



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. 2015/2016

Campus Universitario di Savona

Efficacia dell'isocinetica nel recupero della forza: confronto con le apparecchiature isotoniche

Candidato:

Dott. Ft. Elisa Balatresi

Relatore:

Dott. FT OMT Davide Albertoni

INDICE

ABSTRACT	p. 3
INTRODUZIONE	p. 4
PRESUPPOSTI TEORICI	p. 5
- TRAINING ISOCINETICO	p. 5
- TRAINING ISOTONICO	p. 6
MATERIALI E METODI	p. 8
RISULTATI	p. 9
DISCUSSIONE	p. 21
LIMITI	p. 24
CONCLUSIONI	p. 25
BIBLIOGRAFIA	p. 26

ABSTRACT

INTRODUZIONE: Il recupero della forza muscolare è, ad oggi, uno degli obiettivi fondamentali della riabilitazione. Le apparecchiature isocinetiche, cioè quelle in cui il muscolo si accorcia (fase concentrica) o si allunga (fase eccentrica) a velocità costante, vengono utilizzate da molto tempo, ma non è ancora chiaro se e quanto siano realmente più efficaci delle tradizionali macchine isotoniche, decisamente più economiche e altrettanto valide nell'allenamento della forza, nelle quali la muscolatura si accorcia sviluppando una tensione variabile nel vincere una resistenza teoricamente costante, che convenzionalmente si traduce in un carico costante. La resistenza reale è invece variabile in quanto dipende dalle leve e dalla posizione dei segmenti ossei nello spazio.

OBIETTIVI: Lo scopo della tesi è quello di confrontare le evidenze scientifiche a supporto dei due approcci riabilitativi, evidenziare punti di forza e limiti delle due apparecchiature e confrontarle in relazione al recupero della forza per i diversi gruppi muscolari.

MATERIALI E METODI: A seguito di varie combinazioni di termini, si è utilizzata la stringa di ricerca "isokinetic OR isotonic AND training" e gli articoli rilevanti per lo studio sono stati 15. Gli articoli inclusi sono stati quelli che mettevano in evidenza come le tecniche modificano la forza muscolare in soggetti sani e/o patologici (es. post chirurgici) durante un allenamento, quelli che mettevano a confronto i due tipi di approccio all'interno della stessa sessione di lavoro e quelli nei quali venivano esplicitati quali erano gli adattamenti fisiologici e neuromuscolari. Sono stati invece esclusi dalla ricerca articoli relativi all'allenamento cardiocircolatorio e quelli su pazienti con patologie cerebrali (es. ictus, Parkinson).

RISULTATI: La ricerca ha individuato 2309 articoli potenzialmente eleggibili. Alla fine del processo di selezione sono stati inclusi 15 articoli, di cui 3 sono trial controllati e 12 sono trial controllati e randomizzati, di cui uno che ha utilizzato come controllo l'arto controlaterale.

CONCLUSIONI: Entrambe le metodiche sono valide per il recupero della forza muscolare. Non è emersa una netta superiorità di un approccio rispetto all'altro, ma vista la maggiore complessità e costo dell'apparecchiatura isocinetica, è preferibile l'allenamento isotonic. Dato che alcuni parametri valutati sono risultati essere disomogenei tra loro, sarebbe utile implementare un processo di standardizzazione degli esercizi che permetterebbe un confronto più diretto.

INTRODUZIONE

Il recupero della forza muscolare è, ad oggi, uno degli obiettivi fondamentali della riabilitazione. Le apparecchiature isocinetiche, molto utilizzate alcuni anni fa, sembrano ricoprire ruoli più marginali nell'ultimo periodo ma non sono state pubblicate revisioni sistematiche di buona qualità che confrontino l'allenamento isocinetico con apparecchiature isotoniche decisamente più economiche. I movimenti isotonici e isocineticici sono di norma utilizzati in campo medico-sportivo (esempio, per il follow-up degli atleti di un certo livello) e in riabilitazione funzionale (esempio, per recuperare la forza muscolare a seguito di un infortunio). I due tipi di esercizi, comunque, hanno diverse caratteristiche biomeccaniche che riguardano specifici adattamenti sul sistema neuromuscolare.^{11,12}

L'utilizzo delle contrazioni muscolari reciproche tra agonisti e antagonisti è uno dei metodi di rinforzo che consiste nell'eseguire una contrazione muscolare concentrica degli agonisti immediatamente prima di una contrazione concentrica degli antagonisti, per ogni ripetizione dell'esercizio.^{4,2} Gli esercizi isotonici vengono utilizzati per diminuire il dolore, per rafforzare il muscolo e per la prevenzione secondaria di infortuni come tendinosi patellare e achillea, artroprotesi totale di anca e problemi da sovraccarico ai muscoli ischio-crurali.^{7,16,31} Diversi autori sono giunti a risultati contrastanti relativamente all'efficacia dell'allenamento isotonico ed isocinetico, rendendo difficile evidenziare una superiorità di un approccio o dell'altro. Queste differenze nei risultati possono essere legate alla difficoltà di quantificare e di normalizzare gli stimoli meccanici imposti da entrambi i modelli. Le differenze nel momento angolare e nella velocità angolare utilizzate dai due approcci suggeriscono che sia l'allenamento isotonico che quello isocinetico inducono differenti stimoli meccanici in termini di lavoro e velocità.¹⁸ Esistono molteplici differenze tra il metodo isotonico e quello isocinetico, ma quest'ultimo, almeno da un punto di vista logico-teorico, dovrebbe essere superiore al training isotonico in relazione alla resistenza, alle misure antropometriche, alle performance motorie²⁶ e in termini di aumento della potenza muscolare¹⁹ ma è necessario verificare se questa supposizione è reale o meno. Lo scopo di questo studio è quindi quello di analizzare la letteratura in maniera quasi-sistematica confrontando le evidenze scientifiche a supporto dei due approcci, evidenziandone punti di forza e limiti.

PRESUPPOSTI TEORICI

TRAINING ISOCINETICO

L'isocinetica (IK) viene principalmente usata per la sua facilità di misurare il momento angolare, la potenza e il lavoro muscolare, a velocità costante⁶, dovuta al fatto che questa metodica permette al muscolo di sviluppare la massima forza in tutto l'arco di movimento articolare²¹. Il massimo momento angolare sviluppato da un gruppo muscolare durante una contrazione eccentrica è maggiore di quello prodotto dalle contrazioni isometriche e concentriche¹⁷, perché durante una contrazione muscolare eccentrica, il carico meccanico esterno esercitato sul muscolo innesca un allungamento delle componenti elastiche del sistema muscolo-tendineo, e in cambio restituisce questa forza accumulata producendo energia supplementare alla forza prodotta dalle fibre muscolari sollecitate.¹ In accordo con altri studi, principalmente in comparazione con l'allenamento concentrico, quello eccentrico sembra avere il ruolo principale nell'aumentare la capacità della forza massimale che può essere esercitata in un determinato momento.²⁷ I dinamometri isocinetici sono tipicamente dei dispositivi che resistono a delle forze applicate e controllano la velocità di esercizio ad una velocità predeterminata. Tali dinamometri in genere forniscono una certa quantità di forza applicata in un intervallo di movimento prestabilito e alcuni dei vantaggi postulati dell'esercizio isocinetico includono la sicurezza e la struttura per l'analisi della forza muscolare.²⁵ L'apparecchiatura isocinetica, impiegata come strumento di valutazione della performance muscolare, rappresenta un importante ausilio per determinare oggettivamente la forza del paziente e monitorarne i miglioramenti durante il trattamento riabilitativo. Da un'analisi della letteratura disponibile, emerge che nel mondo sono stati pubblicati diversi articoli sull'impiego dell'isocinetica e la maggior parte di essi riguarda la riabilitazione ortopedica e la valutazione funzionale, specialmente a livello del ginocchio, mentre la restante parte è relativa all'ambito neurologico e quello della medicina legale. Infine, l'esercizio isocinetico viene solitamente utilizzato in riabilitazione perché fornisce un valido allenamento per il recupero dei muscoli dopo un infortunio.^{15,18}



Fig.1 Esempio di apparecchiatura isocinetica

TRAINING ISOTONICO

Alcune analisi comparative dei parametri meccanici che avvengono durante l'allenamento isotonico e isocinetico hanno evidenziato delle diversità in termini di momento angolare e velocità del movimento angolare in funzione dell'angolo articolare. L'esercizio isotonico (IT) stressa maggiormente il sistema neuromuscolare all'inizio e alla fine della contrazione a causa della variazione della lunghezza dei bracci di leva in tutto il range di movimento, mentre con l'esercizio isocinetico la contrazione muscolare viene eseguita contro una resistenza che teoricamente porta a una massima contrazione per tutto l'intero arco di movimento a una prestabilita velocità costante. Quindi, queste due modalità di esercizio inducono differenti stimoli meccanici sul sistema muscolo-scheletrico¹¹, suggerendo che ogni modalità può indurre specifici processi adattativi sul sistema neuro-muscolare e muscolo-tendineo e specifici cambiamenti nel momento angolare e nella velocità in relazione a differenti meccanismi di carico.²⁸ La performance della contrazione muscolare isotonica avviene in un determinato range di movimento con un carico costante^{14,30}, e la resistenza complessiva da vincere durante il caricamento isotonico è influenzato dall'angolo articolare, dalla lunghezza muscolare in ogni dato momento nel range di movimento e dalla velocità di accorciamento muscolare.

Questo crea un massimo carico esterno in un specifico punto del ROM, mentre nel resto dell'arco di movimento il carico esterno sarà minore.²⁰ Tutto questo può essere tradotto nel fatto che la tensione sviluppata dal muscolo durante una contrazione isotonica è massima solo in una piccola parte dell'arco di movimento.^{3,9} Con una contrazione isotonica quindi, la velocità è variabile mentre il carico viene definito costante perché generalmente si identifica con un determinato peso, ma in realtà è anch'esso lievemente variabile proprio perché si modificano la lunghezza dei bracci di leva e la lunghezza muscolare. Il carico è la quantità di forza che l'arto deve superare prima che questo inizi il movimento, quindi l'arto deve superare una resistenza prestabilita per accelerare nel ROM. Nell'esercizio isotonico un incremento di forza del soggetto determina quindi un aumento della velocità del movimento, a parità di carico esterno, mentre nell'esercizio isocinetico, ogni incremento di forza del soggetto viene assorbito dal dinamometro e restituito come un aumento della resistenza direttamente proporzionale alla velocità, che rimane costante, ma non è un movimento fisiologico, molto diverso da quello che si verifica con le normali attività. Comparato al movimento isocinetico convenzionale, il movimento isotonico potrebbe quindi fornire un mezzo per aumentare la forza muscolare e la potenza, rispecchiando le condizioni di contrazioni simili alla forza richiesta nei movimenti naturali.¹⁹

MATERIALI E METODI

La ricerca è stata effettuata mediante una revisione della letteratura attraverso le banche dati PubMed e PEDro. Sono stati ricercati articoli utilizzando le parole chiave “isokinetic OR isotonic AND training” sul portale di PubMed, mentre su PEDro è stata utilizzata la stringa di ricerca “isokinetic AND isotonic AND training” senza arrivare a nessun tipo di articolo pertinente con lo studio. Sono stati inclusi articoli in lingua inglese, pubblicati tra il 1975 e il 2016, che valutassero il confronto tra la modalità di allenamento isocinetico e quello isotonico in relazione alle varie caratteristiche della forza muscolare: velocità angolare, picco di forza, torque articolare, potenza e adattamenti neurali.

I criteri di inclusione utilizzati sono stati i seguenti:

- Pertinenza del titolo e dell’abstract
- Studi che mettessero a confronto l’allenamento isotonico con quello isocinetico
- Tipo di studio: RCT, studi caso-controllo
- Lingua: inglese, italiana o francese

I criteri di esclusione, invece:

- Studi condotti su patologie di origine cerebrale e/o cardiovascolare
- Studi non in lingua italiana o inglese
- Altre tipologie di studio

Dopo aver utilizzato la stringa di ricerca e le parole chiave all'interno delle banche dati biomediche, sono stati applicati i criteri di inclusione e di esclusione. Il processo di selezione è cominciato dalla lettura del titolo per escludere gli articoli non pertinenti allo scopo di questo lavoro, successivamente sono stati letti gli abstract ed infine i full text degli articoli per esaminarli in modo approfondito, così da giungere alla selezione degli articoli inclusi nello studio.

RISULTATI

Dalle banche dati analizzate sono stati selezionati per titolo 121 articoli, indicizzati da PubMed. Dopo la lettura degli abstract sono stati esclusi 80 articoli ed inclusi i restanti 41 articoli. Una seconda scrematura è avvenuta con la lettura dei full text e sono stati quindi esclusi altri 26 articoli perché non pertinenti con lo scopo dello studio. Sono stati quindi revisionati i testi integrali dei restanti 15 articoli.

Di seguito è riportata la flow chart (Fig.2) della procedura di selezione che ha condotto alla scelta finale.

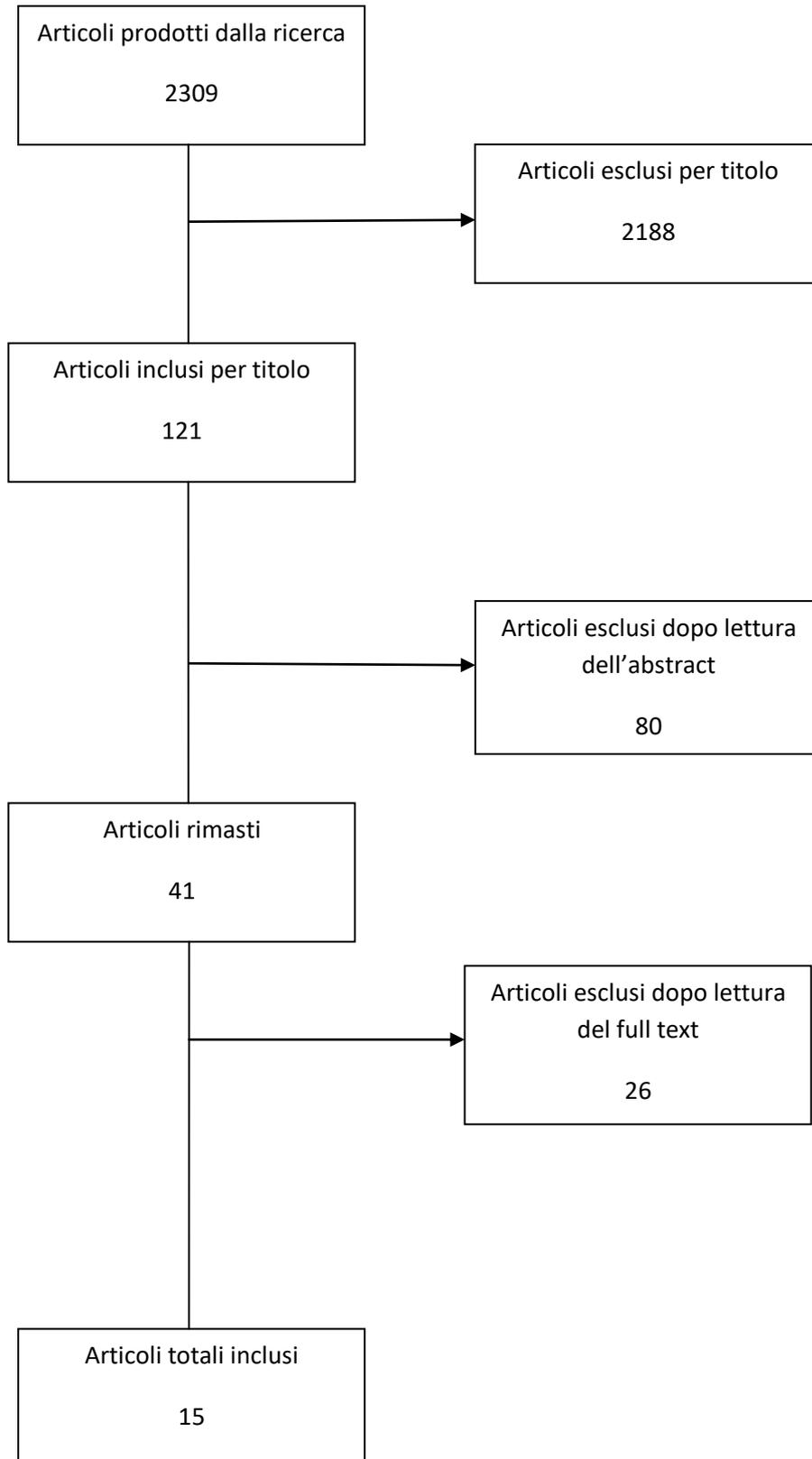


Fig.2 Flow Chart del processo di selezione dello studio

L'analisi della letteratura ha portato all'inclusione di 15 articoli di cui 3 trial controllati e 12 trial controllati e randomizzati, di cui uno che ha utilizzato come controllo l'arto controlaterale. Gli studi^{5,6,13,19,23,24,26,28,29,32} che hanno confrontato il metodo isotonico con quello isocinetico in relazione a un gruppo di controllo, che non ha svolto nessun tipo di allenamento e ha mantenuto un livello di attività fisica identico a quello prima dello studio, sono stati 10; gli studi^{8,10,11,18,22} in cui invece non era presente un gruppo di controllo stati 5. La durata del training isocinetico e/o isotonico è stata in uno studio⁶ di 3 giorni a settimana per 5 settimane, in due studi^{19,32} per 6 settimane e in tre studi^{26,28,29} per 8 settimane; uno studio⁵ ha valutato 2 giorni a settimana per 8 settimane e due studi^{23,24} per 14 settimane, uno studio²² per 5 giorni a settimana per 3 settimane e uno¹⁰ per 4 settimane. L'unico studio che ha valutato i soggetti per un periodo più lungo rispetto a tutti gli altri è stato quello di Guilhem G. (2013) con 18 settimane di allenamento. Infine, solo 2 articoli^{8,11} hanno valutato il cambiamento dei parametri intra sessione e uno¹⁸ ha svolto esercizi a partire dal 33°giorno post meniscectomia parziale di ginocchio. Gli articoli che hanno mostrato la superiorità del metodo isocinetico su quello isotonico sono stati 4^{6,10,26,32}, mentre quelli che hanno dimostrato il contrario sono stati 2^{14,19}; infine, quelli in cui i risultati mostrano cambiamenti simili tra le due metodiche sono stati 9.^{5,8,11,18,22,23,24,28,29}

Nella seguente tabella sinottica (fig. 3) sono riportate le principali informazioni per ogni articolo.

AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Coratella G. (2015)⁵	RCT	49 soggetti maschi sani (età 20,5± 2,3 Peso 78,9 ± 5,3 kg Altezza 1,80±0,11 m) IK*n= 16 IT*n= 16	- 5x8 rip, 2 gg/sett per 8 sett	C*n=17 Nessun tipo di allenamento	-cambiamenti simili fra i due gruppi Ik e IT - incrementi importanti in entrambi i gruppi sia per massa muscolare del VL** che per la lunghezza muscolare(p< 0.05) Nessuno dei due ha portato a un aumento dell'area della sezione trasversa del muscolo - nessun cambiamento in massa grassa e magra del Q**, ne con IK ne con IT
AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Cordova ML.(1995)⁶	RCT con controllo su arto controlaterale	42 arti di 21 femmine (età 21.5±1,8 Altezza 160,7±4,5 cm Peso 60,2±9,3kg) IKn= 13 ITn= 14	- 3 gg/sett per 5 sett alla leg press - IK: 2x10 rip.a 60°, 180° e 240°/sec - IT: 4 serie di cui le ultime due con più ripetizioni possibili	C n= 15 Nessun tipo di allenamento	- forza: incremento 50% IK (p< 0.05) e 64% IT (p< 0.05) - nessun effetto nel one-legged jump (p=0.76), solo trend nel gruppo IK

* IT= allenamento/gruppo isotonic, IK= allenamento/gruppo isocinetico, C= gruppo di controllo

** VL= Vasto Laterale

Q= Quadricipite Femorale

RF= Retto Femorale

VI= Vasto Intermedio

AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Doguet V. (2016)⁸	CT	22 maschi IK n= 11 IT n=11	-IT: 15x10 contraz.eccentrici che da 40° a 110° al 150% di 1RM -IK: 15xn contraz.eccentrici che massimali con stesse caratteristiche IT	Nessuno	-Nessun cambiamento nel lavoro ($p=0.93$) e nella velocità angolare ($p=0.32$) tra i due gruppi da 40° a 85° - Momento angolare IT >IK a 90°-95° e IK > IT a 105° ($p<0.001$) - Picco della MCV significativamente ridotto dalla baseline iniziale alle 96 h post esercizio per entrambi i gruppi ($p<0.001$) - Dolore muscolare invariato dalla baseline subito dopo l'esercizio ma significativamente aumentato dalle 24 alle 96 h con picco alle 48 h per entrambi i gruppi ($p<0.001$)
AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Golik- Peric D. (2011)¹⁰	RCT	- 38 atleti maschi (età 23,3±3,6) IK n= 19 IT n= 19	5 gg/sett per 4 sett - gruppo IT: max num di rip. prima con l'arto non coinvolto poi con quello valutato meno forte - gruppo IK: semi squat dopo 10' di riscaldamento.	Nessuno	- aumento della forza dopo 4 sett per tutti i gruppi muscolari ($p<0.05$) - forza concentrica aumentata nel gruppo IT ($p< 0.05$)

AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Guilhem G. (2011)¹¹	CT	17 soggetti sani gruppo che eseguiva il test <i>n</i> = 12 gruppo che riproduceva <i>n</i> =5	- dopo 5' di riscaldamento al cicloergometro, 3 flessioni concentriche massimali e 3 estensioni eccentriche massimali a 30°/sec per determinare l'angolo articolare corrispondente al picco di forza dei muscoli estensori e flessori. Poi, 8 contrazioni eccentriche estensorie nella modalità IT a 120% di 1RM e dopo 5' di riposo una serie di contrazioni eccentriche massimali dei muscoli estensori nella modalità IK da 30° a 90° alla stessa velocità che era stata calcolata nei test precedenti.	Nessuno	- IT e IK inducono simili cambiamenti nella struttura muscolare ma nessuna differenza nel volume muscolare (<i>p</i> =0.33), angolazione dei fasci (<i>p</i> =0.51) e lunghezza dei fasci (<i>p</i> =0.55) - contrazioni IT sviluppano maggior attività EMG del quadricipite rispetto a IK (<i>p</i> <0.001) ma tra 70° e 85° dell'angolo del ginocchio nel modo IK è più alta di quello IT (<i>p</i> < 0.001) - attività EMG antagonisti: più alta in IT che in IK (<i>p</i> <0.001)

AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Guilhem G. (2013)¹³	RCT	<p>31 soggetti maschi</p> <p>IK $n=11$ (età 20 ± 1anni, peso 74 ± 10 kg, altezza 179 ± 5cm)</p> <p>IT $n=10$ (età 21 ± 2 anni, peso 76 ± 9 kg, altezza 177 ± 3)</p>	<p>18 sett (20 sedute) di cui:</p> <p>- 1° sett di prova</p> <p>- da 2° a 12° metodo IT</p> <p>- dalla 3° alla 13° metodo IK</p> <p>- Entrambi i gruppi testati prima e dopo 9 sett di allenamento</p> <p>- IT: 3 serie (1° sett), 4 serie (2° sett) e 5 serie (dalla 3° alla 9° sett) di 8 rip. al 100% della massima resistenza (nella 1° e nella 2° sett), che poi aumentava al 120% (dalla 3° alla 9° sett)</p> <p>- IK: stesso num di serie, ognuna formata da n ripetizioni volontarie massimali sviluppate da $10^\circ/\text{sec}$ a $30^\circ/\text{sec}$</p>	<p>C $n=10$ (età 20 ± 1 anni, peso 75 ± 11 kg, altezza 181 ± 7 cm)</p> <p>- nessun tipo di allenamento, valutazione alla 8° e 18° sett</p>	<p>- torque e velocità IT > IK a brevi lunghezze muscolari ($p < 0.05$)</p> <p>- contraz. lenta ecc.: momento angolare eccentrico aumentato a $55^\circ, 65^\circ, 75^\circ$ e 85° da pre a post test sia in IT che in IK ($p < 0.01$)</p> <p>- contraz. veloce ecc.: IL aumentato picco di torque ($p < 0.01$) ma non IK ($p = 0.54$)</p> <p>- contrazione isometrica: aumentata da pre a post sia IK che IT ($p < 0.01$)</p> <p>- contraz. lenta conc.: torque aumentato in IK e IT ($p < 0.001$), anche attività EMG Q ($p < 0.05$)</p> <p>- architettura muscolare: no cambiamenti VL in IK ($p = 0.26$) ma in IT ($p < 0.001$)</p>

AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Koutras G. (2012)¹⁸	RCT	- 28 pz maschi operati di artroscopia parziale di menisco entro i 90 gg - n=8 esercizi domiciliari IK n=10 IT n=10	-9 sessioni di allenamento dal 33° gg post operatorio - gruppo IK: 2x10 rip. a 150°, 180° e 210°/sec al 15° gg post operazione, gradualmente fino a 3x15 rip. a 180°, 210° e 240°/sec, 2x10 rip. a 120° e 150°/sec e 2x6 rip. a 60° e 90°/sec al 30° gg post operazione - gruppo IT: prima sessione di 2x10 rip. a 60%, 65% e 70% di 1RM fino a 2x10 rip. a 75% e 80% e a 1x6 rip. a 85% e 90% di 1 RM al 30° gg post operatorio	Nessuno	- torque flessorio a 60°/sec aumentato da 80 a 92%, a 180°/sec da 84 a 97% - torque estensorio a 60°/sec aumentato da 69 a 86%, a 180°/sec da 77 a 88% (p<0.003) - LSI*** salto singolo aumentato da 78 a 92%, salto triplo da 88 a 95% e salto verticale da 74% a 92% (p<0.001)
AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Kovaleski JE. (1995)¹⁹	RCT	32 studenti IK n= 7M + 4F (tot. 11) IT n= 8 M + 3F (tot. 11)	- 3 gg/sett per 6 sett. - IK e IT entrambe 12 serie di 10 rip. (1' pausa tra le serie)	C n= 7M+ 3F (tot.10) Nessun tipo di allenamento	- IT ha sviluppato un maggior picco di potenza isotonica rispetto al gruppo IK e al gruppo C (p=0.0001) - IT ha sviluppato un maggior picco di potenza isocinetica rispetto agli altri due gruppi (p=0.0001) - nessun cambiamento nella potenza isocinetica tra il gruppo IK e il gruppo C (p>0.05)

*** LSI= Limb Symmetry Index

AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Malas FÜ. (2013)²²	RCT	61 soggetti (M=10 e F=51) 6 gruppi: IK arto dx = 10 IK arto sx = 10 IT arto dx = 10 IT arto sx = 9 Isometrico arto dx= 11 Isometrico arto sx= 11	- 5 gg/sett per 3 sett (tot= 15 sessioni) - IT: 90 rip al gg con 1,5 kg - IK: 90 rip.al gg con 3 cicli a 60°/sec (5 rip.), a 120°/sec (10 rip.) e a 240°/sec (15 rip.) con 10 sec tra le velocità e 30 sec tra i cicli - isometrico ha svolto esercizi per 90 volte al giorno	Nessuno	-scala VAS e WOMAC significativo miglioramento rispetto alla baseline iniziale ($p < 0.01$) - forza muscolare estensori migliorata in tutti e tre i gruppi, ma statisticamente significativa solo per il gruppo isometrico ($p < 0.01$) - angolazione delle fibre muscolari nessun cambiamento in nessun gruppo (tra baseline e post allenamento) ($p > 0.05$) - massa muscolare aumentata in tutti e 3 i gruppi, fatta eccezione per il lato controlaterale del gruppo isometrico ($p > 0.05$)
AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Matta TT. (2015)²³	RCT	35 maschi IK n=12 IT n=12	- Allenamento 2gg/sett per 14 sett - Ogni programma 3 serie di estensioni di ginocchio - Riposo min 48H/max 72H tra ogni sessione	C n=11 Nessun tipo di allenamento	- CSA**** di RF** : solo metodo IT ha portato a incrementi significativi sia sulla parte prossimale che distale del muscolo ($p=0.027$) - Volume RF: significativamente migliorato dopo 14 sett per entrambi i metodi di allenamento, sia sulla parte prossimale ($p=0.05$) che distale ($p=0.04$)

**** CSA (Cross- Sectional Area)= area della sezione trasversa

AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Matta TT. (2015)²⁴	RCT	35 maschi IK n= 12 IT n= 12	2 gg/sett per 14 sett -IT: 3 serie di estensioni unilaterali da 5° a 100° di ROM (1' di riposo tra le serie e 48h tra le sedute) -IK: 3x10 rip. a 60°/sec e ROM tra 5° e 100° come IT	C n= 11 Attività fisica regolare	-IT ($p=0.018$) e IK ($p=0.039$) aumentato massa RF, statisticamente diversa dal gruppo C (IT $p=0.031$ e IK $p=0.048$) - forza aumentata in IK e IT ($p<0.001$) ma nessuna differenza tra i due gruppi ($p=0.556$)
AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Pipes TV. (1975)²⁶	RCT	36 maschi (età 20-38) Non specificato il numero di partecipanti di ogni gruppo	- 3 gg/sett per 8 sett - 40 min per sessione	C= numero non specificato. Nessun allenamento	-Forza statica gruppi IK sia a bassa che ad alta velocità hanno avuto dei miglioramenti più significativi ($p<0.05$) rispetto sia al gruppo IT e C - Forza IT significativi incrementi in IK e IT ($p<0.05$) - Forza IK ad alta velocità (136°/sec) e a bassa velocità (24°/sec): il gruppo IT non ha mostrato nessun significativo miglioramento mentre i gruppi IK a bassa ed alta velocità hanno avuto miglioramenti in tutti gli esercizi ($p<0.05$) - composizione corporea: peso corporeo totale è aumentato in tutti i gruppi, massa corporea magra significativamente aumentata solo nel gruppo IT e IK ad alta velocità - tutti i gruppi hanno diminuito la % di grasso assoluto($p<0.05$)

AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Remaud A. (2010)²⁸	RCT	30 maschi IK n=11 IT n=11	3 gg/sett per 8 sett (tot. 24 sedute, ognuna di circa 20') - gruppo IT: 5x8 estensioni concentriche al 40% della MCV con 1' di riposo tra le serie - gruppo IK: 5x8 estensioni concentriche massimali a velocità compresa tra 150° e 180°/sec.	C n=8 Nessun allenamento o di forza ma attività fisica mantenuta	-nessuna differenza nell'ammontare del lavoro totale esterno ($p > 0.05$) e della principale velocità angolare ($p > 0.05$) tra i due gruppi -1RM è aumentata in entrambi i gruppi ($p < 0.001$) ma non nel gruppo C ($p > 0.05$) - nessuna differenze tra il programma IT e IK ($p > 0.05$) - Dopo allenamento IK incremento del picco del momento angolare tra i due programmi non è stato significativamente diverso ($p > 0.05$) - attività EMG agonisti: aumentata in IT e IK ($p < 0.01$) ma non in C ($p > 0.05$)
Shields CL. (1985)²⁹	RCT	53 studenti maschi (età tra 13 e 18 anni) IK n= 19 IT n= 17	- 3gg/sett per 8 sett - 25' a seduta - IT: 2x10 rip incrementando di 20 rip in accordo con le capacità di ogni soggetto (quando riusciva a compiere 20 ripe a un determinato peso, veniva aggiunto del peso e il n delle rip ritornava a 10) - IK: riscaldamento con 10 calciate sub massimali a 120°/sec e poi 2 calciate massimali a ogni data velocità, con 15 sec di riposo tra ogni serie di 2 calciate.	C n=17 Nessun allenamento o ma attività fisica regolare in classe 3gg/sett	-gruppo IT e IK hanno mostrato significativi miglioramenti in tutte le variabili della forza e delle performance motorie comparate col gruppo C ($p < 0.001$) -IK incremento al test della leg press che è stato significativamente migliore degli altri gruppi ($p < 0.001$) -Forza isometrica aumentata in IK e IT ($p < 0.05$) - gruppo C nessun cambiamento interessante in nessuno dei test effettuati ($p > 0.05$)

AUTORE	TIPO DI STUDIO	POPOLAZIONE	INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	RISULTATI
Wojtys EM. (1996)³²	CT	32 soggetti (16 M e 16 F) Non esplicitato il numero di soggetti nei gruppi IK, IT, Agility	6 settimane - gruppo IK: fless/est ginocchio e dors/plantafles caviglia al dinamometro isocinetico (3x12 a 60°/sec) - gruppo IT: leg press, flessione del ginocchio e flessori plantari di caviglia - gruppo agility: 5 tipi di esercizi (scivolamenti 5x25, salti unilaterali 3x10, corsa all'indietro 3x10, 3x5 circuiti di corsa 3x10 di esercizi con pedali)	C= non esplicitato il numero di soggetti Normali attività quotidiane e sport ricreativi	- Forza muscolare: gruppo IK significativamente più forte nell'estensione di ginocchio e flessione plantare di caviglia dopo 6 sett comparato a gruppo C, Agility e IT ($p < 0.01$) - Nessuna differenza nel picco del momento angolare nella flessione di ginocchio dopo 6 sett in IK ($p > 0.05$) - Resistenza muscolare: nessuna differenza in nessun gruppo prima e dopo l'allenamento ($p > 0.05$)

Fig. 3 Tabella sinottica degli studi inclusi nell'analisi

DISCUSSIONE

Gli articoli di questa revisione hanno dimostrato che gli outcome di un allenamento isocinetico non mostrano sostanziali differenze rispetto all'isotonico. Nonostante i circa 40 anni di ricerche in questo ambito, il numero di articoli pubblicati che confrontino i due approcci è limitato e, in alcuni casi, le conclusioni sono controverse. Tutti gli studi inclusi hanno analizzato i cambiamenti di vari parametri a livello degli arti inferiori, in particolar modo del quadricipite.

Lo studio di Doguet V.(2016) ha dimostrato che eseguire esercizi eccentrici, in modalità isotonica o isocinetica, determina simili alterazioni neurali a breve termine e simili danni muscolari a lungo termine, anche se la contrazione isocinetica è meno fisiologica in quanto non si verifica mai nelle attività della vita quotidiana. Sebbene in questo studio siano stati utilizzati degli esercizi sovramassimali, che potrebbero non rappresentare in maniera reale i danni muscolari che si verificano nelle attività della vita quotidiana, i risultati mostrano simili stress meccanici sui sarcomeri muscolari e stesso livello di danno muscolare sia nell'isocinetica che nell'isotonica. L'assenza di differenze nell'attività elettromiografia del vasto mediale durante le contrazioni isocinetiche e isotoniche sarebbe spiegato dal fatto che gli stress sovramassimali meccanici somministrati sul muscolo in questo studio, vengono distribuiti equamente attraverso le unità motorie reclutate, mentre in un altro studio di Guilhem (2011), in cui si eseguiva sempre solo la contrazione eccentrica, l'attività degli agonisti sembra essere più alta con la metodica isotonica rispetto a quella isocinetica.

Remaud (2010) ha confrontato gli effetti delle due metodiche per un periodo di allenamento di 8 settimane, ed ha osservato sostanziali miglioramenti nella forza muscolare statica e dinamica, ma senza differenze rilevanti tra le due modalità. Questo perché probabilmente la procedura di standardizzazione degli esercizi svolti ha compensato la quantità esterna totale del lavoro svolto e la principale velocità angolare mentre sono rimaste inalterate le differenze biomeccaniche inerenti ai movimenti isotonici e isocineticici. Infatti, la quantità totale del lavoro realizzato durante ogni sessione di allenamento non è stato quantificato e i trend dei diversi incrementi di forza ottenuti dopo programmi isotonici e isocineticici sarebbero dovuti semplicemente a una discrepanza nella

quantità del lavoro esterno prodotto. L'aumento della forza sarebbe correlato ad un incremento dell'attività del quadricipite, come supportato anche dai risultati relativi all'elettromiografia, parallelamente ad una inalterata coattivazione muscolare degli antagonisti. I risultati ottenuti dallo studio di Remaud (2010) concordano con quelli di Matta TT. (2015)²⁴ che hanno dimostrato miglioramenti simili tra le due modalità sull'ipertrofia muscolare del quadricipite, anche dopo 14 settimane di allenamento. In questo studio, la sezione trasversa del muscolo sembra essere significativamente aumentata a livello del retto femorale sia a livello prossimale che distale solo dopo l'allenamento isotonico, mentre nel gruppo isocinetico aveva effetto solo sulla parte distale del muscolo. Anche lo studio di Coratella G. (2015) ha evidenziato dei cambiamenti simili negli adattamenti muscolari tra le due metodiche, se utilizzate allo stesso volume di allenamento, mentre non ha osservato nessun cambiamento nell'area della sezione trasversa del muscolo, contrariamente allo studio di Matta TT. (2015)²³.

Altro studio a sostegno dell'ipotesi che isocinetica e isotonica non mostrano sostanziali differenze nello sviluppo della forza e della resistenza muscolare degli arti inferiori è stato quello di Shields CL (1985). Entrambi i gruppi miglioravano tutte le variabili delle performance motorie dopo 8 settimane di allenamento, ma secondo gli autori, la metodica isotonica potrebbe essere preferita per il feedback visivo della quantità di peso sollevato che il soggetto può vedere e potrebbe essere un buono stimolo motivazionale.

Lo studio di Cordova (1995) non mostra differenze statisticamente significative tra le due metodiche, ma è stato osservato un trend verso una migliore forza di reazione al one-legged jump nei soggetti allenati con esercizi isocinetici, rispetto a quelli allenati con esercizi isotonici. Anche lo studio di Coratella (2015) non mostra alcuna differenza tra le due metodiche di allenamento relativamente all'angolo di pennazione e massa magra del quadricipite (che non variava in nessun gruppo), spessore del vasto laterale e lunghezza dei fascicoli (aumentati nei gruppi isocinetico ed isotonico), ad eccezione del picco di momento angolare eccentrico, superiore nel gruppo che utilizzava l'isocinetica. Questo risultato del gruppo isocinetico potrebbe essere dovuto ad una sorta di "effetto dell'apprendimento" dato che la valutazione finale veniva effettuata con apparecchiatura isocinetica, dopo allenamento isocinetico.

Nello studio di Pipes (1975) invece, emerge che sempre dopo 8 settimane di allenamento, in questo caso isocinetico a bassa ($24^\circ/\text{sec}$), o ad alta velocità di contrazione ($136^\circ/\text{sec}$), si ottiene una forza massima e delle proprietà esplosive muscolari migliori rispetto al gruppo allenato con il metodo isotonic, che in questo studio non ha mostrato cambiamenti significativi del picco del momento angolare. Anche Wojtys EM (1996), comparando le due modalità di allenamento, ha dimostrato che il picco del momento angolare del quadricipite femorale e dei plantiflessori di caviglia era aumentato dopo 6 settimane di training solo nel gruppo isocinetico. Il follow up a 6 settimane, però, è piuttosto breve per valutare un allenamento di forza, e come valutazione è stato scelto solo il test isocinetico, che per una specificità di allenamento, potrebbe aver facilitato il riscontro di miglioramento dei soggetti che si erano allenati con la stessa apparecchiatura con cui si eseguiva la misurazione. La superiorità della metodica isocinetica, in questo caso, potrebbe essere dovuta alla maggiore velocità angolare di allenamento, più vicina a quella che si raggiunge in attività sportive ed atletiche. Anche lo studio di Golik-Peric D. (2011) evidenzia una lieve superiorità del training isocinetico, ma di nuovo il test di valutazione finale veniva effettuato su apparecchiatura isocinetica e, purtroppo, i due gruppi di allenamento mostravano differenze statisticamente significative alla baseline, con una maggiore forza iniziale nel gruppo isotonic che potrebbe aver facilitato maggiori incrementi di forza nel gruppo isocinetico. Questi sono gli unici tre studi che sostengono che l'isocinetica sia più efficace dell'isotonica nel migliorare la forza muscolare e i cambiamenti nella composizione corporea, mentre ci sono anche altri studi che invece sostengono che l'allenamento isotonic sia superiore all'isocinetico.

Lo studio di Guilhem G.(2013) indica, infatti, che il metodo isotonic sia più efficace nell'aumentare la forza eccentrica a lunghezze muscolari minori e ad alta velocità. A supporto della superiorità della metodica isotonica troviamo anche lo studio di Kovaleski (1995) in cui l'incremento maggiore nella forza muscolare si è ottenuto nel gruppo isotonic rispetto a quello isocinetico, dopo 6 settimane di allenamento standardizzato per entrambi i gruppi con 12 serie di 10 ripetizioni. Dato che l'esercizio isotonic sovraccarica il muscolo maggiormente a uno specifico punto del range di movimento, questo dovrebbe determinare un aumento della forza muscolare prevalentemente intorno a quel preciso angolo articolare, ma in realtà, in questo studio, l'incremento di forza muscolare si è verificato per l'intero arco di movimento. Questo trial clinico ha considerato parametri relativi alla potenza isocinetica e/o isotonica, senza però considerare le performance funzionali.

Gli unici due articoli che hanno avuto come oggetto di studio dei soggetti non atleti sono stati quello di Malas FÜ (2013) che ha valutato pazienti con artrosi di ginocchio, e quello di Koutras G. (2012) su soggetti post meniscectomia parziale di ginocchio. Nel primo studio dopo 3 settimane di allenamento in tre differenti gruppi che hanno utilizzato metodiche di allenamento con esercizi isocinetici, isotonici e isometrici, è emerso che la forza dei muscoli estensori aumenta in tutti i gruppi alla fine del periodo di training, senza sostanziali differenze. Un follow up a tre settimane è però troppo breve per osservare importanti incrementi della forza muscolare e dei cambiamenti strutturali. Anche nel secondo studio non si sono osservate differenze nelle misure di outcome tra una modalità e l'altra di allenamento, oltre al fatto che più della metà dei soggetti presi in esame non ha raggiunto il punteggio stabilito come cut off nei test funzionali per il ritorno alle attività sportive.

LIMITI

Questo studio presenta alcuni limiti. La ricerca è stata effettuata solo sul database PubMed e non è stata effettuata una analisi qualitativa degli studi, né una completa valutazione del rischio di bias tra gli studi. In ogni caso, gli studi analizzati mostrano una sostanziale eterogeneità nei protocolli di allenamento e valutazione, utilizzano campioni generalmente ridotti numericamente e non tutti sono randomizzati o con gli stessi valori di baseline. Il numero e la qualità degli studi presenti in letteratura, quindi, risultano essere piuttosto scarsi.

CONCLUSIONI

In seguito all'analisi degli articoli si può affermare che entrambe le metodiche sono utili per incrementare la forza muscolare e in base alla letteratura disponibile non si osserva una netta superiorità di una metodica rispetto all'altra. Nonostante l'obiettivo di questa revisione fosse quello di evincere i punti di forza del metodo isocinetico, dagli studi analizzati non si osservano sostanziali vantaggi di tale metodica ma sarebbero necessari ulteriori studi con esercizi maggiormente standardizzati per poter confrontare le due metodiche in maniera più diretta e misurare le eventuali differenze nei vari adattamenti muscolari. Sappiamo che la durata degli esercizi è un fattore importante per l'insorgenza dei cambiamenti strutturali all'interno del sistema muscolare. E' anche importante utilizzare programmi di allenamento sufficientemente prolungati, dato che brevi periodi di allenamento sembrano non essere sufficienti ad indurre cambiamenti rilevanti e le alterazioni più significative possono essere osservate dopo un periodo di allenamento prolungato e intenso, di almeno 8 settimane. In generale si può affermare che gli esercizi svolti con modalità isotonica sembrano essere più funzionali e riproducibili nei gesti della vita quotidiana, mentre quelli isocinetici, forse più applicabili a soggetti sportivi, specialmente a velocità angolari elevate. I risultati degli studi inclusi sono stati piuttosto disomogenei, poiché i diversi autori hanno utilizzato diversi esercizi e outcome nell'approccio isotonico e isocinetico (non standardizzati), oppure perché anche all'interno della stessa metodica isocinetica i soggetti erano allenati a diverse velocità di movimento. Questo ha determinato notevoli difficoltà nel comparare i vari risultati tra loro e nello stabilire quale metodica fosse effettivamente migliore dell'altra. Sono quindi necessari ulteriori studi con maggiore numerosità dei campioni, programmi maggiormente standardizzati e follow up più prolungati per arrivare a conclusioni più chiare. Sulla base della letteratura analizzata, l'approccio isocinetico, più costoso e complesso da effettuare, non ha però mostrato la sua superiorità, per cui, vista la maggiore semplicità di utilizzo, il minore costo e la maggiore praticità e somiglianza ai movimenti funzionali, l'approccio isotonico risulta essere quello maggiormente consigliato.

BIBLIOGRAFIA

1. Abbott BC, Bigland B, Ritchie JM.
The physiological cost of negative work.
J Physiol 1952;117:380–90
2. Baker D., Newton RU.
Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training.
J Strength Cond Res. 2005 Feb; 19(1):202-205
3. Berger, R.A.
Comparison of static and dynamic strength increases.
Res. Quart. 33:329-333, 1962
4. Bohannon RW.
Knee extension torque during repeated knee extension-flexion reversals and separated knee extension-flexion dyads.
Phys Ther. 1985 July; 65(7):1052-1054
5. Coratella G, Milanese C, Schena F.
Unilateral eccentric resistance training: A direct comparison between isokinetic and dynamic constant external resistance modalities.
Eur J Sport Sci. 2015;15(8):720-6.

6. Cordova ML, Ingersoll CD, Kovaleski JE, Knight KL.
A comparison of isokinetic and isotonic predictions of a functional task. *J Athl Train.* 1995 Oct;30(4):319-22.

7. Di Monaco M, Vallero F., Tapper R., Cavanna A.
Rehabilitation after total hip arthroplasty: a systematic review of controlled trials on physical exercise programs.
Eur J Phys rehabil Med 2009; 45: 303-317

8. Doguet V, Nosaka K, Plautard M, Gross R, Guilhem G, Guével A, Jubeau M. Neuromuscular changes and damage after isoload versus isokinetic eccentric exercise.
Med Sci Sports Exerc. 2016 Dec;48(12):2526-2535.

9. Gardner, G. W.
Specificity of strength changes of the exercised and nonexercised limb following isometric training. *Res. Quart.* 34:98-101, 1963

10. Golik-Peric D, Drapsin M, Obradovic B, Drid P.
Shortterm isokinetic training versus isotonic training: effects on asymmetry in strength of thigh muscles.
J Hum Kinet. 2011 Dec;30:29-35.

11. Guilhem G., Cornu C., Guével A.
Muscle architecture and EMG activity changes during isotonic and isokinetic eccentric exercises.
Eur J Appl Physiol. 2011 Nov; 111(11):2723-33

12. Guilhem G, Cornu C, Guével A.
Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise.
Ann Phys Rehabil Med 2010; 53:319-341

13. Guilhem G., Cornu C., Maffiuletti NA, Guével A.
Neuromuscular adaptations to isoload versus isokinetic eccentric resistance training.
Med Sci Sports Exerc. 2013 Feb; 45(2):326-35

14. Guilhem G., Guével A., Cornu C.
A standardization method to compare isotonic vs isokinetic eccentric exercises.J
Electromyogr kinesiol. 2010;20(5):1000-1006

15. Heiderscheit BC, Sherry MA, Slider A, Chumanov ES, Thelen DG.
Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention.
J OrthopSportS Phys Ther 2010; 40: 67-81

16. Hibbert O., Cheong K., Grant A., Beers A., Moizumi T.
A systematic review of the effectiveness of eccentric strength training in the prevention of hamstring muscle strains in otherwise healthy individuals.
N Am J Sports Phys Ther 2008; 3:67-81

17. Kellis E, Baltzopoulos V.
Isokinetic eccentric exercise.
Sports Med 1995;19:202–22

18. Koutras G, Letsi M, Papadopoulos P, Gigis I, Pappas E.
A randomized trial of isokinetic versus isotonic rehabilitation program after arthroscopic meniscectomy.
Int J Sports Phys Ther. 2012 Feb;7(1):31-8.

19. Kovalski JE, Heitman RH, Trundle TL, Gilley WF.
Isotonic preload versus isokinetic knee extension resistance training.
Med Sci Sports Exerc. 1995 Jun;27(6):895-9.

20. Kulig K., J. Andrews, and J.G. Hay.
Human strength curves.
Exerc. Sport Sci. Rev. 12:417-466, 1984

21. Lee SB, Kang KY.
The effects of isokinetic eccentric resistance exercise for the hip joint on functional gait of stroke patients.
J Phys TherSci, 2013,25:1177-1179

22. Malas FÜ, Ozçakar L, Kaymak B, Ulaşlı A, Güner S, Kara M, Akıncı A. Effects of different strength training on muscle architecture: clinical and ultrasonographic evaluation in knee osteoarthritis. PM R. 2013;5(8):655-62.

23. Matta TT, Nascimento FX, Fernandes IA, Oliveira LF.
Heterogeneity of rectus femoris muscle architectural adaptations after two different 14-week resistance training programmes. ClinPhysiolFunct Imaging. 2015;35(3):210-5.

24. Matta TT, Nascimento FX, Trajano GS, Simão R, Willardson JM, Oliveira LF.
Selective hypertrophy of the quadriceps musculature after 14 weeks
of isokinetic and conventional resistance training.
ClinPhysiolFunct Imaging. 2015; 37(2):137-142

25. Osternig LR
Isokinetic dynamometry: implications for muscle testing and rehabilitation.
Exerc Sport Sci Rev 1986; 14:45-80

26. Pipes TV, Wilmore JH.
Isokinetic vs isotonic strength training in adult men. Med Sci Sports. 1975;7(4):262-74.

27. Remaud A, Guével A, Cornu C.
Antagonist muscle coactivation and muscle inhibition: effects on external torque regulation
and resistance training-induced adaptations.
NeurophysiolClin 2007;37:1-14.

28. Remaud A, Cornu C, Guével A.
Neuromuscular adaptations to 8-week
strength training: isotonic versus isokinetic mode. Eur J Appl Physiol. 2010 Jan;108(1):59-69.

29. Shields CL Jr, Beckwith VZ, Kurland HL.
Comparison of Leg Strength Training Equipment. Phys Sports med. 1985 Feb;13(2):49-56.

30. Smith MJ, Melton P.
Isokinetic versus isotonic variable-resistance training.
Am J Sports Med. 1981;9(4):275-279

31. Wasielewski NJ, Kotsko KM.

Does eccentric exercise reduce pain and improve strength in physically active adults with symptomatic lower extremity tendinosis? A systematic review.

J Athl Train 2007; 42:409-421

32. Wojtys EM, Huston LJ, Taylor PD, Bastian SD.

Neuromuscular adaptations in isokinetic, isotonic, and agility training programs. Am J Sports Med. 1996 Mar-Apr;24(2):187-92.