

**Alma Mater Studiorum – Università di Bologna**

**SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA**

**Corso di Laurea in Fisioterapia**

**TITOLO DELLA TESI**

*“EFFETTI DELLA BLOOD FLOW RESTRICTION IN PERSONE CON DOLORE  
LATERALE DI GOMITO PERSISTENTE. CASE SERIES”*

**Laureando:**

*Gazzoni Lorenzo*

**Relatore:**

*Chiar.ma Prof.ssa Bertozzi Lucia*

**Correlatori:**

*Dott. Bracci Alessandro*

*Dott. Vincenzi Simone*

**Anno Accademico 2020/2021**



## ABSTRACT

**Background:** La Lateral Elbow Tendinopathy (LET) è una problematica neuro-muscoloscheletrica (N-MSK) dolorosa che colpisce i muscoli che originano dall'epicondilo laterale del gomito.

La LET si manifesta con dolore, ridotta forza di presa e limitazioni funzionali e il percorso riabilitativo si basa principalmente sull'esercizio terapeutico.

La Blood Flow Restriction, in aggiunta all'esercizio a basso carico (LL-BFR), si è mostrata efficace in diverse patologie di origine N-MSK per ridurre il dolore e aumentare la funzionalità, ma al momento non esistono sperimentazioni che evidenzino gli effetti della BFR sulla LET persistente.

**Obiettivo:** Valutare il dolore, la funzionalità e la forza di presa in persone con LET persistente da almeno 3 mesi dopo un percorso LL-BFR.

**Materiali e Metodi:** Sono stati selezionati 4 soggetti (3 F, 1 M) di età media  $45\pm 6$  anni con LET unilaterale e sottoposti a trattamenti con LL-BFR 2 volte a settimana per 3 settimane.

I partecipanti sono stati valutati prima e dopo le 3 settimane di sperimentazione tramite dolore alla palpazione con la Numeric Pain Rating Scale (NPRS), forza di presa con il Pain Free Grip Test (PFG) e con due questionari autovalutativi per valutare la funzionalità, il Patient Rated Tennis Elbow Evaluation (PRTEE) e la Disability of the Arm, Shoulder and Hand (DASH).

**Risultati:** Al termine della sperimentazione, tutti i soggetti hanno ottenuto un miglioramento per le misure di outcome considerate, tranne per la forza di presa che non ha evidenziato cambiamenti rilevanti.

**Conclusioni:** In questa sperimentazione la BFR sembra efficace nel ridurre il dolore e aumentare la funzionalità, ma non la forza di presa, in persone con LET persistente; tuttavia sono necessari ulteriori studi di maggior potenza per verificare gli effetti della BFR sulla LET persistente.

**Keywords:** Blood Flow Restriction; BFR; Lateral Elbow Tendinopathy; LET

## INDICE

<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>1</b>
<b>1. DOLORE LATERALE DI GOMITO</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1. Fattori di rischio</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2. Diagnosi e Valutazione</b> .....	<b>3</b>
<i>1.2.1. Diagnosi differenziale</i> .....	<i>4</i>
<b>1.3. Trattamento conservativo</b> .....	<b>5</b>
<b>2. BLOOD FLOW RESTRICTION</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1. Introduzione alla Blood Flow Restriction</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2. Descrizione della tecnica</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3. Meccanismo d'azione della Blood Flow Restriction</b> .....	<b>13</b>
<b>3. MATERIALE E METODI</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1. Disegno dello studio</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2. Partecipanti</b> .....	<b>23</b>
<b>3.3. Materiali</b> .....	<b>25</b>
<b>3.4. Procedure</b> .....	<b>25</b>
<i>3.4.1. Intervista e compilazione dei questionari</i> .....	<i>26</i>
<b>3.5. Valutazione</b> .....	<b>26</b>
<i>3.5.1. Upper Limb Neurodynamic Tension Test (ULNTT 2b)</i> .....	<i>26</i>
<i>3.5.2. Dolore alla palpazione</i> .....	<i>27</i>
<i>3.5.3. Test di provocazione</i> .....	<i>28</i>
<i>3.5.4. Test 1 RM</i> .....	<i>29</i>
<b>3.6. Outcome</b> .....	<b>31</b>
<i>3.6.1. Numeric Pain Rating Scale (NPRS)</i> .....	<i>32</i>
<i>3.6.2. Patient Rated Tennis Elbow Evaluation (PRTEE)</i> .....	<i>32</i>
<i>3.6.3. Disability of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)</i> .....	<i>33</i>
<i>3.6.4. Pain Free Grip Test (PFG)</i> .....	<i>33</i>
<b>3.7. Trattamento LL-BFR</b> .....	<b>35</b>

<b>4. RISULTATI</b> .....	<b>42</b>
<b>4.1. Descrizione dei casi</b> .....	<b>42</b>
4.1.1. <i>Caso A</i> .....	42
4.1.2. <i>Caso B</i> .....	45
4.1.3. <i>Caso C</i> .....	47
4.1.4. <i>Caso D</i> .....	50
<b>4.2. Sintesi dei risultati</b> .....	<b>52</b>
<b>5. DISCUSSIONE</b> .....	<b>55</b>
<b>5.1. Limiti</b> .....	<b>57</b>
<b>6. CONCLUSIONE</b> .....	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>59</b>

## INTRODUZIONE

La Lateral Elbow Tendinopathy (LET) è una problematica neuro-muscoloscheletrica (N-MSK) dolorosa che colpisce i muscoli che originano dalla regione laterale del gomito<sup>[1][2]</sup>.

Attività quotidiane caratterizzate da sforzi ripetitivi e attività muscolari reiterate ed energetiche con sovraccarico dei tendini che si connettono all'epicondilo laterale contribuiscono all'insorgenza di questa problematica<sup>[1][2][3][4]</sup>.

La LET si manifesta con dolore, limitazione funzionale e ridotta forza di presa, colpisce prevalentemente soggetti tra i 30 e i 50 anni, maggiormente le donne e solitamente l'arto dominante<sup>[1][2][4][5][6][7]</sup>.

L'approccio conservativo è l'intervento da prediligere in questa patologia, basato su un programma di riabilitazione funzionale composto da esercizi contro resistenza con aumento progressivo del carico, in modo particolare in caso di LET persistente<sup>[1][3][4][8][9]</sup>.

L'esercizio terapeutico viene utilizzato per migliorare la condizione patologica dolorosa e/o limitante nei disturbi N-MSK come la LET<sup>[3][8][9][10]</sup>.

Come suggerito dall'American College of Sports Medicine (ACSM), per ottenere incrementi di forza è necessario utilizzare un alto carico di allenamento: tuttavia, in soggetti in cui la situazione patologica dolorosa non ne permetta l'esecuzione, si deve necessariamente somministrare un basso carico<sup>[10][11][12][13]</sup>.

La Blood Flow Restriction (BFR) in aggiunta all'esercizio a basso carico si è dimostrata efficace in diverse patologie<sup>[14]</sup>, riducendo il dolore e aumentando la funzionalità e la forza<sup>[15][16][17]</sup>.

Al momento non esistono sperimentazioni che evidenzino gli effetti della BFR sulla LET persistente, quindi la si vuole testare per valutare se ha questo effetto anche su questa problematica.

Originariamente, questa metodica veniva applicata a soggetti sani per raggiungere notevoli guadagni di ipertrofia e forza, mentre recentemente è stata studiata per le sue potenzialità riabilitative in problematiche N-MSK<sup>[10][11][12]</sup>.

La BFR si fonda sull'utilizzo di bassi carichi per brevi periodi di tempo in combinazione con l'occlusione parziale del flusso vascolare all'arto interessato, che si esercita grazie ad un bracciale simile ad un laccio emostatico<sup>[12]</sup>.

Questa metodica migliora anche l'abilità funzionale in una serie di compiti, dimostrando il suo impatto sulle attività rilevanti della vita quotidiana<sup>[18]</sup>.

L'obiettivo di questa sperimentazione è stato quello di verificare gli effetti della Blood Flow Restriction, in aggiunta all'esercizio a basso carico in persone con LET persistente da almeno 3 mesi, sul dolore, la funzionalità e la forza di presa.

Questo Case Series potrebbe essere considerato come uno studio pilota per porre le basi per l'utilizzo della BFR in soggetti con LET persistente in un futuro studio clinico controllato randomizzato (RCT) con un campione di dimensione maggiore e con un follow-up a lungo termine.

## **1. DOLORE LATERALE DI GOMITO**

### **1.1. Fattori di rischio**

La presenza di fattori di rischio o la comparsa di essi aumenta la probabilità dell'esordio del dolore laterale di gomito o della sua permanenza<sup>[6]</sup>.

L'utilizzo di carichi pesanti e azioni eseguite in maniera ripetitiva non sono un fattore di rischio per l'insorgenza o la persistenza della LET se presi singolarmente, tuttavia lo diventano se intervengono simultaneamente<sup>[19][20]</sup>.

Un ulteriore fattori di rischio sono lavori che comportano flessione ed estensione ripetitiva del gomito con sovraccarico > 5 kg dei tendini che si connettono all'epicondilo laterale per più di 2 ore al giorno e la sovraesposizione a strumenti vibranti, sempre per più di 2 ore al giorno, presentano il rischio più elevato di lesioni<sup>[3][4]</sup>.

Il meccanismo di lesione può avvenire con due modalità differenti e consiste o nell'esecuzione di movimenti ripetitivi o esplosivi durante una contrazione eccentrica, oppure da un eccessivo range di movimento concomitante ad una condizione degenerativa del tessuto muscolare e/o tendineo<sup>[3]</sup>.

Altri fattori che possono contribuire alla comparsa di questa problematica sono il fumo, il diabete di tipo 2, la scarsa istruzione, il basso reddito e un profilo psicologico caratterizzato da ridotta socialità, minor contatto con i colleghi, maggior perfezionismo, livelli elevati di ansia e minore autonomia<sup>[19][21]</sup>.

### **1.2. Diagnosi e Valutazione**

Oltre a un'accurata misurazione del ROM dell'articolazione dell'arto superiore, ad esami strumentali e alla valutazione della forza muscolare, per un esame esaustivo del gomito dovrebbero essere effettuati diversi altri test<sup>[2]</sup>.

La valutazione della LET si basa sulla provocazione del dolore all'epicondilo laterale del gomito, con una possibile irradiazione fino all'avambraccio<sup>[1][3][8]</sup>.

Il dolore in questione ha un esordio subdolo, non è necessario che si presenti un'attività specifica, questo tipo di dolore è scatenato da movimenti ripetuti del polso o del gomito e la palpazione dell'epicondilo laterale e della cresta sopracondilare laterale spesso causa dolorabilità puntiforme<sup>[1][3][4]</sup>.



La struttura maggiormente coinvolta nel dolore laterale di gomito è il tendine dell'estensore radiale breve del carpo (ECRB), occasionalmente interessa anche l'estensore comune delle dita (ECD) e l'estensore radiale lungo del carpo (ECRL)<sup>[2][21][22]</sup>.

L'obiettivo del trattamento del dolore persistente è rendere il dolore tollerabile cioè < 3/10 valutabile tramite la Numeric Pain Rating Scale (NPRS)<sup>[23]</sup>.

Oltre che alla palpazione dell'epicondilo laterale e dei muscoli che originano da esso, il sintomo doloroso si verifica anche durante la somministrazione dei test di provocazione, ovvero andando ad indagare l'estensione contro resistenza del polso o/e del terzo dito<sup>[1][3][4][8]</sup>.

Molti pazienti lamentano una diminuzione della forza di presa con dolore che compromette sia le attività atletiche che quelle di vita quotidiana<sup>[21]</sup>.

Di conseguenza si utilizza il Pain Free Grip Test (PFG) per valutare la forza di presa libera dal dolore e lo si può usare sia come strumento di valutazione sia per valutare i miglioramenti nel tempo<sup>[24]</sup>.

Il dolore e la disabilità sono i sintomi caratteristici della LET che influenzano negativamente il lavoro e le attività di vita quotidiana<sup>[25]</sup>.

I questionari autosomministrati sono comunemente utilizzati per catturare lo stato di salute dei pazienti direttamente dal loro punto di vista: ad oggi sono stati sviluppati diversi questionari per valutare la condizione del gomito<sup>[25]</sup>.

Un questionario specifico per il dolore laterale di gomito è il Patient Rated Tennis Elbow (PRTEE), mentre un questionario specifico per l'arto superiore è il Disability of the Arm Shoulder and Hand (DASH)<sup>[25][26][27][28]</sup>.

Nel caso della cronicizzazione della problematica, gli aspetti psicosociali sono fondamentali sull'efficacia del trattamento e sull'educazione del paziente, in quanto la LET comporta una riduzione delle attività di vita quotidiana, lavorative e sportive<sup>[8]</sup>.

### 1.2.1. Diagnosi differenziale

La LET si può presentare sia da sola sia in concomitanza di altre patologie rendendo complessa l'iniziale diagnosi differenziale<sup>[8]</sup>.

Il dolore laterale di gomito può manifestarsi con dolore a riposo, rigidità, limitazione con dolore tipicamente alla fine del range di movimento e crepitio<sup>[4][8]</sup>.

Questa coorte di persone spesso anziane fa riferimento ad un quadro di artrosi di gomito<sup>[4]</sup>.

Inoltre, si raccomanda di procedere a un controllo esaustivo dell'articolazione scapolo-toracica e gleno-omerale, data l'esistenza di una stretta associazione tra le lesioni al gomito e le lesioni di spalla o disfunzioni scapolo-toraciche<sup>[2]</sup>.

In concomitanza con la LET, spesso si presenta la sindrome del tunnel radiale (5-10% dei casi), una neuropatia da compressione che implica l'intrappolamento del nervo interosseo posteriore (ramo del nervo radiale) nel punto in cui passa sotto all'arcata di Frohse<sup>[2][4][8]</sup>.

In questo caso i soggetti riferiscono un dolore dorso-radiale dell'avambraccio prossimale e debolezza muscolare<sup>[1][4][8]</sup>.

Per valutare la presenza concomitante di una sindrome del tunnel radiale con una LET o per valutare se la causa del dolore è solo l'intrappolamento si esegue il test neurodinamico Upper Limb Neural Tension Test 2b (ULNTT 2b) per il nervo radiale, che risulta essere positivo per l'evocazione di sintomi di natura neuropatica riconosciuti dal paziente come "il proprio dolore"<sup>[1][8]</sup>.

Nel caso di un'evocazione dei sintomi si va a valutare anche la presenza di disfunzioni a carico del rachide cervicale, in quanto frequentemente si può presentare una radicolopatia cervicale (radice C6) in concomitanza con la LET, che può evocare un'irradiazione sintomatologica fino alla porzione laterale del gomito: in questo caso si effettua una valutazione tramite palpazione e durante movimenti attivi e passivi del rachide cervicale<sup>[1][2][3][4][8]</sup>.

Nel caso in cui, invece, sia presente un dolore diffuso non specifico all'arto superiore si parla di dolore aspecifico dell'arto superiore non riconducibile alla LET o a qualsiasi altra struttura<sup>[8]</sup>.

### **1.3. Trattamento conservativo**

#### ***Esercizio Terapeutico***

L'esercizio terapeutico viene utilizzato per ridurre il dolore e migliorare la funzionalità, in particolare in caso di LET persistente<sup>[3][8][9]</sup>.

Il carico dev'essere applicato gradualmente e si utilizzano contrazioni isometriche, concentriche ed eccentriche<sup>[8]</sup>.

Gli esercizi consigliati sono esercizi che prevedono l'estensione del polso partendo a gomito flesso sia con una contrazione eccentrica che concentrica<sup>[8]</sup>.

L'esercizio eccentrico scatena maggiormente il dolore rispetto all'esercizio isometrico, di conseguenza in quelle situazioni di forte irritabilità dei sintomi si preferisce l'esercizio isometrico<sup>[8]</sup>.

I buoni risultati dell'esercizio terapeutico si basano sulla compliance del paziente e su un livello di tolleranza al dolore durante gli esercizi<sup>[4]</sup>.

Per quanto riguarda la tolleranza al dolore durante gli esercizi in letteratura vengono proposte due strategie: evitare il dolore durante l'esecuzione dell'esercizio oppure eseguire l'esercizio nonostante il dolore purchè il dolore rimanga < 5 su una scala VAS<sup>[8]</sup>.

### ***Terapia Manuale***

Per quanto riguarda la terapia manuale, la letteratura evidenzia il fatto che alcune tecniche possono avere un effetto positivo sul dolore e sulla forza di presa<sup>[8]</sup>.

Il Mulligan Concept è un nuovo approccio alla terapia manuale che permette, ad esempio, l'utilizzo di una tecnica di mobilizzazione con movimento (MVM), la quale può essere applicata in modo sicuro ed efficace per le malattie N-MSK<sup>[29]</sup>.

L'obiettivo del Mulligan Concept è il ripristino funzionale in assenza di dolore durante l'esecuzione degli esercizi e le tecniche vengono applicate in posizioni funzionali al fine di migliorare lo svolgimento di attività di vita quotidiana dei pazienti<sup>[29]</sup>.

Le tecniche MVM hanno un effetto positivo sulla riduzione del dolore in un breve periodo e di conseguenza di miglioramento della forza di presa<sup>[29]</sup>.

### ***Educazione del Paziente***

Il riposo e l'evitamento di attività che esacerbano i sintomi sono spesso opzioni di prima linea, nonostante la scarsità di prove cliniche della loro efficacia<sup>[2][4][8][9]</sup>.

L'obiettivo del professionista a fine trattamento, quindi, deve essere quello di educare il paziente a modificare o eliminare tutte quelle attività dannose sopra-citate e deve consigliare una serie di esercizi di rinforzo per evitare recidive<sup>[2][4][8][9]</sup>.

## 2. BLOOD FLOW RESTRICTION

### 2.1. Introduzione alla Blood Flow Restriction

La riabilitazione dei disordini N-MSK utilizza l'allenamento della forza per compensarne la perdita congiuntamente a quella della massa muscolare causata dall'atrofia muscolare<sup>[10]</sup>.

L'American College of Sports Medicine (ACSM) suggerisce che per ottenere incrementi della forza sia necessario utilizzare un alto carico di allenamento, dal 60% al 100% 1RM, dove 1RM sta per "massimo peso che è possibile sollevare da una persona per una singola ripetizione"<sup>[13]</sup>. Carichi minori del 70% 1RM, quando non sono completati fino a sfinimento, potrebbero non essere sufficienti per indurre una risposta adeguata al reclutamento di una quantità di fibre muscolari necessaria affinché si verifichi una reazione ipertrofica nel gruppo muscolare interessato<sup>[12]</sup>.

L'allenamento ad alti carichi (HL) permette di ottenere guadagni in termini di ipertrofia e forza muscolare non raggiungibili tramite esercizi a basso carico (LL), poiché l'allenamento HL, a differenza di quello LL, permette di reclutare anche le fibre muscolari di tipo II<sup>[10][13]</sup>.

Tuttavia, l'esercizio di forza ad alti carichi è spesso impegnativo o addirittura controindicato per alcuni individui, quali anziani, persone con malattie croniche o gli atleti in fase di riabilitazione<sup>[11][12][13]</sup>.

Di conseguenza, dalla riabilitazione clinica N-MSK è sorta l'esigenza di dover utilizzare l'esercizio a basso carico (20-40% 1 RM) laddove l'esercizio con alti carichi non risulti essere indicato<sup>[10]</sup>.

L'allenamento a bassi carichi, perciò, può essere una strategia utile per quegli individui che presentano atrofia muscolare e necessitano di incrementare la massa muscolare e la funzionalità precocemente e in sicurezza<sup>[10]</sup>.

In Giappone, tra il 1970 e il 1980, è stato introdotto da Yoshiaki Sato l'allenamento della forza con limitazione del flusso sanguigno, noto anche come allenamento Kaatsu, che significa "allenamento con pressione aggiunta" e può essere considerato a tutti gli effetti una delle prime documentazioni di allenamento secondo i principi della Blood Flow Restriction (BFR)<sup>[18]</sup>.

Originariamente, questa metodica veniva applicata su soggetti sani durante lo svolgimento di attività fisica, mentre negli ultimi anni è stata studiata per le sue potenzialità riabilitative in problematiche N-MSK<sup>[11]</sup>.

La BFR si fonda sull'utilizzo di bassi carichi per brevi periodi di tempo in combinazione con l'occlusione parziale del flusso vascolare all'arto interessato, che si esercita grazie ad un bracciale simile ad un laccio emostatico<sup>[12]</sup>.

Recentemente, diversi studi hanno dimostrato come l'esercizio con restrizione del flusso sanguigno (LL-BFR) permetta alla muscolatura di raggiungere notevoli guadagni di ipertrofia e forza usando una bassa percentuale di carico<sup>[10][12]</sup>.

L'allenamento LL-BFR sembra essere ugualmente efficace nell'aumentare la massa muscolare rispetto all'allenamento HL, ma inferiore per quanto riguarda l'aumento di forza in una popolazione di età mista<sup>[10][15][30]</sup>.

L'allenamento LL-BFR non sembra peggiorare la condizione patologica o il dolore correlato all'esercizio, rendendolo di conseguenza più tollerabile rispetto all'allenamento HL<sup>[10][31]</sup>.

Quindi, questa tipologia di allenamento pare essere un'alternativa efficace all'allenamento HL, pertanto può essere utilizzata come strumento di riabilitazione clinica nel processo di ritorno progressivo all'esercizio fisico a carichi pesanti<sup>[10]</sup>.

Per questo motivo, il LL-BFR può essere uno strumento utile quando non è consigliabile un programma ad alto carico (riabilitazione post-chirurgica, riabilitazione cardiaca, malattie infiammatorie e anziani fragili), in quanto non richiede forze articolari elevate<sup>[10][15][18]</sup>.

È interessante notare che diversi studi hanno riportato come l'esercizio aerobico a bassa intensità combinato con la BFR possa facilitare il miglioramento dell'ipertrofia e della forza muscolare sia nelle persone giovani che anziane, situazioni che non si verificano tipicamente nella modalità di esercizio aerobico preso singolarmente<sup>[11][18]</sup>.

L'allenamento LL-BFR migliora anche l'abilità funzionale in una serie di compiti, dimostrando il suo impatto sull'aumento della forza e della massa muscolare, sulle attività rilevanti per la vita quotidiana, sulla salute e sul benessere oltre che ad un miglioramento della capacità aerobica<sup>[18]</sup>.

Non si possono, però, trascurare i limiti di questa metodica, poiché l'allenamento LL-BFR è vincolato ai muscoli di braccia e gambe e ci sono rischi di intorpidimento, edema, coagulopatie e risposte cardiovascolari avverse<sup>[12][32]</sup>.

Infatti, questa tipologia di allenamento mette sotto stress il sistema vascolare e il miocardio, di conseguenza non viene prescritto a soggetti con ipertensione, disfunzione vascolare o malattie cardiache<sup>[33]</sup>.

## 2.2. Descrizione della tecnica

In contrasto con i carichi raccomandati dalle linee guida ACSM, l'allenamento LL-BFR utilizza brevi periodi di restrizione parziale del flusso sanguigno venoso durante l'esecuzione di un allenamento con un carico che va dal 10% al 30% 1 RM<sup>[10][13]</sup>.

Confrontando i guadagni di forza muscolare tra l'allenamento LL-BFR al 20% 1 RM e al 30% 1 RM si è osservato che l'allenamento al 30% 1 RM ha riportato un miglioramento molto maggiore in termini di forza muscolare<sup>[11]</sup>.

La restrizione del flusso sanguigno necessaria all'applicazione di questa metodica si ottiene occludendo il deflusso venoso ma mantenendo l'afflusso arterioso applicando una pressione esterna tramite un bracciale pneumatico<sup>[15]</sup>.

La pressione esercitata dovrebbe essere sufficientemente alta da limitare il ritorno di sangue venoso dall'area dei muscoli che lavorano e sufficientemente bassa da mantenere l'afflusso di sangue arterioso al muscolo<sup>[33]</sup>.

Una pressione insufficiente limiterebbe l'efficacia dei processi adattativi post-esercizio; d'altra parte, una pressione eccessiva porterebbe ad un disagio da parte dell'individuo durante l'esecuzione del programma di allenamento<sup>[33]</sup>.

Si valuta, quindi, la quantità di pressione necessaria per interrompere il flusso sanguigno all'arto, cioè la pressione di occlusione arteriosa (LOP)<sup>[18]</sup>.

La LOP è correlata ad una serie di caratteristiche: forma e dimensioni del laccio emostatico, dimensioni dell'arto e pressione sanguigna del soggetto<sup>[18]</sup>.

La ricerca su individui sani ha identificato la circonferenza dell'arto come il predittore più importante della pressione di occlusione, dove gli arti più grandi richiedono una pressione maggiore per raggiungere lo stesso livello di occlusione degli arti più piccoli<sup>[18]</sup>.

Detto ciò, utilizzare la stessa pressione per più individui potrebbe non limitare il flusso sanguigno nella stessa misura in tutti i soggetti<sup>[10]</sup>.

Se si utilizzasse la stessa pressione indistintamente per tutti, questo potrebbe provocare esiti cardiovascolari avversi, in particolare se le pressioni selezionate sono in grado di ottenere un'occlusione arteriosa completa<sup>[10]</sup>.

Gli uomini, ad esempio, tendono ad avere una circonferenza della coscia maggiore rispetto alle donne, quindi applicando la stessa pressione ad un uomo come ad una donna si potrebbe fornire uno stimolo ipertrofico insufficiente per gli uomini o eccessivo per le donne<sup>[10]</sup>.

L'ARON (The association of periOperative registered Nurses) utilizza una tecnica particolare per calcolare le pressioni del laccio emostatico necessarie per limitare il flusso sanguigno durante l'intervento chirurgico al fine di ridurre al minimo il rischio di eventi avversi<sup>[10]</sup>.

Questa tecnica può essere somministrata per l'allenamento LL-BFR gonfiando il bracciale fino al punto in cui cessa il flusso sanguigno (100% LOP) e utilizzando una percentuale di tale pressione (ad esempio, 40-80% LOP) durante l'esercizio<sup>[18]</sup>.

Diversi studi hanno applicato questa tecnica durante l'esercizio con BFR e hanno dimostrato che non sono necessarie percentuali LOP elevate per una maggiore facilitazione delle risposte muscolari all'esercizio rispetto a percentuali LOP più basse<sup>[10]</sup>.

L'esercizio con una pressione 40% LOP, infatti, ha prodotto aumenti simili nella dimensione muscolare, forza e resistenza rispetto ad una pressione 90% LOP<sup>[22]</sup>.

È stato riscontrato che, a volte, le pressioni elevate possono causare un dolore sordo e sgradevole, mentre pressioni inferiori e più tollerabili possono suscitare adattamenti N-MSK sufficienti riducendo al minimo il rischio di eventi avversi e dolore<sup>[10]</sup>.

Si raccomanda, pertanto, di impostare la pressione durante l'esercizio BFR sulla base della misurazione della LOP, identificata determinando la pressione necessaria per eliminare un polso rilevabile, il bracciale viene gradualmente aumentato fino ad ottenere il 100% dell'occlusione arteriosa<sup>[31]</sup>.

L'occlusione vascolare parziale viene impostata dal 40% all'80% LOP, questo per garantire l'occlusione venosa pur consentendo l'afflusso arterioso<sup>[12][13][18][31]</sup>.

In letteratura è documentata un'ampia gamma di larghezze di bracciali (3–18 cm) utilizzate per l'applicazione della BFR, per cui è importante la scelta delle dimensioni, in quanto dimensioni diverse alla stessa pressione possono produrre un grado completamente differente di BFR all'arto<sup>[18]</sup>.

Uno studio di Mouser et al. (2017) ha rivelato che un bracciale più largo richiede una pressione assoluta inferiore per limitare il flusso sanguigno a una data % di LOP, ma che un bracciale stretto gonfiato a una pressione assoluta più elevata (ma la stessa % di LOP di un bracciale largo) presenta una riduzione simile del flusso sanguigno<sup>[18]</sup>.

Sebbene sia possibile utilizzare pressioni inferiori con un bracciale più grande, ciò non equivale necessariamente a uno stimolo più sicuro e in più potrebbe limitare il movimento durante l'esercizio<sup>[18]</sup>.

In letteratura vengono comunemente utilizzati sia polsini elastici che in nylon e sembra non esserci molta differenza di riduzione del flusso sanguigno utilizzando bracciali della stessa larghezza ma realizzati con due materiali diversi<sup>[18]</sup>.

Al momento non ci sono prove disponibili che suggeriscano che un materiale della cuffia sia superiore ad un altro: sia i bracciali elastici che quelli in nylon sono stati utilizzati in letteratura e hanno mostrato adattamenti muscolari efficaci<sup>[18]</sup>.

La scelta dello strumento utilizzato per la somministrazione della BFR è molto importante, in quanto ciò potrebbe influire sulla progressione e sulla tempistica degli adattamenti N-MSK<sup>[10]</sup>. In questo studio è stato utilizzato il dispositivo MAD-UP PRO della MAD-UP<sup>®</sup> Innovation for Medicine & Sports (Fig. 2.1)(Fig 2.2).

Questo dispositivo combina l'analisi della funzione fisiologica con una tecnologia brevettata in grado di regolare la pressione esercitata su un muscolo in tempo reale.



(Fig. 2.1) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo



(Fig. 2.2) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo

Il dispositivo provoca un accumulo di sangue nei vasi distalmente al bracciale, restringendo il flusso arterioso e occludendo quello venoso.

La restrizione è ottenuta utilizzando dei bracciali pneumatici applicati a livello prossimale dell'arto<sup>[10][15]</sup>.

L'allenamento con la BFR prevede che l'applicazione del bracciale parzialmente restrittivo venga posizionato sempre nello stesso punto, cioè nella parte più prossimale degli arti superiori o degli arti inferiori per limitare parzialmente il flusso vascolare<sup>[7]</sup>.



La frequenza ideale di allenamento sembra essere tra le 2 e le 4 sessioni settimanali con un giorno di riposo tra una sessione e l'altra<sup>[10]</sup>.

Le sessioni possono ripetersi anche più volte al giorno: si possono eseguire sia sessioni ripetute di BFR isolata sia in combinazione con semplici esercizi di rinforzo muscolare libero<sup>[10]</sup>.

I miglioramenti sono già osservabili tra i 2 e i 10 giorni dopo l'allenamento, probabilmente questo è causato dalla capacità di allenarsi con un'alta frequenza<sup>[18]</sup>.

I bassi carichi utilizzati durante l'allenamento LL-BFR non richiedono il tempo di recupero dell'allenamento HL e quindi, grazie a queste minori esigenze meccaniche, ciò potrebbe consentire un aumento della frequenza di allenamento<sup>[18]</sup>.

La progressione del carico dell'allenamento viene costantemente rivalutata affinché avvengano continui adattamenti N-MSK: una mancanza di ciò renderebbe inefficace gli effetti dello stimolo allenante<sup>[10]</sup>.

Per questo motivo, la somministrazione dell'allenamento è personalizzata dall'operatore<sup>[13][18][31]</sup>.

Tuttavia, in letteratura è documentato l'utilizzo di un carico di lavoro del 20% 1 RM progressivamente aumentato del 5% ogni 4 settimane fino al raggiungimento del 35% 1 RM<sup>[13][18][31]</sup>.

Per ogni esercizio all'interno del programma di allenamento, in letteratura si è concordi nell'applicare 4 serie da rispettivamente 30-15-15-15 ripetizioni<sup>[13][31]</sup>.

I periodi di riposo intermedi utilizzati durante l'allenamento LL-BFR sono generalmente brevi e tipicamente la restrizione viene mantenuta per tutto questo periodo.

Il tempo di riposo raccomandato tra le serie è di 30-60 secondi<sup>[18]</sup>.

La restrizione del flusso sanguigno con il bracciale viene mantenuta durante l'intero esercizio, compresi i periodi di riposo tra una serie e l'altra ed è consigliato che il bracciale comprima l'arto per un periodo massimo di 5 minuti, mentre tra un esercizio e l'altro il bracciale viene sgonfiato dando un periodo di riposo da 1 a 3 minuti<sup>[13][31][32][34]</sup>.

Infine, in una scala soggettiva di percezione della compressione da 0 a 10 (0 = nessuna compressione; 10 = alta compressione con dolore), la percezione della compressione da parte dei soggetti che si sottopongono a BFR dovrebbe mantenersi a 7/10<sup>[33]</sup>.

### 2.3. Meccanismo d'azione della Blood Flow Restriction

Sono state proposte diverse teorie riguardo al meccanismo d'azione dell'allenamento con BFR, sebbene non siano ancora ben definitive<sup>[18]</sup>.

Quando il bracciale viene gonfiato, si verifica una graduale compressione meccanica del sistema vascolare al di sotto del bracciale, con conseguente restrizione parziale del flusso sanguigno arterioso delle strutture distali al bracciale<sup>[18]</sup>.

Tuttavia, questa compressione influisce maggiormente sul deflusso venoso da sotto al bracciale, rendendo difficile o impedendo il ritorno venoso<sup>[18]</sup>.

La compressione del sistema vascolare prossimale al muscolo provoca un inadeguato apporto di ossigeno all'interno del tessuto muscolare, che crea un ambiente ipossico con conseguenti alti livelli di stress metabolico<sup>[18]</sup>.

Lo stress metabolico che si verifica durante l'allenamento LL-BFR deriva dall'accumulo di metaboliti provenienti dall'esercizio fisico eseguito nella parte distale dell'arto interessato dalla BFR<sup>[33]</sup>.

Durante la restrizione del flusso sanguigno si genera tensione meccanica<sup>[10][33]</sup>.

Questa tensione porta all'aumento della segnalazione delle vie anaboliche e cataboliche intracellulari, che intensificano la sintesi proteica a livello muscolare<sup>[10][33]</sup>.

Lo stress metabolico e la tensione meccanica sono stati descritti come “fattori di ipertrofia primaria” e si ipotizza che questi meccanismi siano necessari per attivare, a loro volta, altri meccanismi per indurre la crescita muscolare<sup>[10]</sup>.

Tali meccanismi includono: l'elevata produzione sistemica di ormoni, l'aumento cellulare, la produzione di specie reattive dell'ossigeno (ROS), la segnalazione anabolica intramuscolare e l'aumento del reclutamento di fibre a contrazione rapida<sup>[10]</sup>.

Al momento, quelle appena citate sono prevalentemente ipotesi, dato che l'identificazione specifica del funzionamento di questi meccanismi proposti richiede ulteriori indagini, inclusa la loro entità di coinvolgimento e l'effettiva fonte di attivazione ipertrofica indotta dalla BFR<sup>[10]</sup>.

Di conseguenza, l'aumento ipertrofico osservato dopo l'allenamento LL-BFR è ancora in fase di studio, ma l'aumento della sintesi proteica e l'attivazione delle cellule satellite possono svolgere un ruolo importante<sup>[13]</sup>.

Inoltre, l'utilizzo di carichi esterni, anche se bassi nell'allenamento LL-BFR, comporta risposte fisiologiche quali stress metabolico, risposte del sistema endocrino, rinforzo della segnalazione intramuscolare, aumento cellulare e aumento del reclutamento di fibre muscolari a contrazione rapida<sup>[33]</sup>.

Durante l'allenamento LL-BFR si viene a creare un ambiente anaerobico generato dai periodi di occlusione venosa in combinazione con l'esercizio, il quale va a cambiare i livelli cellulari e ormonali localizzati, che a loro volta inducono ipertrofia muscolare<sup>[13]</sup>.

Probabilmente, l'ipertrofia e gli adattamenti neurali sono simili all'esercizio con alti carichi. Tuttavia, nell'allenamento con BFR questi meccanismi possono essere attivati dalla combinazione di tensione meccanica e ipossia<sup>[10]</sup>.

Sembra esserci somiglianza tra l'esercizio LL-BFR e l'esercizio HL in termini di fattori molecolari che portano alla crescita muscolare: l'allenamento HL e quello LL-BFR hanno un decorso temporale di adattamento simile per quanto riguarda le risposte percettive<sup>[10]</sup>.

A differenza dell'allenamento HL, in quello LL-BFR gli individui sono in grado di tollerare meglio i carichi grazie alle forze articolari e allo stress meccanico inferiori<sup>[10][31]</sup>.

Di contro, gli aumenti di forza riscontrati con l'allenamento HL sono maggiori rispetto ad allenamenti LL-BFR e questo può essere giustificato da un maggior grado di reclutamento di unità motorie<sup>[10][31]</sup>.

I dati scientifici relativi all'allenamento LL-BFR indicano che, contrariamente agli adattamenti neurali, i cambiamenti di forza indotti da questo tipo di allenamento sono più strettamente correlati all'ipertrofia muscolare<sup>[33]</sup>.

Questa è una differenza particolarmente importante rispetto all'allenamento HL, dove un aumento della forza muscolare deriva da cambiamenti neurali e dall'aumento della massa muscolare<sup>[33]</sup>.

L'ambiente ipossico e lo stress metabolico influenzano l'affaticamento delle fibre muscolari e quindi inducono un progressivo reclutamento di unità motorie durante l'allenamento<sup>[30]</sup>.

A livello cellulare e molecolare, alcune indagini hanno mostrato un rilascio significativamente più elevato di ormoni, quali l'ormone IGF-1, l'ormone della crescita GH e il fattore di crescita endoteliale vascolare, e tale rilascio è associato ad adattamenti neurofisiologici positivi in risposta ad allenamenti con BFR<sup>[35]</sup>.

In letteratura è stata anche riscontrata una maggiore attivazione della via di segnalazione di crescita mTORC1 e una maggiore sintesi proteica muscolare 24 ore dopo l'allenamento LL-BFR<sup>[13]</sup>.

L'ormone GH e IGF-1 attivano la via mTORC1 all'interno delle fibre muscolari: l'ormone GH stimola il rilascio di IGF-1, che a sua volta stimola le vie ipertrofiche<sup>[36]</sup>.

Per questo motivo, lo sviluppo della massa muscolare e della forza sono regolati sia da fattori neurali che da fattori ormonali<sup>[37]</sup>.

La proliferazione e l'incorporazione di cellule satellite miogeniche dopo la BFR porta ad un aumento del contenuto di miociti e conseguente aumento della capacità di sintesi proteica muscolare<sup>[13]</sup>.

Inoltre, l'allenamento LL-BFR riduce l'espressione del gene della miostatina (45%) in modo paragonabile a quanto osservato durante l'allenamento HL (41%), che è particolarmente importante per l'ipertrofia muscolare<sup>[33]</sup>.

I suddetti geni rafforzano la segnalazione intramuscolare stimolando la sintesi di proteine muscolari, come la via mTORC1 e la proliferazione delle cellule satelliti<sup>[33]</sup>.

In combinazione con un limitato aumento dei livelli di marker di danno muscolare post-esercizio (CK, mioglobina, IL-6) a seguito di un allenamento LL-BFR e una significativa diminuzione del livello dei processi proteolitici, questi fattori garantiscono condizioni idonee per un aumento dell'ipertrofia muscolare<sup>[33]</sup>.

Detto ciò, si può ipotizzare che i guadagni di forza muscolare dopo l'allenamento LL-BFR siano, molto probabilmente, fortemente correlati con l'aumento dell'area della sezione trasversale del muscolo piuttosto che con gli adattamenti neurali<sup>[33]</sup>.

Inoltre, l'ormone IGF-1 svolge un ruolo importante nel funzionamento sinaptico e nei processi cognitivi e ciò è supportato dal fatto che si sono osservati effetti positivi sulle funzioni cognitive subito dopo un allenamento di resistenza a basso carico con BFR<sup>[38]</sup>.

Dopo un allenamento LL-BFR, sono stati osservati aumenti dell'eccitabilità corticale e livelli più elevati di emoglobina ossigenata nelle aree motorie corticali<sup>[38]</sup>.

Nelle aree prefrontali è stata osservata una maggiore concentrazione di emoglobina deossigenata durante l'estensione di ginocchio con BFR, mentre l'aumento dell'emoglobina ossigenata era diminuito rispetto alle estensioni di ginocchio senza BFR<sup>[38]</sup>.

In generale, livelli ridotti di emoglobina deossigenata e livelli aumentati di emoglobina ossigenata sono associati ad un aumento dell'attività corticale<sup>[38]</sup>.

In aggiunta, lo sgonfiaggio del bracciale è associato ad un aumento dei ROS ed è stato direttamente collegato all'esercizio fisico<sup>[18]</sup>.

L'esposizione moderata ai ROS è necessaria per indurre meccanismi di difesa antiossidante adattativa<sup>[18]</sup>.

Tuttavia, l'esposizione continua è stata collegata a condizioni di malattia e segnalazioni al sistema di coagulazione del sangue<sup>[18]</sup>.

I marcatori ematici dello stress ossidativo includono carbonili proteici, perossidi lipidici e glutatione nel sangue, nonché sistemi antiossidanti<sup>[18]</sup>.

In letteratura si è osservato come la somministrazione dell'allenamento LL-BFR agli arti inferiori non aumenti significativamente i livelli di perossido lipidico<sup>[18]</sup>.

La sola BFR ha aumentato lo stress ossidativo, ma l'aggiunta di esercizio a basso carico ha attenuato significativamente i carbonili proteici e lo stato del glutatione nel sangue<sup>[18]</sup>.

Inoltre, una settimana di allenamento LL-BFR ad alta frequenza (2 sessioni al giorno per 3 settimane) non sembra aumentare lo stress ossidativo o la risposta enzimatica antiossidante, mentre l'allenamento HL con o senza BFR comporta uno stress ossidativo significativamente elevato<sup>[18]</sup>.

Pertanto, l'aggiunta della BFR all'allenamento LL non sembra aumentare lo stress ossidativo o la difesa antiossidante<sup>[18]</sup>.

Sono necessari ulteriori studi per comprendere l'effetto dell'esercizio BFR sulle risposte allo stress ossidativo affinché questo agisca come stimolo per l'adattamento<sup>[18]</sup>.

La letteratura che esamina i potenziali fattori di rischio correlati all'allenamento LL-BFR non mostra eventi avversi maggiori rispetto a esercizi più tradizionali, sebbene ci siano stati casi isolati di eventi avversi (coagulazione del sangue, risposte cardiovascolari, stress ossidativo e danno muscolare)<sup>[39]</sup>.

Come evidenziato da Conceição et al. (2019) infatti la BFR è stata applicata a più di 12.000 persone in Giappone in diverse condizioni fisiche, quali malattie cerebrovascolari, ortopediche, cardiache, respiratorie e neuromuscolari, nonché obesità, diabete e ipertensione senza effetti collaterali significativi<sup>[34]</sup>.

Dopo circa 300.000 sessioni di allenamento, solo lo 0,055% dei soggetti ha sviluppato trombosi venosa profonda, lo 0,008% ha sviluppato embolia polmonare e lo 0,008% ha presentato rhabdomiolisi<sup>[34]</sup>.

L'allenamento LL-BFR ha mostrato di essere sicuro in varie popolazioni, con risposte simili a quelle osservate con l'allenamento HL in termini di pressione sanguigna, coagulazione e insorgenza ritardata del dolore muscolare<sup>[12]</sup>.

La sicurezza e la tollerabilità di uno strumento riabilitativo contribuiscono all'efficacia complessiva di un programma riabilitativo, poiché le percezioni soggettive possono influenzare l'atteggiamento di un individuo nei confronti del trattamento riabilitativo e determinare l'adesione allo stesso trattamento<sup>[14]</sup>.

Pertanto, l'allenamento LL-BFR può rappresentare uno strumento di allenamento alternativo e ben tollerato rispetto all'allenamento HL<sup>[14]</sup>.

Infatti, il dolore e lo sforzo percepito di un esercizio a LL-BFR rispetto all'esercizio HL risulta essere inferiore eseguendo lo stesso esercizio<sup>[10]</sup>.

In individui con osteoartrosi di ginocchio si è osservato meno dolore durante il periodo di allenamento LL-BFR, probabilmente attribuibile all'esercizio a carico inferiore rispetto all'allenamento a carichi pesanti<sup>[10]</sup>.

Successivamente all'allenamento LL-BFR, si è osservato un minor dolore all'articolazione del ginocchio durante e 24 ore dopo l'allenamento, suggerendo un effetto di modulazione del dolore con l'allenamento LL-BFR che può influenzare favorevolmente il dolore all'articolazione del ginocchio durante un programma di riabilitazione<sup>[14]</sup>.

Il danno muscolare nell'esercizio con BFR è necessario per gli adattamenti dell'allenamento, i possibili rischi di rhabdomiolisi che si verificano durante l'esercizio con BFR possono essere aumentati in caso di atrofia da disuso muscolare<sup>[10]</sup>.

È importante che i professionisti escludano potenziali cause di rhabdomiolisi, come infezioni e immobilizzazione prolungata prima di iniziare l'allenamento<sup>[10]</sup>.

Questo indica come sia necessario un approccio personalizzato all'allenamento con BFR quando si seleziona la pressione da applicare, non solo per l'efficacia ma anche per la sicurezza<sup>[10]</sup>.

C'è una preoccupazione intrinseca e diffusa nella comparsa di una trombosi venosa profonda a causa della compressione esterna sul sistema vascolare tramite il bracciale occlusivo durante l'esercizio con BFR<sup>[18]</sup>.

La maggior parte degli studi che hanno valutato una possibile comparsa di tromboembolia venosa dopo l'allenamento LL-BFR hanno ricercato marcatori diretti del sangue per la coagulazione, non riscontrando alcun aumento del rischio<sup>[18]</sup>.

La coagulazione nel sistema vascolare creata dall'allenamento fa parte della normale cascata di guarigione e brevi periodi di stasi possono produrre la formazione di trombi senza eventi avversi<sup>[18]</sup>.

Un meccanismo per controllare l'avanzamento della formazione di trombi è attraverso la stimolazione del sistema fibrinolitico<sup>[18]</sup>.

L'allenamento LL-BFR ha dimostrato la capacità di aumentare la regolazione del percorso fibrinolitico dopo una sola sessione di allenamento in soggetti giovani sani e in soggetti anziani con malattia coronarica<sup>[18]</sup>.

Semberebbe, quindi, che l'allenamento LL-BFR stimoli il sistema fibrinolitico<sup>[18]</sup>.

Tuttavia, variabili come età, sesso e obesità possono alterare la risposta fibrinolitica all'esercizio<sup>[18]</sup>.

Gli studi sui fattori della coagulazione del sangue in soggetti anziani dopo l'allenamento LL-BFR, inclusi D-dimero, FDP e CK, non hanno evidenziato eventi avversi<sup>[18]</sup>.

Uno studio di Madarame et al. (2013) ha osservato l'allenamento LL-BFR in una popolazione anziana con cardiopatia ischemica non riscontrando un aumento dei fattori di coagulazione del sangue<sup>[18]</sup>.

Per quanto riguarda l'allenamento HL tradizionale, esso può indurre danni muscolari, in particolar modo in coloro che non hanno esperienza con l'esercizio e questo danno può essere documentato da marcatori diretti e indiretti ed è più spesso associato alla fase eccentrica dell'esercizio<sup>[18]</sup>.

Il danno al muscolo può essere determinato direttamente tramite biopsia muscolare, oppure può essere dedotto indirettamente quantificando i sintomi che si pensa siano associati a un muscolo danneggiato<sup>[18]</sup>.

Questi marker includono una diminuzione della produzione di forza, una ridotta mobilità, indolenzimento muscolare e la misurazione dei livelli circolanti di CK e mioglobina<sup>[18]</sup>.

In casi estremi, l'esercizio può essere associato a una rottura del tessuto muscolare scheletrico striato, chiamata rabdomiolisi da sforzo, che può portare a dolore secondario, gonfiore e potenziale danno del tessuto<sup>[18]</sup>.

I casi di rabdomiolisi da sforzo sono in genere associati ad un carico di esercizio che supera di gran lunga la forma fisica e il normale sforzo fisico del soggetto, ma è stata anche riscontrata in caso di carichi termici elevati, disidratazione o all'uso di determinati farmaci<sup>[18]</sup>.

È stato suggerito che potrebbe verificarsi un rischio esagerato di rhabdomiolisi a seguito dell'allenamento BFR, in cui lo stress metabolico è amplificato nonostante l'uso di carichi bassi<sup>[18]</sup>.

In effetti, sono stati documentati casi isolati di rhabdomiolisi che si sono verificati attraverso l'uso dell'allenamento LL-BFR. Tuttavia, l'analisi del tasso di incidenza dalla letteratura pubblicata indica che il rischio rimane comunque molto basso (0,07-0,2%)<sup>[18]</sup>.

Pertanto, è possibile che si verifichi rhabdomiolisi da sforzo durante l'esercizio BFR, ma le prove attualmente disponibili non suggeriscono che il rischio sia maggiore rispetto all'esercizio tradizionale ad alti carichi<sup>[18]</sup>.

In aggiunta, è stato dimostrato come l'allenamento LL-BFR influisca sulla compliance arteriosa e sulla funzione endoteliale<sup>[18]</sup>.

Pressioni relative più elevate inducono risposte cardiovascolari più elevate, quindi l'allenamento LL-BFR potrebbe provocare una maggiore ipotensione post-esercizio rispetto all'allenamento HL<sup>[18]</sup>.

Inoltre, la resistenza vascolare sistemica diminuisce durante l'esercizio muscolare a causa della vasodilatazione<sup>[18]</sup>.

La minaccia che pressione sistemica non raggiunga il nuovo set point regolatorio durante l'esercizio è compensata da un aumento della CO<sub>2</sub> e dal tono vasomotorio simpatico<sup>[18]</sup>.

Una discrepanza tra CO<sub>2</sub>, controllo simpatico del sistema vasomotorio e meccanismi locali di iperemia attiva potrebbe provocare una sincope ipotensiva, tuttavia, episodi di sincope non sono stati riportati frequentemente in letteratura<sup>[18]</sup>.

L'allenamento LL-BFR aumenta la resistenza vascolare sistemica dopo l'allenamento con una concomitante diminuzione di CO<sub>2</sub><sup>[18]</sup>.

Sebbene la relazione tra la CO<sub>2</sub> e la resistenza vascolare sistemica non sembra rappresentare una minaccia cardiovascolare nell'esercizio BFR, una CO<sub>2</sub> costante associata a un aumento della resistenza vascolare sistemica potrebbe portare ad un aumento della pressione sanguigna e dovrebbero essere considerate le possibili risposte individuali a tale avvenimento<sup>[18]</sup>.

La diminuzione del flusso sanguigno venoso provoca un accumulo di sangue all'interno dei capillari degli arti occlusi, spesso riflesso da eritema visibile<sup>[18]</sup>.

Il livello di accumulo di sangue può essere influenzato dalla quantità di pressione applicata e, quando le contrazioni muscolari vengono eseguite in condizioni di BFR, si verifica un aumento



della pressione intramuscolare sotto il bracciale, che disturba ulteriormente il flusso sanguigno<sup>[18]</sup>.

La letteratura però, rileva anche i potenziali effetti protettivi vascolari dell'allenamento con BFR migliorando la funzione circolatoria dell'endotelio vascolare del sangue periferico<sup>[13]</sup>.

Inoltre, è stato dimostrato che la sola BFR provoca una maggiore capacità ossidativa del muscolo scheletrico locale e miglioramenti cardiovascolari, quali una maggiore conduttanza vascolare e una maggiore vasodilatazione endoteliale dipendente in appena 7 giorni<sup>[18]</sup>.

In letteratura, i cambiamenti della pressione sanguigna durante l'allenamento LL-BFR sono simili ai cambiamenti che si verificano con l'allenamento di forza tradizionale in diverse popolazioni<sup>[34]</sup>.

Inoltre, l'allenamento LL-BFR può attenuare gli effetti della sarcopenia e può essere efficace nel migliorare la salute delle ossa<sup>[10]</sup>.

La letteratura ha dimostrato un aumento delle concentrazioni sieriche di fosfatasi alcalina ossea e un aumento del turnover osseo dopo 6 settimane di allenamento LL-BFR, suggerendo un buon impatto sulla salute delle ossa<sup>[10]</sup>.

Oltre ai miglioramenti a livello muscolare, l'allenamento LL-BFR ha anche dimostrato di influenzare positivamente il metabolismo osseo e quindi può essere applicabile nella prevenzione e nel trattamento di patologie ossee come l'osteoporosi<sup>[30]</sup>.

È in gran parte sconosciuto in che misura l'allenamento con BFR faciliti i cambiamenti nelle proprietà dei tendini umani, probabilmente lo stress meccanico e la tensione indotti dall'allenamento di resistenza possono migliorare le proprietà morfologiche e funzionali dei tendini<sup>[31]</sup>.

Inoltre, non è chiaro come la condizione di ipossia contribuisca all'aumento della sezione trasversa del tendine, probabilmente l'ambiente ipossico indotto dalla BFR stimola la proliferazione delle cellule staminali tendinee potenziando la riparazione dei tendini<sup>[31]</sup>.

La BFR applicata con l'esercizio fisico aumenta la secrezione del fattore di crescita dei fibroblasti di base, noto per aumentare la proliferazione degli stessi fibroblasti, quindi potrebbe portare ad un aumento dei tassi di sintesi del collagene<sup>[31]</sup>.

Il carico di allenamento superiore al 70% 1 RM promuove risposte adattive ottimali nelle proprietà tendinee meccaniche rispetto all'allenamento a basso carico, mentre con

l'allenamento LL-BFR sono stati osservati aumenti significativi (20-40%) nella rigidità tendinea, oltre a cambiamenti nell'ipertrofia tendinea (3-10%)<sup>[31]</sup>.

Nonostante un carico di allenamento molto più basso, l'allenamento LL-BFR ha provocato adattamenti nella sezione trasversa del tendine d'Achille e nelle proprietà meccaniche, nonché nella massa muscolare e nella forza paragonabili all'allenamento HL<sup>[31]</sup>.

Infine, la deformazione e lo stress non sono gli unici fattori che influenzano gli adattamenti meccanici dei tendini, ma potrebbero influire anche il numero di cicli di carico e/o l'ipossia tissutale<sup>[31]</sup>.

### 3. MATERIALE E METODI

#### 3.1. Disegno dello studio

Tipologia dello studio: Case Series.

In questo studio sono stati indagati gli effetti della Blood Flow Restriction in aggiunta all'esercizio a basso carico in soggetti con Lateral Elbow Tendinopathy (LET) persistente prima del trattamento e dopo il trattamento proposto, al fine di valutare la sua possibile utilità nel migliorare la condizione iniziale.

Il trattamento è stato strutturato con la somministrazione della Blood Flow Restriction in aggiunta ad esercizio terapeutico a basso carico, utilizzato in unione ad un trattamento standard, per trattare il dolore laterale di gomito persistente.

Lo studio ha coinvolto un totale di 3 professionisti sanitari.

Professionista 1: studente di Fisioterapia, autore della tesi. Addetto a:

- Selezione del campione
- Controllo di eleggibilità dei partecipanti, acquisizione di consenso informato ed autorizzazione al trattamento dei dati personali
- Valutazione dei test clinici e somministrazione dei questionari
- Supporto e controllo dei partecipanti nella progressione dello studio
- Analisi conclusiva e confronto dei dati ottenuti
- Somministrazione del trattamento
- Educazione del paziente

Professionisti 2 e 3: laureati in Fisioterapia, correlatori della tesi. Addetti a:

- Fornitura del macchinario che utilizza la Blood Flow Restriction, spiegazioni riguardo alla tecnica e alle sue modalità di utilizzo e del foglio illustrativo con gli esercizi da eseguire
- Somministrazione del trattamento
- Educazione del paziente

L'intero studio si è svolto dal 17/09/2021 al 13/10/2021 presso il centro di Fisioterapia e Personal Training MOOVE di Cesenatico (FC).

Questo Case Series Study non è stato notificato al Comitato Etico in quanto finalizzato all'acquisizione di competenze di natura metodologica per il raggiungimento di finalità didattiche.

### **3.2. Partecipanti**

Per la selezione dei partecipanti è stato adottato un metodo di partecipazione volontaria.

Con lo scopo di reclutare un numero cospicuo di partecipanti è stato inserito un annuncio tramite social network contenente una breve descrizione della sperimentazione, invitando i lettori interessati a contattare telefonicamente il professionista 1.

Durante la telefonata, le persone interessate sono state informate di tutti i dettagli riguardanti la sperimentazione.

Successivamente, se da entrambe le parti c'era l'interesse di procedere con lo studio, è stato concordato un appuntamento per la verifica dei criteri di inclusione ed esclusione, oltre che alla valutazione clinica iniziale.

Criteri di inclusione:

- Età compresa tra i 18 e i 60 anni
- Svolgimento di attività ripetitive con il gomito per più di 2 ore al giorno, con sovraccarico maggiore di 5 kg a livello dei tendini che si inseriscono sull'epicondilo laterale per più di 2 ore al giorno e la sovraesposizione a strumenti vibranti per più di 2 ore al giorno o svolgimento di attività sportiva con coinvolgimento dell'arto superiore per più di 2 ore a settimana<sup>[3][4]</sup>
- Dolore che persiste da almeno 3 mesi<sup>[3]</sup>
- Numeric Pain Rating Scale  $\geq 3/10$  Dolore alla palpazione dell'epicondilo laterale di gomito e dei muscoli estensori di polso e dita nella loro inserzione sull'epicondilo laterale dell'omero<sup>[23]</sup>
- Positività di almeno 2 test su 3 tra il test di Maudsley, il test di Cozen e il test di Mill<sup>[22]</sup>

Criteri di esclusione:

- LET bilaterale
- Neuropatia periferica del nervo radiale valutata con Upeer Limb Neural Tension Test 2b<sup>[40]</sup>
- Malattie neurologiche, psichiatriche, neoplastiche, dismetaboliche, degenerative, sistemiche e reumatiche
- Incapacità di comprendere il meccanismo d'azione e lo scopo dei trattamenti
- Precedenti traumi o interventi chirurgici
- Concomitanza con altre patologie all'arto superiore interessato
- Modificazioni di terapie antidolorifiche o infiammatorie durante lo studio
- Iniezioni di cortisone o acido ialuronico nei precedenti 3 mesi rispetto all'inizio dello studio
- Patologie cardiovascolari centrali o periferiche
- Assunzione di farmaci che alterano la coagulazione del sangue

Sono stati considerati 5 candidati in totale, di questi 4 sono stati inclusi nello studio.

Il soggetto escluso non è stato inserito nella sperimentazione in quanto non rispondeva a 2 criteri di inclusione e vi era la presenza di 1 criterio di esclusione.

Criteri di inclusione assenti:

- Positività di 2 su 3 tra i test di Cozen, test di Maudsley e test di Mill
- NPRS alla palpazione dell'epicondilo laterale di gomito  $\geq 3/10$

Criterio di esclusione presente:

- Progresso trauma (frattura clavicola) meno di 3 mesi dalla valutazione iniziale

### **3.3. Materiali**

La valutazione è stata svolta interamente all'interno di un ambulatorio privato.

Materiale utilizzato per la valutazione:

- Questionario PRTEE
- Questionario DASH
- Dinamometro manuale
- Lettino riabilitativo
- Manubri da 1 Kg a 8 Kg

Tutti i trattamenti sono stati svolti all'interno della palestra riabilitativa.

Materiale utilizzato per il trattamento:

- Spalliera
- Elastico con maniglie
- Manubrio da 1 Kg
- Manubrio da 2 Kg
- Tavolino
- Sedia
- Cyclette
- Dispositivo BFR (MAD-UP<sup>®</sup>)

### **3.4. Procedure**

I soggetti interessati alla sperimentazione sono stati convocati singolarmente presso il centro "Fisioterapia e Personal Training MOOVE" di Cesenatico (FC), sede della sperimentazione.

Il professionista 1 si è occupato di fissare gli appuntamenti con i candidati tramite via telefonica per la valutazione iniziale.

I candidati sono stati accolti in struttura dall'operatore 1 e condotti nell'ambulatorio selezionato per la valutazione.

### 3.4.1. Intervista e compilazione dei questionari

Il professionista 1 ha condotto un'intervista ai soggetti, raccogliendo i dati anamnestici e verificando i criteri di inclusione ed esclusione, raccomandandosi con i partecipanti circa l'importanza dell'adesione allo studio.

Ai partecipanti è stato spiegato dettagliatamente la tipologia del trattamento che si andrà a fare, quali sono i possibili effetti avversi e quali i vantaggi.

Dopodichè è stato chiesto ai soggetti di firmare il modulo riguardo al consenso informato e al trattamento dei dati personali.

Durante la fase iniziale e al termine del periodo di sperimentazione, ai soggetti è stato chiesto di compilare i questionari PRTEE e DASH.

## **3.5. Valutazione**

La valutazione è stata eseguita dal professionista 1 sul lettino.

Sono stati somministrati i seguenti test:

- Upper Limb Neurodynamic Tension Test (ULNTT 2b)
- Test di Cozen, Test di Maudsley e Test di Mill
- Pain Free Grip Test (PFG)
- Dolore alla palpazione dell'epicondilo laterale di gomito e dei muscoli estensori di polso e dita nella loro inserzione sull'epicondilo laterale dell'omero
- 1 RM alla flessione-estensione di polso e alla pronosupinazione di avambraccio

### 3.5.1. Upper Limb Neurodynamic Tension Test (ULNTT 2b)

L'ULNTT 2b fornisce un metodo di valutazione della tensione e della mobilità del nervo radiale, viene utilizzato per discriminare una neuropatia dello stesso nervo da una condizione di dolore laterale di gomito<sup>[8][40]</sup>.

Il test dovrebbe essere applicato in tutti i disturbi cervicali, del torace e dell'arto superiore<sup>[40]</sup>.

Prima di eseguire il test neurodinamico sono state illustrate al paziente le procedure e le sensazioni che avrebbe potuto riscontrare durante la prova, quali formicolio o profonda tensione<sup>[40]</sup>.

Il test è stato somministrato prima all'arto superiore non coinvolto e solo successivamente all'arto doloroso<sup>[40]</sup>.

Il paziente si trovava disteso con la scapola fuori dal lettino, una mano del professionista sosteneva il gomito e l'altra sosteneva il polso del paziente, mentre la sua coscia era appoggiata contro la spalla del soggetto<sup>[40]</sup>.

La spalla era abdotta di 10° e il gomito era esteso: mantenendo questa posizione il professionista ha portato in intrarotazione la spalla e in pronazione l'avambraccio del paziente<sup>[40]</sup>.

Infine si è portato il polso in flessione e deviazione ulnare, con contemporanea flessione del pollice e delle dita<sup>[40]</sup>.

Per differenziare la struttura nervosa sono stati aggiunti a questa sequenza movimenti di mobilizzazione distali dalla zona dolente, quali flessione cervicale ipsilaterale o controlaterale o una flesso-estensione di polso<sup>[40]</sup>.

Il test è stato considerato positivo nel caso in cui, durante l'esecuzione del test, il soggetto abbia avvertito un'esacerbazione dei sintomi iniziali o del dolore nella regione laterale del gomito<sup>[40]</sup>.

I soggetti con positività del test sono stati esclusi dallo studio.

### 3.5.2. Dolore alla palpazione

Le strutture maggiormente coinvolte in condizione di dolore laterale di gomito sono i muscoli estensori di polso e dita, più precisamente nella loro inserzione sull'epicondilo omerale laterale<sup>[2][21][22]</sup>.

Se, durante la valutazione, è stata riscontrata un'esacerbazione del dolore  $\geq 3/10$  NPRS alla palpazione dei muscoli dell'epicondilo laterale, i soggetti sono stati inclusi nello studio<sup>[4][23]</sup>.

Sono stati indagati i seguenti muscoli: l'estensore radiale breve del carpo (ECRB), l'estensore comune delle dita (ECD) e l'estensore radiale lungo del carpo (ECRL).

#### ***Estensore radiale breve del carpo (ECRB)***

È stata richiesta al paziente un'estensione del polso contro resistenza effettuata a livello della porzione dorsale del terzo metacarpo<sup>[41]</sup>.

#### ***Estensore comune delle dita (ECD)***

Il muscolo ECD è situato posteriormente e medialmente al muscolo ECRL<sup>[41]</sup>.

L'operatore ha richiesto al paziente di effettuare ripetute estensioni del polso e delle dita<sup>[41]</sup>.



### ***Estensore radiale lungo del carpo (ECRL)***

Col paziente a gomito flessso, l'operatore ha richiesto un'estensione e una deviazione radiale del polso: è stato possibile apprezzare la contrazione sul margine laterale dell'omero<sup>[41]</sup>.

Il professionista 1 ha eseguito una valutazione palpatoria globale nella regione laterale di gomito e una valutazione specifica dei singoli muscoli maggiormente coinvolti e come valore discriminante si è preso il peggiore risultante dall'intera valutazione.

Tuttavia non si può essere certi di palpare esattamente quello che si intende palpare, infatti in una revisione sistematica di Cooperstein et al. (2016) gli autori confermano che la palpazione può rilevare delle variazioni dei tessuti molli in pazienti con disturbi N-MSK, tuttavia, le abilità palpatorie richiedono molto tempo per essere acquisite e nonostante ciò nello studio di Seffinger et al. (2004) si è visto che il livello clinico di esperienza non migliora la procedura<sup>[42][43]</sup>.

### **3.5.3. Test di provocazione**

I test più ampiamente accettati e utilizzati sono il test di Cozen, il test di Mill e il test di Maudsley<sup>[44]</sup>.

Questi test di provocazione del dolore sono generalmente utilizzati per individuare o isolare i tessuti specifici della patologia<sup>[44]</sup>.

Il test di Cozen e il test di Maudsley presentano rispettivamente l'84% e l'88% di sensibilità, mentre entrambi presentano lo 0% di specificità: l'elevata sensibilità consente di identificare i soggetti con dolore laterale di gomito, ma, data la loro bassa specificità, potrebbero essere identificati come positivi anche soggetti sani<sup>[4][44]</sup>.

Il test di Mill, invece, mostra una sensibilità del 53% e una specificità del 100%, ovvero è in grado di indicare con una certezza del 100% che i soggetti siano sani qualora il test risulti negativo<sup>[4][44]</sup>.

Nel caso ci sia positività di almeno 2 tra i 3 test citati si può ipotizzare una condizione di LET, i partecipanti che non sono risultati positivi ad almeno 2 su 3 di questi test sono stati esclusi dallo studio<sup>[22]</sup>.

### ***Test di Mill***

Il soggetto è stato posizionato in posizione seduta con la spalla leggermente abdotta, gomito flessso a 90°, avambraccio pronato e polso flessso in modo che il palmo della mano fosse rivolto verso il basso<sup>[44]</sup>.

Il professionista si è posizionato dietro al lato affetto da LET del soggetto, con una mano che afferrava l'AS per supporto mentre l'AS del soggetto veniva elevato a 70° di abduzione<sup>[44]</sup>.

Il pollice dell'altra mano è stato posizionato nel palmo del paziente tra l'indice e il pollice e le dita sono state avvolte attorno al dorso del polso per mantenere la posizione dell'avambraccio in piena pronazione e il polso in flessione<sup>[44]</sup>.

Mantenendo questa posizione, il gomito è stato esteso lentamente<sup>[44]</sup>.

Il test è stato considerato positivo se veniva riprodotto il dolore vicino all'epicondilo laterale<sup>[4]</sup>.

### ***Test di Cozen***

Il soggetto è stato posizionato in stazione eretta con il gomito interessato completamente esteso e l'avambraccio pronato<sup>[44]</sup>.

Il professionista ha stabilizzato il soggetto con una mano, posizionando il pollice sull'epicondilo laterale<sup>[44]</sup>.

È stata data istruzione di fare un pugno completo in estensione del polso contro resistenza, seguita da pronazione e deviazione radiale passiva<sup>[44]</sup>.

Il dolore vicino all'epicondilo laterale è stato considerato come test positivo<sup>[44]</sup>.

### ***Test di Maudsley***

Il soggetto è stato posizionato seduto con il gomito flesso a 90° e l'avambraccio pronato<sup>[44]</sup>.

È stato richiesto di estendere il dito medio contro la resistenza posta dal professionista<sup>[44]</sup>.

Il test è stato considerato positivo in caso di comparsa di dolore all'epicondilo laterale dell'omero<sup>[44]</sup>.

### **3.5.4. Test 1 RM**

Un test comunemente utilizzato è il test di 1 RM, ovvero il peso massimo che può essere sollevato per una sola ripetizione, mantenendo la corretta tecnica di sollevamento<sup>[45]</sup>.

Nel test 1 RM vi è, solitamente, un'associazione di contrazioni concentriche ed eccentriche, che rispecchiano le azioni muscolari che sono più comunemente utilizzate nell'allenamento e nella vita quotidiana<sup>[45]</sup>.

Il test 1 RM permette di valutare la forza muscolare e durante l'esecuzione del test si somministrano gli stessi esercizi che poi si andranno a svolgere nella sessione di allenamento<sup>[45]</sup>.

I risultati in letteratura sono incoerenti e non è chiaro quale sia la vera affidabilità test-retest del test 1 RM<sup>[45]</sup>.

Prima di eseguire il test, i pazienti sono stati istruiti sulla giusta esecuzione dell'esercizio<sup>[46]</sup>.

Al soggetto viene richiesto di eseguire un esercizio con un carico tale da poter eseguire tante ripetizioni, e gli viene chiesto di eseguire più ripetizioni possibili mantenendo la corretta esecuzione dell'esercizio.

Il professionista, dopo aver preso nota del numero di ripetizioni effettuate dal partecipante, ha stimato la percentuale di 1 RM a cui corrispondeva il carico somministrato tramite la tabella di Bompa (Tab. 3.1)<sup>[47]</sup>.

Nella sperimentazione è stato somministrato un carico iniziale di 2 Kg.

Una volta trovata la percentuale di 1 RM a cui corrisponde il carico di 2 Kg è stata calcolata la seguente proporzione per trovare il carico corrispondente a 1 RM:

$$2 \text{ Kg} : \% \text{ tabella} = x \text{ Kg} : 100\% \rightarrow x \text{ Kg} = 2 \text{ Kg} \times 100\% \text{ tabella}$$

Successivamente, ai partecipanti è stato chiesto di eseguire una singola ripetizione con l'1 RM stimato ed è stato concesso loro un massimo di 5 tentativi per confermare l'1 RM trovato<sup>[48][49][50]</sup>.

Tra un tentativo e il successivo è stato lasciato un tempo di recupero di 2-3 minuti<sup>[48][49]</sup>.

Nel caso di impossibilità ad eseguire il test 1 RM col carico fornito poiché troppo elevato, il peso è stato diminuito del 5-10% come segnalato in letteratura. Tuttavia, con carichi così bassi non sarebbe possibile diminuire del 10% il carico, per cui il carico è stato diminuito di 1 Kg per fallimento<sup>[48][49][50]</sup>.

Questo test ha determinato il massimo carico che l'individuo è riuscito a utilizzare con una singola ripetizione, cioè l'1 RM, necessario per poter trovare il 20% di 1 RM da utilizzare successivamente per il trattamento LL-BFR<sup>[46][48]</sup>.

<i>% 1 RM</i>	<i>ripetizioni</i>
100	1
95	2
90	3
85	5
80	6
75	8
70	10
65	15
60	20
50	25-30
40	40-50
30	70-100

(Tab. 3.1)

### **3.6. Outcome**

Gli strumenti di outcome utilizzati sono stati i seguenti:

- La Numeric Pain Rating Scale (NPRS) per valutare il dolore alla palpazione dell'epicondilo laterale di gomito e dei muscoli estensori di polso e dita nella loro inserzione sull'epicondilo laterale dell'omero
- Il Patient Rated Tennis Elbow Evaluation (PRTEE) per valutare come la LET ha condizionato il soggetto durante le ultime settimane
- Il Disability of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) per valutare la funzionalità dell'arto superiore
- Il Pain Free Grip Test (PFG) per valutare la forza di presa

### 3.6.1. Numeric Pain Rating Scale (NPRS)

Le scale di valutazione del dolore hanno un ruolo fondamentale nella pratica clinica, la letteratura suggerisce che i pazienti sono in grado di usarle per comunicare la loro esperienza di dolore e la loro risposta al trattamento<sup>[51]</sup>.

La NPRS è una scala che valuta il dolore con 11 punti, da 0 a 10, in cui le estremità corrispondono a “nessun dolore” e il “dolore più forte o peggiore mai provato”<sup>[51]</sup>.

Questa scala può essere somministrata graficamente o verbalmente; quando viene rappresentata graficamente i numeri sono spesso racchiusi in riquadri<sup>[51]</sup>.

La validità della NPRS si è dimostrata buona in caso di dolore cronico, anche i dati riguardanti il test-retest sono buoni; migliore con soggetti più colti ( $r= 0,96$ ) rispetto a soggetti meno colti ( $r= 0,95$ )<sup>[52]</sup>.

Si è mostrata un'alta correlazione con la Visual Analogue Scale (VAS), scala di valutazione che quantifica l'intensità del dolore, con valori compresi in un range tra 0,86 e 0,95<sup>[52]</sup>.

Per valutare un miglioramento clinico importante l'intensità del dolore si deve ridurre del 33%<sup>[53]</sup>.

### 3.6.2. Patient Rated Tennis Elbow Evaluation (PRTEE)

Il questionario PRTEE è un questionario self-report composto da 15 items con 3 sottogruppi: 5 items riguardano il dolore, 4 le attività quotidiane e 6 le attività specifiche<sup>[38][42]</sup>.

Ogni item del PRTEE è valutato su una scala da 0 a 10, dove 0 corrisponde a nessun dolore e/o difficoltà nello svolgere le attività e 10 indica forte dolore e/o difficoltà nello svolgere le attività<sup>[25][54]</sup>.

Il punteggio totale varia da un risultato migliore di 0 ad un risultato peggiore di 150, con punteggi più alti che indicano maggior dolore e disabilità<sup>[25][54][55]</sup>.

Il questionario PRTEE riesce a valutare il dolore e la disabilità in un singolo momento e rileva con precisione i cambiamenti nel tempo, infatti la sua capacità di distinguere correttamente tra miglioramento di dolore e/o disabilità e non miglioramento è del 76%<sup>[25][54]</sup>.

Anche i dati riguardanti al test-retest sono buoni con un ICC  $\geq 0,75$  e un Cronbach Alpha  $> 0,70$ <sup>[25][54]</sup>.

La versione italiana del PRTEE è uno strumento valido ed affidabile consigliato nella pratica clinica in pazienti con LET<sup>[55]</sup>.

Per valutare un miglioramento clinico importante la differenza minima deve risultare di 7 punti<sup>[57]</sup>.

### 3.6.3. Disability of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)

La scala DASH (o questionario DASH) è un questionario self-report che ha lo scopo di valutare la funzionalità dell'arto superiore<sup>[26][27][28]</sup>.

Il questionario è composto da 38 items suddivisi in 3 moduli, che va a misurare la funzionalità fisica e i sintomi nelle persone con disturbi muscoloscheletrici<sup>[26][27][28][54]</sup>.

Ogni items viene valutato su una scala da 1 (nessuna difficoltà) a 5 (impossibilità di svolgere attività), mentre il punteggio totale varia da 0% (nessuna disabilità) a 100% (disabilità più grave)<sup>[54]</sup>.

Il questionario DASH ha un indice di accuratezza del 64% per differenziare il miglioramento di funzionalità e sintomatologia dal non miglioramento, inoltre anche i dati riguardanti al test-retest sono buoni con un ICC = 0,93-0,98<sup>[54][57]</sup>.

Il punteggio totale può quindi variare da un minimo di 0% ad un massimo di 100%, dove la percentuale finale è data dalla seguente formula matematica<sup>[28]</sup>:

$$\left( \frac{\text{somma delle risposte}}{\text{numero delle risposte compilate}} - 1 \right) \times 25 = \text{punteggio in \%}$$

Per quanto riguarda il primo modulo composto da 30 domande, se più di 3 items vengono lasciati vuoti non è calcolabile il punteggio finale, mentre per gli altri 2 moduli è sufficiente non compilare 1 items per rendere incalcolabile il punteggio finale<sup>[28]</sup>.

Per valutare un miglioramento clinico importante la differenza minima deve risultare di 10,2 punti<sup>[57]</sup>.

### 3.6.4. Pain Free Grip Test (PFG)

La LET è associata al dolore durante la presa, che viene valutato tramite il Pain Free Grip Test (PFG)<sup>[58]</sup>.

Il test PFG si è dimostrato altamente affidabile per monitorare i risultati del trattamento in soggetti con LET con un ICC > 0,97<sup>[24][58]</sup>.

Il test PFG viene utilizzato per misurare la quantità di forza che il paziente è in grado di generare prima dell'insorgenza del dolore, mentre quando non c'è dolore il risultato del test corrisponde alla massima forza di presa generabile<sup>[24]</sup>.

Il test PFG viene somministrato utilizzando un dinamometro portatile (Fig. 3.1) mentre il paziente si trova in posizione supina e rilassata, con gli arti inferiori estesi e leggermente divaricati oppure in posizione seduta<sup>[24][58]</sup>.

Il gomito può essere esteso-pronato, in posizione neutra oppure flesso a 90° in posizione neutra di prono-supinazione o in pronazione<sup>[24][58]</sup>.

Il paziente viene istruito a spremere il dinamometro con il massimo della sua forza sull'arto non interessato dalla problematica ad una velocità graduale. La stessa valutazione verrà poi effettuata sull'arto interessato dalla LET: in questo caso, però al paziente verrà chiesto di fermarsi quando inizierà ad avvertire dolore<sup>[24]</sup>.

Il professionista deve osservare attentamente ogni tentativo eseguito dal paziente, questo per evitare che il dinamometro venga schiacciato oltre l'inizio del dolore, rendendo il test non valido<sup>[24]</sup>.

Il test PFG è semplice da eseguire, può essere condotto in pochi minuti con un'attrezzatura minima e quantifica l'entità del deficit di forza di presa durante la pratica clinica<sup>[24]</sup>.

Il somministratore dovrebbe assicurarsi che il gomito sia mantenuto costantemente nella stessa posizione durante i test successivi all'interno della stessa sessione di test poiché i test di forza PFG eseguiti in diverse posizioni del gomito possono potenzialmente produrre risultati diversi<sup>[24]</sup>.

La posizione del gomito, della spalla e dell'avambraccio svolgono un ruolo importante nella valutazione e devono essere standardizzate<sup>[58]</sup>.

L'impugnatura di un dinamometro a presa consente in genere la regolazione delle dimensioni dell'impugnatura, pertanto, è necessario impostare la stessa misura dell'impugnatura se lo stesso paziente viene testato durante misurazioni ripetute e in occasioni diverse<sup>[24]</sup>.

Si consiglia di ripetere il test tre volte con intervalli di riposo di 1 minuto, e la media ottenuta di queste tre ripetizioni dovrebbe essere utilizzata per il confronto tra i lati non affetti e quelli affetti<sup>[24]</sup>.

Nella sperimentazione il partecipante è stato posizionato in posizione seduta, gomito in posizione neutra flesso a 90 gradi con il polso in posizione neutra (Fig. 3.2).



(Fig. 3.1) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo



(Fig. 3.2) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo

### 3.7. Trattamento LL-BFR

Prima di somministrare il trattamento LL-BFR i soggetti hanno eseguito un riscaldamento generale di 5 minuti alla cyclette<sup>[14][31]</sup>.

L'allenamento con la BFR ha previsto l'applicazione di un bracciale (Fig. 3.3) (Fig. 3.4) parzialmente restrittivo posizionato sempre sullo stesso punto ad ogni sessione di allenamento, ovvero nella parte più prossimale delle braccia, al fine di limitare parzialmente il flusso vascolare<sup>[7]</sup>.

Il professionista 1 si è occupato dell'applicazione del bracciale all'arto superiore interessato. Tuttavia, dato il mancato riconoscimento di movimento da parte del sensore applicato ai bracciali del dispositivo MAD-UP<sup>®</sup>, il bracciale è stato posizionato più distalmente rispetto a quanto indicato in letteratura, ovvero a livello del cavo cubitale anziché a livello di quello ascellare.





(Fig. 3.3) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo



(Fig. 3.4) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo



(Fig. 3.5) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo



(Fig. 3.6) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo

Durante la fase di preparazione al trattamento è stata identificata la LOP per determinare la pressione necessaria ad eliminare un polso rilevabile, quindi il bracciale è stato gradualmente gonfiato fino ad ottenere il 100% dell'occlusione arteriosa<sup>[31]</sup>.

Questo procedimento è stato svolto autonomamente dal dispositivo MAD-UP<sup>®</sup> (Fig. 3.5).

La parziale occlusione vascolare è stata impostata dal 40% all'80% LOP per garantire un'adeguata occlusione venosa pur consentendo l'afflusso arterioso<sup>[12][13][31]</sup>.

Tuttavia, l'occlusione massima da poter imprimere all'arto superiore con il dispositivo MAD-UP<sup>®</sup> è del 70%.

La restrizione del flusso sanguigno è stata mantenuta durante l'intero esercizio, compresi i 30 secondi di riposo tra una serie e l'altra, mentre tra un esercizio e l'altro il bracciale è stato sgonfiato consentendo un periodo di riposo di 1 minuto<sup>[13][18][31][32][34]</sup>.

Prima di iniziare la fase di trattamento, il dispositivo MAD-UP® permette di impostare la percentuale di pressione desiderata ed essa può essere modificata anche durante il trattamento senza resettare il dispositivo (Fig. 3.6).

La letteratura riporta che inizialmente si incominci ad utilizzare un carico di lavoro del 20% 1 RM di ogni esercizio da eseguire<sup>[13][18][31]</sup>.

All'interno del programma di allenamento, per ogni esercizio sono state completate 4 serie con 30 ripetizioni nella prima serie e 15 ripetizioni nelle tre restanti, come descritto in letteratura<sup>[13][31]</sup>.

La percezione della compressione non dovrebbe essere  $\geq 7/10$  valutata con una scala soggettiva di percezione della compressione da 0 a 10, dove 0 indica "nessuna compressione" e 10 "alta compressione con dolore"<sup>[33]</sup>.

Per quanto riguarda il dolore, esso non dovrebbe essere  $\geq 5/10$  dove 0 indica "nessun dolore" e 10 "dolore insopportabile"<sup>[59]</sup>.

Il superamento di queste soglie ha comportato una riduzione iniziale della percentuale di occlusione e successivamente la sospensione dell'esercizio.

La sperimentazione si è svolta per 3 settimane con cadenza bisettimanale, sempre negli stessi giorni e alla stessa ora con durata di 30 minuti.

Come riportato in letteratura, il carico somministrato è rimasto invariato (20% 1 RM) durante le 3 settimane di sperimentazione: l'aumento del carico del 5% avviene ogni 4 settimane, infatti, a partire dalla 4° settimana si aumenta il carico fino al raggiungimento massimo del 35% 1 RM<sup>[13][18][31]</sup>.

La pressione, invece, è stata aumentata gradualmente fino ad arrivare a 70% LOP (Tab. 3.2).

<i>Settimana del trattamento</i>	<i>% LOP utilizzata 1° seduta della settimana</i>	<i>% LOP utilizzata 2° seduta della settimana</i>
Settimana 1	50% LOP	55% LOP
Settimana 2	60% LOP	65% LOP
Settimana 3	70% LOP	70% LOP

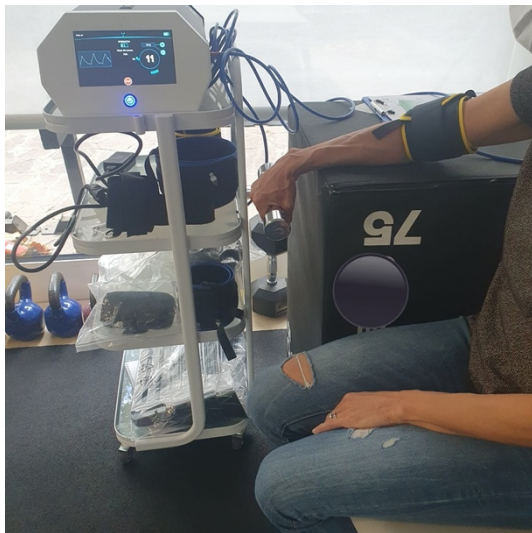
(Tab. 3.2)

### *Esercizio di flessione-estensione*

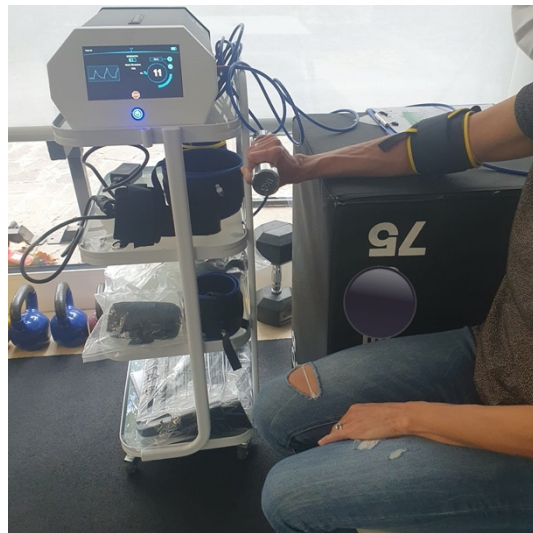
I partecipanti sono stati posizionati seduti su una sedia con l'arto superiore interessato da LET sostenuto da un tavolo adiacente, con il gomito a 90° di flessione e avambraccio in pronazione, in modo tale che il polso fuoriuscisse dal tavolo<sup>[60]</sup>.

L'azione richiesta è stata quella di flessione (Fig. 3.7) ed estensione di polso (Fig. 3.8), eseguite in maniera continuativa, sostenendo un manubrio con la mano chiusa a pugno<sup>[60]</sup>.

La velocità di esecuzione e di contrazione è stata impostata a 1 secondo per la fase concentrica e a 2 secondi per quella eccentrica, quindi a bassa velocità, in modo tale che la contrazione eccentrica non andasse oltre il limite elastico del tendine (Fig. 3.11)<sup>[59]</sup>.



(Fig. 3.7) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo



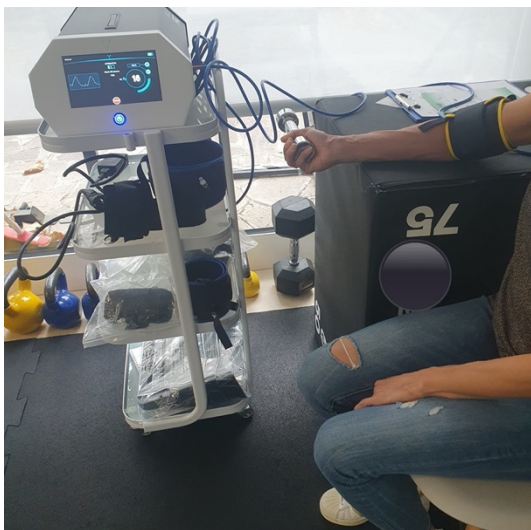
(Fig. 3.8) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo

### ***Esercizio di prono-supinazione***

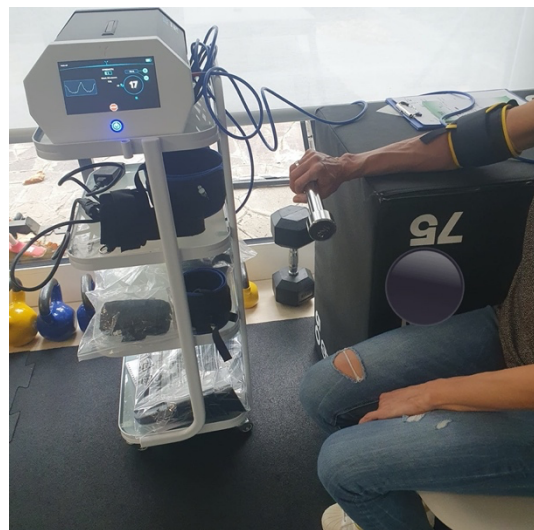
I partecipanti sono stati posizionati seduti su una sedia con l'arto superiore interessato da LET sostenuto da un tavolo adiacente, il polso in completa supinazione e il manubrio posizionato perpendicolarmente all'avambraccio, afferrato da una delle sue due estremità (Fig 3.9)<sup>[61]</sup>.

Successivamente, al partecipante è stato chiesto di portare attivamente il polso in completa pronazione (Fig. 3.10)<sup>[61]</sup>.

Per quanto concerne la velocità di contrazione, sono stati impostati 2 secondi di contrazione concentrica e 2 secondi di contrazione eccentrica per permettere la giusta esecuzione dell'esercizio data la lentezza del movimento da eseguire e la sua complessità (Fig. 3.12).



(Fig. 3.9) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo



(Fig. 3.10) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo



(Fig. 3.11) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo



(Fig. 3.12) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo

### ***Rinforzo scapolare***

Sono presenti diversi meccanismi che spiegano il legame tra la debolezza dei muscoli scapolari e il dolore laterale di gomito persistente<sup>[62]</sup>.

Se la scapola non è stabile a causa della debolezza della muscolatura circostante, essa altererà il rapporto di tensione della lunghezza dei muscoli della cuffia dei rotatori, che aumenterà ulteriormente la richiesta di energia sui tessuti del gomito e del polso predisponendoli a lesioni da uso eccessivo<sup>[62]</sup>.

In caso di LET persistente, al fine di evitare il dolore, le persone tendono ad utilizzare l'arto superiore in maniera protettiva, il che diminuirà il range di movimento della spalla e altererà il funzionamento dell'intero arto superiore<sup>[62]</sup>.

Una volta finito il trattamento sperimentale LL-BFR i partecipanti si sono recati autonomamente alla spalliera sotto supervisione dal professionista 1 per svolgere un esercizio di rinforzo scapolare (Fig. 3.13) (Fig. 3.14).

I partecipanti si sono posizionati in stazione eretta davanti alla spalliera, regolando l'altezza dell'elastico con maniglie e da questa posizione, con i gomiti flessi a 90°, polso in posizione neutra e tronco eretto, hanno iniziato ad eseguire l'esercizio.

Da questa posizione, le maniglie dell'elastico sono state tirate fino a raggiungere un'estensione di spalla, mantenendo i gomiti attaccati al tronco e il polso in posizione neutra.

Questo esercizio è stato proposto con una posologia di 3 serie da 15 ripetizioni con un 1' di riposo tra una serie e la successiva.



(Fig.3.13) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo



(Fig. 3.14) Foto a cura di Gazzoni Lorenzo

### ***Educazione del paziente***

Ai partecipanti sono stati prescritti gli esercizi di flesso-estensione e di prono-supinazione da svolgere a casa con una posologia di 3 serie da 15 ripetizioni con 1 minuto di riposo tra una serie e la successiva, il tutto da eseguire 1 volta al giorno<sup>[59][60]</sup>.

Il professionista 2, inoltre, ha rassicurato i partecipanti descrivendo loro le caratteristiche del dolore persistente e del tempo necessario per la riduzione dello stesso<sup>[8]</sup>.

I partecipanti sono stati anche informati su tutte quelle attività che potessero risultare dannose e aumentare la percezione del dolore, cercando insieme una soluzione per ridurre i carichi di lavoro e migliorare ergonomicamente le attività svolte quotidianamente<sup>[8]</sup>.

Il professionista 2 ha consigliato di applicare queste strategie anche durante le attività sportive e/o ricreative per ottenere un maggior beneficio.

## 4. RISULTATI

### 4.1. Descrizione dei casi

Di seguito verranno descritti i quadri clinici dei pazienti inclusi nello studio ed i risultati ottenuti dal trattamento LL-BFR.

A questa sperimentazione hanno preso parte 4 pazienti di età media  $45\pm 6$  anni, di cui 3 di sesso femminile e 1 di sesso maschile.

In questo capitolo verranno analizzati i risultati ottenuti tramite gli strumenti di outcome dopo le 3 settimane di sperimentazione.

Tutti i partecipanti hanno portato a termine la sperimentazione.

#### 4.1.1. Caso A

Valutata in data 17/09/2021, la partecipante è una donna di 44 anni, residente a Cesenatico (FC) dove vive con il marito e i suoi 3 figli, 2 gemelli di 8 anni e una figlia di 14 anni.

Lavora a Cesenatico nel suo negozio da estetista e tutte le sere dopo lavoro cammina per almeno 30 minuti.

La partecipante non ricorda un evento traumatico particolare da relazionare alla comparsa della sua sintomatologia e presenta dolore da circa 1 anno al gomito dx.

Inizialmente, la partecipante ha avuto un episodio molto acuto, a cui è seguito un percorso riabilitativo presso un centro fisioterapico nel quale è stata trattata con laserterapia e tecarterapia, ottenendo un effetto benefico sul dolore ma non portando alla risoluzione della problematica.

Da quel momento la partecipante ha avuto picchi di dolore e picchi di remissione.

La partecipante non riesce a svolgere il proprio lavoro senza avvertire dolore e non riesce più ad utilizzare alcuni strumenti lavorativi.

In data 17/09/2021, durante la valutazione iniziale, è stato valutato l'1 RM per trovare il 20% 1 RM utilizzato durante il trattamento (Tab. 4.1).

<i>Esercizio</i>	<i>1 RM</i>	<i>20% 1 RM</i>
Flesso-Estensione	3 Kg	1 Kg
Prono-Supinazione	3 Kg	1 Kg

(Tab. 4.1)

In sede di valutazione iniziale è stato valutato il dolore alla palpazione dell'epicondilo laterale di gomito e dei muscoli estensori di polso e dita nella loro inserzione sull'epicondilo laterale dell'omero con punteggio 5/10 NPRS, mentre in data 13/10/2021, durante la valutazione finale, è stato valutato un punteggio di 3/10 NPRS.

Sono stati somministrati i questionari autovalutativi PRTEE e DASH, con un punteggio iniziale rispettivamente di 72/150 e 114/190 (50% disabilità).

In sede di valutazione finale, sono stati consegnati nuovamente i questionari PRTEE e DASH ottenendo un punteggio rispettivamente di 66/150 e 81/190 (28% disabilità).

Infine in entrambe le valutazioni è stato somministrato il test PFG tramite il dinamometro manuale, somministrando 3 misurazioni sia del lato LET (in questo caso il dx) sia non LET (Tab. 4.2) (Tab. 4.3).

	<i>PFG iniziale LET (Kg)</i>	<i>PFG iniziale non LET (Kg)</i>
<i>Prova 1</i>	21,3	21,5
<i>Prova 2</i>	22,9	22,6
<i>Prova 3</i>	24,8	21,8
<i>Media</i>	23	22
<i>DS</i>	1,75	0,6

(Tab. 4.2)

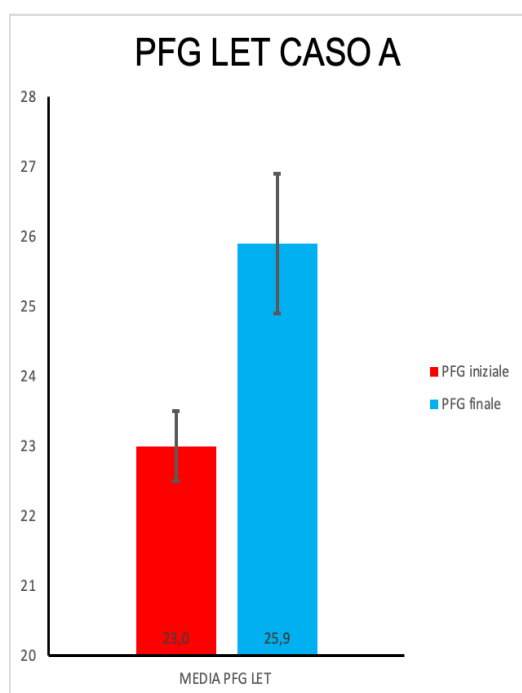


	<i>PFG finale LET (Kg)</i>	<i>PFG finale non LET (Kg)</i>
<i>Prova 1</i>	25,7	16,7
<i>Prova 2</i>	26	19,8
<i>Prova 3</i>	26	19,2
<i>Media</i>	25,9	18,6
<i>DS</i>	0,2	1,6

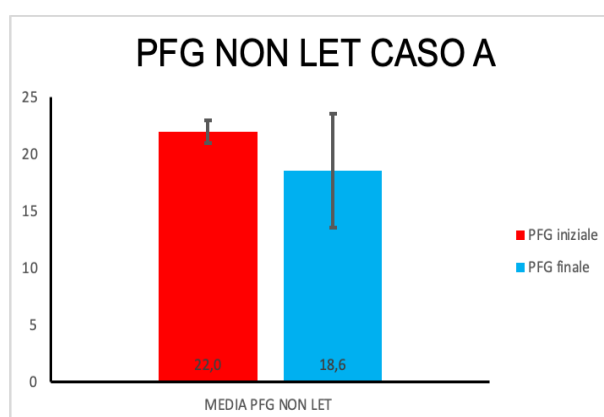
(Tab. 4.3)

Successivamente è stata calcolata la media delle 3 prove, sia dal lato con LET (media iniziale = 23 con DS = 1,8; media finale = 25,9 con DS = 0,2) (Graf. 4.1) che non LET (media iniziale = 22 con DS = 0,6; media finale = 18,6 con DS = 1,6) (Graf. 4.2).

Per fare l'analisi statistica si è preso in considerazione un  $p < 0,05$  per dare significatività statistica, nel lato LET è risultato un valore di  $p = 0,046$ , mentre nel lato non LET si è ottenuto un  $p = 0,028$ .



(Graf. 4.1)



(Graf. 4.2)

#### 4.1.2. Caso B

Valutata in data 17/09/2021, è una donna di 46 anni, residente a Cesena (FC) dove vive con il marito e la figlia di 16 anni.

Lavora a Cesena come operaia di produzione e tutte le sere dopo il lavoro cammina per circa 1-2 ore.

Circa 18 anni fa la partecipante ha avuto un episodio di LET molto acuto al gomito dx. In passato la partecipante ha intrapreso un percorso riabilitativo presso un centro fisioterapico con laserterapia, ottenendo una riduzione del dolore acuto ma non risolvendo la problematica. Da quel momento la partecipante ha avuto picchi di dolore e di remissione che si manifestano con sintomatologia trafittiva a livello dell'epicondilo, in particolar modo a fine giornata.

In data 17/09/2021, durante la valutazione iniziale, è stato valutato l'1 RM per trovare il 20% 1 RM utilizzato durante il trattamento (Tab. 4.4).

<i>Esercizio</i>	<i>1 RM</i>	<i>20% 1 RM</i>
Flesso-Estensione	3 Kg	1 Kg
Prono-Supinazione	3 Kg	1 Kg

(Tab. 4.4)

In sede di valutazione iniziale è stato valutato il dolore alla palpazione dell'epicondilo laterale di gomito e dei muscoli estensori di polso e dita nella loro inserzione sull'epicondilo laterale dell'omero con punteggio 7/10 NPRS, mentre in data 13/10/2021, durante la valutazione finale, è stato valutato un punteggio di 2/10 NPRS.

Sono stati somministrati i questionari autovalutativi PRTEE e DASH, con un punteggio iniziale rispettivamente di 52/150 e 71/190 (22% disabilità).

In sede di valutazione finale, sono stati consegnati nuovamente i questionari PRTEE e DASH, ottenendo un punteggio rispettivamente di 12/150 e 54/190 (11% disabilità).

Infine, in entrambe le valutazioni è stato somministrato il test PFG tramite il dinamometro manuale, somministrando 3 misurazioni sia del lato LET (in questo caso il dx) sia non LET (Tab. 4.5) (Tab. 4.6).

	<i>PFG iniziale LET (Kg)</i>	<i>PFG iniziale non LET (Kg)</i>
<i>Prova 1</i>	14,8	11,9
<i>Prova 2</i>	13,2	11,1
<i>Prova 3</i>	16,6	11,9
<i>Media</i>	14,9	11,6
<i>DS</i>	1,7	0,5

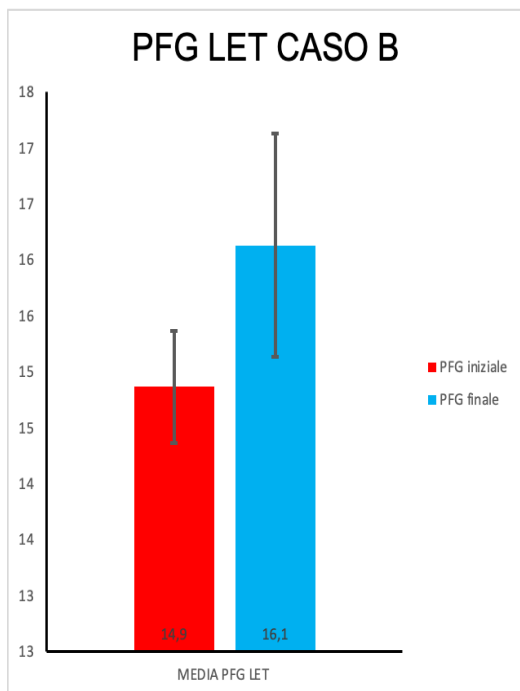
(Tab. 4.5)

	<i>PFG finale LET (Kg)</i>	<i>PFG finale non LET (Kg)</i>
<i>Prova 1</i>	15,5	13
<i>Prova 2</i>	16,6	13,8
<i>Prova 3</i>	16,3	12,8
<i>Media</i>	16,1	13,2
<i>DS</i>	0,6	0,5

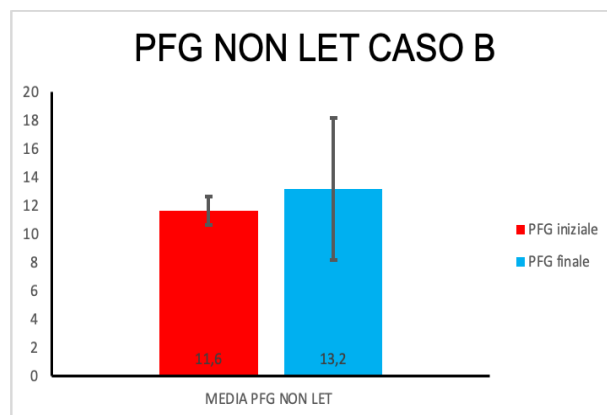
(Tab. 4.6)

Successivamente è stata calcolata la media delle 3 prove, sia dal lato con LET (media iniziale = 14,9 con DS = 1,7; media finale = 16,1 con DS = 0,6) (Graf. 4.3) che non LET (media iniziale = 11,6 con DS = 0,5; media finale = 13,2 con DS = 0,5) (Graf. 4.4).

Per fare l'analisi statistica si è preso in considerazione un  $p < 0,05$  per dare significatività statistica, nel lato LET è risultato un valore di  $p = 0,297$ , mentre nel lato non LET si è ottenuto un  $p = 0,018$ .



(Graf. 4.3)



(Graf. 4.4)

#### 4.1.3. Caso C

Valutata in data 17/09/2021, è una donna di 50 anni, residente a Cesena (FC) dove vive con il marito e sua figlia di 25 anni.

Lavora a Cesena come assistente familiare e pratica ciclismo da strada per 4 ore a settimana in media.

La partecipante non ricorda un evento traumatico particolare da riferire alla comparsa di LET e presenta dolore da circa 2 anni al gomito dx.

La partecipante ha intrapreso un percorso riabilitativo presso un centro fisioterapico tramite onde d'urto, risultato in una riduzione del dolore ma non nella risoluzione della problematica.

Da quel momento, la partecipante riferisce che la problematica maggiore si verifica al momento del sollevamento di carichi pesanti.

Quando pratica sport non avverte dolore, ma appena scende dalla bicicletta e riposa avverte la comparsa di una sensazione trafittiva dolorosa nella regione laterale del gomito.

In data 17/09/2021, durante la valutazione iniziale, è stato valutato l'1 RM per trovare il 20% 1 RM utilizzato durante il trattamento (Tab. 4.7).

<i>Esercizio</i>	<i>1 RM</i>	<i>20% 1 RM</i>
Flesso-Estensione	4 Kg	1 Kg
Prono-Supinazione	3 Kg	1 Kg

(Tab. 4.7)

In sede di valutazione iniziale è stato valutato il dolore alla palpazione dell'epicondilo laterale di gomito e dei muscoli estensori di polso e dita nella loro inserzione sull'epicondilo laterale dell'omero con punteggio 4/10 NPRS, mentre in data 13/10/2021, durante la valutazione finale, è stato valutato il dolore alla palpazione con punteggio di 2/10 NPRS.

Sono stati somministrati i questionari autovalutativi PRTEE e DASH, con un punteggio rispettivamente di 63/150 e 69/190 (20% disabilità).

In sede di valutazione finale, sono stati consegnati nuovamente i questionari PRTEE e DASH ottenendo un punteggio rispettivamente di 23/150 e 63/190 (16% disabilità).

Infine in entrambe le valutazioni è stato somministrato il test PFG tramite il dinamometro manuale, somministrando 3 misurazioni sia del lato LET (in questo caso il dx) sia non LET (Tab. 4.8)(Tab. 4.9).

	<i>PFG iniziale LET (Kg)</i>	<i>PFG iniziale non LET (Kg)</i>
<i>Prova 1</i>	23	26,8
<i>Prova 2</i>	26	28,5
<i>Prova 3</i>	22	28,9
<i>Media</i>	23,7	28,1
<i>DS</i>	2,1	1,1

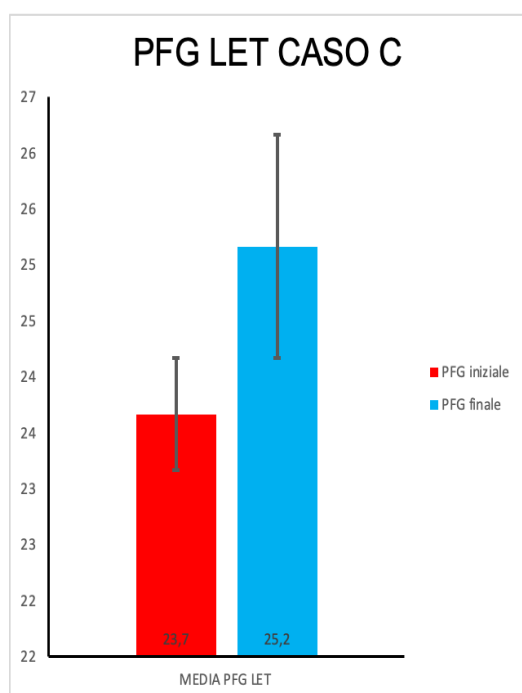
(Tab. 4.8)

	<i>PFG finale LET (Kg)</i>	<i>PFG finale non LET (Kg)</i>
<i>Prova 1</i>	22,2	27,4
<i>Prova 2</i>	27,2	28,8
<i>Prova 3</i>	26,1	27,1
<i>Media</i>	25,2	27,8
<i>DS</i>	2,6	0,9

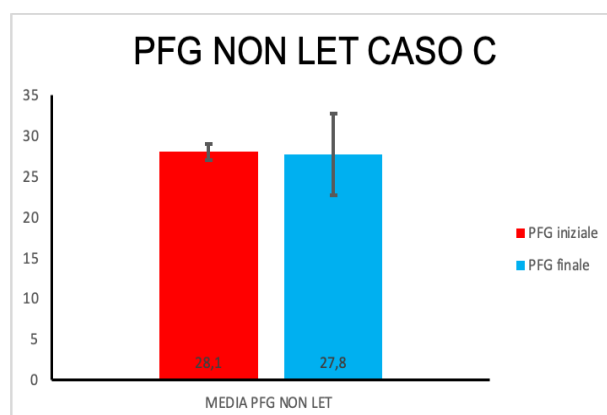
(Tab. 4.9)

Successivamente è stata calcolata la media delle 3 prove, sia dal lato con LET (media iniziale = 23,7 con DS = 2,1; media finale = 25,2 con DS = 2,6) (Graf. 4.5) che non LET (media iniziale = 28,1 con DS = 1,1; media finale = 27,8 con DS = 0,9) (Graf. 4.6).

Per fare l'analisi statistica si è preso in considerazione un  $p < 0,05$  per dare significatività statistica, nel lato LET è risultato un valore di  $p = 0,482$ , mentre nel lato non LET si è ottenuto un  $p = 0,736$ .



(Graf. 4.5)



(Graf. 4.6)

#### 4.1.4. Caso D

Valutato in data 18/09/2021, è un uomo di 38 anni, residente a Gatteo (FC) dove vive con la fidanzata.

Lavora a Cesena come operaio e pratica 2 volte a settimana arrampicata sportiva in palestra.

Il partecipante ha dolore da circa 2 anni, ma negli ultimi 4 mesi è peggiorato e lo limita nelle attività di prese di forza, in quanto riferisce che non riesce a sollevare il peso che riusciva a sollevare in assenza di dolore.

Il partecipante non riesce più a svolgere attività sportiva come in precedenza a causa della comparsa di dolore e deve cercare delle strategie alternative per riuscire a svolgerla.

Il partecipante non ha affrontato nessun percorso riabilitativo in precedenza.

In data 18/09/2021, durante la valutazione iniziale, è stato valutato l'1 RM per trovare il 20% 1 RM utilizzato durante il trattamento (Tab. 4.10).

<i>Esercizio</i>	<i>1 RM</i>	<i>20% 1 RM</i>
Flesso-Estensione	8 Kg	2 Kg
Prono-Supinazione	8 Kg	2 Kg

(Tab. 4.10)

In sede di valutazione iniziale è stato valutato il dolore alla palpazione dell'epicondilo laterale di gomito e dei muscoli estensori di polso e dita nella loro inserzione sull'epicondilo laterale dell'omero con punteggio 5/10 NPRS, mentre in data 13/10/2021, durante la valutazione finale, è stato valutato il dolore alla palpazione con punteggio di 4/10 NPRS.

Sono stati somministrati i questionari autovalutativi PRTEE e DASH, con un punteggio rispettivamente di 40/150 e 77/190 (26% disabilità).

In sede di valutazione finale, sono stati consegnati nuovamente i questionari PRTEE e DASH ottenendo un punteggio rispettivamente di 26/150 e 66/190 (18% disabilità).

Infine in entrambe le valutazioni è stato somministrato il test PFG tramite il dinamometro manuale, somministrando 3 misurazioni sia del lato LET (in questo caso il dx) sia non LET (Tab. 4.11) (Tab. 4.12).

	<i>PFG iniziale LET (Kg)</i>	<i>PFG iniziale non LET (Kg)</i>
<i>Prova 1</i>	40,5	38,5
<i>Prova 2</i>	43,9	39,5
<i>Prova 3</i>	40,3	42,5
<i>Media</i>	41,6	40,2
<i>DS</i>	2,0	2,1

(Tab. 4.11)

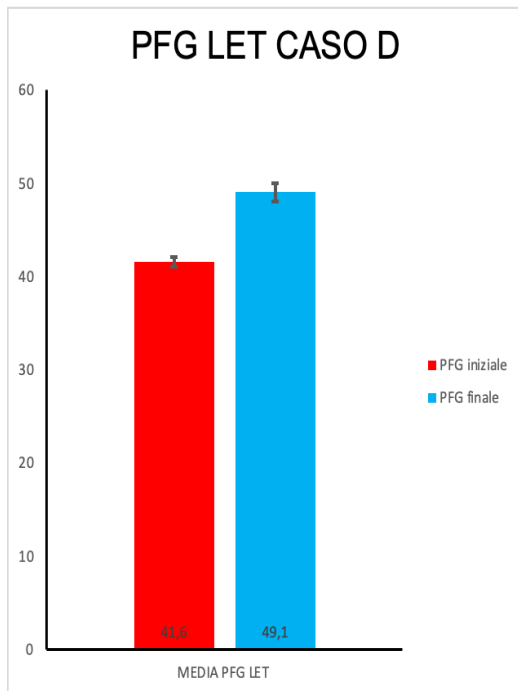
	<i>PFG finale LET (Kg)</i>	<i>PFG finale non LET (Kg)</i>
<i>Prova 1</i>	53,6	37,8
<i>Prova 2</i>	47,1	32,8
<i>Prova 3</i>	46,5	35,7
<i>Media</i>	49,1	35,4
<i>DS</i>	3,9	2,5

(Tab. 4.12)

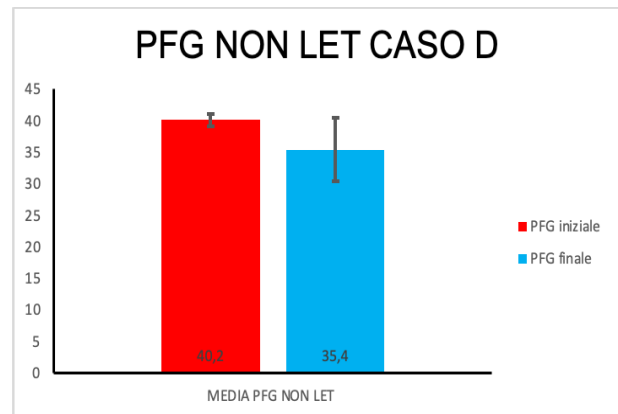
Successivamente è stata calcolata la media delle 3 prove, sia dal lato con LET (media iniziale = 41,6 con DS = 2,0; media finale = 49,1 con DS = 3,9) (Graf. 4.7) che non LET (media iniziale = 40,2 con DS = 2,1; media finale = 35,4 con DS = 2,5) (Graf. 4.8).

Per fare l'analisi statistica si è preso in considerazione un  $p < 0,05$  per dare significatività statistica, nel lato LET è risultato un valore di  $p = 0,043$ , mentre nel lato non LET si è ottenuto un  $p = 0,066$ .





(Graf. 4.7)



(Graf. 4.8)

## 4.2. Sintesi dei risultati

Valutazione del dolore alla palpazione con la NPRS:

Come segnalato in letteratura, un minimo cambiamento che possa essere considerato statisticamente significativo si verifica se si ottiene una riduzione del punteggio del 33% tra la valutazione iniziale e quella finale.

Di conseguenza, per valutare i risultati ottenuti è stata applicata la seguente formula:

***Punteggio iniziale*** – 33% =  $x$  → se  $x \geq$  ***punteggio finale*** allora si è ottenuto un miglioramento clinico significativo, al contrario se  $x <$  ***punteggio*** allora non è stato ottenuto un miglioramento clinico significativo.

- **Caso A** → 5 (***punteggio iniziale***) – 33% = 3,35 > 3 (***punteggio finale***)
- **Caso B** → 7 (***punteggio iniziale***) – 33% = 4,69 > 2 (***punteggio finale***)
- **Caso C** → 4 (***punteggio iniziale***) – 33% = 2,68 > 2 (***punteggio finale***)
- **Caso D** → 5 (***punteggio iniziale***) – 33% = 3,35 < 4 (***punteggio finale***)

Valutazione della funzionalità con il questionario PRTEE:

Come segnalato in letteratura, per avere un cambiamento minimo statisticamente significativo si deve ottenere una modifica del punteggio di 7 punti tra l'inizio e la fine del trattamento.

Tutti i partecipanti hanno riscontrato un miglioramento al termine del percorso riabilitativo:

- **Caso A** → riduzione di 6 punti, non ha raggiunto un miglioramento minimo statisticamente significativo
- **Casi B e C** → riduzione di 40 punti
- **Caso D** → riduzione di 14 punti

Valutazione della funzionalità con il questionario DASH:

Come evidenziato in letteratura, per avere un cambiamento minimo statisticamente significativo si deve ottenere una modifica del punteggio, tra l'inizio e la fine del trattamento, di 10,2 punti.

Tutti i partecipanti hanno riscontrato un miglioramento tra l'inizio e la fine del trattamento:

- **Caso A** → riduzione di 33 punti
- **Caso B** → riduzione di 17 punti
- **Caso C** → riduzione di 6 punti, non ha raggiunto un miglioramento minimo statisticamente significativo.
- **Caso D** → riduzione di 11 punti

Valutazione della forza di presa con il test PFG:

- **Caso A** → È risultato un valore di  $p = 0,046$  nell'arto con la LET, di conseguenza si può affermare che c'è stato un miglioramento statisticamente significativo della forza di presa con un aumento della forza di 2,9 Kg.

Viceversa, al termine della sperimentazione, nel lato non LET si è verificata una riduzione della forza di presa di 3,4 kg, che è risultata anche statisticamente significativa rispetto al valore ottenuto alla baseline con un  $p = 0,028$ .

- **Caso B** → È stato ottenuto un miglioramento della forza di presa con un  $p = 0,297$  nell'arto affetto da LET, per cui si può affermare che non c'è stato un cambiamento statisticamente significativo ( $p > 0,05$ ), sebbene ci sia stato un aumento di forza di 1,2 Kg.

Sul lato non LET, invece, è stato ottenuto un miglioramento della forza di presa di 1,6 kg, che è risultato statisticamente significativo rispetto alla baseline, con un valore di  $p = 0,018$ .

- **Caso C** → È emerso un valore di  $p = 0,482$  nel lato LET, di conseguenza si può affermare che non c'è stato un miglioramento della forza di presa statisticamente significativo ( $p > 0,05$ ), sebbene sia stato registrato un aumento di forza di 1,5 Kg. L'analisi statistica sull'arto non LET ha riportato un valore di  $p = 0,736$ , per cui si può affermare che non c'è stato un cambiamento statisticamente significativo in termini di forza di presa ( $p > 0,05$ ), bensì una riduzione di 0,3 Kg rispetto alla baseline.
- **Caso D** → Ha ottenuto un valore di  $p = 0,043$  per quanto riguarda il test PFG sull'arto con LET, di conseguenza si può affermare che c'è stato un miglioramento della forza di presa statisticamente significativo, confermato dal fatto che tra l'inizio e la fine del trattamento si è verificato un aumento della forza di 7,5 Kg. Viceversa, lo stesso test sull'arto non LET ha evidenziato un valore di  $p = 0,066$ , per cui non è avvenuto un cambiamento statisticamente significativo sulla forza di presa, ma una sua riduzione di 4,8 kg.

## 5. DISCUSSIONE

In questa sperimentazione è stato considerato un campione di 4 soggetti con LET persistente da almeno 3 mesi.

La sperimentazione ha avuto una durata di 3 settimane ed è stata portata a termine da tutti i partecipanti senza eventi avversi.

Inoltre, vi è stata un'eccellente compliance da parte dei soggetti durante tutto lo studio.

Data l'assenza di letteratura riguardo all'utilizzo della BFR in unione all'esercizio terapeutico a basso carico in soggetti con LET, l'obiettivo di questa sperimentazione è stato quello di verificare se i risultati positivi ottenuti grazie all'ausilio della BFR in precedenti studi su altre problematiche neuro-muscoloscheletriche potessero essere riprodotti anche in questo campione.

Per poter valutare gli effetti del trattamento sono stati scelti come strumenti di outcome: una scala di misurazione del dolore (NPRS), due questionari autovalutativi per valutare la funzionalità (il questionario PRTEE e la DASH) e un test per valutare la forza di presa (PFG).

Per i partecipanti, il dolore alla palpazione della regione laterale di gomito risultava essere un grosso limite durante le attività di vita quotidiana e/o lavorativa.

I partecipanti riferivano che anche solamente uno sfioramento o una pressione leggera potevano esacerbare il sintomo doloroso.

I risultati ottenuti dimostrano come il trattamento LL-BFR possa essere utile nella riduzione del dolore laterale di gomito, avendo ridotto il dolore in tutti i partecipanti tra l'inizio e la fine del trattamento.

Tuttavia, mentre per i Casi A, B e C si è verificato un miglioramento clinicamente rilevante, per il Caso D questo non è stato riscontrato.

A supporto dei dati ottenuti, è presente in letteratura lo studio di Korakakis et al. (2018) nel quale, tramite il trattamento LL-BFR, durante la riabilitazione post-chirurgica, i pazienti operati per la ricostruzione del legamento crociato anteriore hanno riportato una riduzione del dolore statisticamente significativa dopo 8 settimane di trattamento<sup>[16]</sup>.

Nello studio preso in esame è emerso che anche l'esercizio a basso carico, senza l'utilizzo della BFR, ha portato ad una riduzione del dolore.

Tuttavia, solo l'effetto del trattamento LL-BFR è risultato essere statisticamente significativo<sup>[16]</sup>.

Passando all'analisi sulla funzionalità del gomito e dell'arto superiore sia durante le ADL sia durante le attività ricreative e/o lavorative, sono stati somministrati i questionari PRTEE e DASH.

Dai risultati ottenuti dai questionari autovalutativi PRTEE e DASH è emerso che tutti i partecipanti hanno trovato giovamento dal trattamento LL-BFR.

Tuttavia, l'analisi statistica non è risultata statisticamente significativa per tutti i soggetti, nonostante questo vada di pari passo con un cambiamento clinicamente rilevante, in quanto la percezione di tutti i partecipanti è stata quella di un miglioramento della funzionalità dell'arto superiore a fine sperimentazione.

I risultati ottenuti sono simili a quelli ottenuti dallo studio di Rodrigues et al. (2020), il quale ha indagato gli effetti del trattamento LL-BFR in donne affette da artrite reumatoide in termini di funzionalità e i risultati ottenuti mostrano un miglioramento statisticamente significativo dopo 12 settimane di trattamento, consentendo una maggiore indipendenza nelle attività di vita quotidiana<sup>[17]</sup>.

Nello studio preso in esame si è osservata anche una riduzione del dolore statisticamente significativa, a conferma di quanto detto precedentemente, suggerendo che una minore sensazione dolorosa ha portato a una maggiore capacità di svolgere le attività quotidiane<sup>[17]</sup>.

Inoltre, lo studio segnala un'associazione positiva tra i miglioramenti della funzionalità e i cambiamenti di forza<sup>[17]</sup>.

Tuttavia, rispetto a quanto preventivato, la forza di presa è l'outcome nel quale si sono osservati i risultati più controversi.

Per l'appunto, l'arto non affetto da LET non solo non ha incrementato il proprio livello di forza tramite il test PFG, bensì l'ha peggiorato, mentre nel lato affetto da LET tutti i partecipanti hanno riscontrato un aumento di forza al termine del trattamento LL-BFR.

Al termine della sperimentazione, i partecipanti hanno riferito una maggior sicurezza nei movimenti e una minor difficoltà nello spostare e/o utilizzare carichi pesanti.

Nonostante ciò, non sempre sono stati ottenuti miglioramenti statisticamente significativi in termini di forza e questi risultati sono in accordo con quelli ottenuti da Segal et al. (2015), nel cui studio è stata applicata la BFR in combinazione con l'allenamento a basso carico in soggetti con, o a rischio, osteoartrosi di ginocchio sintomatica<sup>[15]</sup>.

In quell'occasione, l'utilizzo della BFR non ha comportato significative differenze di forza del quadricipite dopo 4 settimane<sup>[15]</sup>.

Lo studio preso in esame, però, suggerisce che per ottenere maggiori guadagni di forza sia necessario una durata più lunga di 4 settimane<sup>[15]</sup>.

Dalla valutazione finale emerge che in tutte le misure di outcome almeno un partecipante non ha raggiunto la soglia minima per ottenere un miglioramento statisticamente significativo, ma nessuno di essi è peggiorato rispetto alla baseline.

### **5.1. Limiti**

Il limite principale di questa sperimentazione riguarda la dimensione del campione, in quanto i risultati ottenuti con un numero così piccolo di partecipanti non sono significativi nel rappresentare un campione più grande o per poter essere estesi alla popolazione generale.

Un altro limite di questa sperimentazione è legata al follow-up, in quanto è stata effettuata una rivalutazione a breve termine e sarebbe interessante verificare se gli effetti del trattamento LL-BFR vengano mantenuti o si modifichino nel tempo con un follow-up a medio o a lungo termine.

Inoltre è stata utilizzata un'analisi statistica solamente per quanto riguarda la forza di presa, mentre per gli altri valori di outcome sono stati valutati semplicemente i cambiamenti in termini numerici per ogni singolo questionario o scala di misura.

Di conseguenza, sarebbe interessante in un futuro studio sviluppare un'analisi statistica anche per quanto riguarda il dolore e la funzionalità.

L'ultimo limite è rappresentato dal fatto che non è sempre stato possibile posizionare il bracciale del dispositivo in una posizione ottimale seguendo le indicazioni date dalla letteratura sulla BFR. Tuttavia, questa è stata l'unica modalità con la quale riuscire a portare a termine la sperimentazione, ovvero posizionando il bracciale sul terzo distale dell'omero, in modo tale da far percepire il movimento al sensore all'interno del bracciale per far sì che il dispositivo MAD-UP® non si bloccasse.

## 6. CONCLUSIONE

Nel percorso riabilitativo di persone che soffrono di LET persistente, l'esercizio terapeutico necessita dell'utilizzo di alti carichi per poter apportare benefici in termini di forza, dolore, funzionalità e miglioramento delle attività di vita quotidiana e sportiva. Tuttavia, in questa condizione patologica non è sempre possibile utilizzare questo approccio a causa della condizione clinica del paziente.

L'impiego della BFR in ambito riabilitativo ha un'origine relativamente recente e poco diffusa, ma sono stati riscontrati risultati simili a quelli ottenuti con un alto carico per quanto riguarda la forza, la gestione del dolore, della funzionalità e delle attività di vita quotidiana e sportiva. Attualmente non è presente letteratura riguardante l'utilizzo della BFR nella gestione della LET, per cui lo scopo della sperimentazione è stato quello di verificare gli effetti della Blood Flow Restriction, in unione all'esercizio terapeutico a basso carico, in soggetti con Lateral Elbow Tendinopathy persistente da almeno 3 mesi sui parametri di forza di presa, dolore e funzionalità.

Gli outcome del dolore e della funzionalità hanno riportato risultati positivi per tutti i partecipanti, i Casi A, B e C hanno riscontrato un miglioramento statisticamente significativo, mentre per il Caso D questo non è stato riscontrato.

Invece, per quanto riguarda la forza di presa solamente i Casi A e D hanno ottenuto un miglioramento statisticamente significativo, sebbene in tutti anche i Casi B e C hanno ottenuto comunque un aumento di forza seppur non statisticamente significativo.

Nel complesso, tramite il trattamento sperimentale LL-BFR, tutti i partecipanti hanno constatato di essere andati incontro ad un miglioramento clinicamente rilevante della propria condizione patologica per tutti gli outcome considerati, riportando un aumento della funzionalità dell'arto superiore nelle attività di vita quotidiana, lavorative e sportive e una riduzione della sintomatologia dolorosa associata.

Questa sperimentazione si può considerare come un elaborato pilota.

In futuro sarebbe opportuno riproporre questo quesito di ricerca in ulteriori studi, quali Trial Clinici Controllati Randomizzati con un *sample size* adeguato e con un follow-up anche a medio e lungo termine, per vagliare l'ipotesi di poter inserire un percorso riabilitativo di LL-BFR all'interno di un programma multimodale per la gestione di persone che presentano una condizione di LET persistente.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bisset LM, Vicenzino B. *Physiotherapy management of lateral epicondylalgia*. J Physiother. 2015 Oct;61(4):174-81. doi: 10.1016/j.jphys.2015.07.015. Epub 2015 Sep 8. PMID:26361816.
2. Brotzman SB, Manske RC. *La riabilitazione in ortopedia. 3° Edizione*. Milano, Edra, 2018.
3. Jayanthi N. *Epicondylitis (tennis and golf elbow)*. UpToDate. 2017 Mar. Disponibile:[https://www-uptodate-com.ezproxy.unibo.it/contents/epicondylitis-tennis-and-golfelbow?search=epicondylitis&source=search\\_result&selectedTitle=1~29&usage\\_type=default&display\\_rank=1](https://www-uptodate-com.ezproxy.unibo.it/contents/epicondylitis-tennis-and-golfelbow?search=epicondylitis&source=search_result&selectedTitle=1~29&usage_type=default&display_rank=1)
4. Duncan J, Duncan R, Bansal S, Davenport D, Hacker A. *Lateral epicondylitis: the condition and current management strategies*. Br J Hosp Med (Lond). 2019 Nov 2;80(11):647-651. doi: 10.12968/hmed.2019.80.11.647. PMID: 31707890.
5. Hamilton PG. *The prevalence of humeral epicondylitis: a survey in general practice*. J R Coll Gen Pract. 1986 Oct;36(291):464-5. PMID: 3440991.
6. Dimitrios S. *Lateral elbow tendinopathy: Evidence of physiotherapy management*. World J Orthop. 2016 Aug 18;7(8):463-6. doi: 10.5312/wjo.v7.i8.463. PMID: 27622145.
7. Herquelot E, Bodin J, Roquelaure Y, Ha C, Leclerc A, Goldberg M, Zins M, Descatha A. *Work-related risk factors for lateral epicondylitis and other cause of elbow pain in the working population*. Am J Ind Med. 2013 Apr;56(4):400-9. doi: 10.1002/ajim.22140. Epub 2012 Nov 13. PMID: 23152138.
8. Coombes BK, Bisset L, Vicenzino B. *Management of Lateral Elbow Tendinopathy: One Size Does Not Fit All*. J Orthop Sports Phys Ther. 2015 Nov;45(11):938-49. doi: 10.2519/jospt.2015.5841. Epub 2015 Sep 17. PMID: 26381484.



9. Hegmann KT, Hoffman HE, Belcourt RM, Byrne K, Glass L, Melhorn JM, Richman J, Zinni P 3rd, Thiese MS, Ott U, Tokita K, Passey DG, Effiong AC, Robbins RB, Ording JA; American College of Occupational and Environmental Medicine. *ACOEM practice guidelines: elbow disorders*. J Occup Environ Med. 2013 Nov;55(11):1365-74. doi: 10.1097/JOM.0b013e3182a0d7ec. PMID: 23963225.
10. 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.
11. Slysz J, Stultz J, Burr JF. *The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis*. J Sci Med Sport. 2016 Aug;19(8):669-75. doi: 10.1016/j.jsams.2015.09.005. Epub 2015 Sep 28. PMID: 26463594.
12. Yow BG, Tennent DJ, Dowd TC, Loenneke JP, Owens JG. *Blood Flow Restriction Training After Achilles Tendon Rupture*. J Foot Ankle Surg. 2018 May-Jun;57(3):635-638. doi: 10.1053/j.jfas.2017.11.008. Epub 2018 Feb 21. PMID: 29477554.
13. Tennent DJ, Hylden CM, Johnson AE, Burns TC, Wilken JM, Owens JG. *Blood Flow Restriction Training After Knee Arthroscopy: A Randomized Controlled Pilot Study*. Clin J Sport Med. 2017 May;27(3):245-252. doi: 10.1097/JSM.0000000000000377. PMID: 27749358.
14. Hughes L, Patterson SD, Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, Ferris G, Dawes J, Paton B. *Examination of the comfort and pain experienced with blood flow restriction training during post-surgery rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction patients: A UK National Health Service trial*. Phys Ther Sport. 2019 Sep;39:90-98. doi: 10.1016/j.ptsp.2019.06.014. Epub 2019 Jul 2. PMID: 31288213.
15. Segal N, Davis MD, Mikesky AE. *Efficacy of Blood Flow-Restricted Low-Load Resistance Training For Quadriceps Strengthening in Men at Risk of Symptomatic Knee Osteoarthritis*. Geriatr Orthop Surg Rehabil. 2015 Sep;6(3):160-7. doi: 10.1177/2151458515583088. PMID: 26328230.

16. Korakakis V, Whiteley R, Giakas G. *Low load resistance training with blood flow restriction decreases anterior knee pain more than resistance training alone. A pilot randomised controlled trial.* Phys Ther Sport. 2018 Nov;34:121-128. doi: 10.1016/j.ptsp.2018.09.007. Epub 2018 Sep 19. PMID: 30268966.
17. Rodrigues R, Ferraz RB, Kurimori CO, Guedes LK, Lima FR, de Sá-Pinto AL, Gualano B, Roschel H. *Low-Load Resistance Training With Blood-Flow Restriction in Relation to Muscle Function, Mass, and Functionality in Women With Rheumatoid Arthritis.* Arthritis Care Res (Hoboken). 2020 Jun;72(6):787-797. doi: 10.1002/acr.23911. Epub 2020 May 14. PMID: 31033228.
18. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, Abe T, Nielsen JL, Libardi CA, Laurentino G, Neto GR, Brandner C, Martin-Hernandez J, Loenneke J. *Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety.* Front Physiol. 2019 May 15;10:533. doi: 10.3389/fphys.2019.00533. Erratum in: Front Physiol. 2019 Oct 22;10:1332. PMID: 31156448.
19. Shiri R, Viikari-Juntura E, Varonen H, Heliövaara M. *Prevalence and determinants of lateral and medial epicondylitis: a population study.* Am J Epidemiol. 2006 Dec 1;164(11):1065-74. doi: 10.1093/aje/kwj325. Epub 2006 Sep 12. PMID: 16968862.
20. Fan ZJ, Silverstein BA, Bao S, Bonauto DK, Howard NL, Smith CK. *The association between combination of hand force and forearm posture and incidence of lateral epicondylitis in a working population.* Hum Factors. 2014 Feb;56(1):151-65. doi: 10.1177/0018720813492327. PMID: 24669550.
21. Lenoir H, Mares O, Carlier Y. *Management of lateral epicondylitis.* Orthop Traumatol Surg Res. 2019 Dec;105(8S):S241-S246. doi: 10.1016/j.otsr.2019.09.004. Epub 2019 Sep 19. PMID: 31543413.
22. Bhargava AS, Eapen C, Kumar SP. *Grip strength measurements at two different wrist extension positions in chronic lateral epicondylitis-comparison of involved vs. uninvolved side in athletes and non athletes: a case-control study.* Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol. 2010 Sep 7;2:22. doi: 10.1186/1758-2555-2-22. PMID: 20822520.

23. Markman JD, Gewandter JS, Frazer ME. *Comparison of a Pain Tolerability Question With the Numeric Rating Scale for Assessment of Self-reported Chronic Pain*. JAMA Netw Open. 2020 Apr 1;3(4):e203155. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.3155. PMID: 32310281.
24. Lim EC. *Pain free grip strength test*. J Physiother. 2013 Mar;59(1):59. doi: 10.1016/S1836-9553(13)70152-8. PMID: 23419921.
25. Shafiee E, MacDermid JC, Walton D, Vincent JI, Grewal R. *Psychometric properties and cross-cultural adaptation of the Patient-Rated Tennis Elbow Evaluation (PRTEE); a systematic review and meta-analysis*. Disabil Rehabil. 2021 Jul 1:1-16. doi: 10.1080/09638288.2021.1938248. Epub ahead of print. PMID: 34196231.
26. Padua R, Padua L, Ceccarelli E, Romanini E, Zanolli G, Amadio PC, Campi A. *Italian version of the Disability of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) questionnaire. Cross-cultural adaptation and validation*. J Hand Surg Br. 2003 Apr;28(2):179-86. doi: 10.1016/s0266-7681(02)00303-0. PMID: 12631494.
27. Gummesson C, Atroshi I, Ekdahl C. *The disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) outcome questionnaire: longitudinal construct validity and measuring self-rated health change after surgery*. BMC Musculoskelet Disord. 2003 Jun 16;4:11. doi: 10.1186/1471-2474-4-11. Epub 2003 Jun 16. PMID: 12809562.
28. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. *Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG)*. Am J Ind Med. 1996 Jun;29(6):602-8. doi: 10.1002/(SICI)1097-0274(199606)29:6<602::AID-AJIM4>3.0.CO;2-L. Erratum in: Am J Ind Med 1996 Sep;30(3):372. PMID: 8773720.
29. Reyhan AC, Sindel D, Dereli EE. *The effects of Mulligan's mobilization with movement technique in patients with lateral epicondylitis*. J Back Musculoskelet Rehabil. 2020;33(1):99-107. doi: 10.3233/BMR-181135. PMID: 31104005.
30. Centner C, Wiegel P, Gollhofer A, König D. *Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Sports Med. 2019 Jan;49(1):95-108. doi: 10.1007/s40279-018-0994-1. Erratum in: Sports Med. 2018 Nov 9;: PMID: 30306467.

31. Centner C, Lauber B, Seynnes OR, Jerger S, Sohnius T, Gollhofer A, König D. *Low-load blood flow restriction training induces similar morphological and mechanical Achilles tendon adaptations compared with high-load resistance training.* J Appl Physiol (1985). 2019 Dec 1;127(6):1660-1667. doi: 10.1152/jappphysiol.00602.2019. Epub 2019 Nov 14. PMID: 31725362.
32. 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.
33. Wilk M, Krzysztolik M, Gepfert M, Poprzecki S, Gołaś A, Maszczyk A. *Technical and Training Related Aspects of Resistance Training Using Blood Flow Restriction in Competitive Sport - A Review.* J Hum Kinet. 2018 Dec 31;65:249-260. doi: 10.2478/hukin-2018-0101. PMID: 30687436.
34. Conceição MS, Ugrinowitsch C. *Exercise with blood flow restriction: an effective alternative for the non-pharmaceutical treatment for muscle wasting.* J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2019 Apr;10(2):257-262. doi: 10.1002/jcsm.12397. Epub 2019 Feb 27. PMID: 30816026.
35. Heales LJ, Broadhurst N, Mellor R, Hodges PW, Vicenzino B. *Diagnostic ultrasound imaging for lateral epicondylalgia: a case-control study.* Med Sci Sports Exerc. 2014 Nov;46(11):2070-6. doi: 10.1249/MSS.0000000000000345. PMID: 24848494.
36. Nirschl RP, Ashman ES. *Elbow tendinopathy: tennis elbow.* Clin Sports Med. 2003 Oct;22(4):813-36. doi: 10.1016/s0278-5919(03)00051-6. PMID: 14560549.
37. Amani-Shalamzari S, Farhani F, Rajabi H, Abbasi A, Sarikhani A, Paton C, Bayati M, Berdejo-Del-Fresno D, Rosemann T, Nikolaidis PT, Knechtle B. *Blood Flow Restriction During Futsal Training Increases Muscle Activation and Strength.* Front Physiol. 2019 May 22;10:614. doi: 10.3389/fphys.2019.00614. PMID: 31178752.

38. Törpel A, Herold F, Hamacher D, Müller NG, Schega L. *Strengthening the Brain-Is Resistance Training with Blood Flow Restriction an Effective Strategy for Cognitive Improvement?* J Clin Med. 2018 Oct 9;7(10):337. doi: 10.3390/jcm7100337. PMID: 30304785.
39. Grønfeldt BM, Lindberg Nielsen J, Mieritz RM, Lund H, Aagaard P. *Effect of blood-flow restricted vs heavy-load strength training on muscle strength: Systematic review and meta-analysis.* Scand J Med Sci Sports. 2020 May;30(5):837-848. doi: 10.1111/sms.13632. Epub 2020 Feb 21. PMID: 32031709.
40. Butler DB, Jones MA. *Mobilizzazione del sistema nervoso.* Milano, Edra, 2019.
41. Tixa S. *Atlante di anatomia palpatoria di collo, tronco e arto superiore. 4° Edizione.* Milano, Edra, 2018.
42. Cooperstein R, Hickey M. *The reliability of palpating the posterior superior iliac spine: a systematic review.* J Can Chiropr Assoc. 2016 Mar;60(1):36-46. PMID: 27069265.
43. Seffinger MA, Najm WI, Mishra SI, Adams A, Dickerson VM, Murphy LS, Reinsch S. *Reliability of spinal palpation for diagnosis of back and neck pain: a systematic review of the literature.* Spine (Phila Pa 1976). 2004 Oct 1;29(19):E413-25. doi: 10.1097/01.brs.0000141178.98157.8e. PMID: 15454722.
44. Saroja G, Antony Leo Aseer P, Venkata Sai PM. *Diagnostic accuracy of provocative tests in lateral epicondylitis.* Int J Physiother Res 2014, Vol 2(6):815-23. ISSN 2321-1822 doi: 10.16965/ijpr.2014.699
45. Grgic J, Lazinica B, Schoenfeld BJ, Pedisic Z. *Test-Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review.* Sports Med Open. 2020 Jul 17;6(1):31. doi: 10.1186/s40798-020-00260-z. PMID: 32681399.
46. Zanini A, Aiello M, Cherubino F, Zampogna E, Azzola A, Chetta A, Spanevello A. *The one repetition maximum test and the sit-to-stand test in the assessment of a specific pulmonary rehabilitation program on peripheral muscle strength in COPD patients.* Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2015 Nov 11;10:2423-30. doi: 10.2147/COPD.S91176. PMID: 26648705.
47. Bompa T, Buzzichelli CA. *Periodizzazione dell'allenamento sportivo. 2° Edizione.* Perugia, Calzetti & Mariucci, 2017.

48. Seo DI, Kim E, Fahs CA, Rossow L, Young K, Ferguson SL, Thiebaud R, Sherk VD, Loenneke JP, Kim D, Lee MK, Choi KH, Bemben DA, Bemben MG, So WY. *Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender*. *J Sports Sci Med*. 2012 Jun 1;11(2):221-5. PMID: 24149193.
49. Libardi CA, Chacon-Mikahil MP, Cavaglieri CR, Tricoli V, Roschel H, Vechin FC, Conceição MS, Ugrinowitsch C. *Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly*. *Int J Sports Med*. 2015 May;36(5):395-9. doi: 10.1055/s-0034-1390496. Epub 2015 Feb 20. PMID: 25700103.
50. Wang CC, Fang CC, Lee YH, Yang MT, Chan KH. *Effects of 4-Week Creatine Supplementation Combined with Complex Training on Muscle Damage and Sport Performance*. *Nutrients*. 2018 Nov 2;10(11):1640. doi: 10.3390/nu10111640. PMID: 30400221.
51. Williamson A, Hoggart B. *Pain: a review of three commonly used pain rating scales*. *J Clin Nurs*. 2005 Aug;14(7):798-804. doi: 10.1111/j.1365-2702.2005.01121.x. PMID: 16000093.
52. Joos E, Peretz A, Beguin S, Famaey JP. *Reliability and reproducibility of visual analogue scale and numeric rating scale for therapeutic evaluation of pain in rheumatic patients*. *J Rheumatol*. 1991 Aug;18(8):1269-70. PMID: 1941842.
53. Farrar JT, Young JP Jr, LaMoreaux L, Werth JL, Poole MR. Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. *Pain*. 2001 Nov;94(2):149-158. doi: 10.1016/S0304-3959(01)00349-9. PMID: 11690728.
54. Farzad M, MacDermid JC, Shafiee E, Beygi AS, Vafaei A, Varahra A, Beikpour H. *Clinimetric testing of the Persian version of the Patient-Rated Tennis Elbow Evaluation (PRTEE) and the Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand (DASH) questionnaires in patients with lateral elbow tendinopathy*. *Disabil Rehabil*. 2020 Nov 12:1-6. doi: 10.1080/09638288.2020.1844318. Epub ahead of print. PMID: 33180555.

55. Cacchio A, Necozone S, MacDermid JC, Rompe JD, Maffulli N, di Orio F, Santilli V, Paoloni M. *Cross-cultural adaptation and measurement properties of the italian version of the Patient-Rated Tennis Elbow Evaluation (PRTEE) questionnaire*. Phys Ther. 2012 Aug;92(8):1036-45. doi: 10.2522/ptj.20110398. Epub 2012 May 10. PMID: 22577068.
56. Poltawski L, Watson t. *Measuring clinically important change with the Patient-rated Tennis Elbow Evaluation*. Hand Ther. 2011;16:52-57. doi:10.1258/ht.2011.011013
57. Angst F, Schwyzer HK, Aeschlimann A, Simmen BR, Goldhahn J. *Measures of adult shoulder function: Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand Questionnaire (DASH) and its short version (QuickDASH), Shoulder Pain and Disability Index (SPADI), American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) Society standardized shoulder assessment form, Constant (Murley) Score (CS), Simple Shoulder Test (SST), Oxford Shoulder Score (OSS), Shoulder Disability Questionnaire (SDQ), and Western Ontario Shoulder Instability Index (WOSI)*. Arthritis Care Res (Hoboken). 2011 Nov;63 Suppl 11:S174-88. doi: 10.1002/acr.20630. PMID: 22588743.
58. Cooke N, Obst S, Vicenzino B, Hodges PW, Heales LJ. *Upper limb position affects pain-free grip strength in individuals with lateral elbow tendinopathy*. Physiother Res Int. 2021 Jul;26(3):e1906. doi: 10.1002/pri.1906. Epub 2021 Mar 27. PMID: 33772973.
59. Stasinopoulos D, Stasinopoulou K, Johnson MI. *An exercise programme for the management of lateral elbow tendinopathy*. Br J Sports Med. 2005 Dec;39(12):944-7. doi: 10.1136/bjism.2005.019836. PMID: 16306504.
60. Peterson M, Butler S, Eriksson M, Svärdsudd K. *A randomized controlled trial of eccentric vs. concentric graded exercise in chronic tennis elbow (lateral elbow tendinopathy)*. Clin Rehabil. 2014 Sep;28(9):862-72. doi: 10.1177/0269215514527595. Epub 2014 Mar 14. PMID: 24634444.
61. Navsaria R, Ryder DM, Lewis JS, Alexander CM. *The Elbow-EpiTrainer: a method of delivering graded resistance to the extensor carpi radialis brevis. Effectiveness of a prototype device in a healthy population*. Br J Sports Med. 2015 Mar;49(5):318-22. doi: 10.1136/bjsports-2013-092563. Epub 2013 Nov 1. PMID: 24184588.

62. Sethi K, Noohu MM. *Scapular muscles strengthening on pain, functional outcome and muscle activity in chronic lateral epicondylalgia*. J Orthop Sci. 2018 Sep;23(5):777-782. doi: 10.1016/j.jos.2018.05.003. Epub 2018 Jun 28. PMID: 29958726.