



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze Materno-Infantili

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2018/2019

Campus Universitario di Savona

L'efficacia del biofeedback nel Chronic Low Back Pain: revisione sistematica della letteratura

Candidato:

Dott. FT. SM. Matteo Omedé

Relatore:

Dott. FT. OMT. Federico Andreoletti

INDICE

ABSTRACT	3
BACKGROUND	5
MATERIALI E METODI	9
1. Criteri di eleggibilità	9
2. Ricerca	10
3. Selezione degli studi	11
4. Estrazione dei dati e analisi	12
RISULTATI	14
1. Selezione degli studi	14
2. Caratteristiche degli studi	15
3. Tabella sinottica	20
4. Qualità metodologica	33
5. Analisi dei risultati	34
DISCUSSIONE	40
CONCLUSIONI	45
BIBLIOGRAFIA	47

ABSTRACT

Background:

L' esercizio sembra essere una delle strategie più efficaci nel trattamento del *chronic low back pain* (CLBP), riducendo significativamente il dolore e la disabilità. In letteratura diversi studi hanno proposto un protocollo di esercizi comprendente l'utilizzo del biofeedback, uno strumento che comporta la misurazione di una variabile biomedica e la ritrasmette all'utente.

Obiettivo:

L'obiettivo di questa revisione è quindi quello di indagare l'efficacia del biofeedback nel CLBP e l'eventuale superiorità di un programma di esercizi che faccia uso di tale strumento.

Materiali e metodi:

È stata condotta una revisione sistematica consultando le principali banche dati (Pubmed, PEDro, Cochrane Library), con l'intento di includere studi randomizzati controllati (RCT), disponibili in full text, redatti in lingua italiana o inglese, che indagano l'efficacia del trattamento con biofeedback in pazienti affetti da CLBP. Gli outcome analizzati sono stati il dolore e la limitazione della funzione. Gli studi inclusi sono stati valutati tramite la Rob 2 (Risk of Bias Tool for Randomized Controlled Trials).

Risultati:

Sono stati inclusi 13 RCT; 4 studi hanno utilizzato il biofeedback ecografico e 4 il biofeedback elettromiografico. 1 studio ha utilizzato il video-feedback durante un "two point discrimination threshold" (TDTP), 1 studio ha impiegato il biofeedback respiratorio, 2 studi hanno utilizzato la "Wii Fit Balance Board" (Nintendo), mentre in uno studio sulla realtà virtuale è stato impiegato il "Valedo Motion Research Tool" (Hocoma). Nel complesso gli studi sono stati redatti con una discreta qualità metodologica. Sono stati ottenuti risultati eterogenei riguardo all'efficacia del biofeedback rispetto al solo esercizio o rispetto all'esercizio associato ad eventuali altre terapie. 5 dei 13 studi analizzati hanno dimostrato una superiorità statisticamente significativa del gruppo biofeedback rispetto al controllo per quanto riguarda la funzione, mentre 3 studi hanno dimostrato una superiorità statisticamente significativa del gruppo biofeedback circa l'outcome dolore.

Conclusioni:

Solo alcuni degli studi pubblicati in letteratura hanno dimostrato una superiorità del trattamento con biofeedback rispetto al gruppo di controllo. Nonostante l'eterogeneità dei risultati, l'utilizzo di

questi strumenti non invasivi è consigliato per migliorare le esperienze del paziente, incrementare le afferenze e favorire la *compliance* del paziente con CLBP.

Sarà necessario condurre altri studi di elevata qualità al fine di confermare i dati emersi da questa revisione e definire la superiorità di un biofeedback rispetto ad un altro, in modo da indagare anche l'efficacia delle nuove tipologie di biofeedback messe a disposizione dal recente sviluppo tecnologico in questo campo.

BACKGROUND

La lombalgia (Low Back Pain - LBP) è generalmente definita come dolore, tensione muscolare o rigidità localizzata tra il margine costale inferiore e le pieghe glutee inferiori. Il LBP è uno dei più comuni disturbi muscoloscheletrici nei paesi sviluppati o in via di sviluppo, con conseguenti alti costi per la sanità¹. Più del 70–80% degli individui ha sperimentato LBP almeno una volta nel corso della vita. Proprio per la sua incidenza e la sua prevalenza, nei paesi occidentali il LBP non è solo un problema medico, ma anche un enorme problema socioeconomico a causa degli alti tassi di disabilità e dell'assenteismo dal lavoro².

Il LBP è in genere classificato come "specifico" o "non specifico". Con il termine LBP specifico ci si riferisce ai sintomi causati da un meccanismo pato-fisiologico specifico (quali ernia discale, infezione, infiammazione, osteoporosi, artrite reumatoide, frattura o tumore). Solo in circa il 10% dei casi è possibile identificare le malattie specifiche sottostanti³. La maggior parte dei pazienti (90%), infatti, presenta un LBP non specifico, ovvero una sintomatologia non causata da una struttura specifica. In questi casi, le anomalie spinali riscontrate ai raggi X e alla risonanza magnetica (MRI) non sono fortemente associate con il LBP, anche perché si possono spesso ritrovare in soggetti asintomatici⁴.

Il LBP non specifico è di solito classificato, in base alla durata di sintomi, in LBP acuto (meno di 6 settimane), subacuto (tra 6 settimane e 3 mesi) o cronico (più di 3 mesi). In generale, la prognosi è favorevole e la maggior parte dei pazienti con un episodio di LBP non specifico guarirà. Tuttavia il LBP è spesso un problema ricorrente, con una certa fluttuazione dei sintomi. Infatti, dei pazienti con LBP non specifico, il 7-10% andrà incontro a LBP cronico (CLBP) non specifico⁵.

L'esercizio nel dolore muscoloscheletrico cronico:

È ampiamente riconosciuto che l'incremento dei livelli di attività fisica produca benefici in soggetti con dolore muscoloscheletrico cronico. Numerosi studi randomizzati e controllati (RCT) dimostrano l'efficacia dell'esercizio come strategia terapeutica per migliorare il dolore e la disabilità. Revisioni sistematiche di RCT hanno dimostrato che l'esercizio aerobico e il rinforzo muscolare sono più efficaci dell'assenza di trattamento nel migliorare la funzione e il dolore in soggetti affetti da fibromialgia⁶ e osteoartrite⁷. In pazienti con CLBP, i dati suggeriscono che l'esercizio terapeutico riduca significativamente il dolore e la disabilità rispetto a nessun trattamento o a terapie passive comprendenti terapia manuale e farmaci antinfiammatori non steroidei⁸. Per molte condizioni croniche non è chiaro se vi sia una superiorità dell'esercizio aerobico, dell'esercizio di rinforzo

muscolare o della combinazione di entrambe queste strategie. L'esercizio aerobico è più efficace dell'esercizio di rinforzo muscolare nel ridurre il dolore nella fibromialgia, ma il rinforzo muscolare e lo stretching sembrano essere superiori all'esercizio aerobico nel CLBP non specifico e nel dolore al collo⁹. Sembra che l'esercizio fisico possa produrre migliori risultati in termini di dolore e disabilità se combinato con tecniche di *"pain education"*¹⁰.

Diversi meccanismi potrebbero spiegare gli effetti benefici dell'esercizio sul dolore e sulla disabilità nel dolore muscoloscheletrico cronico. In pazienti affetti da CLBP si ritiene che l'esercizio produca effetti sul dolore e sulla disabilità attraverso miglioramenti relativi ad alcune caratteristiche del movimento¹¹ (ad esempio ROM, forza, resistenza). Tuttavia, non solo l'evidenza alla base di questa convinzione è carente, ma i dati disponibili danno anche risultati contrastanti. Ne consegue che altri effetti indotti dall'esercizio fisico¹² possono influenzare dolore e disabilità più della funzione fisica. In sintesi, nel dolore muscoloscheletrico cronico, ci sono prove consistenti che l'esercizio fisico abbia effetti clinicamente rilevanti sul dolore e sulla funzione e che sia superiore rispetto a nessun intervento o altre terapie conservative.

Secondo le ultime evidenze¹³ l'esercizio è efficace nel trattamento del CLBP soprattutto quando inserito all'interno di un trattamento multimodale. Numerose ricerche si sono concentrate per indagare quale tipologia di esercizio fosse raccomandato nel trattamento dei pazienti affetti da questa patologia, ma senza giungere a risultati definitivi¹⁴. Nonostante non sia chiaro quale tipologia di esercizio terapeutico sia indicato, diversi autori convergono sull'importanza di adeguare gli esercizi alla condizione clinica e alle preferenze del paziente, considerando che gli esercizi svolti sotto supervisione sono più efficaci del solo programma domiciliare. Le raccomandazioni circa la frequenza e la durata del trattamento indicano un massimo di 12 sedute distribuite in 8 settimane¹⁵.

Molti studi hanno inoltre proposto l'utilizzo del biofeedback associato all'esercizio nel trattamento di questa condizione.

Biofeedback¹⁶:

Il biofeedback è stato utilizzato per più di cinquant'anni nella riabilitazione per facilitare i normali schemi di movimento. È la tecnica che permette di fornire in tempo reale informazioni biologiche che altrimenti rimarrebbero sconosciute. Questa informazione può prendere il nome di *"feedback aumentato"* o *"feedback estrinseco"* se fornisce all'utente informazioni aggiuntive rispetto a quelle che sono normalmente a disposizione tramite le afferenze dei recettori sensoriali intrinseci.

Il biofeedback comporta la misurazione di una variabile biomedica che viene inoltrata all'utente utilizzando due possibili strategie:

1. Feedback diretto sulla variabile misurata, come in caso di frequenza cardiaca o variabilità della frequenza cardiaca, dove un valore numerico viene visualizzato in tempo reale su un dispositivo indossabile (e.g. un orologio).
2. Feedback trasformato sulla variabile misurata, in cui le misure vengono utilizzate per controllare per esempio un segnale uditivo adattivo o un display visivo.

Gli strumenti di biofeedback che sono frequentemente utilizzati in fisioterapia possono essere classificati in "biofeedback fisiologico" o "biofeedback biomeccanico" (Figura 1). I sistemi fisiologici che possono essere misurati per fornire un biofeedback fisiologico sono il sistema neuromuscolare, il sistema respiratorio e il sistema cardiovascolare, mentre il biofeedback biomeccanico prevede misurazioni circa il movimento, il controllo posturale e la forza.

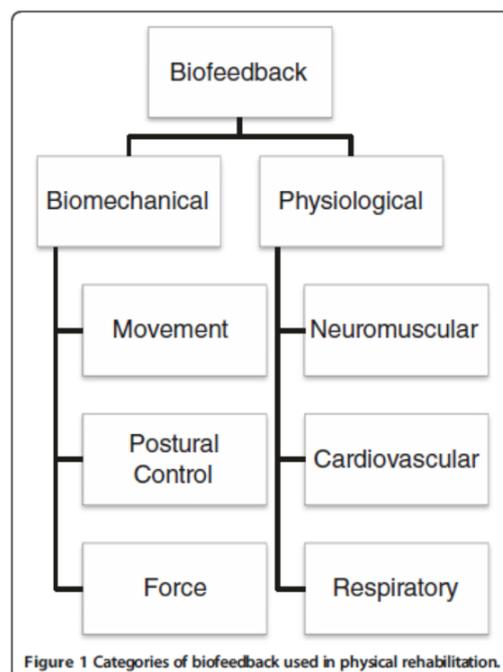


Figura 1. Categorie di biofeedback utilizzati in fisioterapia

Fornire ai pazienti e ai clinici un biofeedback durante la riabilitazione può avere un potenziale effetto terapeutico in quanto può offrire l'opportunità di migliorare la precisione durante i compiti motori, aumentare la *compliance* del paziente durante riabilitazione e ridurre la necessità di contatti con operatori sanitari per monitorare l'esecuzione dei programmi di riabilitazione. Tradizionalmente il biofeedback è fornito al paziente e al terapeuta tramite display visivi, segnali acustici o feedback

vibro-tattile. Un recente sviluppo nella riabilitazione ha prodotto strumenti di realtà virtuale (VR), fornendo così una nuova forma di biofeedback. Con la realtà virtuale i movimenti del paziente sono riprodotti tramite animazioni grafiche o audiovisive¹⁶. Negli ultimi anni, in letteratura, vi è una sempre maggior attenzione riguardo all'utilizzo del biofeedback nel trattamento del LBP cronico. L'obiettivo di questa revisione è quindi quello di indagare l'efficacia del biofeedback nel CLBP e l'eventuale superiorità di un programma di esercizi che faccia uso di tale strumento.

MATERIALI E METODI

1. Criteri di eleggibilità

E' stata condotta una revisione sistematica della letteratura consultando le banche dati elettroniche Medline (attraverso Pubmed), PEDro e Cochrane Library. La ricerca è stata effettuata nel periodo compreso tra Gennaio 2020 e Marzo 2020.

La revisione della letteratura è stata effettuata in funzione di un quesito clinico formulato seguendo la metodologia PICOS (P - population, I – Indicator, C – Comparator, O – Outcomes, and S – Study design):

- P: Adulti affetti da Chronic Low Back Pain
- I: Trattamento fisioterapico con Biofeedback
- C: Trattamento fisioterapico senza biofeedback
- O: Dolore e limitazione della funzione
- S: RCT

Quesito clinico:

“Il trattamento fisioterapico con Biofeedback è più efficace rispetto a un trattamento fisioterapico senza l'utilizzo di biofeedback, nella riduzione del dolore e della limitazione della funzione dei soggetti affetti da CLBP?”

Sulla base dei termini utilizzati nel quesito appena proposto, sono state individuate le keywords “low back pain”, “physiotherapy” e “biofeedback”. È stata dunque formulata una stringa di ricerca sul database elettronico MEDLINE (attraverso Pubmed) prevedendo l'utilizzo di Medical Subject Headings (MeSH) terms e Text words. Sulla base della strategia di ricerca utilizzata nel database elettronico MEDLINE, sono state formulate delle stringe di ricerca specifiche per ciascun database, adattandone i termini e la sintassi. Al fine di includere il maggior numero di articoli possibile non sono stati posti limiti di lingua, disegno di studio o data di pubblicazione. Tuttavia sono stati considerati eleggibili solo gli RCT in lingua inglese o italiana.

Per il reperimento degli articoli scientifici sono state individuate le parole chiave che in seguito sono state combinate con gli operatori booleani (OR e AND) e con la funzione MESH per la formulazione delle stringhe di ricerca.

Keyword:

- Low back pain
- Physiotherapy
- Biofeedback

2. Ricerca

Di seguito vengono riportate le stringa di ricerca per ciascuna delle banche dati consultate.

MEDLINE (Pubmed)

((((((((((((((((((low back pain[MeSH Terms]) OR "low back pain") OR "low back pains") OR "back pain, lower") OR "lower back pain") OR "low back ache") OR "low back aches") OR "low backache") OR "chronic low back pain") OR "chronic low back pains") OR "chronic back pain, lower") OR "chronic lower back pain") OR "chronic low back ache") OR "chronic low back aches") OR "chronic low backache")) AND (((physiotherapy specialty[MeSH Terms]) OR physiotherapies techniques[MeSH Terms]) OR physiotherapy techniques[MeSH Terms]) OR physiotherapy)) AND (((((((((((((((biofeedback) OR "biofeedback exercise*") OR "biofeedback therap*") OR "biofeedback treatment") OR "biofeedback rehabilitation") OR "electromiography *feedback") OR "ultrasound imaging *feedback") OR "virtual reality *feedback") OR "pressure biofeedback unit")) OR "biofeedback rehabilitation") OR "inertial sensor* biofeedback") OR "respiratory biofeedback") OR "virtual reality feedback"))

PEDro:

"*feedback", "pain", "chronic pain", "lumbar spine" "musculoskeletal".

"virtual reality", "pain", "chronic pain", "lumbar spine", musculoskeletal".

Cochrane Library:

#1	MeSH descriptor: [Low Back Pain]
#2	("chronic low back pain")
#3	#1 OR #2
#4	MeSH descriptor: [Feedback]
#5	("feedback") OR ("biofeedback training") OR ("biofeedback")
#6	("virtual realities") OR ("virtual reality") OR ("virtual reality therapy")
#7	MeSH descriptor: [Virtual Reality]
#8	#4 OR #5 OR #6 OR #7
#9	#3 AND #8

3. Selezione degli studi

Al termine della ricerca preliminare degli articoli sulle banche dati, è stata effettuata una selezione sulla base dei seguenti criteri:

Criteri di inclusione:

- pazienti con diagnosi di Chronic Low Back Pain (CLBP), ovvero pazienti che riferivano LBP da più di 3 mesi (incluse le donne in gravidanza e i soggetti che presentavano dolore radicolare e/o radicolopatia);
- RCT (randomized controlled trial);
- studi inerente l'umano;
- soggetti adulti (età > 18 anni);
- articoli in cui è stato utilizzato il biofeedback in associazione all'esercizio terapeutico, messo a confronto con il solo esercizio terapeutico o esercizio terapeutico associato a un altro tipo di trattamento;

- articoli di cui era disponibile in *full text*.

Criteri di esclusione:

- tutti gli studi primari e secondari diversi dall'RCT;
- studi di ambito psicologico;
- articoli di cui non è stato possibile reperire il "Full Text";
- articoli non in lingua inglese o italiana.

Al fine di rispettare la definizione di Biofeedback (ovvero uno strumento che comporta la misurazione di una variabile biomedica e la ritrasmette all'utente) in questa revisione sono stati presi in esame quegli studi in cui, ai fini del trattamento, è stato utilizzato: EMG feedback, ultrasound biofeedback, visual feedback, tactile feedback, audio feedback, video feedback, pedometer, fitbit e virtual reality¹⁶.

Sulla base dei criteri appena enunciati si è proceduto quindi al processo di screening dei titoli e/o degli *abstract* di tutti i record individuati utilizzando la strategia di ricerca sopra descritta. Successivamente sono stati analizzati i full text degli studi potenzialmente rilevanti al fine definire gli articoli da includere all'interno della revisione.

4. Estrazione dei dati e analisi

Estrazione dei dati

Una volta definiti gli studi inclusi all'interno della revisione si è proceduto con il processo di estrazione dei dati. Per la raccolta di questi è stato deciso di utilizzare un modello standard. Per ciascuno degli studi inclusi sono stati dunque estratti: autore, disegno di studio, partecipanti, intervento, outcome e risultati.

Valutazione della qualità metodologica

Per valutare la qualità metodologica degli RCT inclusi all'interno della revisione è stata utilizzata la "Risk of Bias Tool" (Rob 2) nella sua ultima versione pubblicata il 22 agosto 2019¹⁷. Questo strumento è strutturato in un insieme di 5 domini, focalizzato su diversi aspetti di progettazione, condotta e reportistica della sperimentazione. All'interno di ciascun dominio sono presenti una serie

di domande che mirano a ottenere informazioni sulle caratteristiche della sperimentazione che possono aver influenzato il rischio di bias. Un giudizio su ciascun dominio viene generato da un algoritmo, basato sulle risposte alle domande. Il giudizio può essere "Low" o "High" rischio di bias, oppure "Some concerns".

Analisi dei dati

È stata effettuata un'analisi qualitativa dei dati ottenuti dagli articoli inclusi nella revisione. Le differenze tra i diversi studi sono state identificate e sintetizzate mediante anche l'utilizzo di tabelle.

RISULTATI

1. Selezione degli studi

La ricerca svolta attraverso le banche dati online Medline (Pubmed), Cochrane Library e PEDro ha prodotto come risultato 417 records.

Dopo la rimozione di 77 duplicati, sono stati sottoposti a screening 340 records. In seguito si è proceduto a ricercare gli articoli che rispettassero i criteri di inclusione ed esclusione, effettuando una prima esclusione per titolo (n=200) e poi per abstract (n=140).

In seguito alla lettura dei *full text* ammessi all'eleggibilità (n=33), sono stati esclusi 20 articoli: 3 esclusi per il disegno di studio, 1 escluso per la stadiazione del LBP, 16 esclusi per il trattamento proposto. Di conseguenza, al termine della selezione, 13 articoli sono stati inclusi nella sezione dei risultati.

Il processo di selezione è sintetizzato in Figura 2 tramite il diagramma di flusso proposto dalle linee guida del PRISMA statement.

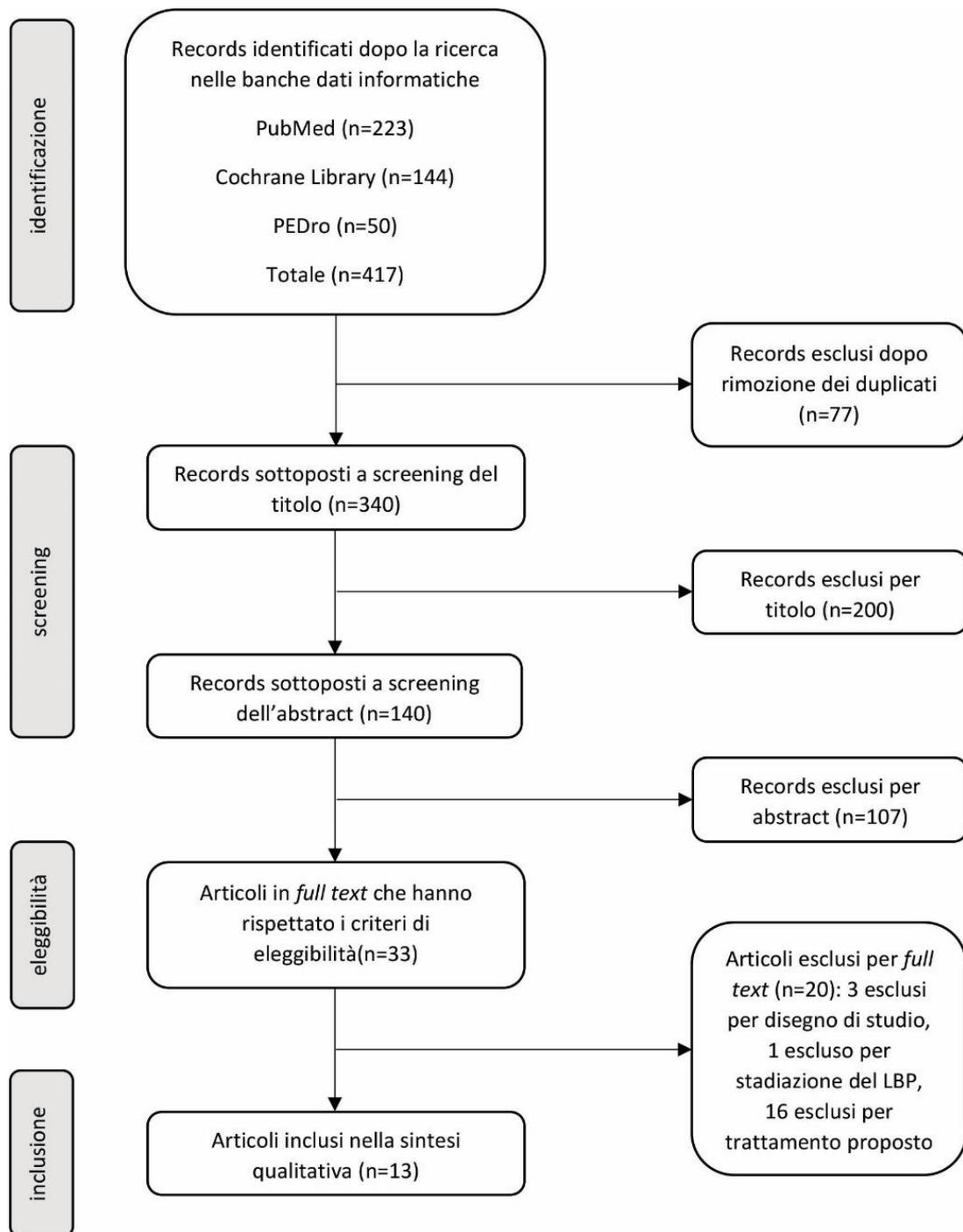


Figura 2. Diagramma di flusso della ricerca e selezione degli studi

2. Caratteristiche degli studi

2.1 Tipologia di studi

Tutti gli articoli esaminati sono trial clinici randomizzati e controllati. Degli studi analizzati, 7 sono stati effettuati a due bracci, mentre 6 sono stati eseguiti a tre bracci ^{18,19,20,21,22,23}. Gli articoli inclusi all'interno di questa revisione sono stati pubblicati in un arco temporale compreso tra il 1986 e il 2018.

2.2 Partecipanti

Sono stati inclusi studi in cui la popolazione di pazienti era affetta da LBP da più di 6 settimane. Tuttavia, nella maggior parte degli articoli analizzati i pazienti lamentavano LBP da più di 12 settimane.

Il numero totale dei partecipanti inclusi negli studi analizzati all'interno di questa revisione è 802.

Tutti i pazienti degli studi presi in esame avevano un'età maggiore di 18 anni (range di età tra 18 e 89 anni). Un solo studio ha analizzato specificatamente una popolazione anziana, includendo al proprio interno pazienti con un'età compresa tra i 66 e gli 89 anni¹⁹. Pertanto i soggetti in questa revisione presentano un range di età compreso tra 18 e 89 anni.

Degli 802 soggetti studiati, 293 erano di sesso maschile (36.5%) e 509 di sesso femminile (63.5%). Tuttavia, in uno studio non è stato specificato il genere dei partecipanti presi in esame¹⁹, mentre un solo studio ha incluso al proprio interno un campione prettamente femminile di 30 soggetti²⁴.

2.3 Setting

Dei 13 studi esaminati, 4 sono stati svolti in Germania, 3 negli USA, 1 in Norvegia, 1 in Danimarca, 1 in Belgio, 1 in Korea del Sud, 1 in Canada e 1 in Brasile.

I *setting* all'interno dei quali sono stati condotti gli studi sono: ospedali, dipartimenti universitari di medicina, fisioterapia e scienze motorie e ospedali militari.

2.4 Intervento

Le tipologie di biofeedback utilizzati all'interno degli studi inclusi in questa revisione sono 6:

- Respiratory biofeedback (tramite sensore di movimento)²⁵
- EMG biofeedback (biofeedback elettromiografico)^{18,22,26,27}
- Ultrasound biofeedback (biofeedback ecografico)^{28, 23, 21, 29}
- Video feedback durante un TPDT (two point discrimination threshold)³⁰
- Virtual reality (Valedo motion research tool, Hocoma)²⁰
- Video feedback da Wii Fit Balance Board (Nintendo)^{24,19}

Respiratory Biofeedback

In uno studio il feedback è stato utilizzato per controllare il ritmo respiratorio: il gruppo sperimentale ha utilizzato il Respiratory biofeedback, uno strumento che comprende un sensore da

porre sull'addome in grado di rilevare l'ampiezza dell'atto respiratorio. Al paziente è stato fornito il biofeedback tramite un segnale acustico e un segnale visivo (su monitor). Ai pazienti del gruppo di controllo non è stato fornito il biofeedback, ma hanno eseguito gli stessi esercizi del gruppo sperimentale utilizzando un metronomo per regolare la cadenza respiratoria²⁵.

EMG biofeedback

4 studi hanno utilizzato un EMG biofeedback durante il trattamento dei pazienti nel gruppo sperimentale ^{18, 22, 26, 27}. In particolare, nello studio condotto da Donaldson e collaboratori è stato utilizzato il SMUBT (Single Motor Unit Biofeedback). Una volta applicati gli elettrodi nell'area dolorosa, i partecipanti del gruppo di intervento sono stati istruiti sul funzionamento del SMUBT e sul concetto di simmetria muscolare. Successivamente è stato richiesto loro di effettuare una contrazione muscolare alternata a momenti di rilassamento, coadiuvati dal feedback visivo fornito dal monitor del computer. Il gruppo di controllo è stato istruito sui medesimi concetti, ma ha effettuato esercizi di rilassamento muscolare senza il biofeedback ¹⁸.

Nello studio di Stuckey e collaboratori è stato utilizzato un EMG biofeedback sui muscoli trapezio superiore e paraspinali lombari associato a un feedback visivo (monitor) e uditivo (clicking sound). In questo caso l'outcome preso in considerazione è stato il livello di rilassamento muscolare. Il gruppo di controllo ha invece effettuato esercizi di rilassamento muscolare senza biofeedback, ma sotto le istruzioni verbali del fisioterapista. Il terzo gruppo di trattamento, il gruppo placebo, ha ricevuto una dettagliata descrizione sull'importanza del rilassamento muscolare e indicazioni su come attuare delle posture a letto per facilitarlo²².

Nello studio di Partner e collaboratori, invece, è stato utilizzato un EMG biofeedback associato a un feedback visivo, uditivo e tattile. In particolare, nel gruppo sperimentale ai pazienti è stato richiesto di eseguire 2 esercizi per il multifido e 3 esercizi per il trasverso dell'addome, con l'aiuto del biofeedback. Nel gruppo di controllo, invece, non è stato utilizzato alcun biofeedback e sono stati proposti solo 2 esercizi per il trasverso dell'addome, anziché i 3 effettuati dal gruppo sperimentale²⁶.

Nello studio di Asfour e collaboratori l'EMG biofeedback è stato utilizzato sui muscoli estensori lombari. Al paziente, posto in posizione prona, è stato richiesto di effettuare un'estensione lombare ottenendo un feedback uditivo e visivo (su monitor) circa l'attivazione dei muscoli paraspinali lombari. Il gruppo di controllo ha ricevuto lo stesso trattamento del gruppo sperimentale, ma senza biofeedback²⁷.

Ultrasound biofeedback

Dei 13 studi inclusi all'interno della revisione, 4 hanno utilizzato il di biofeedback ecografico (ultrasound biofeedback).

Nello studio di Teyhen e collaboratori il biofeedback è stato utilizzato per indagare la contrazione del TrA (trasverso dell'addome) in posizione supina, quadrupedica e seduta durante la manovra di ADIM (Abdominal Drawing In Maneuver). In questo studio il trattamento con biofeedback è stato eseguito in una singola seduta seguita da 4 giorni di esercizi domiciliari da svolgere 2 volte al giorno. Il gruppo di controllo ha eseguito lo stesso trattamento ma in assenza di biofeedback²⁸.

Nello studio di Ferreira e collaboratori il biofeedback è stato utilizzato nel gruppo "motor control exercise". Il trattamento si è focalizzato su TrA, PFM (Pelvic Floor Muscles, o pavimento pelvico) e MF (multifido). I pazienti nel gruppo "general exercise" hanno eseguito esercizi di rinforzo e stretching dei principali muscoli del corpo e esercizio cardiovascolare. Il terzo gruppo ha effettuato sedute di manipolazione vertebrale: in questo caso i risultati non sono stati presi in considerazione ai fini dell'elaborazione della revisione in quanto non utili alla stesura della stessa²³.

Nello studio di Vasseljen e collaboratori è stato impiegato il real-time b-mode ultrasound biofeedback nel gruppo "core stability exercise": la richiesta era di attivare selettivamente il TrA durante la manovra di ADIM, mentre i muscoli obliquo interno e obliquo esterno dovevano rimanere relativamente rilassati. Nel gruppo "sling exercise" il TrA è stato attivato indirettamente tramite esercizi in cui era richiesto il movimento degli arti inferiori. Durante gli esercizi proposti l'indicazione era di mantenere la colonna lombare stabile e in posizione neutra. Nel gruppo "general exercise" sono stati proposti esercizi di stretching e rinforzo della muscolatura addominale²¹.

Nello studio di Halliday e collaboratori, in cui è stato utilizzato il biofeedback ecografico, entrambi i gruppi hanno eseguito un trattamento secondo il metodo McKenzie. Nel gruppo sperimentale i pazienti, in aggiunta al trattamento standard, hanno eseguito esercizi di controllo motorio tramite l'attivazione dei muscoli TrA, MF e pavimento pelvico (PFM), con l'utilizzo di ultrasound biofeedback, dove il feedback visivo era fornito tramite monitor²⁹.

Video feedback durante un TPDT (two point discrimination threshold)

Nello studio di Trapp e collaboratori è stato proposto un Video feedback: tramite un monitor i pazienti in posizione prona hanno avuto la possibilità di guardare l'immagine della loro schiena filmata durante un "two point discrimination threshold" (TPDT). Successivamente è stato chiesto loro

di inclinare il bacino lateralmente e ruotarlo anteriormente e posteriormente attivando il muscolo multifido. Nel gruppo di controllo sono state effettuate 6 sedute in 2 settimane, divise in 2 sedute di fisioterapia, 2 di “relaxation training” e 2 di “movement training” (cammino)³⁰.

Virtual reality (Valedo motion research tool, Hocoma)

Nello studio di Matheve e collaboratori lo strumento utilizzato per eseguire il trattamento è stato il “Valedo motion research tool” (Hocoma) con video feedback del movimento. In questo caso i pazienti sul monitor hanno potuto visionare un avatar che riproduceva le azioni richieste al soggetto. I due esercizi utilizzati nello studio sono stati il “waiter’s bow” (inchino del cameriere) e il “Lifting Task” (attività di sollevamento), eseguiti con il biofeedback nel gruppo sperimentale e senza biofeedback nel gruppo di controllo. In quest’ultimo gruppo lo strumento “Valedo motion research tool” è stato indossato dai pazienti per la raccolta dei dati, ma senza che potessero vedere il proprio avatar sul monitor²⁰.

Video feedback da Wii Fit Balance Board (Nintendo)

2 dei 13 studi analizzati hanno utilizzato la Wii Fit Balance Board (Nintendo)^{24,19}. Nello studio di Kim e collaboratori i pazienti del gruppo sperimentale hanno eseguito 30 minuti di virtual-reality yoga utilizzando la Wii Fit (Nintendo). Il feedback era rappresentato da un feedback visivo presente su un monitor TV. Nel gruppo di controllo i pazienti hanno eseguito 30 minuti di rinforzo dei muscoli stabilizzatori del tronco seguiti da 30 minuti di fisioterapia senza l’utilizzo di alcun dispositivo²⁴.

Nello studio di Feldwieser e collaboratori ai pazienti di entrambi i gruppi è stato chiesto di eseguire l’esercizio di “ponte” (bridging exercise). Nel gruppo sperimentale l’allenamento è stato eseguito su due pedane “Wii Balance Board” con video feedback su monitor. Nel gruppo di controllo è stato eseguito lo stesso trattamento del gruppo sperimentale ma in assenza di biofeedback¹⁹.

3. Tabella sinottica

I dati relativi a ciascuno studio sono stati sintetizzati nella tabella sinottica riportata in Tabella 1.

Autore e anno	Tipo di studio	Partecipanti	Intervento	Controllo	Outcome	Risultati
Kapitza et al., 2011 ²⁵	RCT	42 PZ, età 18-70 anni. F=27, M=15. Età media RFB: 53.29 (13.31). Età media Non-contingent RFB: 53.90 (10.63)	RFB=21 pz. Segnale acustico e visivo su monitor. Sensore su addome rileva l'ampiezza dell'atto respiratorio. Sedute per 15 gg di 30 min, tutti i giorni.	Non-contingent RFB=21 pz. Segnale per eseguire 8 respiri/min, ma senza feedback. Sedute per 15 gg di 30 min, tutti i giorni.	Primari: RI, QST Secondari: SCL, PDI, diario del dolore (VAS)	<p>RI:</p> <p>Giorni 2°-8° (primi 7 giorni) RFB: 2.26 (0.80) Non-contingent RFB: 2.23 (0.77) Relaxation improvement: $\Delta = 0.22$ ($p = 0.20$)</p> <p>Giorni 9°-15° (ultimi 7 giorni) RFB: 2.48 (1.00) Non-contingent RFB: 2.6 (0.78) Relaxation improvement: $\Delta = 0.03$ ($p = 0.81$)</p> <p>QST: item WUR: RFB -0.94 (1.69), Non-contingent RFB 0.57 (1.68), $p=0.001$</p> <p>Items SCL:</p> <ul style="list-style-type: none"> -GSI pre-post: RFB 0.14 ($p = .018$), Non-contingent RFB 0.03 ($p = .30$) - PST pre-post: RFB 3.60 ($p = .15$), Non-contingent RFB -0.55 ($p = .80$). - PSDI pre-post: RFB: 0.18 ($p = .015$), Non-contingent RFB 0.25 ($p = .051$) <p>PDI: no significant results</p> <p>VAS:</p> <p>-RFB: PRE: A riposo 3.40 (1.57), In attività 4.31 (1.48); 1° sett: A riposo 3.04 (1.36), In attività 3.65 (1.50); 2° sett: A riposo 2.84 (1.29), In attività 3.50 (1.23); 3° sett: A riposo 3.02 (1.39), In attività 3.57 (1.55);</p>

						<p>4° sett: A riposo 2.88 (1.45), In attività 3.44 (1.64); A 3 mesi: A riposo 2.61 (1.43), In attività 3.19 (1.68); riduzione dopo 3 mesi: A riposo $\Delta = 0.79$, $p=0.012$, In attività $\Delta = 1.12$, $p=0.01$. (p-value calcolato pre-intervention vs follow-up a 3 mesi)</p> <p>-Non-contingent RFB: PRE: A riposo 3.42 (1.33), In attività 4.03 (1.17); 1° sett: A riposo 3.12 (1.49), In attività 3.58 (1.78); 2° sett: A riposo 3.21 (1.73), In attività 3.63 (1.86); 3° sett: A riposo 2.77 (1.67), In attività 3.05 (1.75); 4° sett: A riposo 2.81 (1.74), In attività 3.00 (1.80); a 3 mesi: A riposo 2.93 (1.79), In attività 3.07 (1.95); riduzione dopo 3 mesi: A riposo $\Delta = 0.49$, $p=0.027$, In attività $\Delta = 0.96$, $p=0.014$. (p calcolato pre-intervento vs follow-up a 3 mesi)</p>
Donaldson et al., 1994 ¹⁸	RCT	<p>36 pz. Range età: 25-54 anni. Età media= 38.0 (7.5). M=17, F=19</p> <p>Tutti I gruppi hanno avuto 35 minuti di trattamento per 10 sedute</p>	<p>SMUBT (single motor unit biofeedback training). 12 pazienti</p>	<p>RELAXATION TRAINING: 12 pz. 16 esercizi in cui contrarre e rilassare diversi gruppi muscolari.</p> <p>EDUCATION: 12 pz</p>	<p>VAS, MPQ. Misurati a fine trattamento, 7 gg dopo, 90 gg dopo</p>	<p>Per tutti i risultati $p < 0.05$</p> <p>Biofeedback MPQ: PRE 28.75 (15.11), POST 16.08 (14.98), F-U (Follow-Up) 15.33 (15.66) VAS-G: PRE 2.23 (1.59), POST 1.26 (1.57), F-U 0.72 (1.32)</p> <p>Relax Education MPQ: PRE 31.08 (12.39), POST 27.67 (12.63), F-U 32.33 (11.31). VAS-G: PRE 2.51 (2.17), POST 1.90 (1.27), F-U 1.78 (1.31).</p>

						MPQ: PRE 34.50 (14.43), POST 28.58 (16.07), F-U 20.08 (20.28). VAS-G: PRE 3.48 (2.83), POST 2.47 (1.76), F-U 0.87 (1.26).
Stuckey et al., 1986 ²²	RCT	24 pz. F=13, M=11. Età media del gruppo EMG biofeedback: 38.9 (9.4). Età media del gruppo relaxation training: 49.3 (9.4).	EMG biofeedback=8 pz. Feedback attraverso monitor e segnale audio. 8 sedute da 45 minuti. (EMG localizzato su trapezio superiore e muscoli paraspinali lombari)	Relaxation training=8 pz. Età media: 35.1 (8.3). 8 sedute da 45 minuti Placebo= 8 pz. 8 sedute da 45 minuti	-Pain with function -Activities of daily Living Rating -Relaxation Level -Change in upper trapezius EMG	<p>-Pain with Function EMG BIOFEEDBACK: PRE 26.2 (15.8), POST 31.6 (13.5). RELAXATION training: PRE 36.8 (15.4), POST 28.0 (20.2), p<0.05 (pre-post treatment). PLACEBO: PRE 42.5 (20.02), POST 44.4 (17.1). RELAXATION training significativamente migliore di EMG BIOFEEDBACK (p < 0.05).</p> <p>-Activities of Daily Living Rating EMG BIOFEEDBACK: PRE 2.6 (0.4), POST 2.5 (0.6). RELAXATION training: PRE 2.4 (0.6), POST 2.9 (1.0). PLACEBO: PRE 2.2 (0.5), POST 2.4 (0.6)</p> <p>-Relaxation Level EMG BIOFEEDBACK: POST 1.8 (1.3), POST 2.1 (0.6). RELAXATION training: PRE 1.9 (0.3), POST 2.7 (0.8), p< 0.05 (pre-post treatment). PLACEBO: PRE 1.5 (0.9), POST 1.9 (0.6). Relaxation significantly better than placebo (P < .05)</p> <p>-Change in Upper Trapezius EMG</p>

						EMG BIOFEEDBACK: PRE 0.68 (1.2), POST 0.44 (0.37). RELAXATION training: PRE 0.29 (0.81), POST 0.95 (1.21). PLACEBO: PRE 0.56 (0.99), POST -0.46 (1.28)
Asfour et al., 1990 ²⁷	Controlled experimental investigation	30 pz (M=13, F=17) Con CLBP. Età media EG: 46,53±17,62 Età media CG: 43,27±12,73	15 PZ (9 F, 6 M) Experimental group (EG): EMG biofeedback rivolto ai muscoli estensori del tronco. Viene utilizzato feedback uditivo e visivo. 8 sedute in 2 settimane.	15 PZ (8 F, 7 M) Control group (CG): stesso trattamento, ma senza biofeedback.	-Outcome primario: forza dei muscoli estensori del rachide. -Outcome secondari: VAS, ROM	-FORZA MUSCOLARE: EG: PRE 224.86 (209.19), POST 408.20 (231.67), p<0.01 CG: PRE 281.22 (141.82), POST 331.66 (199.67), p>0.05 -VAS: p>0.05 EG: PRE 6.07 (2.94), POST 4.73 (2.58) CG: PRE 5.6 (2.35), POST 5.6 (2.44) -FLESSIONE (ROM): p<0.05 EG: PRE 85.33 (34.92), POST 125.33 (20.77) CG: PRE 85.47 (23.17), POST 119.20 (24.28) -ESTENSIONE (ROM): p<0.05 EG: PRE 18.40 (7.99), POST 30.87 (12.78) CG: PRE 21.30 (7.71), POST 30.40 (8.75)
Teyhen et al., 2005 ²⁸	RCT	30 pz. M=18, F=12. Età tra i 18 e i 45 anni. Età media del gruppo biofeedback training: 30.8	BIOFEEDBACK TRAINING=15 pz. DS Contrazione del TrA in posizione supina, quadrupedica e seduta con biofeedback.	TRADITIONAL TRAINING=15 pz. Stesso trattamento del gruppo sperimentale ma senza biofeedback.	-spessore muscolare -contrazione muscolare e rapporto di attivazione preferenziale	spessore muscolare: -BIOFEEDBACK TRAINING: PRE: 0.44 (0.13), POST: 0.47 (0.13), DAY 4: 0.44 (0.20) -TRADITIONAL TRAINING: PRE: 0.44 (0.17), POST: 0.43 (0.18), DAY 4: 0.45 (0.22) -EO+IO BIOFEEDACK TR:

		(DS 10.1) anni. Età media del gruppo traditional training: 31.2 (7.5) anni. Pazienti dell'ospedale militare.	1 seduta seguita da 4 giorni di esercizi domiciliari da svolgere 2 volte al giorno.			<p>PRE: 1.73 (0.56), POST: 1.80 (0.54), DAY 4: 1.77 (0.46)</p> <p>-EO+IO TRADITIONAL TR: PRE: 1.92 (0.39), POST: 1.90 (0.32), DAY 4: 1.94 (0.40)</p> <p>(p>0.05 per i risultati sopra riportati)</p> <p>-contrazione muscolare e rapporto di attivazione preferenziale (p-value non riportato dall'autore)</p> <p>-BIOFEEDBACK TRAINING: PRE: 2.33 (1.11), POST: 2.43 (0.91), DAY 4: 2.28 (0.82)</p> <p>-TRADITIONAL TRAINING: PRE: 2.22 (0.68), POST: 2.29 (1.10), DAY 4: 3.00 (1.92)</p> <p>-EO+IO BIOFEEDBACK TRAINING: PRE: 1.04 (0.10), POST: 1.09 (0.15), DAY 4: 1.08 (0.06)</p> <p>-EO+IO TRADITIONAL TRAINING: PRE: 1.02 (0.09), POST: 1.02 (0.17), DAY 4: 1.09 (0.13)</p> <p>-PREFERENTIAL ACTIVATION TRADITIONAL TRAINING: PRE: 0.08 (0.04), POST: 0.08 (0.06)</p> <p>-PREFERENTIAL ACTIVATION BIOFEEDBACK TRAINING: PRE: 0.09 (0.06), POST: 0.10 (0.05)</p> <p>(rapporto di attivazione preferenziale biofeedback training vs traditional training: p=0.605)</p>
Ferreira et al., 2007 ²³	RCT	240 pz, età 18-80 anni.	MOTOR CONTROL	GENERAL EXERCISE (GE)	A 8 settimane, 6 mesi e 12 mesi.	A 8 sett:

		(F= 165; M= 75) Fino a 12 trattamenti in 8 settimane	EXERCISE (MCE) (n=80), età 54.8 (15.3): focalizzato su TrA, PFM, MF, diaframma, con utilizzo di Ultrasound Feedback	(n=80), età 51.9 (15.3): rinforzo e stretching dei principali muscoli del corpo e esercizio cardiovascolare. (12 sedute da 1 h in 8 settimane)	2 primari: PSFS, GPE 2 secondari: VAS, RMDQ	PSFS: GE= 14.4 (6.6), MCE= 17.7 (6.2), p<0.004 GPE: GE=1.0 (2.8), MCE=2.8 (1.8), p<0.001 VAS: GE= 4.8 (2.4), MCE= 4.0 (2.5), p>0.05 RMDQ: GE= 9.7 (6.3), MCE= 7.9 (6.0), p>0.05 A 6 mesi: PSFS: GE= 15.0(67.4), MCE= 16.4 (6.6), p>0.05 GPE: GE=1.4 (2.4), MCE=1.9 (2.4), p>0.05 VAS: GE= 4.8 (2.6), MCE= 4.3 (2.6), p>0.05 RMDQ: GE= 10.1 (7.0), MCE= 8.4 (6.4), p>0.05 A 12 mesi: PSFS: GE= 13.9 (7.2), MCE= 15.7 (6.8), p>0.05 GPE: GE=1.0 (2.8), MCE=1.8 (2.5), p>0.05 VAS: GE= 5.2 (2.8), MCE= 4.9 (2.9),p>0.05 RMDQ: GE= 9.6 (6.9), MCE= 8.8 (6.5), p>0.05
Vasseljen et al., 2011 ²¹	RCT	102 PZ. Età 18-60 anni. F=71, M= 31.	CSE (Core Stability Exercise)= 33 pz. Età media= 41.5 ± 11.9.	SE (Sling Exercise)= 34 pz. Età media= 42.7 ± 10.0. 1 tratt/sett per 8 sett.	Primari: change in onset of the deep abdominal muscles in response to	Change in muscle's onset: -Dominant shoulder flexion CSE vs SE: 15 (1–28); CSE vs GE: – 4 (– 18 a 10); p=0.03 SE vs GE: – 19 (– 33 a – 5); p<0.01

			1 tratt/sett per 8 sett. Duratata trattamento = 40 min Obiettivo: esecuzione ADIM con l'utilizzo di real-time b-mode ultrasound feedback	Duratata trattamento = 40 min. GE (general exercise)= 35 pz . 1 tratt/sett per 8 sett. Duratata tratt= 60 min	unilateral rapid shoulder flexion. Secondari: NRS, ODQ, FABQ	-non-dominant shoulder flexion: CSE vs SE: - 4 (- 14 a 6); CSE vs GE: - 2 (- 13 a 8); p=0.65. SE vs GE: 2 (- 9 a 12); p=0.65
Partner et al., 2014 ²⁶	Controlled laboratory study	20 PZ. Età < 40 anni. M=11, F=9. Età media: 23 (DS 4.0), studenti universitari	EXERCISE WITH BIOFEEDBACK (EX+BIO): 10 pz. EMG con feedback visivo, udutuvo e tattile. Stessi esercizi del control group ma con biofeedback. Un esercizio aggiuntivo per il multifido	EXERCISE WITHOUT BIOFEEDBACK (EX): 10 pz. 2 esercizi rivolti al TrA e 2 al multifido	- TrA PAR (preferential activation ratio) - variazione percentuale dello spessore del muscolo LM.	(EX+BIO= EXERCISE WITH BIOFEEDBACK; EX= EXERCISE WITHOUT BIOFEEDBACK) TrA PAR: -EX: PRE 0.01 (0.02), POST 0.02 (0.05), p=0.241 -EX+BIO: PRE 0.02 (0.01), POST 0.03 (0.01), p=0.037 -TOTALE: PRE 0.01 (0.02), POST 0.03 (0.04), p=0.033 Variazione percentuale dello spessore del muscolo LM. -EX: PRE 5.35 (13.72), POST 4.07 (8.84), p= 0.508 -EX+BIO: PRE 2.20 (4.23), POST 1.09 (8.28), p=0.575 TOTALE: 3.77 (10.01), POST 2.58 (8.48), p=0.391
Kim et al., 2014 ²⁴	RCT	30 pz. F=30 (non sono riportati)	Experimental group (EXP)= 15 pz. Età media: 44.33 anni.	Control group (CG)= 15 pz. Età media: 50.46 anni. Trattamento: 12	VAS ALGOMETER ODI RMDQ	-VAS: EXP: PRE 7.00 (0.89), POST 2.27 (1.10), p<0.01.

		media e range d'età).	Trattamento: 12 sedute in 4 settimane. 30 minuti a seduta di virtual-reality yoga con utilizzo di Wii Fit Balance Board (Nintendo).	sedute in 4 settimane. 30 minuti di rinforzo degli stabilizzatori del tronco seguiti da 30 minuti di fisioterapia.	FBQ	CG: PRE 6.95 (0.79), POST 4.63 (1.91), p<0.01. -ALGOMETER: EXP: PRE 7.13 (1.02), POST 4.10 (0.90), p<0.01. CG: PRE 7.33 (0.87), POST 5.46 (1.57), p<0.01. -ODI: PRE 34.91 (6.19), POST 13.82 (7.65), p<0.01. CG: PRE 36.18 (5.02), POST 24.55 (10.88), p<0.01. -RMDQ: EXP: PRE 18.64 (2.84), POST 7.46 (4.84), p<0.01. CG: 19.09 (2.91), POST 12.64 (6.48), p<0.01. -FBQ: EXP: PRE 65.46 (9.64), POST 17.55 (10.67), p<0.01.
Halliday et al., 2015 ²⁹	RCT	70 pz (14 M, 56 F) Età 18-70 anni. McKenzie group: Età media: 48.8 (DS 12.1) Motor control group:	Motor control group (MC)=35 pz. Trattamento con ultrasound biofeedback rivolto al TrA, multifido, pavimento pelvico. 12 trattamenti in 8 settimane + 30 min/die di	McKenzie group (MK)= 35 pz. 12 trattamenti in 8 settimane.	Primari: Muscle thickness Secondari: GPE, PSFS, VAS,	Muscle thickness: At follow-up: -TrA: MK: 21.53 (21.96) MC: 19.74 (22.25), p=0.23; -OI: MK: 7.50 (12.92), MC: 7.79 (12.22); p=0.82; -OE: MK: 3.21 (11.82), MC: 5.47 (11.41), p=0.65; -PSFS: MK: 22.88 (4.30), MC: 21.24 (5.77), p=0.26; -GPE: MK: 3.5 (1.0), MC: 2.7 (1.7), p=0.03;

		Età media 48.3 (DS 14.2)	esercizi domiciliari.			VAS: MK: 2.4 (2.2), MC: 2.5 (2.4), p=0.99
Trapp et al., 2015 ³⁰	RCT	30 pz (19 M,11 F) Età > 18 anni.	FEEDBACK GROUP (FG)= 15 pz. Età media: 45.53 (SD 7.05) anni. Trattamento: per 2 settimane 20 min feedback 3v/sett. È stato utilizzato un feedback visivo durante un “two point discrimination training”. Successivamente veniva chiesto ai pazienti di muovere il bacino attivando il muscolo multifido.	CONTROL GROUP (CG)= 15 pz. Età media: 40.60 (SD 10.67) anni. Trattamento: 6 sedute da 30 minuti in 2 settimane, divise in 2 sedute di fisioterapia, 2 di relaxation training e 2 di movement training (walking).	-Primari: PAIN (VAS), TDPT (5- 100 mm) -Secondari: PVAQ, PCS, PASS, MPI	-VAS: FG: 3.89 (1.82), POST 2.53 (1.82); CG: 3.13 (1.80), POST 3.09 (1.49), p= 0.006 -MPI: FG: PRE 2.90 (0.93), POST 2.07 (1.12); CG: 2.43 (1.28), POST 2.17 (1.13), p<0.0005. -TDTP: FG: PRE 5.13 (1.53), POST 3.17 (1.58); CG: PRE 4.90 (1.09), POST 4.60 (1.06), p<0.0005 -PASS: FG: PRE 80.13 (36.53), POST 71.20 (42.51); CG: 62.80 (29.32), POST 64.20 (27.27), p=0.3. -PCS: FG: PRE 19.53 (12.09), POST 15.60 (13.21), CG: PRE 17.47 (11.71), POST 15.60 (9.29), p=0.018. -PVAQ: FG: PRE 47.33 (13.06), POST 43.53 (11.00); CG: PRE 44.67 (13.24), POST 47.73 (10.90), p=0.812
Feldwieser et al., 2018 ¹⁹	3-armed randomized controlled trial	63 Pz. Età 66- 89 anni. Rapporto M / F non riportata.	BF (biofeedback exercise) = “bridging exercise” eseguito su due pedane “Wii Fit Balance Board”	SC (standard exercise). Età media: 75.95 (SD 4.78). Stessi esercizi del gruppo BF, ma su	-ODI -RMDQ -HFQ -PSQI -5T-ST5 -FSST	-ODI: BF: -7.0(9.0), SC -5.0(9.25), p = 0.035* -RMDQ: BF -1.5(2.5), SC 0.0(4.25), p = 0.314 -HFQ: BF 4.17 (9.79), SC 2.25 (13.38), p = 0.637

			<p>con video feedback su monitor. 2 v/sett per 12 sett di trattamento. 30 minuti di trattamento Età media: 73.82 (SD 5.72)</p>	<p>tappetino e senza biofeedback. 2 v/sett per 12 sett di trattamento. 30 minuti di trattamento C (no intervention). Età media: 73.38 (SD 6.45)</p>	<p>-Forza isometrica: flex lat dx, flex lat sx, rectus abdominis. -BST</p>	<p>-PSQI: BF -2.0(3.0), SC -2.0(4.25), p = 0.871 -5T-STTS: BF-2.06 (3.3), SC -0.58 (3.3), p = 0.198 -FSST: BF -0.76 (1.84), SC -0.67 (1.92), p = 0.255 -Forza isometrica: -Lat flex right: BF 8.25 (9.95), SC 1.7(9.95), p = 0.002 -Lat. Flex left: BF 5.5(6.95), SC 2.4(6.84), p = 0.024 -Rect. Abdom: BF 3.65 (7.6), SC 0.15 (8.23), p = 0.048 -BST: BF 12.38 (24.49), SC 1.33 (23.53), p = 0.017</p>
Matheve et al., 2018 ²⁰	RCT	54 pz. Età 18-65. F=18, M=36.	<p>Sensor group (sensor)= 18 "Valedo motion research tool" con video feedback del movimento con creazione di un avatar. 1 singola seduta</p>	<p>Mirror group (mirror)=18, stessi esercizi del SG, ma con feedback dato dallo specchio. Control group (control)= 18, stessi esercizi del SG, a senza feedback</p>	<p>Performance in: -Waiter's bow -Lifting task</p>	<p>Risultati: valori medi (deviazione standard); differenza (IC 95%). I valori indicano il ROM durante le due task valutate. Waiter's bow Lumbar spine: -Mirror: PRE 18.5 (4.3), POST 15.8 (2.7) DIFF -2.7 (-0.5 to -0.2), P=0.05. -Sensor: PRE 16.2 (6.2), POST 6.5 (4.7) DIFF - 9.7 (- 13.9 to - 5.5)*, p=0.05. -Control: PRE 17.9 (5.9), POST 17.5 (6.6), DIFF -0.4 (-2.9 to 2.0), p=0.05 Hip: -Mirror: PRE 36.0 (13.7), POST 38.5 (14.2) DIFF</p>

						<p>2.5 (- 3.4 to 8.4), P=0.05. -Sensor: PRE 31.4 (9.8), POST 46.1 (11.8), DIFF 14.7 (6.4 to 23.0)*, p=0.05. -Control: PRE 27.8 (16.3), POST 28.3 (15.8), DIFF 0.5 (- 4.7 to 5.8), p=0.05</p> <p>Lifting task</p> <p>Lumbar spine: -Mirror: PRE 20.5 (7.2), POST 18.9 (4.7), DIFF - 1.6 (- 4.1 to 1.0), P=0.05 -Sensor: PRE 21.0 (7.5), POST 13.9 (7.8), DIFF -7.2 (- 3.7 to - 10.7)*, P=0.05 -Control: PRE 23.7 (7.2), POST 22.0 (10.6), DIFF - 1.7 (- 5.1 to 1.8), p=0.05</p> <p>Hip: -Mirror: PRE 91.1 (13.6), POST 86.3 (19.2), DIFF - 4.9 (- 11.5 to 1.8); p=0.05 -Sensor: PRE 89.7 (12.8), POST 95.4 (9.8), DIFF 5.7 (- 0.1 to 11.5), P=0.05 -Control: PRE 89.2 (13.6), POST 87.3 (14.7), DIFF - 1.9 (- 7.9 to 4.1), p=0.05</p>
--	--	--	--	--	--	---

Tabella 1. Tabella sinottica. Nella sezione risultati i dati sono riportati con: valore medio (deviazione standard). Gli acronimi e le abbreviazioni utilizzate in Tabella 1 sono riportate rispettivamente in Tabella 2 e in Tabella 3.

PSPF	Patient-Specific Functional Scale
GPE	Global perceived effect
VAS	Visual Analogue Scale
RMDQ	Roland Morris Disability Questionnaire
HFQ	Hannover Functional Questionnaire
RI	Relaxation Index
QST	Quantitative Sensory Testing
SCL	Symptom Check List
PDI	Pain Disability Index
MPQ	McGill Pain Questionnaire
QVAS	Quadrupled Visual Analogue Scale
ODQ	Oswestry Disability Questionnaire
PVAQ	Pain Vigilance and Awareness Questionare
PASS	Pain Anxiety Symptom Scale
MPI	Multidimensional Pain Inventory
PCS	Pain Catastrophizing Scale
ADIM	Adominal Drawing in Maneuver
GSI	Global Severity Index
PST	Positive Symptoms Total
PSDI	Positive Symptom Distress Index

Tabella 2: Legenda acronimi utilizzati in Tabella 1

PZ	Paziente/i
SETT	Settimana/e
TrA,	Trasverso dell'addome
PFM	Pelvic floor Muscles (pavimento pelvico)
MF	Multifido
F-U	Follow-Up
LM	Lumbar Multifidus
DS	Deviazione standard
IC	Intervallo di confidenza

Tabella 3: Legenda abbreviazioni utilizzati in Tabella 1

4. Qualità metodologica

La valutazione della qualità metodologica di ciascuno studio è stata condotta con il RoB 2 (Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials). Sono stati valutate 5 tipologie di bias: bias derivante dal processo di randomizzazione, bias dovuto alla deviazione dall'intervento previsto, bias dovuto alla mancanza di dati riguardanti gli outcome, bias nella misurazione del risultato, bias nella selezione dei risultati riportati.

La sintesi della qualità metodologica è illustrata nelle figure 3 e 4.

Study	Risk of bias domains					Overall
	D1	D2	D3	D4	D5	
Trapp et al., 2015	+	+	+	+	+	+
Halliday et al., 2016	+	-	+	+	+	-
Ferreira et al., 2007	+	+	+	+	+	+
Vasseljen et al., 2011	+	+	+	+	+	+
Feldwieser et al., 2018	+	-	+	+	-	-
Kapitza et al., 2011	+	+	+	+	+	+
Donaldson et al., 1994	-	-	+	+	+	-
Matheve et al., 2018	+	+	+	+	+	+
Stuckey et al., 1986	X	-	+	+	+	X
Asfour et al., 1990	+	-	+	+	-	-
Partner et al., 2014	X	X	+	+	-	X
Kim et al., 2014	+	-	+	+	-	-
Teyhen et al., 2005	+	+	+	X	+	X

Domains:
D1: Bias arising from the randomization process
D2: Bias due to deviations from intended interventions
D3: Bias due to missing outcome data.
D4: Bias in measurement of the outcome.
D5: Bias in selection of the reported result.

Judgement
X High
- Some concerns
+ Low

Figura 3. Grafico "a semaforo" dei giudizi relativi a ogni dominio

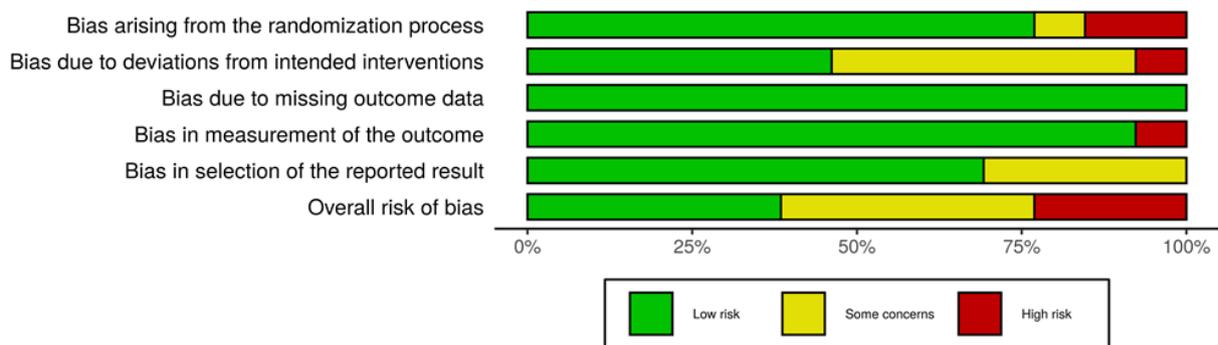


Figura 4. Grafico a barre della distribuzione dei giudizi del rischio di bias all'interno di ciascun dominio

5. Analisi dei risultati

Come dichiarato nello schema PICOS, gli outcome presi in considerazione in questa revisione sono dolore e limitazione della funzione. I risultati estrapolati sono riportati nella tabella sinottica (Tabella 1).

Per quanto riguarda gli outcome, tuttavia, bisogna sottolineare che 4 dei 13 studi analizzati non hanno indagato l'outcome dolore^{28,26,19,20}, mentre sono 4 gli studi che non hanno indagato l'outcome limitazione della funzione^{27,18,28}. 2 dei 13 studi non hanno indagato né l'outcome dolore né l'outcome limitazione della funzione, in quanto hanno considerato solamente outcome surrogati^{28, 26}.

Nello studio di Donaldson et al. (1994) i risultati hanno mostrato che il gruppo SMUBT (Single Motor Unit Biofeedback Training) ha ottenuto miglioramenti significativi circa l'outcome dolore sia dopo il trattamento, sia a 90 giorni di follow-up. Anche l'“education group” ha ottenuto una riduzione significativa del dolore a 90 giorni dall'intervento, mentre il gruppo “relaxation training” non ha mostrato miglioramenti significativi né dopo il trattamento né al follow-up. Per quanto riguarda il MPQ la media del gruppo SMUBT era significativamente inferiore al gruppo di rilassamento ($p < 0.05$), mentre l'education group non era significativamente diverso dagli altri due gruppi¹⁸.

Nello studio di Stuckey et al. (1986) l'outcome dolore è stato valutato durante il test di funzione, nel quale sono stati valutati movimenti solitamente inficiati dal dolore: camminare, sedersi, piegarsi in avanti da seduti, estendere entrambe le ginocchia da seduti, giacere in posizione supina e portare un ginocchio alla volta al petto. L'intensità del dolore è aumentata nei soggetti dei gruppi con biofeedback e placebo, ma è diminuita significativamente tra i soggetti del gruppo di rilassamento

($p < 0.03$). Il confronto tra i 3 gruppi ha mostrato che il gruppo di rilassamento era significativamente superiore al gruppo placebo ($p < 0.04$) e al gruppo biofeedback ($p < 0.04$). Per quanto riguarda la valutazione delle attività della vita quotidiana il livello medio di attività riportato è diminuito per i soggetti nel gruppo Biofeedback e aumentato per i soggetti nella condizione placebo e per i soggetti nella condizione di rilassamento. Questi incrementi non erano significativi, ma i punteggi finali di attività aggiustati per la media erano significativamente più alti per i pazienti nel gruppo di rilassamento rispetto al gruppo di biofeedback ($p < 0.03$). Circa l'outcome "relaxation level", bisogna sottolineare che il livello di rilassamento segnalato dalla sessione 1 alla sessione 8 è aumentato favorevolmente in tutte le condizioni, ma il gruppo di rilassamento ha mostrato l'unico aumento significativo ($p < 0.02$). I soggetti della condizione di rilassamento hanno raggiunto livelli di rilassamento segnalati significativamente più profondi nella sessione 8 rispetto a quelli nella condizione di placebo e biofeedback ($p < 0.04$)²².

Nello studio di Partner e collaboratori sono stati considerati tra gli outcome lo spessore muscolare a riposo, il PAR (preferential activation ratio) e la variazione percentuale dello spessore del muscolo multifido lombare. Per quanto riguarda lo spessore muscolare a riposo in entrambi i gruppi non sono state osservate differenze significative nelle misure da supino o quelle in piedi prima o dopo l'esercizio per i muscoli trasverso dell'addome ($p = 0.410$) o multifido lombare ($p = 0.173$). È stata tuttavia osservata una riduzione significativa dello spessore muscolare a riposo per la parete laterale ($p = 0.007$). Il PAR (preferential activation ratio) o rapporto di attivazione preferenziale è un calcolo che confronta lo spessore del muscolo TrA con l'intero spessore della parete muscolare addominale laterale (dato dall'insieme di trasverso dell'addome, obliquo interno e obliquo esterno) sia in stato di rilassamento, sia di contrazione in stato durante l'esercizio di ADIM (Abdominal Drawing In Maneuver). Analizzando il PAR prima e dopo l'esercizio (di tutti i pazienti sottoposti a esercizio terapeutico, con o senza biofeedback) si evince che non vi sono differenze statisticamente significative tra pre-trattamento ($p = 0.225$) e post-trattamento ($p = 0.174$). Viene mostrato un aumento statisticamente significativo (pre-post trattamento) per il PAR del trasverso dell'addome nel gruppo di pazienti che hanno utilizzato biofeedback ($p = 0.037$). Per quanto riguarda la variazione percentuale dello spessore del muscolo multifido non sono state osservate differenze significative tra i due gruppi di trattamento prima ($p = 0.999$) o dopo l'esercizio ($p = 0.597$)²⁶.

Nello studio di Teyhen et al. (2005), per quanto riguarda i valori medi di spessore muscolare del TrA e dell'insieme di obliquo esterno e obliquo interno (EO + IO) a riposo, non si sono verificati cambiamenti significativi ("p" non riportata). La media dei rapporti di contrazione del trasverso

dell'addome ha individuato un aumento maggiore di 2 volte tra la condizione di riposo e la condizione di contrazione nelle fasi pre-trattamento, post-trattamento e follow-up. Non sono emerse differenze statisticamente significative per quanto concerne il rapporto di attivazione preferenziale (PAR) tra il gruppo che ha utilizzato il biofeedback e il gruppo di trattamento tradizionale ($p=0.605$)²⁸.

Da quanto riportato nello studio di Ferreira et al. (2007) gli outcome primari sono la funzione specifica del paziente (PSFS, 3-30) e l'effetto globale percepito (GPE, da -5 a 5). A breve termine, ovvero a 8 settimane, i gruppi "motor control exercise" e "spinal manipulative therapy" sono migliorati più del gruppo "general exercise": a 8 settimane il gruppo "motor control exercise", che ha utilizzato il biofeedback ecografico, ha mostrato una funzione migliore (PSFS 2.9, IC 95%: 0,9–4,8; $p = 0,004$) e ha percepito un maggiore effetto della terapia (GPE 1,7, IC 95%: 0,9–2,4; $p < 0,001$) rispetto al gruppo "general exercise". Anche il gruppo di terapia manipolativa ha mostrato una migliore funzione (PSFS 2.3, IC 95%: 0,4–4,2; $p = 0,016$) e un maggiore effetto della terapia (GPE 1,2, IC 95%: 0,4–2,0; $p = 0,004$) rispetto al gruppo "general exercise". Non è stata rilevata una differenza significativa tra i gruppi "motor control exercise" e "spinal manipulative therapy" (PSFS: 0,4, IC 95%: -1,5 a 2,4, $p = 0,643$; GPE: 0,5, IC 95%: 0,2 a 1,1, $p = 0,151$). Effetti simili, ma statisticamente non significativi, sono stati osservati a 8 settimane negli outcome secondari VAS e RMDQ. Non sono presenti differenze significative tra i gruppi negli outcome primari o secondari a 6 o 12 mesi²³.

Nello studio di Vasseljen e collaboratori i soggetti sono stati divisi nei gruppi CSE (core stability exercise, in cui è stato utilizzato il biofeedback), SE (sling exercise) e GE (general exercise). L'outcome primario analizzato nello studio è stato il cambiamento del tempo di attivazione della muscolatura profonda addominale in risposta a una rapida flessione di spalla. Non sono stati trovati cambiamenti significativi nel tempo di attivazione muscolare dopo il trattamento nei 3 gruppi di intervento. Nel confronto tra le baseline dei 3 gruppi, le differenze del tempo di attivazione della muscolatura profonda addominale in risposta alla flessione della spalla dominante hanno mostrato un miglioramento di 15 ms (IC 95%, 1–28; $p = 0,03$) del gruppo SE rispetto al gruppo CSE e un 19 ms (IC 95%, 5-33; $p < 0,01$) e miglioramento del gruppo SE rispetto al gruppo GE. Nessun cambiamento è stato riscontrato nel tempo di attivazione dopo il trattamento. Non è stata rilevata alcuna associazione significativa tra il tempo di attivazione della muscolatura profonda addominale e il dolore durante il periodo di trattamento nei 3 gruppi²¹.

Nello studio di Halliday et al. (2016) sono stati messi a confronto i gruppi “McKenzie method” e “motor control exercise”, in cui è stato utilizzato il biofeedback ecografico. Nessuna differenza significativa tra i gruppi è stata riscontrata circa lo spessore muscolare del trasverso dell’addome (–5,8%; intervallo di confidenza al 95% [IC]: –15,2%, 3,7%, $p=0.23$), obliquo interno (–0,7%; IC al 95%: –6,6 %, 5,2%, $p=0.82$) e obliquo esterno (1,2%; IC 95%: –4,3%, 6,8%, $p=0.65$). Per quanto riguarda gli outcome secondari è stata rilevata una differenza statisticamente significativa tra i gruppi per quanto concerne il “Global Perceived Effect” a 8 settimane (–0,8; IC al 95%: –1,5, –0,1; $p = 0.03$), a favore del metodo McKenzie. Non sono state osservate differenze statisticamente significative per gli altri outcome secondari circa il dolore (VAS) o la funzione (PSFS)²⁹.

Nello studio di Trapp e collaboratori un effetto significativo sul dolore auto-riportato e sulla soglia di discriminazione sensoriale (TDTP - two point discrimination threshold) è stato trovato per l'intervento con video-feedback ($p<0.0005$). Le analisi svolte hanno mostrato risultati significativi circa le misure del dolore (VAS e “gravità del dolore”, sezione 2 del MPI) a favore del gruppo con biofeedback, mentre altre variabili correlate al dolore, come l'ansia del dolore, la vigilanza del dolore, la depressione e la valutazione cognitiva del dolore sono rimaste invariate. È stato riscontrato un significativo effetto di interazione per la soglia di discriminazione sensoriale (TPDT): i valori sono diminuiti significativamente nel FG ($p<0.0005$), mentre sono rimasti pressoché costanti nel CG. Non sono stati riscontrati effetti significativi del trattamento con biofeedback sui punteggi di PASS, PCS, BDI e HAMD. Tuttavia, l'attenzione correlata al dolore, (misurata tramite PVAQ, si è ridotta nei pazienti gruppo con biofeedback e alzata nei pazienti del gruppo di controllo dopo il trattamento, ma senza raggiungere la significatività statistica³⁰.

Nello studio di Asfour et al. (1990) i risultati indicano che EMG biofeedback produce un incremento statisticamente significativo nella forza dei muscoli estensori del tronco ($p<0.01$), in pazienti affetti da CLBP, rispetto al gruppo di controllo. Confrontando i due gruppi non sono invece stati ottenuti risultati significativi per quanto riguarda gli outcome secondari, quali VAS e ROM in estensione e flessione²⁷.

Nello studio di Kapitza et al. (2010) sono stati confrontati i gruppi “RFB” (respiratory feedback) e “non-contingent RFB” (Non-contingent respiratory feedback). I risultati relativi al RI (relaxation index) hanno rivelato le seguenti tendenze: il gruppo RFB ha mostrato un marcato aumento del RI di 0,22 punti, che è più di dieci volte superiore rispetto al gruppo RFB placebo. Quest'ultimo ha mostrato un aumento del RI di soli 0,02 punti. Tuttavia il miglioramento all’interno dei due gruppi e

il confronto tra i gruppi non hanno raggiunto il livello di significatività statistica. Per quanto concerne l'outcome dolore a riposo e durante l'attività, entrambi i gruppi hanno diminuito i rispettivi livelli di dolore durante e dopo il periodo di intervento, anche a un follow-up di 3 mesi. Nel gruppo RFB la riduzione del dolore è stata significativa, nello specifico di 0,79 punti VAS ($p = 0.012$) per il dolore a riposo e 1,12 punti VAS ($p = 0.01$) per il dolore durante l'attività. Nel gruppo di controllo non sono stati ottenuti risultati significativi: il dolore è stato ridotto solo di 0,49 punti VAS ($p = 0.27$) circa il dolore a riposo e di 0,96 punti VAS ($p = 0,014$) circa il dolore durante l'attività. Il confronto tra i gruppi riguardo l'outcome dolore non ha mostrato differenze significative. Tuttavia, il gruppo "RFB" ha ottenuto una maggiore riduzione del dolore rispetto al gruppo "Non-contingent RFB"²⁵.

Nello studio di Matheve e collaboratori (2018) i risultati hanno mostrato che il "sensor based biofeedback" è stato più efficace del feedback da uno specchio ($p < 0,0001$) e nessun feedback ($p < 0,0001$) nell'incrementare il controllo motorio lombopelvico: la differenza stimata tra l'utilizzo di biofeedback e specchio è stata di $9,9^\circ$ (IC al 95% $6,1^\circ - 13,7^\circ$), mentre la differenza stimata tra gruppo con biofeedback e controllo è stata di $10,6^\circ$ (IC 95% $6,8^\circ - 14,3^\circ$). Questi risultati sono stati ottenuti per entrambi gli esercizi eseguiti dai pazienti ai fini dello studio, sia per il "waiter's bow" che per il "lifting task"²⁰.

Nello studio di Kim et al. (2014) i risultati hanno mostrato differenze statisticamente significative ($p < 0.05$) all'interno dei gruppi tra pre e post trattamento circa i punteggi di VAS, algometria, ODI, RMDQ e FBQ. Il gruppo sperimentale, che ha utilizzato la Wii Fit Balance Board, ha mostrato un miglioramento significativo ($p < 0.05$) riguardo ai punteggi VAS (da $7,00 \pm 0,89$ punti a $2,27 \pm 1,10$ punti), algometria (da $7,13 \pm 1,02$ gradi a $4,10 \pm 0,90$ gradi), ODI (da $34,91 \pm 6,19$ punti a $13,82 \pm 7,65$ punti), RMDQ (da $18,64 \pm 2,84$ punti a $7,46 \pm 4,84$ punti) e ai punteggi FBQ (da $65,46 \pm 9,64$ punti a $17,55 \pm 10,67$ punti). Il gruppo di controllo ha mostrato un incremento significativo ($p < 0.05$) dei punteggi VAS (da $6,95 \pm 0,79$ punti a $4,63 \pm 1,91$ punti), algometria (da $7,33 \pm 0,87$ gradi a $5,46 \pm 1,57$ gradi), ODI (da $36,18 \pm 5,02$ punti a $24,55 \pm 10,88$ punti), RMDQ (da $19,09 \pm 2,91$ punti a $12,64 \pm 6,48$ punti) e punteggi FBQ (da $70,82 \pm 4,58$ punti a $41,64 \pm 18,00$ punti)²⁴.

Per quanto riguarda infine lo studio di Feldwieser et al. (2018), differenze significative tra i tre gruppi (biofeedback, cure tradizionali e controllo) sono state osservate per l'ODI ($p = 0.018$), il test di resistenza isometrica alla flessione laterale sinistra del tronco ($p = 0.009$) e il BST ($p = 0,002$), a favore del gruppo che ha utilizzato il biofeedback. I punteggi ODI hanno subito un notevole incremento nei gruppi che hanno ricevuto l'intervento rispetto al gruppo di controllo ($p = 0,035$). Entrambi gli altri

questionari sulla disabilità relativi al LBP (RDMQ, HFQ) non hanno rivelato differenze significative tra i gruppi. Oltre all'ODI, tutte le misurazioni di forza isometrica sono risultate significativamente migliorate nei gruppi che hanno ricevuto l'intervento confrontando i loro risultati con il gruppo di controllo¹⁹.

DISCUSSIONE

Questa revisione si è posta l'obiettivo di indagare l'efficacia dell'utilizzo del biofeedback nel trattamento di pazienti affetti da CLBP. Contemporaneamente ha indagato quale delle diverse tipologie di biofeedback utilizzati negli studi potesse essere più efficace.

Per quanto riguarda il biofeedback elettromiografico sono 4 gli autori che hanno utilizzato questo strumento. Lo studio di Donaldson e collaboratori ha dimostrato che il trattamento con biofeedback, in particolare con il SMUBT, è efficace nel ridurre il dolore a breve termine e lungo termine (a 90 giorni), rispetto al trattamento con esercizi di rilassamento. È interessante notare come anche la sola educazione dei pazienti si sia dimostrata efficace nel ridurre il dolore a lungo termine. In questo studio non sono però stati analizzati outcome riguardanti la limitazione della funzione¹⁸. Risultati opposti sono stati ottenuti da Stuckey e collaboratori circa il biofeedback elettromiografico. In questo caso gli esercizi di rilassamento muscolare si sono dimostrati più efficaci degli esercizi svolti con biofeedback e del trattamento placebo nella riduzione del dolore e nell'incremento delle attività limitate. Complessivamente il trattamento con "relaxation training" ha portato a un maggior rilassamento muscolare, a una riduzione del dolore e a un incremento dell'attività rispetto a quello con biofeedback elettromiografico o rispetto al trattamento placebo²². Nello studio di Asfour e collaboratori l'esercizio con biofeedback elettromiografico si è dimostrato efficace nel migliorare la forza dei muscoli estensori del tronco rispetto agli altri gruppi di trattamento. Anche i punteggi relativi al dolore e al ROM (range of motion) sono incrementati, ma senza raggiungere la significatività statistica²⁷. Nello studio di Partner e collaboratori non sono stati presi in considerazione gli outcome dolore e limitazione della funzione, ma sono stati analizzati outcome surrogati, quali il PAR (preferential activation ratio) e lo spessore muscolare a riposo. Il trattamento con biofeedback elettromiografico ha portato un significativo miglioramento del PAR del TrA, ma non ha prodotto incrementi nello spessore muscolare del muscolo multifido lombare. Uno dei limiti di questo studio è rappresentato dal fatto che il trattamento consisteva in una singola sessione di esercizio terapeutico²⁶. Complessivamente i 4 studi in cui è stato utilizzato il biofeedback elettromiografico hanno riportato risultati tra loro non omogenei: un solo studio ha mostrato miglioramenti significativi dopo l'utilizzo di questo strumento riguardanti il dolore e la limitazione della funzione²², mentre in un altro si è verificata una riduzione dei livelli di dolore, ma i risultati non sono statisticamente significativi²⁷. Tuttavia è interessante notare come l'utilizzo di un particolare tipo di biofeedback elettromiografico, il SMUBT, abbia portato a una riduzione del dolore sia a breve termine, sia a lungo termine¹⁸.

4 studi hanno invece impiegato il biofeedback ecografico. Nello studio di Teyhen e collaboratori sono stati analizzati outcome surrogati, ovvero il PAR e lo spessore muscolare a riposo. Considerando entrambi gli outcome, il trattamento con biofeedback non ha prodotto miglioramenti significativi rispetto al gruppo di controllo. L'autore conclude che la manovra di ADIM, utilizzata con o senza biofeedback nei diversi gruppi di trattamento, è un efficace esercizio per l'attivazione preferenziale del trasverso dell'addome. È da sottolineare che probabilmente il protocollo dello studio ha portato a uno stimolo allenante (quello con il biofeedback) insufficiente²⁸. In un altro studio²³ il trattamento con biofeedback ecografico è stato confrontato con terapia manipolativa spinale e esercizi generali. Il trattamento con biofeedback e la terapia manipolativa spinale sono più efficaci a breve termine rispetto agli esercizi generali nel migliorare la funzione (PSFS) e l'effetto globale percepito (GPE). Tuttavia non si sono riscontrate differenze a medio e lungo termine, ovvero a 6 e 12 mesi. Anche per quanto riguarda l'outcome dolore i trattamenti con biofeedback e con terapia manipolativa spinale hanno ottenuto migliori risultati rispetto agli esercizi generali. Tuttavia, le differenze non sono state statisticamente significative. Nello studio di Vasseljen e collaboratori i pazienti sono stati divisi in tre gruppi, rispettivamente "core stability exercise" (in cui veniva eseguita la manovra di ADIM con l'ausilio del real-time b-mode ultrasound feedback), "sling exercise" e "general exercise". All'interno dei 3 gruppi di trattamento il tempo di attivazione della muscolatura addominale non è stato significativamente influenzato da 8 settimane di esercizi in pazienti con LBP cronico. Non vi era alcuna associazione tra cambiamenti nel tempo di attivazione e dolore. Ciò nonostante bisogna tenere conto che l'ampia variabilità individuale nei pattern di attivazione della muscolatura profonda addominale potrebbe aver influito sui risultati dei 3 gruppi di trattamento. Inoltre, non è stato considerato l'outcome limitazione della funzione²¹. Un altro autore²⁹ ha confrontato il trattamento secondo metodo McKenzie con esercizi di controllo motorio in cui veniva fatto uso biofeedback ecografico. Non è stata riscontrata nessuna differenza significativa tra i gruppi circa l'outcome primario dello studio, ovvero lo spessore muscolare dei muscoli profondi della parete addominale. I soggetti che hanno ricevuto il trattamento secondo metodo McKenzie hanno riportato un migliore senso di recupero percepito (GPE) rispetto a coloro che hanno ricevuto esercizi di controllo motorio. Il confronto tra i due gruppi non ha però evidenziato cambiamenti statisticamente significativi nei punteggi del dolore (VAS) e della funzione (PSFS). I risultati suggeriscono che i fisioterapisti potrebbero prendere in considerazione l'uso di entrambi i metodi; tuttavia può essere preferibile il metodo McKenzie, poiché i pazienti hanno riportato un miglioramento maggiore nel senso di recupero a breve termine rispetto a quelli che hanno ricevuto

esercizi di controllo motorio. Complessivamente i trattamenti eseguiti con l'utilizzo di un biofeedback ecografico non si sono mostrati più efficaci nella riduzione dei livelli di dolore rispetto agli altri trattamenti proposti nei diversi studi. Tuttavia, questa tipologia di biofeedback, può essere scelta come strumento per migliorare la funzione in soggetti affetti da CLBP.

Uno studio³⁰ ha invece utilizzato un video-feedback durante l'esecuzione di un "two point discrimination threshold". Il trattamento con biofeedback si è rivelato efficace sul dolore e sulla soglia di discriminazione sensoriale, mentre le altre variabili legate al dolore, come l'ansia del dolore, la vigilanza del dolore, la depressione e la valutazione cognitiva del dolore, sono rimaste invariate. In questo studio la limitazione della funzione non è però stata inclusa tra gli outcome. Questi risultati indicano che trattamenti che implicino l'utilizzo di feedback molto semplici e senza importanti requisiti tecnici potrebbero costituire un prezioso complemento al trattamento standard nei pazienti affetti da CLBP³⁰.

Nello studio di Kapitza et al. (2010) hanno indagato l'efficacia del biofeedback respiratorio rispetto a un feedback placebo, partendo dai risultati di precedenti studi che hanno dimostrato l'efficacia del feedback respiratorio nel dolore cronico. Per quanto concerne l'outcome dolore il trattamento con biofeedback si è rivelato efficace sia per il dolore a riposo, sia per il dolore durante l'attività²⁵.

Nello studio incentrato sulla realtà virtuale i pazienti hanno indossato il "Valedo motion research tool" (Hocoma). In questo studio il biofeedback è stato fornito sotto forma di realtà virtuale: lo strumento utilizzato ha raccolto dati relativi al movimento effettuato durante due particolari compiti; sul monitor di un computer il paziente poteva vedere un *Avatar* di se stesso eseguire il movimento, in modo da poter correggere in tempo reale il movimento che stava eseguendo. L'outcome preso in considerazione in questo studio è stato il controllo motorio: il gruppo di trattamento con biofeedback si è rivelato efficace nel migliorare la funzione di pazienti affetti da CLBP a breve termine. Per quanto riguarda il dolore bisogna sottolineare che non è stato considerato tra le misure di outcome e che tra i pazienti affetti da CLBP, i livelli medi di dolore (NRS) misurati alla *baseline* erano mediamente bassi. Questo studio dimostra che il recente sviluppo di tecnologie in campo riabilitativo sta mettendo a disposizione strumenti efficaci per il trattamento di pazienti affetti da CLBP²⁰.

In 2 studi è stata impiegata la Wii Fit Balance Board (Nintendo). Nello studio di Kim e collaboratori i trattamenti sono stati erogati su una popolazione prettamente femminile. Il trattamento con biofeedback consisteva in sedute di yoga in realtà virtuale con l'utilizzo della Wii Fit Balance Board.

I pazienti del gruppo sperimentale hanno ottenuto miglioramenti significativi sia per quanto riguarda il dolore sia per quanto riguarda la limitazione della funzione. Per questo motivo gli autori sostengono che questa tipologia di biofeedback possa essere uno strumento efficace nel trattamento e nella prevenzione di pazienti affetti da LBP²⁴. Nello studio di Feldwieser e collaboratori è stata nuovamente utilizzata la Wii Fit Balance Board su una popolazione di pazienti anziani (età compresa tra 66 e 89 anni) con LBP da più di 6 settimane. Ai pazienti è stato chiesto di eseguire il “bridging exercise” (ovvero l’esercizio di “ponte”) su due Wii Fit balance Board, con la possibilità di verificare su un monitor la qualità di esecuzione dei propri movimenti. Questa tipologia di feedback si è rivelata efficace nel migliorare la disabilità percepita e la resistenza muscolare in pazienti anziani affetti da LBP¹⁹. Questa tipologia di biofeedback può essere quindi uno strumento efficace e relativamente economico nel trattamento di pazienti affetti da CLBP, contribuendo, inoltre, a migliorare la *compliance* dei pazienti al trattamento e l’aderenza all’esecuzione di esercizi domiciliari.

2 articoli che non hanno soddisfatto i criteri di inclusione ed esclusione sono da menzionare poiché riportano risultati interessanti riguardanti altre tipologie di biofeedback che possono essere impiegate in fisioterapia. Nello studio di Letafatkar e collaboratori i risultati suggeriscono che un programma di allenamento sensomotorio con HUBER (Human Body Equalizer) porti un miglioramento significativo riguardo al dolore e alla funzione in pazienti con LBP cronico non specifico. Poiché lo studio è stato condotto su un campione esiguo di soggetti, la ricerca futura dovrebbe essere condotta con una dimensione del campione maggiore per esaminare gli effetti a lungo termine del programma di allenamento sensomotorio sul trattamento di pazienti con LBP cronico. Vista la sua efficacia, potrebbe essere utile considerare l’inclusione dell’allenamento sensomotorio all’interno del trattamento di un paziente con LBP cronico³¹.

Lo studio di Kent e collaboratori ha provato che allenare il controllo motorio lombopelvico usando il biofeedback con sensore di movimento (motion-sensor movement biofeedback, ViMove), nelle persone con LBP subacuto o cronico, porta a una riduzione del dolore e della limitazione dell’attività, rispetto al trattamento basato sulle linee guida e al placebo. Questi effetti del trattamento sono stati ottenuti dopo un periodo di 10 settimane di trattamento e sono stati mantenuti a lungo termine (a un follow-up di 12 mesi)³².

Per concludere, questa revisione riporta alcuni limiti:

- Sono state consultate solo le banche dati Medline (Pubmed), PEDro, Cochrane Library, mentre non sono state prese in considerazione Embase, Web of Science, Cinahl, Science Direct e Scopus.
- Data la presenza di diverse tipologie di biofeedback in letteratura, gli articoli selezionati presentano un'ampia eterogeneità per quanto riguarda le tipologie di biofeedback utilizzati, che ha comportato difficoltà nel confrontare i risultati dei diversi studi;
- Non è stata condotta un'analisi quantitativa dei dati emersi dagli studi inclusi all'interno della revisione.
- Sono stati inclusi anche gli studi che non indagavano gli outcome dolore o limitazione della funzione, ma che rispettavano i criteri di eleggibilità.

CONCLUSIONI

La letteratura riporta diverse tipologie di biofeedback impiegate nel trattamento di pazienti affetti da CLBP. Il biofeedback elettromiografico può essere uno strumento efficace nel ridurre il dolore in pazienti affetti da CLBP. 2 studi hanno dimostrato che può essere efficace nell'implementare la funzione. Per il biofeedback ecografico i risultati sono eterogenei: uno studio ha dimostrato che questa tipologia di feedback può essere efficace nel migliorare la funzione e l'effetto globale percepito a breve termine, mentre non sono stati raggiunti i medesimi risultati a lungo termine (12 mesi). In 2 studi non sono stati rilevati miglioramenti significativi nei gruppi trattati con l'ausilio del biofeedback ecografico rispetto all'esercizio senza biofeedback.

Il biofeedback respiratorio (RFB) si è dimostrato uno strumento efficace nell'ottenere un ottimale rilassamento muscolare e nel ridurre il dolore a breve termine e a un follow-up di 3 mesi.

Il trattamento tramite video-feedback durante un TDTP si è rivelato efficace nella riduzione del dolore in pazienti affetti da CLBP. I risultati ricavati dall'utilizzo di questo strumento indicano anche che è possibile attuare un trattamento efficace utilizzando semplici feedback (ovvero senza importanti mezzi tecnologici) con dei costi relativamente bassi. Un altro strumento relativamente economico che si è dimostrato efficace in due diverse applicazioni è la Wii Fit Balance Board. I risultati ottenuti tramite l'applicazione di questa strumentazione sono incoraggianti, in relazione al facile reperimento, ai costi contenuti e alla dimostrata efficacia nel migliorare il dolore e la funzione in pazienti affetti da CLBP. Per quanto riguarda la realtà virtuale lo studio condotto sul "Valedo Motion Research Tool" (Hocoma) ha dimostrato che questo strumento è efficace nel migliorare il controllo motorio lombopelvico. Questa tipologia di biofeedback è di particolare interesse in quanto il recente sviluppo tecnologico in questo campo offrirà sempre maggiori opportunità terapeutiche in ambito riabilitativo.

In conclusione, dagli studi esaminati emerge che l'esercizio terapeutico rappresenta una scelta di trattamento efficace in pazienti affetti da CLBP, sia a breve termine che a medio e lungo termine.

Si sono rivelate efficaci sul dolore alcune tipologie di biofeedback, quali il biofeedback elettromiografico, il biofeedback respiratorio, il video feedback e la Wii Fit Balance Board. Il biofeedback ecografico, invece, non si è dimostrato più efficace rispetto all'esercizio in assenza di biofeedback. Per quanto riguarda la limitazione della funzione si sono dimostrati efficaci strumenti di realtà virtuale quali il Valedo Motion Research Tool e la Wii Fit Balance Board, mentre i dati relativi al biofeedback ecografico non mostrano risultati omogenei.

Anche se non è emersa una maggiore efficacia del trattamento con biofeedback in tutti gli studi, l'utilizzo di questi strumenti non invasivi è consigliato per migliorare le esperienze del paziente, incrementare le afferenze e favorire la *compliance* del paziente con CLBP.

Sarà necessario condurre altri studi di elevata qualità al fine di confermare i dati emersi da questa revisione e definire la superiorità di un biofeedback rispetto ad un altro, in modo da indagare anche l'efficacia delle nuove tipologie di biofeedback messe a disposizione dal recente sviluppo tecnologico in questo campo.

BIBLIOGRAFIA

1. Nabavi, Narjess, et al. "The effect of 2 different exercise programs on pain intensity and muscle dimensions in patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial." *Journal of manipulative and physiological therapeutics* 41.2 (2018): 102-110.
2. Andersson, Gunnar BJ. "Epidemiological features of chronic low-back pain." *The lancet* 354.9178 (1999): 581-585.
3. Deyo, Richard A., James Rainville, and Daniel L. Kent. "What can the history and physical examination tell us about low back pain?." *Jama* 268.6 (1992): 760-765.
4. van Tulder, Maurits W., et al. "Spinal radiographic findings and nonspecific low back pain: a systematic review of observational studies." *Spine* 22.4 (1997): 427-434.
5. Mattila, Ville M., et al. "Low back pain and its risk indicators: a survey of 7,040 Finnish male conscripts." *European Spine Journal* 17.1 (2008): 64-69.
6. Busch, Angela J., et al. "Resistance exercise training for fibromyalgia." *Cochrane database of systematic reviews* 12 (2013).
7. Meeus, Mira, et al. "Moving on to movement in patients with chronic joint pain." *Pain* 1.10 (2016): 23-35.
8. Van Middelkoop, Marienke, et al. "A systematic review on the effectiveness of physical and rehabilitation interventions for chronic non-specific low back pain." *European Spine Journal* 20.1 (2011): 19-39.
9. Hayden, Jill A., Maurits W. Van Tulder, and George Tomlinson. "Systematic review: strategies for using exercise therapy to improve outcomes in chronic low back pain." *Annals of internal medicine* 142.9 (2005): 776-785.
10. Pires, Diogo et al. "Aquatic exercise and pain neurophysiology education versus aquatic exercise alone for patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial." *Clinical rehabilitation* vol. 29,6 (2015): 538-47.
11. Steiger, F., et al. "Is a positive clinical outcome after exercise therapy for chronic non-specific low back pain contingent upon a corresponding improvement in the targeted aspect (s) of performance? A systematic review." *European Spine Journal* 21.4 (2012): 575-598.
12. Moseley, G. Lorimer, Alberto Gallace, and Charles Spence. "Bodily illusions in health and

disease: physiological and clinical perspectives and the concept of a cortical 'body matrix'." *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 36.1 (2012): 34-46

13. Wong, J. J., et al. "Clinical practice guidelines for the noninvasive management of low back pain: A systematic review by the Ontario Protocol for Traffic Injury Management (OPTIMa) Collaboration." *European journal of pain* 21.2 (2017): 201-216.
14. Airaksinen, Olavi, et al. "European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain." *European spine journal* 15.Suppl 2 (2006): s192.
15. Saragiotto, Bruno T., et al. "Motor control exercise for chronic non-specific low-back pain." *Cochrane Database of Systematic Reviews* 1 (2016).
16. Giggins, Oonagh M., Ulrik McCarthy Persson, and Brian Caulfield. "Biofeedback in rehabilitation." *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 10.1 (2013): 60.
17. Sterne, J. A. C., et al. "RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials." *BMJ* 366, l4898." (2019).
18. Donaldson, Stuart, et al. "Randomized study of the application of single motor unit biofeedback training to chronic low back pain." *Journal of Occupational Rehabilitation* 4.1 (1994): 23-37.
19. Feldwieser, Florian, et al. "Evaluation of biofeedback based bridging exercises on older adults with low back pain: A randomized controlled trial." *Physiotherapy Practice and Research* 39.1 (2018): 15-25.
20. Matheve, Thomas, et al. "Sensor-based postural feedback is more effective than conventional feedback to improve lumbopelvic movement control in patients with chronic low back pain: a randomised controlled trial." *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 15.1 (2018): 85.
21. Vasseljen, Ottar, et al. "Effect of core stability exercises on feed-forward activation of deep abdominal muscles in chronic low back pain: a randomized controlled trial." *Spine* 37.13 (2012): 1101-1108.
22. Stuckey, Sandra J., Alfred Jacobs, and Jack Goldfarb. "EMG biofeedback training, relaxation training, and placebo for the relief of chronic back pain." *Perceptual and motor skills* 63.3 (1986): 1023-1036.

23. Ferreira, Manuela L et al. "Comparison of general exercise, motor control exercise and spinal manipulative therapy for chronic low back pain: A randomized trial." *Pain* vol. 131,1-2 (2007): 31-7.
24. Kim, Seong-Sik, et al. "The effects of VR-based Wii fit yoga on physical function in middle-aged female LBP patients." *Journal of physical therapy science* 26.4 (2014): 549-552..
25. Kapitza, Karl Peter, et al. "First non-contingent respiratory biofeedback placebo versus contingent biofeedback in patients with chronic low back pain: a randomized, controlled, double-blind trial." *Applied psychophysiology and biofeedback* 35.3 (2010): 207-217.
26. Partner, Shandi L., et al. "Changes in muscle thickness after exercise and biofeedback in people with low back pain." *Journal of sport rehabilitation* 23.4 (2014): 307-318.
27. Asfour SS, Khalil TM, Waly SM, Goldberg ML, Rosomoff RS, Rosomoff HL. "Biofeedback in back muscle strengthening." *Spine* (1990); 15(6):510-513.
28. Teyhen, Deydre S., et al. "The use of ultrasound imaging of the abdominal drawing-in maneuver in subjects with low back pain." *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 35.6 (2005): 346-355.
29. Halliday, Mark H., et al. "A randomized controlled trial comparing the McKenzie method to motor control exercises in people with chronic low back pain and a directional preference." *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 46.7 (2016): 514-522.
30. Trapp, Wolfgang, et al. "A brief intervention utilising visual feedback reduces pain and enhances tactile acuity in CLBP patients." *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation* 28.4 (2015): 651-660.
31. Letafatkar, Amir, et al. "The efficacy of a HUBER exercise system mediated sensorimotor training protocol on proprioceptive system, lumbar movement control and quality of life in patients with chronic non-specific low back pain." *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation* 30.4 (2017): 767-778.
32. Kent, Peter, Robert Laird, and Terry Haines. "The effect of changing movement and posture using motion-sensor biofeedback, versus guidelines-based care, on the clinical outcomes of people with sub-acute or chronic low back pain-a multicentre, cluster-randomised, placebo-controlled, pilot trial." *BMC musculoskeletal disorders* 16.1 (2015): 131.