



Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA
PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

TESI DI LAUREA

GLI EFFETTI DELL'ESERCIZIO ISOCINETICO DEGLI ARTI INFERIORI
SULL'EQUILIBRIO E SUL CAMMINO NELLA RIABILITAZIONE POST-ICTUS:
REVISIONE NARRATIVA DELLA LETTERATURA

(The effects of lower limb isokinetic exercise on balance and gait in post-stroke
rehabilitation: a literature review)

RELATORE: Dott.ssa Ft. Alessia Pasin

LAUREANDO: Gianluca Pizzutti

Anno Accademico 2024/2025

INDICE

RIASSUNTO	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUZIONE	3
CAPITOLO 1 - L'ICTUS	4
1.1 Definizione	4
1.2 Epidemiologia	4
1.3 Tipologie	5
1.4 Fattori di rischio	6
1.5 Manifestazioni cliniche	7
1.6 Diagnosi e valutazione	8
1.7 Trattamento	9
1.8 Riabilitazione dell'arto inferiore	10
CAPITOLO 2 - L'ESERCIZIO ISOCINETICO	12
2.1 Introduzione generale	12
2.2 Ambiti di applicazione	13
CAPITOLO 3 - OBIETTIVO DELLA REVISIONE.....	14
3.1 Obiettivo della revisione	14
CAPITOLO 4 - MATERIALI E METODI	15
4.1 Criteri di eleggibilità	15
4.2 Strategie di ricerca.....	15
4.3 Selezione degli articoli	16
4.4 Raccolta dati.....	18
CAPITOLO 5 - RISULTATI	19
5.1 Risultati della selezione degli studi	19

5.2 Caratteristiche degli studi	19
5.3 Sintesi degli studi	20
CAPITOLO 6 - DISCUSSIONE	29
Limiti dello studio	32
CONCLUSIONI.....	33
BIBLIOGRAFIA.....	34

RIASSUNTO

Introduzione: L'ictus è una delle patologie prevalenti a livello mondiale con ripercussioni importanti su mobilità, autonomia e qualità di vita. Le conseguenze cliniche e funzionali a livello degli arti inferiori si traducono in difficoltà nella deambulazione e nella stabilità posturale. Vi è quindi necessità di individuare strategie volte al precoce recupero delle abilità motorie, dell'equilibrio statico e dinamico e del cammino.

Obiettivo: L'obiettivo del presente lavoro di tesi è analizzare lo stato dell'arte della letteratura scientifica per quanto riguarda l'efficacia dell'esercizio isocinetico nella riabilitazione post-ictus degli arti inferiori, con particolare attenzione agli outcome relativi all'equilibrio e al cammino.

Materiali e metodi: È stata condotta una revisione della letteratura all'interno delle principali banche dati: PubMed, PEDro, Scopus, Cochrane Library, ResearchGate e Google Scholar. La ricerca è stata svolta da gennaio ad aprile 2025. I criteri di eleggibilità sono stati definiti secondo il modello PICO. La popolazione inclusa ha compreso pazienti con esiti di ictus a cui fosse stato somministrato l'esercizio isocinetico degli arti inferiori. È stata condotta una revisione narrativa includendo vari livelli di evidenza degli studi. Il processo di selezione degli articoli è stato svolto manualmente, senza l'utilizzo di programmi informatici. Gli outcome ricercati all'interno degli studi sono stati il cammino e l'equilibrio.

Risultati: Sono stati identificati, attraverso la ricerca sui database, 464 articoli, dai quali, a seguito del processo di selezione, sono stati ricavati 8 studi. La maggior parte dei pazienti coinvolti negli studi si trovava in fase cronica (oltre sei mesi dall'evento) quando hanno partecipato allo studio. L'allenamento isocinetico è stato proposto, da solo o in combinazione con altri strumenti terapeutici, in ogni studio con diverse modalità di esecuzione. Nella metà degli articoli i partecipanti svolgevano un programma di fisioterapia convenzionale insieme all'intervento indagato. L'esercizio isocinetico ha registrato miglioramenti in particolare nei parametri spazio-temporali del cammino oltre che nell'equilibrio statico e dinamico.

Conclusioni: L'esercizio isocinetico degli arti inferiori nei pazienti post-ictus è poco descritto in letteratura. Questo approccio riabilitativo risulta essere efficace se inserito in un programma riabilitativo post-ictus da solo o integrato con altri strumenti terapeutici. La presente revisione dimostra l'efficacia di un allenamento isocinetico per gli outcome indagati nei pazienti post-ictus. In particolare, risulta essere efficace nel migliorare abilità complesse, come i parametri spazio-temporali del cammino e le componenti statiche e dinamiche dell'equilibrio, a partire da componenti semplici come la forza.

ABSTRACT

Introduction: Stroke is one of the most prevalent conditions worldwide, with significant repercussions on mobility, independence, and quality of life. Clinical and functional consequences affecting the lower limbs result in difficulties in walking and postural stability. Therefore, it is necessary to identify strategies aimed at the early recovery of motor skills, static and dynamic balance, and gait.

Objective: The objective of this thesis is to analyze the state of the art in the scientific literature concerning the effectiveness of isokinetic exercise in post-stroke rehabilitation of the lower limbs, with particular attention to outcomes related to balance and gait.

Materials and Methods: A literature review was conducted using major databases: PubMed, PEDro, Scopus, Cochrane Library, ResearchGate and Google Scholar. The search was carried out between January and April 2025. Eligibility criteria were defined according to the PICO model. The population included patients with stroke outcomes who had undergone lower limbs isokinetic exercise. A narrative review was performed, including studies with different levels of evidence. The selection process was conducted manually, without the use of software. The outcomes investigated in the studies were gait and balance.

Results: Through database search, 464 articles were initially identified and, following the selection process, 8 studies were included. Most of the patients involved in these studies were in the chronic phase (more than six months after the event) at the time of participation. Isokinetic training was proposed, either alone or in combination with other therapeutic tools, in all studies with different execution modalities. In half of the articles, participants performed a conventional physiotherapy program alongside the investigated intervention. Isokinetic exercise showed improvements particularly in the spatiotemporal parameters of gait as well as in static and dynamic balance.

Conclusions: Lower limbs isokinetic exercise in post-stroke patients is scarcely described in literature. This rehabilitative approach appears to be effective when included in a post-stroke rehabilitation program, either alone or integrated with other therapeutic tools. The present review demonstrates the effectiveness of isokinetic training on the investigated outcomes in post-stroke patients. In particular, it appears effective in improving complex abilities, such as the spatiotemporal parameters of gait and the static and dynamic components of balance, starting from simpler components such as strength.

INTRODUZIONE

L'ictus è una patologia che colpisce il sistema nervoso centrale con conseguenze anche a livello del sistema nervoso periferico e ripercussioni sulle capacità fisiche e psicosociali.

Rappresenta una tra le prime cause di morte e di invalidità in Italia e a livello mondiale ed incide in modo significativo in diversi ambiti, ad esempio quello individuale, relazionale, sanitario ed economico.

Data l'alta prevalenza e incidenza a livello mondiale di individui colpiti da ictus, si rende necessario individuare le strategie terapeutiche più efficaci per poter delineare delle linee guida sempre aggiornate, potenziando i programmi fisioterapici e, al contempo, diminuendo l'impatto assistenziale ed economico causato da questa patologia.

Nei pazienti spesso le manifestazioni cliniche più evidenti sono difficoltà nella deambulazione e nell'equilibrio, causate da debolezza muscolare, spasticità, alterazioni della sensibilità e della coordinazione.

Diventa quindi di fondamentale importanza un intervento riabilitativo precoce per quanto concerne la rieducazione dell'attività del cammino e delle componenti statiche e dinamiche dell'equilibrio, per poter sfruttare il massimo recupero funzionale e prevenire fenomeni come il non uso appreso (*learned non-use*). Nello specifico, le attuali linee guida evidenziano come vi sia una grande variabilità negli strumenti terapeutici adottati per raggiungere tali obiettivi.

Negli ultimi anni è cresciuto l'impiego dell'esercizio isocinetico nella riabilitazione post-ictus degli arti inferiori e la sua applicazione sembrerebbe avere risultati promettenti. L'attività isocinetica, in particolare, grazie alle sue distintive caratteristiche, sembra rappresentare un valido supporto nei programmi di riabilitazione per il recupero delle capacità fisiche dei pazienti.

La scarsa numerosità degli studi disponibili e l'assenza di protocolli standardizzati di utilizzo rende necessario approfondire in che modo questo intervento possa contribuire ad apportare modifiche significative nel progetto riabilitativo di un paziente con esiti di ictus.

Sulla base delle informazioni preliminari appena descritte, l'obiettivo della presente tesi è, quindi, analizzare lo stato dell'arte della letteratura scientifica per indagare e sintetizzare l'impatto dell'esercizio isocinetico degli arti inferiori nei pazienti post-ictus, valutando, nello specifico, le variabili relative al cammino e all'equilibrio.

CAPITOLO 1 - L'ICTUS

1.1 Definizione

L'ictus (in inglese *stroke*), al giorno d'oggi, rappresenta la prima causa di invalidità e la seconda di morte a livello mondiale ¹. Secondo dati aggiornati, in Italia risulta essere la seconda causa di morte, preceduto solo dalle malattie ischemiche del cuore ².

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) definisce questa patologia come: “*Segni clinici di disturbo focale (o globale) della funzione cerebrale in rapido sviluppo, che durano più di 24 ore o portano alla morte, senza altra causa apparente se non quella di origine vascolare*” ³. Se invece la durata del disturbo è inferiore alle 24 ore, l'episodio viene definito come un attacco ischemico transitorio (*transient ischemic attack*, TIA).

Questa patologia, che colpisce prevalentemente persone a partire dai 55 anni, ma non esclusivamente, incide profondamente in diversi ambiti: familiare, individuale, sociale, sanitario ed economico ^{1,2}. Nonostante ciò, in Italia, negli ultimi anni si è osservata una riduzione della mortalità grazie al miglioramento dell'efficacia delle misure preventive, terapeutiche, assistenziali e riabilitative ¹.

Grazie ai progressi maturati nel corso dei decenni, in ambito sia scientifico sia clinico, l'American Heart Association (AHA), nel 2013, ha aggiornato la definizione di ictus. Viene descritto come: “*Morte cellulare a carico del cervello, del midollo spinale o della retina attribuibile a ischemia, sulla base di evidenza patologica, di imaging o di altre metodiche oggettive che dimostrino una lesione ischemica focale a livello cerebrale, del midollo spinale o della retina, corrispondente a un determinato territorio vascolare; oppure di evidenza clinica di una lesione ischemica focale a carico del cervello, del midollo spinale o della retina, basata su sintomi persistenti per ≥ 24 ore o fino al decesso, con esclusione di altre possibili cause*” ³.

1.2 Epidemiologia

Secondo i dati della World Stroke Organization, aggiornati a fine 2024, si stima che l'ictus sia responsabile ogni anno di circa 12,2 milioni di nuovi casi e di 6,5 milioni di decessi ⁴. In Italia, i dati dell'ultimo anno indicano che le persone colpite da ictus sono circa 150.000-180.000 all'anno, di cui il 20% rappresenta recidive. Tuttavia, solo il 50-70% dei pazienti riesce ad accedere alle Stroke Unit, a causa della distribuzione insufficiente sul territorio nazionale ^{2,5,6}.

A livello globale, oltre 100 milioni di persone hanno avuto esperienza di ictus e si stima che circa 1 persona su 4, di età superiore ai 25 anni, ne sarà colpita nel corso della vita ⁴.

L'incidenza incrementa significativamente con l'età: circa il 60% dei casi riguarda persone con più di 60 anni mentre solo il 16% interessa soggetti sotto i 50 anni ⁴. A partire dai 55 anni, inoltre, la sua prevalenza raddoppia ogni decade ².

L'analisi dei dati raccolti a livello mondiale dalla World Stroke Organization tra il 1990 e il 2021 ha evidenziato un tasso di mortalità di circa 90 per 100.000 ictus ⁷.

Negli Stati Uniti, secondo i dati aggiornati al 2022 dell'American Heart Association (AHA), il tasso di mortalità si attesta intorno ai 39,5 per 100.000 casi ⁸.

In Italia, negli ultimi anni, il tasso di mortalità standardizzato (Eurostat 2012) per malattie cerebrovascolari si è ridotto del 15,4% nel quinquennio 2017-2021, passando da 7,77 a 6,57 per 10.000 abitanti ¹.

Nonostante ciò, i dati nazionali mostrano che il 20-30% delle persone colpite da ictus cerebrale muore entro un mese dall'evento, mentre il 40-50% entro il primo anno. Solo il 25% dei pazienti sopravvissuti guarisce completamente, mentre il restante 75% vive con una qualche forma di disabilità; di questi, circa la metà presenta un deficit così grave da perdere l'autosufficienza ².

Le conseguenze dell'ictus hanno un impatto rilevante non solo sulla vita dei pazienti e dei familiari, ma anche sui sistemi sanitari ed economici. Nel 2024 è stato calcolato che l'impatto economico globale rappresenta circa lo 0,66% del PIL mondiale e si stima che il costo complessivo della gestione della patologia raggiungerà 1 trilione di dollari entro il 2030 ⁴. In Italia, il costo economico per i soggetti a rischio medio-alto colpiti da eventi cardiovascolari e cerebrovascolari è stimato intorno ai 13,4 miliardi di euro, comprendendo sia i costi sanitari diretti sia quelli indiretti legati alla perdita di produttività dei pazienti e dei caregiver ⁹.

Negli ultimi anni, associazioni come la World Stroke Organization e la Europe Stroke Organisation (ESO) hanno promosso iniziative e campagne mirate a sviluppare programmi completi per il miglioramento dei servizi, la definizione di linee guida, l'elaborazione di azioni preventive e la fissazione di obiettivi futuri nella gestione dell'ictus. Tra i progetti più recenti e significativi si annoverano, a livello globale, la Global Stroke Action Coalition e la Global Stroke Alliance, mentre in ambito europeo l'European Stroke Action Plan (SAP-E), l'ESO Enhancing and Accelerating Stroke Treatment (ESO EAST) e il progetto Angels ^{10,11}.

1.3 Tipologie

In base all'eziologia è possibile distinguere le lesioni cerebrali correlate all'ictus in ischemiche ed emorragiche.

L'ictus ischemico si verifica quando un vaso che irrorava l'encefalo viene ostruito, determinando un'ischemia. Rappresenta circa l'85-87% di tutti gli episodi ictali, con tasso di mortalità globale stimato, nel 2021, pari a 44,18 per 100.000 eventi ischemici ⁸.

La causa principale di questa tipologia di ictus è l'aterosclerosi, ovvero una malattia vascolare infiammatoria cronica e degenerativa caratterizzata da un'alterazione delle pareti delle arterie di

medio e grosso calibro, con conseguente perdita di elasticità e deposito di placche lipidiche, chiamate ateromi. Quest'ultime determinano indurimento e restringimento del lume vasale.

I depositi aterosclerotici possono causare due tipi di ostruzione che possono a loro volta determinare:

- la trombosi cerebrale, cioè la formazione di un coagulo di sangue in corrispondenza di una placca lipidica all'interno di un vaso cerebrale;
- l'embolia cerebrale, cioè la formazione di un coagulo in sede cardiaca o in un altro distretto del sistema circolatorio. Una parte del coagulo può staccarsi, entrare nel flusso ematico e raggiungere i vasi cerebrali, occludendo quelli troppo piccoli per consentirne il passaggio.

Una delle principali cause di embolia è la fibrillazione atriale ¹².

In alcuni casi si verificano episodi ischemici transitori (TIA – *Transient Ischemic Attack*) caratterizzati da un blocco temporaneo del flusso sanguigno al cervello. Sono eventi la cui durata sintomatologica varia da pochi minuti a un massimo di 24 ore. I soggetti che presentano un TIA hanno un elevato rischio di recidive o di evoluzione in un ictus completo (circa 1 persona su 5 entro 90 giorni) ¹³. È stato inoltre riscontrato che, nei TIA di durata superiore a un'ora, si possano evidenziare lesioni alle neuroimmagini ¹⁴.

L'ictus emorragico, invece, rappresenta circa il 13-15% dei restanti episodi ictali. Esso si verifica a seguito della rottura di un vaso cerebrale, con conseguente fuoriuscita di sangue nei tessuti cerebrali circostanti. L'emorragia determina un accumulo ematico che comprime il parenchima cerebrale. Le principali cause sono la presenza di un aneurisma o di una malformazione artero-venosa (MAV) ¹⁵.

In base alla sede colpita, l'ictus emorragico si divide in due tipologie:

- Intracerebrale: il versamento ematico interessa direttamente il tessuto cerebrale;
- Subaracnoideo: il sangue si riversa nello spazio subaracnoideo, situato tra gli strati interni ed esterni delle meningi che ricoprono il cervello ¹⁶.

Il tasso di mortalità globale stimato nel 2021 è stato pari a circa 39,09 per 100.000 casi per l'ictus intracerebrale e a circa 4,18 per 100.000 per l'ictus subaracnoideo ⁸.

1.4 Fattori di rischio

I fattori di rischio associati all'insorgenza di una patologia si distinguono in modificabili, ovvero suscettibili di intervento attraverso strategie preventive o terapeutiche, e non modificabili, legati a caratteristiche intrinseche dell'individuo e quindi non influenzabili.

I fattori non modificabili sono ^{14,17}:

- Età: è documentato come l'incidenza della patologia aumenti con l'avanzare delle fasce d'età²;
- Sesso: la malattia colpisce più donne che uomini nel corso della vita, anche se l'incidenza e la prevalenza possono inizialmente essere più elevate negli uomini. Le donne, in particolare,

presentano una maggiore mortalità e peggiori esiti post-ictus in termini di disabilità, depressione e demenza. Uno studio condotto dall'ASA (American Stroke Association) evidenzia che, nei casi di ictus giovanile (sotto i 45 anni), l'ictus ischemico colpisce più donne che uomini, con un rischio maggiore del 44% ¹⁸;

- Storia di gravidanza patologica per eventi ostetrici negativi placentati;
- Menopausa precoce;
- Fattori genetici ed etnici;
- Precedente ictus, TIA o infarto: studi recenti stimano che il 26% degli individui possa andare incontro a recidiva entro 5 anni ¹⁹.

I fattori modificabili sono ^{14,17}:

- Ipertensione arteriosa;
- Fibrillazione atriale e altre cardiopatie;
- Ipertrofia ventricolare sinistra;
- Diabete mellito;
- Dislipidemia;
- Obesità e dieta;
- Fumo di sigaretta e consumo di alcool;
- Ridotta attività fisica;
- Anemia a cellule falciformi.

Diviene quindi di vitale importanza elaborare programmi di prevenzione volti a ridurre il più possibile i fattori di rischio, promuovendo al contempo strategie di gestione multidisciplinare, educazione e informazione, per affrontare correttamente questa patologia.

1.5 Manifestazioni cliniche

La principale manifestazione clinica dell'ictus è rappresentata dall'esordio improvviso di un deficit neurologico focale (o globale), seguito da alterazioni funzionali che possono raggiungere la massima espressione in pochi minuti e persistere oltre le 24 ore. Tuttavia, determinare con precisione il momento di insorgenza può risultare complesso nei casi in cui il paziente si risvegli già sintomatico, oppure quando l'evento si verifica in assenza di testimoni e il soggetto non è in grado di riferire la cronologia degli eventi, a causa di alterazioni dello stato di coscienza, deficit cognitivi o afasia. In tali circostanze, il tempo d'insorgenza viene identificato con l'ultima volta in cui il paziente è stato osservato in condizioni neurologiche normali ("*last known well*") ²⁰.

Essendo un'emergenza medica, l'ictus richiede una gestione e un trattamento quanto più tempestivi possibile, al fine di ridurre conseguenze gravi quali morte e disabilità cognitive e funzionali.

Alla fine degli anni Novanta sono stati sviluppati diversi strumenti di screening pre-ospedaliero con l'obiettivo di facilitare il riconoscimento precoce dell'ictus acuto e permettere un rapido accesso alle cure mediche. Tra i più utilizzati si annoverano la Cincinnati Prehospital Stroke Scale (CPSS), la FAST e la LA Prehospital Stroke Scale (LAPSS) ^{21,22}. Tra questi strumenti, la FAST risulta quella con la sensibilità più elevata (85%) ²³. L'acronimo identifica i principali segnali d'allarme: Face drooping (se presenti alterazioni nell'emivolto), Arm weakness (debolezza o difficoltà nell'elevazione di un arto superiore), Speech difficulty (difficoltà di linguaggio o eloquio confuso), Time (che evidenzia la necessità di un intervento immediato trattandosi di un'emergenza sanitaria). Negli anni successivi sono state sviluppate delle versioni alternative, tra cui la BE-FAST, che aggiunge due parametri: Balance (perdita di equilibrio) ed Eyes (disturbi visivi improvvisi o perdita di un emicampo visivo). Uno studio recente ha evidenziato che, rispetto alla FAST che se usata singolarmente non individuava il 14% dei pazienti con ictus ischemico, la scala BE-FAST riduce questa percentuale al 4,4%, garantendo quindi una maggior accuratezza ²³.

1.6 Diagnosi e valutazione

L'ictus è un'emergenza medica che deve essere prontamente riconosciuta in ambito ospedaliero, al fine di ridurre al minimo il rischio di futura disabilità o, nei casi peggiori, la morte. Una corretta diagnosi richiede non solo la raccolta di dati anamnestici, ma anche l'impiego di strumenti clinici e diagnostici adeguati.

Le linee guida del 2019 dell'AHA/ASA per la gestione dell'ictus ischemico acuto raccomandano che tutti i pazienti ricevano un esame di imaging cerebrale d'urgenza al momento dell'arrivo in ospedale. Le metodiche più appropriate e comunemente utilizzate sono la Tomografia Computerizzata (TC) senza contrasto e la Risonanza magnetica (RM) ²⁴.

La TC rappresenta l'esame più diffuso grazie alla sua sicurezza, alla rapidità di esecuzione e alla sua ampia disponibilità in quasi tutte le strutture ospedaliere. Tuttavia, fatta eccezione per alcuni segni come le arterie iperdense indicative di un trombo acuto, il parenchima cerebrale appare spesso normale nelle prime ore dall'esordio. Alterazioni ischemiche precoci possono essere rilevate in circa il 60% dei pazienti entro 6 ore, mentre la lesione ischemica, corrispondente a un determinato territorio vascolare, si rende evidente in media dopo 24-72 ore dall'esordio dei sintomi, presentandosi come un'area ipodensa ²⁵⁻²⁷.

Il principale punto di forza della TC è l'elevata sensibilità nel rilevare l'emorragia intracerebrale, che si manifesta con un aspetto iperdenso. La distinzione immediata dell'eziologia è fondamentale, poiché quella a carattere emorragico rappresenta una controindicazione assoluta alla terapia trombolitica ²⁶.

Sebbene la RM sia più specifica e sensibile rispetto alla TC, il suo utilizzo nella diagnosi iniziale di ictus ischemico acuto è limitato a causa del costo più elevato, dei tempi di acquisizione prolungati, della minore disponibilità e della complessità organizzativa. Pertanto, il suo impiego nella fase acuta è riservato solo a indicazioni specifiche, sebbene fornisca informazioni diagnostiche più precise per l'impostazione delle cure successive ²⁶.

Grazie alle sequenze di perfusione e diffusione, la RM è in grado di identificare precocemente l'edema e l'evoluzione del tessuto cerebrale verso l'infarto. Si tratta di una metodica ad alta sensibilità nel rilevare l'infarto cerebrale, particolarmente utile per selezionare i pazienti candidabili alla trombolisi, soprattutto in coloro che giungono all'osservazione tra 6 e 24 ore dall'esordio dei sintomi^{25,27}.

1.7 Trattamento

Secondo le linee guida italiane SPREAD VIII per il trattamento dell'ictus è fortemente raccomandato, entro le 48 ore dal ricovero, attivare il team multidisciplinare deputato alla presa in carico del paziente ed elaborare, in prima istanza, un progetto riabilitativo individuale. Tale progetto deve essere articolato in programmi applicati dalle figure professionali disponibili ed appropriate (medico, fisioterapista, logopedista, neuropsicologo, terapeuta occupazionale ed infermiere), al fine di garantire al paziente un livello di intensità del trattamento riabilitativo adeguato alle condizioni cliniche ed alle potenzialità di recupero ^{14,28}.

Nella fase acuta e subacuta il focus del trattamento è rivolto alla stabilizzazione clinica, alla prevenzione di complicanze legate all'immobilità e alla promozione del recupero funzionale.

Una volta stabilizzato il quadro clinico, il paziente intraprende tempestivamente un percorso di riabilitazione intensiva in ambito ospedaliero, che si protrarrà per l'intera durata della degenza.

È raccomandato, già entro le prime 24 ore, avviare interventi di mobilitazione precoce e attività a intensità lieve/moderata, salvo controindicazioni mediche. Sono invece controindicate, nel medesimo arco temporale, attività intensive come verticalizzazioni del paziente, soprattutto nei casi di ictus severo o emorragico ^{14,28}.

Inoltre, la rieducazione all'attività del cammino e al recupero dell'arto superiore paretico dovrebbe essere avviata entro i primi 30 giorni e comunque non oltre i 3 mesi dall'esordio, per sfruttare la finestra di maggior recupero funzionale possibile e prevenire il fenomeno del "*learned non-use*". Parallelamente, è raccomandata l'esecuzione regolare di esercizi aerobici, volti a migliorare le abilità di deambulazione e l'endurance nei pazienti con ictus lieve-moderato ¹⁴.

Durante tutte le fasi dell'ictus, la riabilitazione è centrata sul recupero delle abilità compromesse e potenzialmente recuperabili come il movimento, il linguaggio, la forza e le attività della vita

quotidiana (ADL - *Activity of Daily Living*) e si fonda sui principi di intensità, ripetitività e approccio “task-oriented”^{14,28,29}.

Al termine della degenza ospedaliera segue una fase di riabilitazione estensiva, in centri specialistici o in regime di assistenza domiciliare, destinata ai pazienti con limitate potenzialità di recupero o eventuali regressioni cliniche, con l’obiettivo di massimizzare l’autonomia residua e adattare l’ambiente alle esigenze del paziente e dei suoi caregiver²⁸.

1.8 Riabilitazione dell’arto inferiore

I deficit agli arti inferiori sono una delle conseguenze più comuni post-ictus, con ripercussioni importanti su mobilità, autonomia e qualità di vita. Tra gli obiettivi primari della riabilitazione figurano il recupero delle capacità motorie, del cammino e dell’equilibrio, sia statico che dinamico. Le difficoltà nella deambulazione e nella stabilità posturale derivano da manifestazioni cliniche tipiche della patologia, quali debolezza muscolare, alterazione del tono, della sensibilità e della coordinazione^{30,31}.

Studi recenti hanno documentato come i muscoli quadricipiti, gli ischiocrurali e i tricipiti surali siano soggetti a una riduzione della sezione trasversa muscolare, in particolare nell’arto paretico^{32,33}. Tali alterazioni, associate ad asimmetrie di carico e a modificazioni del timing di attivazione durante il ciclo del passo, determinano una riduzione della velocità del cammino, minor resistenza, instabilità e aumento del rischio di caduta^{34,35}.

Tra le principali metodologie riabilitative per il recupero motorio troviamo:

- l’esercizio terapeutico specifico: programmi di rinforzo progressivo, sia isometrico che isotonic, focalizzati ai principali gruppi muscolari precedentemente citati. È stato dimostrato che tali esercizi migliorano forza e velocità del cammino^{32,36}. Inoltre, esercizi funzionali, come sit-to-stand o step-up favoriscono il trasferimento della forza alle ADL³⁷.
- Allenamento del cammino (*gait training*): l’utilizzo del tapis roulant, con o senza supporto del peso corporeo (BWST - *Body Weight Supported Treadmill*), è associato a miglioramenti dell’equilibrio e della deambulazione rispetto alla fisioterapia convenzionale, soprattutto in fase subacuta³⁸. Il gait training orientato al compito stimola il controllo motorio adattivo e favorisce l’autonomia nel cammino³⁹.
- Tecnologie e approcci complementari: la stimolazione elettrica funzionale (FES - *Functional Electrical Stimulation*) agli arti inferiori migliora il ciclo del passo e riduce il foot drop⁴⁰. La robotica e gli esoscheletri forniscono un’elevata intensità di esercizio, con effetti positivi su velocità e resistenza nel cammino⁴¹. Tecniche aggiuntive, come la mirror therapy o la motor imagery supportano il reclutamento motorio nelle fasi iniziali di recupero⁴².

In conclusione, la forza dell'arto inferiore rappresenta uno dei principali predittori del recupero del cammino indipendente ^{30,34}. Gli studi scientifici più recenti indicano che l'integrazione di esercizi di rinforzo mirati assieme al training del cammino ed esercizi per l'equilibrio costituisce una strategia ottimale per massimizzare il recupero ^{32,36,38}. Inoltre, l'utilizzo di scale di valutazione oggettive come, ad esempio, 10-Meter Walk Test e Berg Balance Scale permette di monitorare i progressi e adattare il percorso riabilitativo alle esigenze del paziente ^{31,37}.

CAPITOLO 2 - L'ESERCIZIO ISOCINETICO

2.1 Introduzione generale

L'esercizio isocinetico rappresenta una modalità di allenamento della forza comunemente impiegato sia a fini valutativi sia in ambito riabilitativo. Si avvale di macchinari specifici che consentono al muscolo di esprimere la massima potenza mantenendo una velocità costante, permettendo quindi la contrazione muscolare a ritmo costante attraverso contrazioni isocinetiche. In questo modo si riesce ad acquisire forza in modo uniforme lungo tutta la gamma di movimento.

Queste attrezzature consentono di isolare e controllare con precisione il movimento del muscolo interessato, regolando il ritmo dell'esercizio mediante una resistenza variabile lungo l'intero arco di movimento. La velocità e l'ampiezza di quest'ultimo possono essere personalizzate in base alle esigenze individuali. Inoltre, grazie a differenti accessori applicabili è possibile adattare l'allenamento a gruppi muscolari specifici.

Un confronto utile può essere fatto con l'esercizio isotonico, caratterizzato dall'applicazione di una tensione costante ai muscoli durante un movimento completo, tipico della maggior parte degli esercizi di forza tradizionali (ad esempio curl con manubri o squat).

A differenza del lavoro isotonico, il lavoro isocinetico necessita di macchinari dedicati, generalmente progettati per isolare il movimento di una singola articolazione, rendendolo meno pratico per coloro che hanno come obiettivo principale l'aumento della forza o della massa muscolare complessiva.

Di conseguenza, l'allenamento isocinetico viene solitamente impiegato solo in contesti clinici e riabilitativi controllati, solitamente sotto la supervisione di professionisti qualificati.

Tra i principali benefici documentati in letteratura troviamo:

- l'efficacia in contesti riabilitativi ortopedici, sportivi e neurologici (ad esempio nella riabilitazione post-ictus);
- una maggior efficacia, in alcuni casi, nell'incremento delle prestazioni funzionali rispetto agli esercizi isotonici o isometrici (secondo uno studio del 2018 ⁴³);
- il miglioramento di parametri quali tono muscolare, forza, flessibilità, equilibrio e coordinazione, analogamente ad altre tipologie di esercizi di rinforzo.

In linea generale, l'esercizio isocinetico è considerato sicuro e associato a un basso rischio di complicanze. Il controllo della velocità e della resistenza riduce la possibilità di sovraccarico, rendendolo adatto a soggetti in fase di recupero post-infortunio.

Secondo una revisione della letteratura del 2015, l'esercizio isocinetico sembra risultare persino più sicuro di altri tipi di allenamento durante la riabilitazione. Il meccanismo di resistenza della macchina, infatti, si disattiva automaticamente in caso di dolore o disagio, proteggendo così il paziente da potenziali infortuni come stiramenti muscolari o altre complicazioni ⁴⁴.

2.2 Ambiti di applicazione

Come già introdotto precedentemente, l'esercizio isocinetico viene impiegato in diversi contesti riabilitativi che spaziano dalle patologie ortopediche agli infortuni sportivi, fino alle patologie di natura neurologica.

In ambito ortopedico, diversi studi hanno evidenziato l'efficacia dell'esercizio isocinetico nel trattamento dell'osteoartrosi del ginocchio. In particolare, tale modalità di esercizio è stata associata a un significativo miglioramento del ROM articolare, della forza muscolare, della stabilità articolare, della salute e del nutrimento della cartilagine. Inoltre, vi è un beneficio clinico nella riduzione del dolore e della rigidità dell'articolazione del ginocchio ⁴⁵.

Per quanto riguarda il low back pain aspecifico, ovvero il dolore lombare non riconducibile a una specifica causa pato-anatomica, l'allenamento isocinetico ha mostrato, seppur con evidenze di qualità limitata secondo la classificazione GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*), una riduzione del dolore e della disabilità, con effetti mantenuti fino a sei mesi di follow-up ⁴⁶.

Nel contesto sportivo e post-chirurgico, l'allenamento isocinetico è stato valutato negli atleti sottoposti a intervento al ginocchio. Rispetto all'allenamento isotonico, esso si è dimostrato più efficace nel ripristinare l'equilibrio di forza tra ischiocrurali e quadricipiti, portando quindi a cambiamenti più favorevoli a livello di massa muscolare. L'attività isocinetica si correla inoltre al raggiungimento dei criteri di ritorno all'attività sportiva, pertanto dovrebbe essere inclusa come una delle principali strategie di ripristino della forza nelle fasi iniziali e intermedie del recupero post-chirurgico ⁴⁷.

Infine, in ambito neurologico, l'utilizzo dell'esercizio isocinetico nei casi post-ictus ha mostrato risultati positivi e incoraggianti nell'incremento della forza muscolare, nella mobilità e nella velocità del cammino, rappresentando dunque un valido supporto ai programmi di riabilitazione neuromotoria ⁴⁸.

CAPITOLO 3 - OBIETTIVO DELLA REVISIONE

3.1 Obiettivo della revisione

L'obiettivo del presente lavoro di tesi è analizzare lo stato dell'arte della letteratura scientifica per quanto riguarda l'efficacia dell'esercizio isocinetico nella riabilitazione post-ictus degli arti inferiori, con particolare attenzione agli outcome relativi all'equilibrio e al cammino. Come descritto nel primo capitolo, è stato evidenziato, infatti, come la rieducazione del cammino rivesta un ruolo cruciale se intrapresa tempestivamente, ovvero entro i primi 30 giorni e non oltre i 3 mesi dall'evento ictale, al fine di favorire il massimo recupero funzionale possibile e migliorare la qualità di vita nelle ADL.

Il presente studio si propone quindi di approfondire in che misura l'allenamento isocinetico possa essere un valido strumento per ottimizzare il recupero funzionale e promuovere una maggior autonomia nel paziente colpito da ictus.

CAPITOLO 4 - MATERIALI E METODI

Pur trattandosi di una revisione narrativa, per questo lavoro si è comunque scelto di utilizzare come riferimento operativo le linee guida PRISMA 2020 in modo da garantire un certo rigore metodologico. Tuttavia, non è stata svolta la valutazione della qualità metodologica e del rischio di bias degli studi presi in considerazione e per la sezione dedicata ai risultati e alla discussione si è optato per una descrizione narrativa dei principali elementi emersi dall'analisi degli articoli selezionati.

4.1 Criteri di eleggibilità

La revisione è stata pianificata ed elaborata includendo il modello PICO, riportato di seguito (*Tabella 1*).

Population	Pazienti post-ictus
Intervention	Esercizio isocinetico degli arti inferiori
Comparison	Qualsiasi altra tipologia di trattamento convenzionale
Outcome	Equilibrio e cammino

Tabella 1 - Descrizione PICO

4.2 Strategie di ricerca

Nel periodo compreso tra gennaio 2025 ed aprile 2025 è stata condotta una ricerca bibliografica nei principali database scientifici quali PubMed, PEDro, Scopus, Cochrane Library, ResearchGate e Google Scholar, con l'obiettivo di individuare articoli pertinenti al quesito clinico, in grado di offrire una panoramica o una descrizione dell'intervento terapeutico oggetto di studio.

Per la selezione degli articoli sono state identificate parole chiave basate sul modello PICO sopra descritto.

La ricerca su PubMed è stata condotta utilizzando parole chiave combinate mediante gli operatori booleani AND e/o OR.

Nel database PEDro la ricerca è stata eseguita combinando le parole chiave "isokinetic" e "stroke" nella sezione Title/Abstract della funzione di ricerca avanzata.

Su Scopus è stata utilizzata la seguente stringa: ("isokinetic" OR "isokinetic strengthening" OR "isokinetic training") AND ("stroke").

In Cochrane Library la ricerca avanzata nella sezione Title/Abstract ha impiegato la stessa stringa di ricerca di Scopus.

Allo stesso modo, nel portale ResearchGate è stata utilizzata la medesima stringa di Scopus.

In Google Scholar, invece, sono stati utilizzati gli stessi termini di ricerca associati con operatori booleani.

In tutti i database consultati è stato applicato il filtro comune relativo all'intervallo di pubblicazione 2015-2025, ad eccezione di ResearchGate dove questa procedura è stata svolta direttamente dal revisore.

Per la ricerca attraverso PubMed è stato inoltre utilizzato il filtro relativo all'età (Adult +19 years).

Nella *tabella 2* vengono riportate le stringhe di ricerca utilizzate per ogni database, con le rispettive parole chiave.

Database	Search Terms
PubMed	("isokinetic" OR "isokinetic strengthening" OR "isokinetic training") AND ("stroke")
PEDro	Abstract & Title: "isokinetic" AND "stroke"
Scopus	("isokinetic" OR "isokinetic strengthening" OR "isokinetic training") AND ("stroke")
Cochrane Library	("isokinetic" OR "isokinetic strengthening" OR "isokinetic training") AND ("stroke")
ResearchGate	("isokinetic" OR "isokinetic strengthening" OR "isokinetic training") AND ("stroke")
Google Scholar	("isokinetic" OR "isokinetic strengthening" OR "isokinetic training") AND ("stroke")

Tabella 2 - Stringhe di ricerca utilizzate

4.3 Selezione degli articoli

Successivamente è stato avviato il processo di selezione degli articoli. Per garantire la coerenza con il quesito di ricerca e con gli obiettivi della revisione, sono stati applicati i seguenti criteri di inclusione ed esclusione (*Tabella 3*).

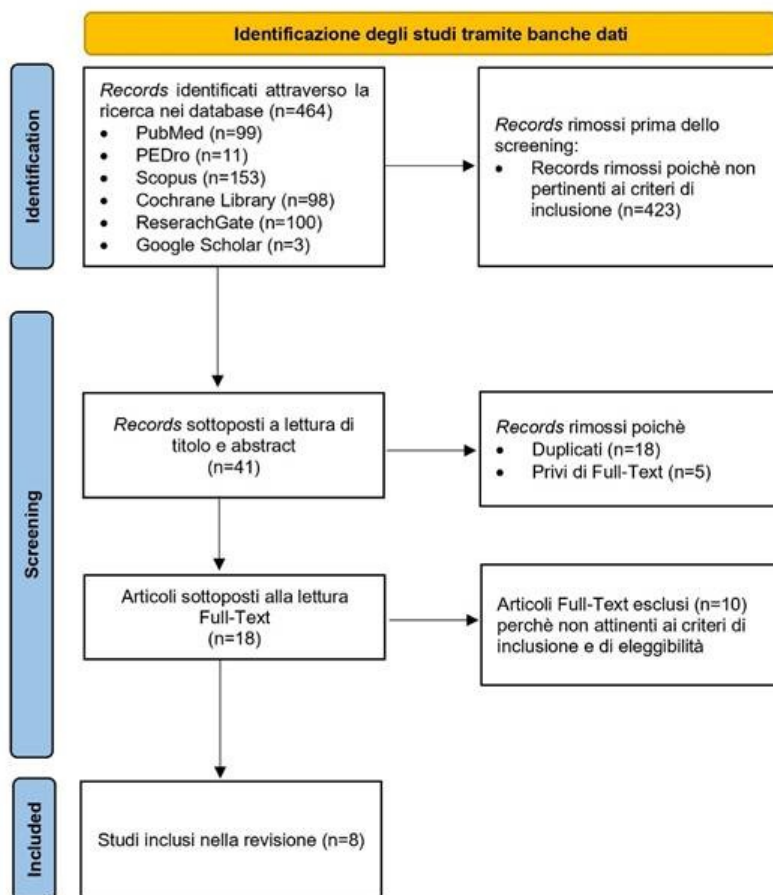
CRITERI DI INCLUSIONE	CRITERI DI ESCLUSIONE
Pazienti che abbiano subito un ictus	Pazienti senza storia di ictus
Nessun limite di lingua di pubblicazione	Articoli che non utilizzassero l'allenamento isocinetico degli arti inferiori come intervento riabilitativo principale nel gruppo sperimentale
Articoli che proponessero l'esercizio isocinetico degli arti inferiori come intervento riabilitativo	Studi non terminati
Età dei pazienti ≥ 18 anni	Studi che non considerassero gli outcome definiti nel modello PICO
Data pubblicazione degli articoli ultimi 10 anni	Studi che non proponessero l'intervento riabilitativo isocinetico degli arti inferiori

Tabella 3 - Criteri di inclusione ed esclusione

Dopo aver ottenuto i risultati e applicato i criteri di inclusione ed esclusione, gli articoli sono stati sottoposti a screening sulla base del titolo e dell'abstract, al fine di individuare quelli eleggibili per la revisione. Gli articoli selezionati sono stati quindi letti interamente e verificati in base alla loro aderenza ai criteri prestabiliti.

Non sono stati utilizzati strumenti di automazione per la selezione e l'intera procedura è stata svolta da un singolo revisore.

Viene riportata a seguire la flow chart che riassume la procedura di selezione degli articoli.



PRISMA flow chart per la selezione degli studi

4.4 Raccolta dati

Selezionati gli articoli, da ciascuno di essi sono state estratte le principali informazioni utili ai fini della revisione: autore, anno di pubblicazione, caratteristiche del campione, interventi proposti, outcome analizzati. Il processo è stato svolto da un singolo revisore.

CAPITOLO 5 - RISULTATI

5.1 Risultati della selezione degli studi

Il processo di ricerca iniziale ha prodotto 464 risultati: 99 da PubMed, 11 da PEDro, 153 da Scopus, 98 da Cochrane Library, 100 da ResearchGate, 3 da Google Scholar. Di questi, 423 sono stati scartati in quanto non rispettavano i criteri di inclusione e non inerenti all'argomento della revisione. Dopo aver letto titolo e abstract dei rimanenti, sono stati considerati eleggibili 41 studi. Di questi, 33 studi sono stati esclusi in quanto duplicati, non aderenti ai criteri della revisione e con testo non disponibile interamente.

La revisione ha quindi incluso e analizzato 8 studi, che hanno soddisfatto i criteri di inclusione predefiniti.

La schematizzazione del processo può essere visualizzata nel PRISMA flow chart, presente nel capitolo precedente alla sezione 4.3.

5.2 Caratteristiche degli studi

Gli otto articoli selezionati, pubblicati tra il 2015 e il 2024, comprendono quattro RCT⁴⁹⁻⁵², tre studi controllati non randomizzati⁵³⁻⁵⁵ e un case report⁵⁶. Il numero totale di pazienti inclusi è pari a 280, con un'età media di 54 anni e una media di 35 partecipanti per studio.

In base ai dati riportati, i pazienti post-ictus si trovavano prevalentemente in fase cronica (oltre i 6 mesi dall'evento) in cinque articoli^{49,51,53,55,56} mentre nei restanti tre^{50,52,54} erano in fase subacuta (entro i 6 mesi dall'evento).

In due studi, oltre all'intervento principale di training isocinetico degli arti inferiori, sono stati combinati ulteriori trattamenti nel gruppo di intervento, rispettivamente l'utilizzo di tossina botulinica e l'impiego di un robot riabilitativo per gli arti inferiori^{51,55}.

La durata dei protocolli di intervento variava tra le 3 e le 8 settimane, con una frequenza compresa tra 3 e 7 sessioni settimanali. In quattro studi^{49,50,52,53} l'intero campione di pazienti ha partecipato anche ad un programma di riabilitazione post-ictus convenzionale.

Gli outcome maggiormente considerati sono stati il picco di forza isocinetica nei diversi distretti muscolari degli arti inferiori (in sette articoli^{49-53,55,56}) e il Six-Minute Walking Test (6MWT) (in quattro articoli^{49,51,52,56}). Tra le altre variabili analizzate figurano i parametri spazio-temporali del cammino, la Berg Balance Scale (BBS), il Timed Up and Go Test (TUG) e il 10-Meter Walk Test (10mWT), indagati rispettivamente in quattro^{49,51,53,54}, due^{52,55}, due^{50,52} e due articoli^{51,52}.

Le caratteristiche sommarie di ciascuno studio sono riportate nella tabella seguente (*Tabella 4*).

Autore, data	Popolazione	Intervento	Età media (in anni)	Tempo dall'evento (in mesi)	Misurazioni	Outcome
Singhal et al., 2017 ⁴⁹	30 partecipanti Diagnosi: emiparesi in esiti di ictus	Gruppo 1 (n=15, 13 M 2 F): Rinforzo isocinetico: FKT convenzionale + rinforzo isocinetico globale AAII (3 serie con 5 ripetizioni a velocità angolare 60°/s). Durata: 6 settimane, 3 sessioni/settimana	47.93 ± 8.08	4-18 (media 10.27 ± 4.49)	Baseline, 6 settimane	-Picco di forza (PT) -6MWT -Lunghezza del passo paretico e non paretico tramite metodo delle impronte
		Gruppo 2 (n=15, 13 M 2 F): Rinforzo funzionale: FKT convenzionale + attività di passo, attività di carico, attività su step, passaggi posturali, attività di ponte. Durata: 6 settimane, 3 sessioni/settimana	54.60 ± 7.72	5-21 (media 11.87 ± 5.04)		
An C.-M., Roh J.-S., 2019 ⁵³	30 partecipanti Diagnosi: emiplegia cronica (>6 mesi) in esiti di ictus	Gruppo 1 (n=15, 8 M 7 F): esercizio isocinetico in CKC (leg press) + FKT convenzionale. 5 serie con 5 ripetizioni per 3	54.2 ± 12.4	59.8 ± 36.6	2/3 gg prima e dopo il protocollo di intervento	-Forza isocinetica ginocchio e caviglia (picco di forza/peso) -rapporto H/Q -senso di posizione del ginocchio

		<p>velocità angolari diverse. Durata: 45 min, 3 volte a sett., 6 sett.</p>				-Parametri spazio-temporali del cammino
		<p>Gruppo 2 (n=15, 9 M 6 F): esercizio isocinetico in OKC (estensione/flessione ginocchio) + FKT convenzionale. 5 serie con 5 ripetizioni per 3 velocità angolari diverse Durata: 45 min, 3 volte a sett., 6 sett.</p>	53.0 ± 8.7	57.0 ± 37.9		
Park S.-K., Kim J.-H., 2015 ⁵⁴	30 partecipanti Diagnosi: esiti di ictus	<p>Gruppo 1 (n=10): esercizio isocinetico eccentrico a bassa velocità (IET+SV) Durata: 8 settimane, 5 sessioni/settimana, 30 min/sessione.</p>	59.0 ± 4.1	5.4 ± 1.4	Baseline, 8 settimane	-EMG (%RVC) dei muscoli vasto laterale, vasto mediale, gastrocnemio -velocità del cammino (m/s) tramite analisi del cammino
		<p>Gruppo 2 (n=10): esercizio isocinetico eccentrico ad alta velocità (IET+FV) Durata: 8 settimane, 5 sessioni/settimana, 30 min/sessione.</p>	58.4 ± 4.2	5.3 ± 1.2		

		Gruppo 3 (n=10): sit to stand Durata: 8 settimane, 5 sessioni/settimana, 30 min/sessione.	58.7 ± 3.8	5.3 ± 0.8		
Chen C.-L. et al., 2015 ⁵⁰	24 partecipanti Diagnosi: emiparesi in esiti di ictus	Gruppo 1 (n= 12, 7 M 5 F) allenamento isocinetico concentrico ed eccentrico in flessione/estensione di ginocchio a 60°/s + FKT 1 serie = 5 ripetizioni in flessione + 5 ripetizioni in estensione Durata: 4 settimane, 5 giorni/settimana, 3 serie/sessione	64.7 ± 13.5	3.24 ± 1.36	Baseline, 4 settimane	-Forza ginocchio: isometrica ed isocinetica lato paretico e non paretico -SF-36: punteggi dei sottodomini e totale -TUG -hsCRP, IL-6, TNF- α plasmatici
		Gruppo 2 (n=12, 6 M 6 F) allenamento isotonic: resistenza al 60% del picco isometrico a 90° flessione di ginocchio + FKT convenzionale. 10 ripetizioni Durata: 4 settimane,	67.1 ± 11.9	3.16 ± 1.59		

		5 giorni/settimana, 3 serie/sessione				
Ma Haowei et al., 2021 ⁵⁵	90 partecipanti Diagnosi: esiti di ictus	Gruppo A (n=30, 18 M 12 F): training con robot per gli arti inferiori con mobilizzazioni, esercizi per l'equilibrio, passaggi posturali, attività di cammino. Durata: 6 settimane, 1 sessione di 40 min/die.	50.26 ± 7.15	NS, arruolati negli anni 2018-2020	Baseline, 6 settimane	-Forza arti inferiori: picco di forza estensori-flessori ginocchio (60°/s, 120°/s, 180°/s) -Funzione motoria: FMA -Equilibrio: BBS -Funzione del cammino: Holden Walking Function Classification
		Gruppo B (n=30, 19 M 11 F): training isocinetico flessori/estensori ginocchio. Durata: 6 settimane, 1 sessione di 20 min/die.	50.57 ± 6.25			
		Gruppo C (n=30, 17 M 13 F): training robot + isocinetico a flessori/estensori ginocchio. Durata: 6 settimane, 1 sessione di 1 ora/die.	51.57 ± 6.87			

Günaştı Ö. et al., 2024 ⁵⁶	1 partecipante Diagnosi: emiplegia destra in esiti di ictus ischemico.	Rinforzo isocinetico degli arti inferiori con progressioni da alte a basse velocità angolari, serie multiple di flessio- estensioni ginocchio. Durata: 4 settimane, 4 giorni/settimana.	38	13	Baseline, 4 settimane	-Circonferenza coscia -Composizione corporea (massa muscolare, % grasso) -6MWT -Forza isocinetica ginocchio a 60°/sec e 240°/sec -IPAQ-SF (attività fisica)
Cinone N. et al., 2019 ⁵¹	25 partecipanti Diagnosi: esiti di ictus cronico	Gruppo 1 (n=12, 8 M 4 F): Iniezione BoNT-A nei mm. gastrocnemi e soleo + training isocinetico caviglia. Durata: 5 volte/settimana per 4 settimane (20 sessioni da 50 min)	56.2 ± 8.9	66.4 ± 37.8	Baseline, 5 settimane, 8 settimane	-MAS -MI -TSA -10mWT -6MWT -Parametri spazio-temporali -Coppia resistente di picco (rPT) -picco di forza dorsiflessoria/plantiflessoria
		Gruppo 2 (n=13, 7 M 6 F): Iniezione BoNT-A nei mm. gastrocnemi e soleo + FKT convenzionale Durata: 5 volte/settimana per 4 settimane (20 sessioni da 50 min)	56.4 ± 7.0	43.9 ± 29.8		

Şen S.B. et al., 2015 ⁵²	80 partecipanti (50 con ictus, 30 in salute) Diagnosi: emiparesi in esiti di ictus.	Gruppo 1(n=25, 17 M 8 F): FKT convenzionale + training isocinetico bilaterale ginocchio- caviglia. Durata: 5 volte/settimana per 3 settimane.	51.3 ± 12.0	3 (2-8)	Baseline, 3 settimane	-FIM -SS-QOL -10mWT -6MWT -SCT -TUG -BBS -RMI -Picco di forza ginocchio e caviglia
		Gruppo 2 (n=25, 16 M 9 F): FKT convenzionale. Durata: 5 volte/settimana per 3 settimane.	55.4 ± 10.5	3 (2-9)		
		Gruppo 3 (n=30), soggetti in salute: svolgono solo le valutazioni isocinetiche alla baseline.	49.9 ± 8.8	/		

Tabella 4 – Caratteristiche degli studi

Lista delle abbreviazioni: FKT, fisiokinesiterapia; M, maschio; F, femmina; NS, non specificato; PT, peak torque-picco di forza isometrica; 6MWT, 6-Minute Walking Test; CKC, Closed Kinetic Chain; OKC, Open Kinetic Chain; H/Q, hamstring/quadriceps ratio; IET+SV, Isokinetic Eccentric Training + Slow Velocity; IET+FV, Isokinetic Eccentric Training + Fast Velocity; EMG, Elettromiografia; RVC, Reference Voluntary Contraction; SF-36, Short Form 36; TUG, Timed Up and Go test; FMA, Fugl-Meyer Assessment; BBS, Berg Balance Scale; IPAQ-SF, International Physical Activity Questionnaire - Short Form; MAS, Modified Ashworth Scale; MI, Motricity Index; TSA, Tardieu Score Angle; 10mWT, 10-Meter Walk test; rPT, resistive Peak Torque; FIM, Functional Independence Measure; SS-QOL, Stroke Specific Quality of Life; SCT, Stair Climbing Test; RMI, Rivermead Mobility Index; HsCRP, High-sensitivity C-Reactive Protein; IL-6, Interleuchina-6; TNF- α , Tumor Necrosis Factor α .

5.3 Sintesi degli studi

Viene riportata di seguito, in forma narrativa, una sintesi dei risultati emersi dalla revisione con l'obiettivo di illustrare le modalità di utilizzo del rinforzo isocinetico degli arti inferiori nella riabilitazione post-ictus, descrivendo i diversi protocolli applicati, gli outcome indagati e i principali elementi comuni e non presenti nei diversi studi analizzati.

Particolare sottolineatura è stata data all'impatto dei diversi approcci clinici e alle loro relative ricadute su variabili quali forza muscolare, prestazione del cammino, equilibrio e qualità della vita.

Per quanto riguarda l'efficacia generale del rinforzo isocinetico, uno dei primi studi considerati⁴⁹, un trial clinico randomizzato su 30 pazienti con emiparesi in esiti di ictus, ha confrontato un programma convenzionale di riabilitazione basato su attività di passo, esercizi di carico, attività su step, passaggi posturali e attività di ponte, con un rinforzo isocinetico globale degli arti inferiori ai muscoli flessori/estensori di anca e ginocchio e ai dorsiflessori/plantiflessori di caviglia, a una velocità angolare 60°/s. Entrambi i gruppi hanno mostrato incrementi nel picco di forza, nella distanza percorsa al 6-Minute Walking Test (6MWT) e nella lunghezza del passo rispetto alla baseline. Tuttavia solo il gruppo che aveva svolto il rinforzo isocinetico ha riportato miglioramenti statisticamente significativi ($p < 0.05$) nel picco di forza dei muscoli flessori/estensori e nel 6MWT. Questo mette in luce come un training isocinetico porti outcome maggiori rispetto a un rinforzo funzionale tradizionale.

Gli studi di An et al.⁵³ e Park et al.⁵⁴ hanno messo in luce differenti modalità di esecuzione dell'esercizio. Da questi due studi si evince come un'esecuzione in catena cinetica chiusa o a velocità lente influenzi un maggior reclutamento muscolare e una maggior capacità motoria.

In particolare, il primo ha analizzato le differenze tra un allenamento isocinetico eseguito in catena cinetica chiusa e uno in catena cinetica aperta, a tre diverse velocità angolari (90°/s, 120°/s, 150°/s), insieme ad un programma di fisioterapia convenzionale. Dopo l'intervento, entrambi i gruppi hanno mostrato miglioramenti rispetto alla baseline in tutti gli outcome, ma il gruppo sperimentale ha mostrato variazioni significative ($p < 0.01$) nel rapporto picco di forza/peso, nella velocità e nei parametri spazio-temporali del cammino, oltre che nel senso di posizione del ginocchio ($p < 0.05$).

Il secondo studio, un trial controllato non randomizzato condotto da Park et al.⁵⁴, ha messo a confronto tre diversi gruppi: il primo ha effettuato un training isocinetico a bassa velocità (1-13 RPM-*Revolutions Per Minute*), il secondo ad alta velocità (26-40 RPM) e il terzo un training incentrato sul sit-to-stand. Dopo otto settimane, il primo gruppo ha evidenziato risultati significativi ($p < 0.01$) dell'attività elettromiografica dei muscoli vasto laterale, mediale e gastrocnemio, oltre che nella velocità del cammino.

Tra gli articoli analizzati ve ne sono stati due che hanno messo a confronto, all'interno del loro protocollo riabilitativo, l'esercizio isocinetico con altre tipologie di rinforzo muscolare.

Lo studio di Chen et al.⁵⁰ ha messo a confronto l'allenamento isocinetico concentrico ed eccentrico in flessione/estensione di ginocchio a 60°/s, svolto dal gruppo sperimentale, e un allenamento isotonic con resistenza al 60% del picco isometrico a 90° di flessione di ginocchio, svolto dal gruppo di controllo. Entrambi i gruppi hanno svolto, inoltre, un programma convenzionale di riabilitazione post-ictus. Lo studio ha considerato come outcome la forza isometrica bilaterale del ginocchio, il tempo al TUG (Timed Up and Go test) e il punteggio totale e parziale del questionario SF-36 (Short Form 36), che valuta otto aree di salute. Terminato il protocollo di trattamento, si sono registrate variazioni significative ($p < 0.05$) nella forza dei flessori di ginocchio del lato emiparetico nel gruppo di intervento. Si evidenzia quindi una superiorità dell'utilizzo di una contrazione isocinetica rispetto ad una isotonica durante un programma riabilitativo post-ictus.

Nell'articolo di Ma et al.⁵⁵ è stato proposto un approccio combinato attraverso la suddivisione del campione di 90 partecipanti in tre gruppi. Un gruppo svolgeva un training robot-assistito per gli arti inferiori con mobilizzazioni, esercizi per l'equilibrio, passaggi posturali e attività di cammino, il secondo un training isocinetico dei flessori/estensori ginocchio e il terzo la combinazione dei due interventi. Gli outcome includevano la forza dei flessori-estensori di ginocchio a tre diverse velocità angolari, la funzione motoria degli arti inferiori valutata tramite la FMA, l'equilibrio valutato tramite la BBS e la funzione del cammino valutata attraverso la Holden Walking Function Classification, chiamata anche Functional Ambulation Category (FAC), una scala a 6 punti sviluppata per valutare la capacità di deambulazione di una persona in base alla quantità di supporto umano richiesto.

È stato evidenziato come il terzo gruppo fosse quello che ha ottenuto miglioramenti significativamente superiori ($p < 0.05$) relativamente alla forza del ginocchio e ai punteggi della BBS.

Un'altra combinazione terapeutica è stata studiata da Cinone et al.⁵¹ che hanno comparato l'iniezione di tossina botulinica (BoNT-A) nei tricipiti surali unita a un programma di rinforzo isocinetico con un protocollo di fisioterapia convenzionale post-ictus. Al follow-up il gruppo sperimentale ha mostrato variazioni significative ($p < 0.05$) nella Modified Ashworth Scale (MAS), nel Tardieu Score Angle (TSA), nel 10mWT, nel 6MWT, nel rPT e nel picco di forza dorsiflessoria, mentre nel gruppo di controllo si è ridotta la forza dei plantiflessori. Questi risultati indicano come un approccio integrato tra l'attività isocinetica e terapie complementari, come la robotica o la farmacologica, possa aumentare il recupero funzionale e ridurre la spasticità in un paziente con esiti di ictus.

Lo studio di Şen et al.⁵² ha invece indagato nel suo protocollo di intervento outcome più focalizzati sulla funzionalità e sulla qualità della vita del paziente post-ictus. Nello specifico ha analizzato i parametri di forza, la scala FIM, la Stroke Specific Quality of Life (SS-QOL), il 10mWT, il 6MWT,

lo Stair Climbing Test (SCT), il TUG, la BBS e il Rivermead Mobility Index (RMI). Veniva proposto un confronto tra un rinforzo isocinetico bilaterale di ginocchio e caviglia e un programma fisioterapico convenzionale. I risultati hanno dimostrato come nel gruppo sperimentale si siano misurati valori significativamente maggiori nei parametri di forza, equilibrio, mobilità e qualità della vita, confermando quindi il valore aggiunto di una proposta di rinforzo isocinetico.

Infine tra gli studi inclusi nella revisione vi è un case report, di Günaslı Ö. et al.⁵⁶, dove gli autori si propongono di indagare, oltre che la forza isocinetica a due differenti velocità angolari e il 6MWT, anche parametri non ancora indagati negli articoli precedenti come la misura della circonferenza della coscia, la massa muscolare e il livello di capacità fisica del paziente tramite l'IPAQ-SF (International Physical Activity Questionnaire - Short Form). Il paziente in esame ha effettuato un classico protocollo di rinforzo isocinetico progressivo per il ginocchio, con variazioni di velocità da 240°/s a 120°/s. I risultati dello studio mostrano un incremento dei valori in tutti gli outcome e, in particolare, nella distanza al 6MWT (+15%) e l'aumento di categoria nell'IPAQ-SF, da 2 (poco attivo) a 3 (molto attivo). Il deficit di forza tra arto paretico e controlaterale è diminuito al 21% negli estensori e al 2% nei flessori a 60°/s, al 14% negli estensori e al 31% nei flessori a 240°/s, mostrando quindi un recupero funzionale marcato. Si può concludere, quindi, come l'esercizio isocinetico mostri un miglioramento sia nel livello di capacità fisica sia in alcuni parametri antropometrici relativi ad un paziente emiparetico.

CAPITOLO 6 - DISCUSSIONE

Con questa ricerca si è voluto indagare, nell'attuale letteratura scientifica, l'impatto di un training isocinetico degli arti inferiori nei pazienti con esiti di ictus. Sono stati inclusi articoli che hanno valutato gli effetti di questa tipologia di intervento riabilitativo, ponendo attenzione in particolare a parametri quali il cammino e l'equilibrio.

Nonostante l'ictus e le varie metodiche riabilitative siano ampiamente descritte e in continuo aggiornamento in letteratura, considerata la grande incidenza a livello mondiale e l'impatto che questa patologia provoca, esistono pochi studi che si focalizzano sull'utilizzo degli strumenti isocinetici come proposta riabilitativa, in particolare per quanto riguarda le abilità motorie del paziente, come la deambulazione e l'equilibrio.

Essendo questa patologia fortemente invalidante e tenendo presente l'importanza di un approccio riabilitativo quanto più precoce possibile, secondo le linee guida aggiornate, è fondamentale rivolgere l'attenzione al cammino e a tutti i parametri ad esso correlati, per poter in primo luogo incrementare l'autonomia e la qualità di vita del paziente con esiti di ictus.

Dagli articoli presi in considerazione è emerso che gli studi che hanno analizzato l'equilibrio tramite scale come la BBS, la RMI, la SS-QOL, lo SCT e in parte il TUG, hanno riportato, in quasi la totalità, un significativo miglioramento nel gruppo che integrava l'esercizio isocinetico nel trattamento. Ad esempio, i risultati ottenuti nell'articolo di Şen et al.⁵² possono essere spiegati dall'adozione di un programma di rinforzo bilaterale degli arti inferiori, delineando quindi l'importanza di un focus non soltanto sull'arto emiparetico ma su entrambi gli arti inferiori. È infatti stato dimostrato che anche l'allenamento dell'arto non compromesso può portare benefici all'arto controlaterale grazie al meccanismo della cross-education, basato su modificazioni corticali (aumentata eccitabilità ipsilaterale, cambiamenti della connettività neurale e riduzione della inibizione interemisferica), adattamenti spinali e strategie di controllo⁵⁷. Anche l'utilizzo di strategie combinate, come la terapia robotica, promuove il recupero delle strategie di balance grazie a una migliore stimolazione fisiologica del sistema nervoso nei compiti funzionali⁵⁵.

Esistono evidenze che vi sia una forte correlazione tra forza muscolare, equilibrio e cammino in quanto tutte e tre queste variabili si influenzano vicendevolmente. Si è visto infatti come la forza muscolare (in particolare di ginocchio e caviglia) e l'equilibrio sono determinanti per la quantità del cammino durante la fase acuta e subacuta post-ictus e a sua volta, come la quantità giornaliera di cammino e gli aspetti cognitivi sono correlati con punteggi migliori alla BBS⁵⁸. Queste considerazioni sono evidenti, per esempio, nello studio di Şen et al.⁵², il quale, a differenza degli altri, ha indagato parametri correlati maggiormente alla funzionalità e all'autonomia.

Focalizzandosi sull'attività del cammino e, in particolare, nell'attività di un singolo arto inferiore, possiamo distinguere principalmente quattro fasi importanti del ciclo del passo: la fase di contatto iniziale, dove i muscoli estensori di anca e ginocchio si preparano all'accettazione del carico; la fase di risposta al carico, dove i muscoli precedenti aumentano l'intensità per stabilizzare tronco e arto; la fase terminale di appoggio, dove i muscoli della caviglia modulano la spinta del piede; la fase di oscillazione ottenuta grazie alla flessione d'anca e ginocchio. È possibile supporre che un aumento della forza in questi muscoli possa produrre un aumento della velocità, dell'endurance e dei parametri spaziali del passo con l'arto emiparetico. In particolare, la forza dei muscoli estensori di ginocchio è correlata con una maggior indipendenza funzionale nella parte motoria della scala FIM⁵⁹. In aggiunta, vi è la possibilità di un incremento della lunghezza del passo controlaterale, in quanto migliora l'abilità di accettazione del carico e la propulsione dell'arto più compromesso nella fase di appoggio intermedio (mid stance). Nell'articolo di Singhal et al.⁴⁹ queste affermazioni sono state confermate dai risultati ottenuti nell'incremento della lunghezza del passo bilaterale e, in modo significativo, nel 6MWT.

Nel cammino, ad ogni modo, oltre alla forza muscolare riveste una notevole importanza la propiocezione. Analizzando diverse modalità di allenamento, si è notato come un esercizio eseguito in catena cinetica chiusa (CKC) migliori le prestazioni propriocettive, stimolando i meccanocettori nei fusi muscolari intra-articolari nei pazienti con patologie del ginocchio, garantendo quindi una miglior stabilità nella fase di appoggio e, di conseguenza, una maggior lunghezza del passo dell'arto inferiore non interessato, oltre ad un miglioramento della simmetria spaziale dell'andatura⁴⁵.

Nello specifico l'asimmetria di carico è una delle manifestazioni cliniche che si evidenziano di più in un paziente post-ictus. Tipicamente, infatti, il paziente emiparetico ha difficoltà nel trasferimento di carico a causa di debolezza muscolare e di un'alterata propiocezione, che si riflette in un'asimmetria del pattern del cammino³⁵.

Spesso, la modalità di esecuzione del training isocinetico è in catena cinetica aperta (OKC). An et al.⁵³ hanno però confrontato queste due modalità, sfruttando le considerazioni precedenti relative alla validità dell'esercizio in CKC. Nel loro protocollo la fase di spinta in CKC era accompagnata dall'estensione di anca e ginocchio e dalla flessione plantare della caviglia, mentre la trazione era accompagnata dalla flessione di anca e ginocchio e dalla flessione dorsale della caviglia. Questo movimento ripetitivo dell'arto inferiore era simile al modello di andatura reale, proponendo quindi un movimento più funzionale e potenzialmente più accettabile per i pazienti durante l'esercizio. Inoltre, dai risultati si evince come questa modalità abbia contribuito ad una velocità del cammino più alta e un miglioramento dei parametri spazio-temporali del cammino, grazie al rinforzo dei muscoli della

caviglia e del ginocchio. In particolare, l'incremento di forza dei plantiflessori ha promosso una migliore fase propulsiva e ad una reazione al suolo più efficace ⁶⁰.

Sembrerebbe che l'esercizio isocinetico eseguito in OKC sia molto utile per stimolare ripetutamente e costantemente la massima contrazione concentrica, a discapito del fatto di interessare un singolo muscolo. D'altro canto, l'isocinetica in CKC produce contrazioni muscolari di più muscoli attorno alla zona bersaglio, mediante movimenti multiarticolari ⁶¹.

Altri aspetti rilevanti in un paziente con esiti di ictus sono manifestazioni quali debolezza e spasticità, due variabili, spesso presenti insieme, che rappresentano una difficoltà al recupero. Per esempio, un atteggiamento in piede equino, a causa della spasticità e successivamente di fenomeni di retrazione, inficia l'esecuzione di comuni e essenziali gesti motori come il sit-to-stand e il cammino ⁶².

Inoltre, i punteggi al TUG sembrano correlati a debolezza e spasticità ⁶³. Il TUG, che valuta la mobilità, è un test che mette alla prova tanti aspetti della funzione corporea come la forza muscolare, la potenza, la resistenza, l'equilibrio statico e dinamico, la coordinazione e la propriocezione. Miglioramenti nel tempo al TUG si registrano soprattutto in fase subacuta, come nello studio di Chen et al.⁵⁰, dove erano presenti pazienti con una media di tre mesi dall'evento ictale. La spiegazione dietro a questi incrementi si basa sul recupero più veloce della funzionalità degli arti inferiori in questa fascia, oltre che ad un'elevata frequenza di allenamento.

Come visto la presenza di spasticità è un elemento ostacolante all'interno del percorso riabilitativo. Un approccio che può ridurre e al contempo stesso lavorare su questo fenomeno, potrebbe essere l'utilizzo di contrazioni isocinetiche lente, come osservato nell'articolo di Park et al.⁵⁴, dove questa modalità ha riportato risultati significativi nella velocità del cammino e nell'attività muscolare.

La motivazione neurofisiologica alla base dell'utilizzo di questa metodica consiste nel fatto che, dopo un ictus, il drive neurale e il rate of force development (RFD), un valore che indica la forza esplosiva, sono compromessi: il sistema nervoso fa fatica a generare contrazioni rapide e ad elevata frequenza di scarica dei motoneuroni. L'allenamento lento produce quindi un miglior reclutamento e un adattamento neurale più efficace ⁶⁴.

Nella fase acuta e subacuta le contrazioni lente riducono l'attività riflessa patologica (spasticità), dipendente dalla velocità dello stiramento, e massimizzano l'attività volontaria, migliorando la produzione volontaria di forza e la qualità del gesto motorio. Uno stimolo e un training lento aumentano in primo luogo la forza massima e il controllo motorio che sono a loro volta prerequisiti per compiti più complessi e per velocità più elevate nelle fasi successive: ne è esempio evidente il cammino che contempla abilità e variabili dinamiche complesse (principio della specificità dell'allenamento).

Il recupero della forza e della massa muscolare, prevenendo fenomeni come la sarcopenia, ha mostrato di avere un effetto protettivo contro l'insorgenza di ictus ischemici ⁶⁵.

Ulteriori risultati emersi concernono l'impatto del rinforzo isocinetico sulla qualità della vita, valutata attraverso scale o questionari come SF-36 e l'IPAQ-SF, dove si sono registrati incrementi sia nella soddisfazione del paziente sia nel miglioramento dell'attività fisica. Un programma intenso, con un'elevata frequenza settimanale, sembra correlato quindi ad una miglior soddisfazione personale per le proprie capacità funzionali.

In sintesi, l'esercizio isocinetico degli arti inferiori, grazie alla regolazione dell'intervallo di resistenza e alla contrazione dell'intero muscolo, garantisce un bilanciamento tra fasi di lavoro e fasi di rilassamento ⁴⁴. Come osservato, questo incide su outcome relativi a cammino, equilibrio e forza muscolare portando infine a un miglioramento generale delle abilità funzionali e dell'autonomia del paziente con esiti di ictus.

Limiti dello studio

I limiti emersi nell'elaborazione della revisione e nella selezione degli articoli sono stati:

- l'utilizzo di un approccio narrativo senza una valutazione della qualità metodologica degli studi analizzati;
- l'assenza, nei criteri di inclusione ed esclusione, di alcun riferimento al livello di evidenza degli articoli;
- l'eterogeneità degli studi analizzati che proponevano modalità di esecuzione di allenamento isocinetico diverse tra loro;
- la scarsa numerosità campionaria e l'eterogeneità degli outcome considerati dagli studi;
- la diversità della fase clinica dei soggetti considerati negli studi (acuta/subacuta/cronica).

CONCLUSIONI

Attraverso questo lavoro di revisione narrativa si è voluto indagare l'impatto dell'esercizio isocinetico degli arti inferiori nella riabilitazione dei pazienti post-ictus, relativamente ad outcome quali il cammino e l'equilibrio.

Nonostante questa tipologia di strumento riabilitativo sia poco indagata nella letteratura scientifica, sono stati ottenuti risultati incoraggianti relativamente ai parametri osservati.

In merito alle implicazioni per la pratica clinica, i risultati evidenziati confermano come l'impiego dell'attività isocinetica all'interno di un programma riabilitativo possa contribuire a migliorare le abilità motorie del paziente arrivando ad influenzare la prestazione di abilità complesse, come l'equilibrio e il cammino, attraverso il lavoro su componenti basilari come la forza muscolare.

Le prove di efficacia relative alla combinazione dell'allenamento isocinetico con altri interventi terapeutici evidenziano come la sua integrazione all'interno della riabilitazione post-ictus possa essere strategica per aumentare il recupero delle abilità funzionali e della qualità di vita del paziente. Tuttavia, va considerato che l'applicazione dell'esercizio isocinetico risulta di difficile realizzazione a causa degli alti costi legati alle apparecchiature specifiche richieste per questo tipo di intervento e della loro scarsa presenza all'interno delle strutture riabilitative.

Infine, la presente revisione ha contribuito a mettere in luce la necessità di ulteriori studi volti ad indagare in modo più approfondito i parametri di applicazione del training isocinetico degli arti inferiori nel paziente con esiti di ictus, per poter arrivare a risultati maggiormente standardizzabili ed elaborare raccomandazioni per la pratica clinica più precise e definite. A questo scopo sarebbe auspicabile la realizzazione di nuovi studi randomizzati controllati con maggiore numerosità campionaria nonché protocolli e outcome condivisi e standardizzati.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Istituto Superiore di Sanità, (2024), "*L'ictus colpisce 12 milioni di persone nel mondo. Ma con la prevenzione si può evitare fino al 90% dei casi. Il punto sull'ictus con gli esperti Iss*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.iss.it/-/giornata-mondiale-dell-ictus-2024-colpisce-12-milioni-di-persone-nel-mondo-ma-con-la-prevenzione-si-puo-evitare-fino-al-90-dei-casi-il-punto-sull-ictus-con-gli-esperti-iss>
- 2 Società Italiana dell'Ipertensione Arteriosa, (2024), "*Ictus: i numeri in Italia*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://siia.it/per-il-pubblico/lietus/ictus-i-numeri-in-italia/>
- 3 Sacco R.L. et al., (2013), "*An Updated Definition of Stroke for the 21st Century: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association*", *Stroke*, Vol 44, n°7, pag 2064–2089.
- 4 World Stroke Organization, (2024), "*Impact of Stroke*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.world-stroke.org/world-stroke-day-campaign/about-stroke/impact-of-stroke>
- 5 Humanitas, (2025), "*Ictus cerebrale*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.humanitas.it/malattie/ictus-cerebrale/>
- 6 ANSA, (2025), "*Ictus, in Italia solo 6 pazienti su 10 accedono alle Stroke Unit*". Disponibile on-line all'indirizzo: https://www.ansa.it/canale_saluteebenessere/notizie/medicina/2025/01/29/ictus-in-italia-solo-6-pazienti-su-10-accedono-alle-stroke-unit_133b9de8-c26b-48b5-af33-aad4076c83ef.html
- 7 Feigin V.L. et al., (2025), "*World Stroke Organization: Global Stroke Fact Sheet 2025*", *International Journal of Stroke*, Vol 20, n°2, pag 132–144.
- 8 Martin S.S. et al, (2025), "*2025 Heart Disease and Stroke Statistics: A Report of US and Global Data From the American Heart Association*", *Circulation*, Vol 151, n°8, pag e41-e660.
- 9 la Repubblica, (2025), "*Infarto e ictus, screening mirato e buone abitudini riducono (di molto) il rischio*". Disponibile on-line all'indirizzo: https://www.repubblica.it/salute/dossier/sportello-cuore/2025/03/26/news/infarto_e_ictus_screening_mirato_e_buone_abitudini_riducono_di_molto_il_rischio-424087402/

- 10 World Stroke Organization (2025). Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.world-stroke.org/>
- 11 European Stroke Organisation (2025). Disponibile on-line all'indirizzo: <https://eso-stroke.org/>
- 12 American Stroke Association, (2025), "*Ischemic Stroke (Clots)*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.stroke.org/en/about-stroke/types-of-stroke/ischemic-stroke-clots>
- 13 American Stroke Association, (2025), "*Transient Ischemic Attack (TIA)*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.stroke.org/en/about-stroke/types-of-stroke/tia-transient-ischemic-attack>
- 14 ISA-AII, (2016), "*Ictus cerebrale: linee guida italiane di prevenzione e trattamento*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://isa-aii.com/linee-guida-spread-viii-edizione/>
- 15 World Stroke Organization, (2025), "*Types of stroke*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.world-stroke.org/world-stroke-day-campaign/about-stroke/types-of-stroke>
- 16 American Stroke Association, (2025), "*Hemorrhagic Stroke*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.stroke.org/en/about-stroke/types-of-stroke/hemorrhagic-strokes-bleeds>
- 17 American Stroke Association, (2025), "*Stroke Risk Factors*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.stroke.org/en/about-stroke/stroke-risk-factors>
- 18 Leppert M.H. et al., (2022), "*Systematic Review of Sex Differences in Ischemic Strokes Among Young Adults: Are Young Women Disproportionately at Risk?*", *Stroke*, Vol 53, n°2, pag 319–327.
- 19 Flach C. et al., (2020), "*Risk and Secondary Prevention of Stroke Recurrence*", *Stroke*, Vol 51, n°8, pag 2435–2444.
- 20 Campbell B.C.V. & Khatri P., (2020), "*Stroke*", *The Lancet*, Vol 396, n°10244, pag 129–142.
- 21 American Stroke Association, (2025), "*Stroke Symptoms and Warning Signs*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.stroke.org/en/about-stroke/stroke-symptoms>
- 22 Rudd M. et al., (2016), "*A systematic review of stroke recognition instruments in hospital and prehospital settings*", *Emergency Medicine Journal*, Vol 33, n°11, pag 818–822.
- 23 Chen X. et al., (2021). "*A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing FAST and BEFAST in Acute Stroke Patients*", *Frontiers in Neurology*, Vol 12.

- 24 Powers W.J. et al., (2019), "*Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: 2019 Update to the 2018 Guidelines for the Early Management of Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association*", *Stroke*, Vol 50, n°12, pag e344–e418.
- 25 Abdalkader M. et al., (2023), "*Neuroimaging of Acute Ischemic Stroke: Multimodal Imaging Approach for Acute Endovascular Therapy*", *Journal of Stroke*, Vol 25, n°1, pag 55–71.
- 26 Nukovic J.J. et al., (2023), "*Neuroimaging Modalities Used for Ischemic Stroke Diagnosis and Monitoring*", *Medicina (Kaunas)*, Vol 59, n°11.
- 27 Douglas V.C. & Aminoff M.J., (2025), "*Stroke*". In Papadakis M.A., Rabow M.W., McQuaid K.R., Gandhi M. (2025), *Current Medical Diagnosis & Treatment 2025*, McGraw-Hill Education, cap 26-09.
- 28 Mead G.E. et al., (2023), "*A systematic review and synthesis of global stroke guidelines on behalf of the World Stroke Organization*", *International Journal of Stroke*, Vol 18, n°5, 499-531.
- 29 American Stroke Association, (2025), "*Post-Stroke Rehabilitation*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.stroke.org/en/life-after-stroke/stroke-rehab/post-stroke-rehabilitation>
- 30 Wouda N.C. et al., (2024), "*Predicting Recovery of Independent Walking After Stroke: A Systematic Review*", *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, Vol 103, n°5, pag 458–464.
- 31 Tasseel-Ponche S. et al., (2022), "*Walking speed at the acute and subacute stroke stage: A descriptive meta-analysis*", *Frontiers in Neurology*, Vol 13.
- 32 Hunnicutt J.L. & Gregory C.M., (2017), "*Skeletal muscle changes following stroke: a systematic review and comparison to healthy individuals*", *Topics in Stroke Rehabilitation*, Vol 24, n°6, 463–471.
- 33 Beckwée D. et al., (2022), "*Skeletal Muscle Changes in the First Three Months of Stroke Recovery: A Systematic Review*", *Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol 54, pag 573.
- 34 Liu Y. et al., (2025), "*Effects of exercise on mobility, balance and gait in patients with the chronic stroke: a systematic review and meta-analysis*", *Nature*, Vol 15, n°1.

- 35 Hendrickson J. et al., (2014), *"Relationship between asymmetry of quiet standing balance control and walking post-stroke"*, *Gait and Posture*, Vol 39, n°1, pag 177–181.
- 36 Wist S. et al., (2016), *"Muscle strengthening for hemiparesis after stroke: A meta-analysis"*, *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, Vol 59, n°2, pag 114–124.
- 37 Saunders D.H. et al., (2020), *"Physical fitness training for stroke patients"*, *Cochrane Library*, Vol 3, n°3.
- 38 Jiang Z. et al., (2024), *"Effects of body weight support training on balance and walking function in stroke patients: a systematic review and meta-analysis"*, *Frontiers in Neurology*, Vol 15.
- 39 Jeon B.-J. et al., (2015), *"Effect of task-oriented training for people with stroke: a meta-analysis focused on repetitive or circuit training"*, *Topics in Stroke Rehabilitation*, Vol 22, n°1, pag 34–43.
- 40 Mijic M. et al., (2023), *"Efficacy of functional electrical stimulation in rehabilitating patients with foot drop symptoms after stroke and its correlation with somatosensory evoked potentials-a crossover randomised controlled trial"*, *Neurological Sciences*, Vol 44, n°4, pag 1301–1310.
- 41 Mehrholz J. et al., (2025), *"Electromechanical-assisted training for walking after stroke"*, *Cochrane Library*, Vol 5
- 42 Thieme H. et al., (2018), *"Mirror therapy for improving motor function after stroke"*, *Cochrane Library*, Vol 7.
- 43 Lee S.E.K. et al., (2018), *"Do isometric, isotonic and/or isokinetic strength trainings produce different strength outcomes?"*, *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Vol 22, n°2, pag 430–437.
- 44 Healthline, (2017), *"Isokinetic Exercise: Benefits, How to Begin, Risks, and More"*. Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.healthline.com/health/isokinetic>
- 45 Guo W. et al., (2025), *"A meta-analysis of randomized controlled trials: evaluating the efficacy of isokinetic muscle strengthening training in improving knee osteoarthritis outcomes"*, *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, Vol 20, n°1, pag 95.
- 46 Reyes-Ferrada W. et al., (2023), *"Isokinetic trunk training on pain, disability, and strength in non-specific low back pain patients: A systematic review and meta-analysis"*, *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, Vol 36, n°6, pag 1237–1250.

- 47 Petrucci A. et al., (2024), *"The effects of isokinetic training in athletes after knee surgery: a systematic review"*, *The Physician and Sportsmedicine*, Vol 52, n°4, 309–316.
- 48 Pontes Souza S. et al., (2019), *"Effects of isokinetic muscle strengthening on muscle strength, mobility, and gait in post-stroke patients: a systematic review and meta-analysis"*, *Clinical rehabilitation*, Vol 33, n°3, pag 381-394.
- 49 Singhal S. et al., (2017), *"Comparison of isokinetic strengthening with functional strengthening of lower limb and their effect on gait in hemiparesis due to stroke"*, *Journal of Neurology and Neurorehabilitation Research*, Vol 2, n°1, pag 46-54.
- 50 Chen C.-L. et al., (2015), *"Comparison of the Effects between Isokinetic and Isotonic Strength Training in Subacute Stroke Patients"*, *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, Vol 24, n°6, pag 1317–1323.
- 51 Cinone N. et al., (2019), *"Combined Effects of Isokinetic Training and Botulinum Toxin Type A on Spastic Equinus Foot in Patients with Chronic Stroke: A Pilot, Single-blind, Randomized Controlled Trial"*, *Toxins*, Vol 11, n°4, pag 210.
- 52 Büyükvural Şen S. et al., (2015), *"Effects of the bilateral isokinetic strengthening training on functional parameters, gait, and the quality of life in patients with stroke"*, *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, Vol 8, n°9, pag 16871–16879.
- 53 An C.-M. & Roh J., (2019), *"Effects of Isokinetic Strength Exercise of the Hemiparetic Knee Joint on Lower Extremity Sensorimotor and Gait Functions in Patients With Chronic Stroke: Open Kinetic Chain Versus Closed Kinetic Chain"*, *Physical Therapy Korea*, Vol 26, n°2, pag 49–60.
- 54 Park S.-K. & Kim J.-H., (2015), *"Effects of Isokinetic Eccentric Training on Lower Extremity Muscle Activation and Walking Velocity in Stroke Patients"*, *The Journal of Korean Physical Therapy*, Vol 27, n°4, pag 190–195.
- 55 Ma H. et al., (2021), *"Research on Promotion of Lower Limb Movement Function Recovery after Stroke by Using Lower Limb Rehabilitation Robot in Combination with Constant Velocity Muscle Strength Training"*, 2021 7th International Symposium on Mechatronics and Industrial Informatics (ISMII), pag 70–73.
- 56 Günaştı Ö. et al., (2024), *"Stroke-related atrophic muscle group strengthening with an isokinetic dynamometer"*, *Cukurova Medical Journal*, Vol 49, n°2, pag 512–514.

- 57 Lim H. & Madhavan S., (2023), "*Non-paretic leg movements can facilitate cortical drive to the paretic leg in individuals post stroke with severe motor impairment: Implications for motor priming*", *The European Journal of Neuroscience*, Vol 58, n°3, pag 2853–2867.
- 58 Handlery R. et al., (2021), "*Predictors of daily steps at one year post stroke: A secondary analysis of a randomized controlled trial*", *Stroke*, Vol 52, n°5, pag 1768–1777.
- 59 Tütüneken Y.E. & Yeldan İ., (2024), "*Relation of functional independence to balance, exercise capacity, and peripheral muscle strength in individuals with chronic stroke: A cross-sectional study*", *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Vol 40, pag 1514–1519.
- 60 Rota V. et al., (2025), "*Plantar flexors are the main engine of walking in healthy adults*", *Frontiers in Sports and Active Living*, Vol 7.
- 61 Rehab Hero, (2025), "*Open vs Closed Kinetic Chain*". Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.rehabhero.ca/blog/open-vs-closed-kinetic-chain>
- 62 Aggarwal D. et al., (2013), "*Effect of Plantarflexor Spasticity and Ankle Joint Range of Motion on Sit to Stand Movement in Stroke Patients*", *Physiotherapy and Occupational Therapy Journal*, Vol 6, n°1, pag 5-12.
- 63 Li S. et al., (2023), "*Does spasticity correlate with motor impairment in the upper and lower limbs in ambulatory chronic stroke survivors?*", *American journal of physical medicine & rehabilitation*, Vol 102, n°10, pag 907–912.
- 64 Lomborg S.D. et al., (2022), "*The importance of neuromuscular rate of force development for physical function in aging and common neurodegenerative disorders – a systematic review*", *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, Vol 22, n°4, pag 562–586.
- 65 Fiuza-Luces C. et al., (2018), "*Exercise benefits in cardiovascular disease: beyond attenuation of traditional risk factors*", *Nature Reviews Cardiology*, Vol 15, n°12, pag 731–743.