υψηλής έντασης και το συμπληρωματικό πρωτόκολλο σε συνδυασμό με BFR. Η δεύτερη ομάδα παρόμοιο με τη πρώτη αλλά χωρίς το BFR. Η τρίτη ομάδα εκτέλεσε μόνο το πρόγραμμα υψηλής έντασης και η τέταρτη ομάδα προπονήθηκε στο τροποποιημένο πρόγραμμα και το συμπληρωματικό με BFR. Τα αρχικά αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι στις μετρήσεις του 1RM και στις δύο ασκήσεις και στις μετρήσεις που έγιναν στις περιφέρειες αυξήθηκαν σημαντικά και στις 4 ομάδες. Επιπλέον, η πρώτη ομάδα που προπονήθηκε σε υψηλή ένταση με το συμπληρωματικό πρωτόκολλο με BFR είχε σημαντικά μεγαλύτερες αυξήσεις στις δοκιμές 1RM στα καθίσματα σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες. Παρά τις αυξήσεις του 1RM στις πιέσεις στήθους σε πάγκο δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των ομάδων. Στις μετρήσεις για τις περιφέρειες βρέθηκε ότι υπήρχαν σημαντικές αυξήσεις στους μηρούς και στους βραχίονες ωστόσο δεν υπήρχαν σημαντικές αυξήσεις στην περιφέρεια του θώρακα. Ωστόσο παρά τις αυξήσεις που παρατηρήθηκαν δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Τα ευρήματα αυτής της μελέτης είναι ότι για τις αυξήσεις στο 1RM στις πιέσεις στήθους και στις περιφέρειες το συμπληρωματικό πρωτόκολλο άσκησης είτε με BFR είτε χωρίς δεν παρείχε επιπρόσθετες αυξήσεις. Η χρήση της συμπληρωματικής άσκησης με BFR φάνηκε ωστόσο να είναι αποτελεσματική στην αύξηση του 1RM στα καθίσματα.

### 3 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η προπόνηση με BFR έχει γίνει γνωστή λόγω της ικανότητας της μεθόδου να παρέχει παρόμοιες αυξήσεις στο μέγεθος και τη δύναμη των μυών σε αρκετά χαμηλές εντάσεις. (2) Διάφοροι πληθυσμοί μπορούν να επωφεληθούν από τη προπόνηση με BFR από τους ηλικιωμένους (16), τους απλούς υγιείς ασκούμενους, άτομα που χρειάζονται αποκατάσταση μετά από τραυματισμούς (3) μέχρι και τους πολύ καλά προπονημένους αθλητές. (2) Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η προπόνηση με BFR μπορεί να παρέχει μυϊκές προσαρμογές με υπο-μέγιστες εντάσεις και ότι η μέθοδος BFR δεν παρουσιάζει αυξήσεις στη βλάβη των μυών (18) φαίνεται πως αποτελεί μια ωφέλιμη στρατηγική για τους αθλητές οι οποίοι θα

μπορούσαν να την εντάξουν στο πρόγραμμα τους σε συνδυασμό με τη παραδοσιακή προπόνηση. Επιπλέον, αθλητές οι οποίοι είναι επιρρεπείς σε τραυματισμούς ή δεν έχουν ανοχή στην προπόνηση με υψηλές εντάσεις θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τη μέθοδο του BFR έχοντας παρόμοια κέρδη στην μυϊκή υπερτροφία χωρίς πρόσθετο στρες στις αρθρώσεις. (2)

Αυτή η βιβλιογραφική ανασκόπηση έδειξε ότι ο συνδυασμός υψηλής έντασης άσκηση με συμπληρωματική άσκηση με BFR μπορεί να παρέχει σημαντικές αυξήσεις στην δύναμη και το μέγεθος των μυών αλλά όχι σε όλες τις περιπτώσεις (11). Υπάρχει μια ποικιλία συστάσεων σχετικά με τη συχνότητα και τη διάρκεια των προπονήσεων με BFR. Επιπλέον, παρατηρούνται διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης με διαφορετικούς συνδυασμούς των μεταβλητών όπως το υλικό και το μέγεθος της περιχειρίδας, την εφαρμοζόμενη πίεση, την ένταση της άσκησης. Το γεγονός αυτό καθιστά δύσκολη την εξαγωγή συμπερασμάτων και συστάσεων για τη προπόνηση με BFR σε αθλητές. Για παράδειγμα οι Lowery et al. (13) είχαν στη μελέτη τους μία συχνότητα προπόνησης με BFR δύο φορές την εβδομάδα σε αντίθεση με τους Bjornsen et al. (5) που είχαν συχνότητα 5 φορές την εβδομάδα. Οι μελέτες που περιλήφθηκαν στην ανασκόπηση αυτή χρησιμοποίησαν τη προπόνηση με BFR είτε σαν συμπληρωματική στην ίδια προπόνηση με την υψηλής έντασης άσκηση, είτε αντικαθιστώντας την υψηλή ένταση με χαμηλής έντασης προπόνηση με BFR.

Οι Scott et al. (11) παρατήρησαν ότι η προσθήκη συμπληρωματικού φορτίου δεν ενίσχυσε τη δύναμη, τη μυϊκή υπερτροφία και τις αθλητικές επιδόσεις. Τα αποτελέσματα της μελέτης έρχονται σε αντίθεση με αυτά των Yamanaka et al. (12) και Luebbers et al. (7) τα οποία έδειξαν σημαντικές αυξήσεις στην δύναμη και το μέγεθος των μυών σε σχέση με τις ομάδες που δεν εφάρμοσαν BFR σε αθλητές του ίδιου αθλήματος. Τα αποτελέσματα των Scott et al (11) πιθανόν να δικαιολογούνται ότι μετά τη προπόνηση με βάρη ακολούθησε η προπόνηση υψηλής έντασης στο ποδόσφαιρο. Έχει προταθεί η προπόνηση με BFR να γίνεται μετά τη προπόνηση υψηλής έντασης καθώς η κόπωση που προκαλείται κατά τη διάρκεια του BFR μπορεί να μειώσει την απόδοση στην προπόνηση υψηλής έντασης. (2) Αυτό μπορεί να εξηγήει εν μέρει το ότι οι αθλητές δεν βελτιώθηκαν στις αθλητικές τους δεξιότητες. Είναι σημαντικό ότι μετά τη προπόνηση υψηλής έντασης η σύνθεση της πρωτεΐνης είναι σε υψηλά επίπεδα και ως εκ τούτου η προπόνηση αντοχής που ακολούθησε μετά το πρωτόκολλο να επηρέασε τις οξείες αποκρίσεις και πιθανόν να μετρίασε τις αυξήσεις του μεγέθους των μυών. (11) Επιπλέον, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν για το BFR ελαστικές περιχειρίδες με μία υποκειμενική πίεση της κλίμακας ‘‘7/10’’. Επομένως δεν μπορεί να προσδιοριστεί η τιμή της πίεσης που εφαρμόστηκε. Αν και οι ερευνητές αναφέρουν ότι όλοι οι συμμετέχοντες εκπαιδεύτηκαν πάνω στη διαδικασία με την οποία ασκούσαν πίεση και υπήρχε έλεγχος για τη σωστή εφαρμογή των περιχειρίδων είναι πολύ πιθανό η



πίεση που ασκούνταν στη πραγματικότητα να ήταν διαφορετική. (11) Υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν ότι η υποκειμενική πίεση δεν αποτελεί μέθοδο ακριβείας καθώς παρατηρείται συχνά υποεκτίμηση ή υπερεκτίμηση του LOP (29). Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι διαφορετικές θέσεις απαιτούν και διαφορετικές πιέσεις για την επίτευξη του LOP. (28) Συμπερασματικά, είναι πολύ πιθανό η εφαρμοζόμενη πίεση να είχε υποεκτιμηθεί και κατά συνέπεια να μην ήταν αρκετή η πίεση ώστε να λειτουργήσουν οι μηχανισμοί του BFR.

Ομοίως, στην μελέτη των Yamanaka et al. (12) χρησιμοποιήθηκαν ελαστικές περιχειρίδες με υποκειμενική πίεση που μπορεί να επηρέασε τα αποτελέσματα. Αν και σε αυτή τη μελέτη παρατηρήθηκαν σημαντικές αυξήσεις στη δύναμη στις πιέσεις στήθους σε πάγκο και στα καθίσματα και σημαντικές αυξήσεις στο μέγεθος του θώρακα στην ομάδα που εφάρμοσε BFR σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στις περιφέρειες των άκρων. Πιθανόν, ο τύπος ασκήσεων που επιλέχθηκαν να εξηγούν την έλλειψη μυϊκής υπερτροφίας. Οι τρικέφαλοι μύες λειτουργούν ως συναγωνιστές στην άσκηση πιέσεων στήθους σε πάγκο που επιλέχθηκε (14). Αντίθετα οι μύες του θώρακα πρωταγωνιστούν στην άσκηση αυτή. Επιπροσθέτως, έχουν παρατηρηθεί μεγαλύτερες αυξήσεις στο θώρακα σε σχέση με τα άνω άκρα σε παρόμοια άσκηση χαμηλής έντασης με BFR παρά το γεγονός ότι οι θωρακικοί μύες δεν επηρεάζονται άμεσα από το BFR. (28) Επιπροσθέτως, φαίνεται πως οι μύες του θώρακα ενεργοποιούνται σε υψηλό βαθμό κατά τη διάρκεια της άσκησης με BFR παρά το χαμηλό φορτίο. (28) Οι συμμετέχοντες σε αυτή τη μελέτη σύμφωνα με συζητήσεις με τους ερευνητές εκτέλεσαν όλες τις επαναλήψεις σε όλες τις σειρές χωρίς να παρατηρηθεί ιδιαίτερη δυσκολία. (12) Το γεγονός ότι οι αθλητές δεν έφταναν στην εθελοντική αποτυχία υποδηλώνει ότι πιθανόν να χρειαζόταν μεγαλύτερος όγκος προπόνησης στα άκρα για να αυξηθεί σημαντικά το μέγεθος των μυών. Επιπλέον, είναι πιθανό ότι η προπόνηση αντοχής που πραγματοποιήθηκε πριν από τις ασκήσεις με αντιστάσεις να επηρέασε την μυϊκή υπερτροφία των άκρων. (12) Ωστόσο, είναι σημαντική η μέθοδος που επιλέχθηκε για τις μετρήσεις της μυϊκής ανάπτυξης. Η μυϊκή υπερτροφία αξιολογείται με μαγνητική τομογραφία (12). Δεδομένου ότι οι συμμετέχοντες δεν ακολούθησαν συγκεκριμένες διατροφικές συνήθειες και επιπλέον, τα ποσοστά σωματικού λίπους και νερού δεν μετρήθηκαν, είναι πιθανό η σύσταση του σώματος των αθλητών να άλλαξε κατά τη διάρκεια των 4 εβδομάδων και ως εκ τούτου να επηρέασαν τις μετρήσεις που έγιναν στις περιφέρειες.

Ίδια μέθοδο μέτρησης της μυϊκής υπερτροφίας επέλεξαν και οι Luebbbers et al. (7) πιθανόν να μην αντικατοπτρίζει την πραγματική μυϊκή υπερτροφία. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων βρέθηκε ότι παρά τις αυξήσεις που αναφέρθηκαν σε δύναμη και μέγεθος των μυών το συμπληρωματικό πρωτόκολλο με BFR δεν φάνηκε να ενισχύει τις αυξήσεις αυτές με εξαίρεση την αύξηση του 1RM στα καθίσματα. Σε

αντίθεση με τους Yamanaka et al. (12) η περιφέρεια του θώρακα δεν αυξήθηκε σημαντικά στις ομάδες που εφάρμοσαν BFR σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες. Πιθανόν, η υψηλής έντασης προπόνηση να έχει δώσει ήδη ένα μέγιστο ερέθισμα και ως εκ τούτου το BFR να μην ήταν ικανό να παρέχει επιπλέον προσαρμογές. (7) Αυτό υποστηρίζεται από το γεγονός ότι οι ομάδες που προπονήθηκαν σε υψηλές εντάσεις φάνηκε να φτάνουν σε αρκετές περιπτώσεις στην αποτυχία ιδιαίτερα στην άσκηση του πάγκου. Στην ομάδα που προπονήθηκε σε υπό μέγιστες εντάσεις με το συμπληρωματικό BFR δεν παρατηρήθηκε το ίδιο καθώς οι ασκούμενοι εκτέλεσαν όλες τις επαναλήψεις. Αυτό δηλώνει ότι η υψηλής έντασης άσκηση ήταν αυτή που προκάλεσε την κόπωση και όχι το BFR. Αντίθετα, αυτό δεν παρατηρήθηκε στα κάτω άκρα όπου η ομάδα που προπονήθηκε με συμπληρωματικό πρωτόκολλο με BFR είχε μεγαλύτερες αυξήσεις στη δύναμη. Πιθανόν, ο όγκος προπόνησης που επιλέχθηκε για τα κάτω άκρα να μην ήταν αρκετός ώστε να δώσει μέγιστες προσαρμογές και κατά συνέπεια το BFR να παρείχε επιπλέον προσαρμογές. Ένα κοινό στοιχείο αυτών των μελετών ήταν ότι και οι δύο μελέτες χρησιμοποίησαν το ίδιο πλάτος περιχειρίδων τόσο για τα άνω όσο και τα κάτω άκρα. Ωστόσο, έχει βρεθεί ότι οι πιέσεις που απαιτούνται για την επίτευξη του LOP είναι διαφορετικές σε κάθε μέγεθος περιχειρίδας. Συγκεκριμένα, περιχειρίδες μεγαλύτερου μεγέθους πετυχαίνουν LOP σε μικρότερες πιέσεις συγκριτικά με τις στενές περιχειρίδες. (23) Επομένως, είναι πιθανό η πίεση που ασκήθηκε να διαφέρει μεταξύ των άνω και κάτω άκρων.

Αξιοσημείωτα, είναι τα ευρήματα της μελέτης των Bjornsen et al (5) οι οποίοι βρήκαν ότι οι μυϊκές ίνες τύπου 1 παρουσίασαν μεγαλύτερες αυξήσεις στο μέγεθος τους σε σχέση με τις μυϊκές ίνες τύπου 2 σε υψηλού επιπέδου Powerlifters όταν προπονήθηκαν με BFR. Αυτό είναι σημαντικό για τον συγκεκριμένο πληθυσμό καθώς φαίνεται πως οι Powerlifters έχουν προτίμηση στην υπερτροφία των μυϊκών ινών τύπου 2. Συμπερασματικά, θα μπορούσαν να εντάξουν τη προπόνηση με BFR στο πρόγραμμά τους ώστε να μεγιστοποιήσουν την υπερτροφία των μυών τους. Επιπλέον παρά τις αυξήσεις που παρατηρήθηκαν στο 1RM στα καθίσματα δεν υπήρχε σημαντική διαφορά σε σχέση με την ομάδα που δεν εφάρμοσε BFR. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι η άσκηση που επιλέχθηκε για να μετρηθεί το 1RM ήταν μια παραλλαγή της άσκησης καθίσματα. Πολλοί από τους συμμετέχοντες δεν ήταν εξοικειωμένοι πάνω στη συγκεκριμένη παραλλαγή και ως εκ τούτου αυτό να επηρέασε τα αποτελέσματα. Στοιχεία υποστηρίζουν την ανάλογη σχέση μεταξύ μυϊκής υπερτροφίας και μυϊκής δύναμης. (5) Ωστόσο, έχει αναφερθεί ότι η άσκηση με χαμηλά φορτία σε συνδυασμό με BFR μπορεί να αυξήσει το μέγεθος και τη δύναμη των μυών χωρίς ωστόσο να αυξήσει σημαντικά τις νευρικές προσαρμογές. (40)

Ενδιαφέρον αποτελούν τα ευρήματα της μελέτης των Cook et al (15) στην οποία παρατηρήθηκε σημαντικά αυξημένη δύναμη στις πιέσεις στήθους σε πάγκο παρά το γεγονός ότι το BFR εφαρμόστηκε

στα κάτω άκρα. Τα αποτελέσματα αυτά υποδηλώνουν ότι η υποξία και συσσώρευση από τους μεταβολίτες δεν είναι οι μόνοι μηχανισμοί που συμβάλλουν στην ανάπτυξη των μυών μετά από προπόνηση με BFR. Υπάρχουν στοιχεία που στηρίζουν ότι η χαμηλής έντασης άσκηση όταν συνδυάζεται με BFR μπορεί να αυξήσει σημαντικά την έκκριση αυξητικής ορμόνης. (41) Στην μελέτη των Cook et al (15) βρέθηκε ότι η ελεύθερη τεστοστερόνη ήταν σε αυξημένα επίπεδα κατά τη διάρκεια των προπονήσεων που πραγματοποιήθηκαν με BFR. Ένα παρόμοιο φαινόμενο παρατηρήθηκε στη μελέτη των Madarama et al (42) όπου έδειξε ότι ένα φορτίο 50% του 1RM δεν ήταν αρκετό για να αυξήσει το μέγεθος των μυών και της δύναμης στα άνω άκρα. Ωστόσο, όταν η προπόνηση συνδυάστηκε με BFR στα κάτω άκρα τότε η μυϊκή υπερτροφία και η δύναμη ήταν σημαντική. Επιπλέον, τα αυξημένα επίπεδα τεστοστερόνης, αυξητικής ορμόνης και IGF-1 που παρατηρούνται μετά τη προπόνηση με BFR πιθανόν να συμβάλλουν καθοριστικά στη μυϊκή υπερτροφία (42). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι αυξήσεις που παρατηρήθηκαν ήταν σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα και σχετικά μικρό αριθμό προπονήσεων (3 προπονήσεις την εβδομάδα για 3 εβδομάδες). Αυξήσεις παρατηρήθηκαν σε παρόμοιο χρονικό διάστημα στη μελέτη των Yamanaka et al. (12)

Το γεγονός ότι έχουν παρατηρηθεί αυξήσεις στην δύναμη ή/και την μυϊκή υπερτροφία σε μύες που δεν εφαρμόζεται άμεσα το BFR είναι πολύ σημαντικό σε πρακτικές εφαρμογές. Το BFR μπορεί να ενισχύσει και τους μύες του κορμού όπως τους ώμους, το στήθος και τους μύες της πλάτης μετά από προπόνηση τους σε συνδυασμό με BFR των άκρων. (42) Αυτή η στρατηγική μπορεί να φανεί αρκετά χρήσιμη για πολλούς πληθυσμούς όπως είναι οι αθλητές που θέλουν να μεγιστοποιήσουν την δύναμη και τη μυϊκή τους υπερτροφία αποφεύγοντας τα υπερβολικά υψηλά φορτία. Επιπλέον, πιθανόν από αυτή τη στρατηγική να επωφεληθούν άτομα που χρίζουν αποκατάσταση μετά από τραυματισμούς ή άτομα με πόνους στην οσφυϊκή μοίρα καθώς θα μπορούσαν να αυξήσουν τη δύναμη των μυών τους με υπό μέγιστα φορτία.

Τα ευρήματα της μελέτης των Lowery et al. (13) υποδηλώνουν ότι μια περίοδος προπόνησης με BFR χαμηλών φορτίων μπορεί να ενσωματωθεί σε συνδυασμό με προπόνηση υψηλής έντασης είτε πριν είτε μετά. Αξίζει να τονιστεί ότι και οι δύο ομάδες που συγκρίθηκαν είχαν παρόμοιες μετρήσεις στο μέγεθος του δικέφαλου βραχιόνιου πριν την παρέμβαση, στις 4 εβδομάδες και στις 8 εβδομάδες. Συνεπώς φαίνεται ότι η σειρά που θα πραγματοποιηθούν οι ασκήσεις δεν παίζουν τόσο σημαντικό ρόλο. Ωστόσο, οι Rolnick et al (2) προτείνουν η προπόνηση με BFR να γίνεται μετά τη προπόνηση υψηλής έντασης καθώς προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη μυϊκή υπερτροφία χρειάζεται ένας συνδυασμός τόσο μηχανικού όσο και μεταβολικού στρες. Η κόπωση που παρουσιάζεται μετά από προπόνηση BFR πιθανόν να περιορίσει τη μέγιστη απόδοση στην προπόνηση υψηλής έντασης και έτσι μακροπρόθεσμα να

μετριάζεται η αύξηση του μεγέθους των μυών. Πράγματι, στην μελέτη των Lowery et al. (13) δεν αναφέρεται ο βαθμός δυσκολίας του πρωτόκολλου. Θεωρητικά, η προπόνηση υψηλής έντασης μπορεί να μην ήταν αρκετή για να δώσει ένα ισχυρό ερέθισμα από μόνη της δίνοντας τη δυνατότητα στο BFR για επιπρόσθετες προσαρμογές. Πιθανόν, ένα πιο απαιτητικό πρόγραμμα υψηλής έντασης να μην ήταν δυνατόν να ολοκληρωθεί μετά τη προπόνηση με BFR. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι και οι δύο ομάδες πραγματοποίησαν BFR πριν ή μετά την υψηλή ένταση σε όλη τη διάρκεια της μελέτης. Η παρουσία μιας τρίτης ομάδας που θα εκτελούσε μόνο προπόνηση υψηλής έντασης θα μπορούσε ενδεχομένως να δώσει πιο ξεκάθαρα συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα του BFR. Επιπλέον, δεν μετρήθηκαν άλλοι παράμετροι όπως η δύναμη που πιθανόν να διέφερε μεταξύ των ομάδων. Τέλος, η συχνότητα των συνεδριών με BFR και η περίοδος προπόνησης σε κάθε συνθήκη ήταν σχετικά σύντομη (2 προπονήσεις την εβδομάδα για 4 εβδομάδες η κάθε συνθήκη) καθιστώντας δύσκολη την εξαγωγή συμπερασμάτων για πιο μακροπρόθεσμες περιόδους.

Συνοπτικά, φαίνεται πως οι αθλητές που στοχεύουν στην ανάπτυξη των μυών να μπορούν να εντάξουν στο πρόγραμμα τους τη προπόνηση με BFR με διάφορες παραλλαγές. Η πιο αποτελεσματική φαίνεται να είναι η προσθήκη ενός συμπληρωματικού πρωτόκολλου άσκησης με BFR μετά από μια συνεδρία προπόνησης υψηλής έντασης. Με αυτή τη στρατηγική, θα ενεργοποιηθούν και οι μυϊκές ίνες τύπου I που φαίνεται να μην συμμετέχουν τόσο πολύ στην άσκηση υψηλών φορτίων. (5) Ο συνδυασμός αυτός στην ίδια προπονητική μονάδα παρέχει ταυτόχρονα μηχανικό και μεταβολικό στρες τα οποία όπως δείχνουν τα στοιχεία αποτελούν μηχανισμούς που συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της υπερτροφίας. (2) Έχει αποδειχθεί ότι όταν οι επαναλήψεις με προπόνηση BFR δεν φτάνουν μέχρι την εθελοντική αποτυχία δεν αυξάνεται σημαντικά η μυϊκή βλάβη. (18) Αντίθετα, η προπόνηση μέχρι την εθελοντική αποτυχία πιθανόν να αυξήσει την βλάβη των μυών, το πόνο και να μειώσει τη λειτουργικότητα τους απαιτώντας ίσως περισσότερο χρονικό διάστημα ανάπαυσης μειώνοντας έτσι τη συχνότητα προπόνησης. (2) Αυτή η τακτική πιθανόν να απαιτείται παροδικά σε αθλητές σωματικής διάπλασης που χρειάζονται περαιτέρω ανάπτυξη των μυϊκών ινών τύπου I (2,5) αρκεί να τις επόμενες ημέρες να ακολουθεί μια προγραμματισμένη περίοδος ανάπαυσης. Αν και η προπόνηση με BFR έχει παρόμοιες αυξήσεις στο μέγεθος των μυών με υπό μέγιστα φορτία (3) με τις υψηλές εντάσεις, φαίνεται πως δεν παρέχει τις μέγιστες νευρικές προσαρμογές και την μέγιστη αύξηση της δύναμης. (2) Ως εκ τούτου, δεν προτείνεται η άσκηση με BFR για μεγάλες χρονικές περιόδους χωρίς την παραδοσιακή προπόνηση με υψηλά φορτία. Μία σταδιακή ένταξη της εφαρμογής του BFR στο πρόγραμμα προπόνησης θα μπορούσε πιθανόν να αποτελέσει και μια περίοδο εγκλιματισμού για τους αθλητές λόγω της ιδιαιτερότητας της μεθόδου. Η προπόνηση με BFR μόνη της θα μπορούσε θεωρητικά να γίνει σε μια προγραμματισμένη περίοδο

αποφόρτισης για ένα σύντομο χρονικό διάστημα 1-3 εβδομάδες όπου λόγω των χαμηλών φορτίων το στρες των αρθρώσεων θα ήταν χαμηλό ενώ η μυϊκή υπερτροφία θα είναι παρόμοια με εκείνη των υψηλών φορτίων. (2)

Αξιοσημείωτη είναι η αναφορά των Loenneke et al (43) που είναι και η πρώτη περίπτωση όπου γίνεται χρήση ελαστικής περιχειρίδας. Το άρθρο αναφέρεται σε έναν νεαρό άντρα, ηλικίας 22 χρονών, αθλητή σωματικής διάπλασης υψηλού επιπέδου. Ο αθλητής, ο οποίος δεν έκανε χρήση αναβολικών ουσιών, βρισκόταν στην προετοιμασία για έναν διαγωνισμό “Bodybuilding” στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Λίγες εβδομάδες πριν από το διαγωνισμό και ενώ προπονούσαν σε υψηλές εντάσεις άρχισε να νιώθει έντονο πόνο στο γόνατό του ο οποίος δεν του επέτρεπε να συνεχίσει τη προπόνηση με υψηλά φορτία. Έτσι, ο αθλητής αποφάσισε να προπονηθεί σε χαμηλότερες εντάσεις με BFR, χρησιμοποιώντας ελαστικές περιχειρίδες. Κατά την επίσκεψη του στον ορθοπεδικό του επιβεβαιώθηκε μετά από εξετάσεις μαγνητικής και ακτινογραφίας οστεοχονδρικό κάταγμα. Με βάση τη διάγνωση του γιατρού, συστήθηκε στον αθλητή να πραγματοποιήσει χειρουργική επέμβαση σε σύντομη ημερομηνία για την αποκατάσταση του τραυματισμού του. Ωστόσο, ο αθλητής αρνήθηκε με σκοπό τη συμμετοχή του στον διαγωνισμό και έτσι η χειρουργική επέμβαση αναβλήθηκε σε ημερομηνία μετά τον διαγωνισμό. (43) Έτσι, ο ασθενής συνέχισε να προπονείται σε χαμηλές εντάσεις με BFR, 2 φορές την εβδομάδα μέχρι την ημέρα του διαγωνισμού προκειμένου να μην παρουσιαστεί απώλεια της μυϊκής του μάζας. Ο νεαρός αθλητής κατάφερε να ολοκληρώσει με επιτυχία τη συμμετοχή του στον διαγωνισμό, χωρίς πόνο και μάλιστα κατακτώντας τη πρώτη θέση. Λίγες ημέρες μετά, επισκέφτηκε ξανά τον ορθοπεδικό του προκειμένου να γίνει αξιολόγηση της κατάστασης του πριν από την προγραμματισμένη χειρουργική επέμβαση. Με έκπληξη, ο γιατρός διαπίστωσε ότι το γόνατο του ασθενούς είχε φυσιολογικό εύρος κίνησης και επιπλέον οι επαναλαμβανόμενες εξετάσεις ακτινογραφίας έδειξαν ότι το οστεοχονδρικό κάταγμα είχε αρχίσει να θεραπεύεται. Επίσης, η λειτουργική ικανότητα του γονάτου και το μέγεθος των μυών του μηρού δεν είχαν μειωθεί. Ως εκ τούτου, ο γιατρός αφού ακύρωσε την χειρουργική επέμβαση, πρότεινε στον ασθενή να συνεχίσει τη προπόνηση με BFR και σταδιακά να επιστρέψει στη προπόνηση με πιο υψηλές εντάσεις έχοντας ως σημείο αναφοράς την αίσθηση του πόνου. (43) Αυτή η αναφορά περίπτωσης παρέχει στοιχεία για την εφαρμογή του BFR σε αθλητές σωματικής διάπλασης που προετοιμάζονται για διαγωνισμούς καθώς πολλές φορές η παρουσία τραυματισμών ή έντονων πόνων στις αρθρώσεις δεν επιτρέπουν τους αθλητές να ασκηθούν με πολύ υψηλές εντάσεις. Οι διαγωνισμοί σωματικής διάπλασης είναι αρκετά απαιτητικοί και χρειάζεται έντονη άσκηση για μεγάλα χρονικά διαστήματα από τους συμμετέχοντες. Η παρουσία ενός τραυματισμού πιθανόν να αναγκάσει τους αθλητές να αποσύρουν τη συμμετοχή τους στον διαγωνισμό λόγω του πόνου και της αδυναμίας του αθλητή να παρουσιαστεί στη σκηνή και της

ενδεχόμενης απώλειας μυϊκής μάζας. Οι αθλητές σωματικής διάπλασης στο σύνολό τους προπονούνται σε υψηλές εντάσεις και φαίνεται να έχουν προτίμηση στις μυϊκές ίνες τύπου 2. (2) Το μεταβολικό στρες που παρατηρείται από τη προπόνηση με BFR θα μπορούσε να τους παρέχει επιπλέον αυξήσεις στην μυϊκή υπερτροφία ενεργοποιώντας τις μυϊκές ίνες τύπου 1 που δεν συμμετέχουν τόσο έντονα στις υψηλές εντάσεις (2) ενώ ταυτόχρονα μειώνουν τις πιθανότητες εμφάνισης κάποιας ανεπιθύμητης συνέπειας των υψηλών φορτίων. Συμπερασματικά, η προπόνηση με BFR μπορεί να ενσωματωθεί στα προγράμματα των αθλητών σωματικής διάπλασης διευκολύνοντας τη προετοιμασία τους για το διαγωνισμό.

Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση είχε κάποιους περιορισμούς. Αρχικά, οι συμπεριλαμβανόμενες μελέτες ήταν από μία μόνο βάση αναζήτησης, το "PUBMED". Πιθανόν, να έχουν δημοσιευτεί και άλλες μελέτες σε άλλες βάσεις αναζήτησης που να εξετάζουν τη ταυτόχρονη προπόνηση υψηλών φορτίων και συμπληρωματικής προπόνησης με τη μέθοδο BFR. Επιπλέον, οι μελέτες αφορούσαν προπονημένους αθλητές και ως εκ τούτου τα συμπεράσματα να μην είναι αντιπροσωπευτικά για άλλους πληθυσμούς.

#### 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προπόνηση αντιστάσεων με τη μέθοδο BFR φαίνεται να αποτελεί μία νέα στρατηγική για τον αθλητή που στοχεύει στην μέγιστη αύξηση του μεγέθους των μυών. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα σχετικά με τη μέθοδο στον συγκεκριμένο πληθυσμό καθώς τα συμπεράσματα δεν είναι πλήρως κατανοητά. Οι περισσότερες μελέτες χρησιμοποίησαν ελαστικές περιχειρίδες και επομένως δεν είναι ξεκάθαρη η πίεση που ασκήθηκε. Σε προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε η σημασία της μέτρησης του LOP και ο προσδιορισμός της πίεσης ως ένα ποσοστό αυτής της τιμής. Για να γίνει αυτό απαιτείται η χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού (μηχανήματος με ενσωματωμένο αισθητήρα παλμού ή χρήση εξωτερικού Doppler ) τα οποία είναι αποτελεσματικά (4). Είναι κατανοητό ότι το κόστος αυτού του εξοπλισμού είναι υψηλό ειδικά για αθλητές ομάδων ή για τον αθλητή που προπονείται στο γυμναστήριο. Ωστόσο, η χρήση σύγχρονου εξοπλισμού στην έρευνα της μεθόδου BFR πιθανόν να οδηγήσει στην εξαγωγή πιο κατανοητών και συγκεκριμένων συμπερασμάτων. Επιπλέον, επί του παρόντος φαίνεται να μην υπάρχουν μελέτες που να εξετάζουν την αποτελεσματικότητα της αερόβιας προπόνησης με BFR σε συνδυασμό με προπόνηση αντιστάσεων για την αύξηση της μυϊκής υπερτροφίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι αρκετές μελέτες εξετάζουν τη μυϊκή υπερτροφία μετά από διάφορα πρωτόκολλα προπόνησης με BFR, μετρώντας την περιφέρεια των άκρων. Ωστόσο αυτή η μέθοδος μέτρησης πιθανόν να μην δίνει τα ακριβή αποτελέσματα. Μια αλλαγή στη σύσταση του σώματος και αναλογίας λιπώδους ιστού και μυϊκής μάζας

πιθανόν να επηρεάσει τα αποτελέσματα. Συμπερασματικά χρειάζονται μελέτες που θα χρησιμοποιήσουν πιο ακριβείς μεθόδους για την μέτρηση των αυξήσεων του μεγέθους των μυών. Τέλος, απαιτείται μεγάλη προσοχή στο σχεδιασμό ενός προγράμματος που περιλαμβάνει τη προπόνηση με BFR καθώς έχουν αναφερθεί παρενέργειες της μεθόδου. (8)

Η μέθοδος του BFR πιθανόν να είναι αρκετά χρήσιμη για τους επαγγελματίες υγείας, Φυσίατρους, Φυσιοθεραπευτές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τη μέθοδο προκειμένου να επιταχύνουν την αποκατάσταση των ασθενών τους. Επιπλέον, η προπόνηση με BFR να χρησιμοποιηθεί και από τους γυμναστές ως εναλλακτική ή συνδυαστική στρατηγική για να μεγιστοποιήσουν τη δύναμη και το μέγεθος των μυών των ασκούμενων τους.

#### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΕΣ

(1) Sato Y. The history and future of KAATSU training. *Int J Kaatsu Train Res*, 2005. 1: 1–5

---

(2) Rolnick N, Schoenfeld BJ. Blood flow restriction training and the physique athlete: A practical research-based guide to maximizing muscle size. *Strength Cond J*, 2020, 1–15

---

(3) Patterson SD, Hughes L, Warmington S, et al. Blood flow restriction exercise: Considerations of methodology, application, and safety. *Front Physiol*, 2019. 10: 533

---

(4) Rolnick, N.; Schoenfeld, B.J. Can Blood Flow Restriction Used During Aerobic Training Enhance Body Composition in Physique Athletes? *Strength Cond. J*, 2020 42, 37–47.

---

(5) Bjornsen T, Wernbom M, Kirketeig A, et al. Type 1 muscle fiber hypertrophy after blood flow-restricted training in powerlifters. *Med Sci Sports Exerc* 51: 288–298, 2019.

---

(6) ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009. 41: 687–708,

---

(7) Luebbbers PE, Fry AC, Kriley LM, Butler MS. The effects of a 7-week practical blood flow restriction program on well trained collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 2014. 28: 2270–2280,

---

(8) Brandner CR, May AK, Clarkson MJ, Warmington SA. Reported Side-effects and Safety Considerations for the Use of Blood Flow Restriction During Exercise in Practice and Research. *Techniques in Orthopaedics* 2018; 33: 114-121.

---

(9) Robert W Spitz, Vickie Wong, Zachary W Bell, Blood flow restricted exercise and discomfort: A Review. *J Strength Cond Res* 2020

---

(10) Brendan R Scott, Jeremy P Loenneke, Katie M Slattery et al. Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development *Sports Med* . 2015 Mar;45(3):313-25.

---

(11) 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, 31: 2147–2154.

---

(12) Yamanaka T, Farley RS, Caputo JL. Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *J Strength Cond Res*, 2012, 26: 2523–2529

---

(13) Lowery RP, Joy JM, Loenneke JP, et al. Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2014, 34: 317–321.

---

(14) Scott J Dankel, Matthew B Jessee, Takashi Abe, The Effects of Blood Flow Restriction on Upper-Body Musculature Located Distal and Proximal to Applied Pressure, 2016 Jan, *Sport Med*. 46(1):23-33.

---

(15) Cook CJ, Kilduff LP, Beaven CM. Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training. *Int J Sports Physiol Perform*, 2014, 9: 166–172.

---

(16) Christoph Centner, Patrick Wiegel, Albert Gollhofer, Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis, 2019 Jan, 49(1):95-108.

---

(17) Brendan R. Scott, Jeremy P. Loenneke, Katie M. Slattery Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence, *J Sci Med Sport* 2016 May 19, (5):360-7.

---



(18) J P Loenneke<sup>1</sup>, R S Thiebaud, T Abe, Does blood flow restriction result in skeletal muscle damage? A critical review of available evidence, *Scand J Med Sci Sports* . 2014 Dec, 24(6):e415-422.

(19) Samuel L Buckner, Scott J Dankel, Brittany R Counts, Influence of cuff material on blood flow restriction stimulus in the upper body, *J Physiol Sci* 2017 Jan, 67(1):207-215.

---

(20) Jeremy P Loenneke, Robert S Thiebaud, Christopher A Fahs et al, Effect of cuff type on arterial occlusion, *Clin Physiol Funct Imaging* 2013 Jul, 33(4):325-7.

---

(21) J P Loenneke<sup>1</sup>, R S Thiebaud<sup>2</sup>, C A Fahs et al, lood flow restriction: effects of cuff type on fatigue and perceptual responses to resistance exercise, *Acta Physiol Hung*, 2014 Jun, 101(2):158-66.

(22) Rossow LM, Fahs CA, Loenneke JP, et al. Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2012, 32(5):331–7.

---

(23) Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, et al. Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise, *Eur J Appl Physiol*. 2012, 112(8):2903–12.

---

(24) Spitz RW, Chatakondi RN, Bell ZW, et al. The impact of cuff width and biological sex on cuff preference and the perceived discomfort to blood-flow-restricted arm Exercise, 2019, *Physiol Meas* 40: 055001.

---

(25) Loenneke J. P., Allen K. M., Mouser J. G et al, Blood flow restriction in the upper and lower limbs is predicted by limb circumference and systolic blood pressure, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2015 Feb, 115(2):397-405.

---

(26) Matthew B Jessee, Samuel L Buckner, Scott J Dankel et al, The Influence of Cuff Width, Sex, and Race on Arterial Occlusion: Implications for Blood Flow Restriction Research, 2016 Jun, 46(6):913-21.

---

(27) Crenshaw Albert, Hargens Alan, Gershuni David et al, Wide tourniquet cuffs more effective at lower inflation pressures, *Acta Orthop Scand*, 1988 Aug, 59(4):447-51.

---

(28) Luke Hughes, Owen Jeffries, Mark Waldron et al, Influence and reliability of lower-limb arterial occlusion pressure at different body positions, *PeerJ*, 2018 May 2;6:e4697.

---

(29) Zachary W Bell, Scott J Dankel, Robert W Spitz et al The Perceived Tightness Scale Does Not Provide Reliable Estimates of Blood Flow Restriction Pressure, *J Sport Rehabil.*, 2019 Sep, 24;1-3.

(30) Manoel E Lixandrão<sup>1</sup>, Carlos Ugrinowitsch<sup>1</sup>, Gilberto Laurentino et al, Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction, *Eur J Appl Physiol*, 2015 Dec, 115(12):2471-80.

---

(31) Michael Ilett, Timo Rantalainen, Michelle Keske et al, The Effects of Restriction Pressures on the Acute Responses to Blood Flow Restriction Exercise, *Front Physiol*, 2019 Aug, 10: 1018.

---

(32) Brittany R Counts , Scott J Dankel , Brian E Barnett et al, Influence of relative blood flow restriction pressure on muscle activation and muscle adaptation, *Muscle Nerve* 2016 Mar;53(3):438-45.

---

(33) Samuel L Buckner , Matthew B Jessee , Scott J Dankel, Blood flow restriction does not augment low force contractions taken to or near task failure, *Eur J Sport Sci*, 2020 Jun, 20(5):650-659.

---

(34) Scott J Dankel , Samuel L Buckner , Matthew B Jessee et al, Can blood flow restriction augment muscle activation during high-load training?, *Clin Physiol Funct Imaging*, 2018 Mar, 38(2):291-295.

---

(35) Laurentino G , Ugrinowitsch C, Aihara A Y et al, Effects of strength training and vascular occlusion, *Int J Sports Med*, 2008 Aug, 29(8):664-7.

---

(36) J Martín-Hernández , P J Marín, H Menéndez et al, Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training, *Scand J Med Sci Sports*, 2013 Mar, 23(2):e114-20.

---

(37) Toshiharu Natsume , Hayao Ozaki, Anneyuko I Saito, Effects of Electrostimulation with Blood Flow Restriction on Muscle Size and Strength, *Med Sci Sports Exerc*, 2015 Dec, 47(12):2621-7.

---

(38) Miguel S Conceição , Arthur F Gáspari , Ana P B Ramkrapes, Anaerobic metabolism induces greater total energy expenditure during exercise with blood flow restriction, *PLoS One*, 2018 Mar 29, 13(3):e0194776.

---

(39) Ogawa M, Loenneke JP, Yasuda T, et al. Time course changes in muscle size and fatigue during walking with restricted leg blood flow in young men, *J Phys Educ Sport Manag*, 2012, 3: 14–19.

(40) Summer B Cook , Brendan R Scott , Katherine L Hayes et al, Neuromuscular Adaptations to Low-Load Blood Flow Restricted Resistance Training, *J Sports Sci Med*, 2018 Mar, 1;17(1):66-73.

---

(41) Greg V Reeves , Robert R Kraemer, Daniel B Hollander et al , Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion, *J Appl Physiol* (1985) 2006 Dec, 101(6):1616-22.

---

(42) Haruhiko Madarame , Mitsuo Neya, Eisuke Ochi et al , Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction, *Med Sci Sports Exerc*, 2008 Feb, 40(2):258-63.

---

(44) Loenneke JP, Young KC, Wilson JM et al . Rehabilitation of an osteochondral fracture using blood flow restricted exercise: A case review, *J Bodyw Mov Ther*, 2013 Jan;17(1):42-5.