

Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA

PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

TESI DI LAUREA

IL CAMMINO IN ACQUA NELLA RIABILITAZIONE DEL PAZIENTE CON ESITI DI ICTUS: REVISIONE DELLA LETTERATURA

(WATER-WALKING BASED INTERVENTIONS IN STROKE REHABILITATION:
A REVIEW OF THE LITERATURE)

RELATORE: Prof.ssa Alessia Pasin

LAUREANDO: Alberto Pastres

Anno Accademico 2022/2023

SOMMARIO

RIASSUNTO	3
ABSTRACT	4
INTRODUZIONE	5
1.1. L'ICTUS	6
1.1.1. Epidemiologia	6
1.1.2. Tipologie	6
1.1.3. Manifestazioni cliniche	7
1.1.4. Diagnosi e trattamento	7
1.1.5. Riabilitazione	9
1.1.6. Esiti	10
1.2. LA RIABILITAZIONE IN ACQUA	11
1.2.1. L'acqua come strumento terapeutico	11
1.2.2. La riabilitazione del cammino in acqua	13
2. DOMANDA DI RICERCA E OBIETTIVO DELLA REVISIONE	15
3. MATERIALI E METODI	16
3.1. Criteri di eleggibilità	16
3.2. Fonti delle informazioni	16
3.3. Strategia di ricerca	16
3.4. Processo di selezione degli studi	17
3.5. Raccolta dati	18
3.6. Valutazione del rischio di bias	18
3.7. Sintesi dei dati	18
4. RISULTATI	19
4.1. Selezione degli studi	19
4.2. Caratteristiche degli studi	19
4.3. Misure di outcome	25
4.4. Rischio di bias degli studi inclusi	26
4.5. Risultati dei singoli studi	28
5. DISCUSSIONE	34
5.1. Sintesi dei dati estratti	34
5.2. Limitazioni e punti di forza	36
CONCLUSIONI	37
BIBLIOGRAFIA	38

RIASSUNTO

Introduzione: L'ictus è una delle cause di morte più frequenti al mondo e la causa principale di disabilità cronica nell'adulto comportando deficit senso motori che causano alterazioni della cinematica del cammino e riduzione dell'autonomia nel movimento.

Obiettivo: L'obiettivo di questo progetto di tesi è valutare lo stato dell'arte in letteratura per quanto riguarda l'efficacia del cammino in acqua come strumento riabilitativo nel paziente con esiti di ictus.

Materiali e metodi: È stata condotta una revisione, seguendo la checklist PRISMA 2020, all'interno di quattro banche dati, PubMed, PEDro, Scopus, EBSCO – CINAHL, e sulla piattaforma ResearchGate. La ricerca è stata svolta da Maggio a Settembre 2023. I criteri di eleggibilità sono stati definiti seguendo il modello PICO. La popolazione inclusa ha compreso pazienti con esiti di ictus a cui fosse stato somministrato il cammino in acqua come trattamento riabilitativo. Tutti gli studi inclusi nella revisione sono RCT in lingua inglese. Il processo di selezione degli articoli è stato svolto manualmente, senza l'utilizzo di programmi informatici. Le variabili indagate all'interno degli studi sono state il cammino, la salute cardiorespiratoria, l'equilibrio, le capacità funzionali e la forza. È stata svolta una valutazione metodologica della qualità degli studi inclusi utilizzando lo strumento del Critical Appraisal Skills Programme (CASP).

Risultati: La ricerca ha prodotto 6027 risultati dei quali, dopo il processo di selezione, 11 articoli sono stati inclusi nella revisione. La popolazione totale degli studi comprende 247 pazienti di età compresa tra 35 e 77 anni, tutti con esiti di ictus. La maggior parte dei pazienti si trovava in condizione cronica (oltre sei mesi dall'evento) quando è stato condotto lo studio di riferimento. Le attività riabilitative proposte ai pazienti sono state di cammino in acqua o cammino su treadmill in acqua. Nella quasi totalità degli studi, oltre all'intervento indagato, i partecipanti svolgevano anche attività di riabilitazione convenzionale.

Conclusioni: L'attività di cammino in acqua, considerata in modo isolato, è indagata in letteratura in modo estremamente limitato. L'utilizzo di tale strumento sembra apportare dei miglioramenti nelle condizioni cliniche dei pazienti ma non necessariamente superiori alla riabilitazione convenzionale. La combinazione di cammino in acqua e riabilitazione convenzionale potrebbe garantire migliori risultati per i pazienti. Un ostacolo da considerare riguarda gli elevati costi di realizzazione e mantenimento di impianti dove poter svolgere tale attività riabilitativa e la disponibilità limitata degli stessi in alcuni territori. Sono necessari ulteriori studi in modo da poter generalizzare in modo più efficace i risultati ottenuti.

ABSTRACT

Introduction: Stroke is one of the main causes of death all over the world and the main cause of chronic disability in adults leading to sensory motor dysfunction that is responsible for alterations of walking kinematics and reduction of movement autonomy.

Objective: To evaluate the state of the art of the literature about the use of water-walking based interventions in stroke rehabilitation.

Material and methods: A review was conducted, following the PRISMA 2020 checklist and guidelines, in four databases, PubMed, PEDro, Scopus, EBSCO – CINAHL, and on the ResearchGate site. The research lasted from May to September 2023. The study eligibility criteria were established according to the PICO model. The population included stroke survivor patients who underwent water-walking interventions. All the studies included in the review were RCTs in English language. The study selection process has been manual, without the use of automation tools. The variables investigated included walking ability, cardiopulmonary fitness, balance, functional capacities and muscular strength. Methodological quality of the included studies was assessed using the Critical Appraisal Skills Programme (CASP) tool.

Results: 6027 articles were screened and 11 RCTs were included in the review after the selection process. The full sample included 247 stroke survivor patients, aged between 35 and 77, mostly in chronic stage (more than six months after stroke). Water-walking based interventions included water walking in a pool and water walking on a treadmill. Most of the participants underwent traditional rehabilitation in addition to water-walking based interventions.

Conclusions: Research about water-walking based interventions, isolated from other interventions, is extremely limited. The use of this rehabilitation tool seems to improve clinical conditions of patients but not necessarily more than traditional rehabilitation. However, the combination of traditional rehabilitation and water-walking based interventions could be useful to obtain a greater improvement in patients' clinical conditions. The main obstacles to consider are the high costs of construction and maintenance of facilities where water-walking based interventions could be carried out and their limited availability in some territories. Therefore, future studies are necessary in order to generalize more effectively the obtained results.

INTRODUZIONE

L'ictus è una delle cause di morte più frequenti al mondo e la causa principale di disabilità cronica nell'adulto.

È frequente, infatti, anche a distanza di anni, che i pazienti non riescano a recuperare completamente le abilità precedenti all'evento e permanga un deficit in capacità motorie, cognitive e/o relazionali.

Data la grande quantità di pazienti affetta da questa condizione, numero destinato ad aumentare nei prossimi anni, secondo le stime odierne, è fondamentale individuare le migliori strategie terapeutiche da proporre durante la riabilitazione per mirare al massimo recupero della abilità funzionali e ridurre la necessità di assistenza da parte dei caregivers. Così facendo si andrebbe anche a diminuire l'impatto economico sul Sistema Sanitario Nazionale causato dalla necessità di riabilitazione, prescrizione di ortesi/ausili e di medicinali.

In buona parte dei pazienti con esiti di ictus permangono deficit motori che interessano principalmente una metà somatica (emiparesi, emiplegia), determinando, inevitabilmente, alterazioni della cinematica del cammino e riduzione dell'autonomia nel movimento.

La letteratura recente ci suggerisce come modalità di intervento a gravità ridotta (treadmill antigrafitario o ambiente acquatico) possano essere tipologie facilitanti nel favorire la ripresa del movimento volontario. La riabilitazione in acqua, soprattutto, grazie alle sue peculiari caratteristiche, potrebbe essere uno strumento efficace per ricercare un miglioramento nelle capacità fisiche dei pazienti.

La ridotta numerosità di studi e la non standardizzazione delle procedure riabilitative in acqua impone, tuttavia, che sia necessario indagare in modo più approfondito per cercare di capire quali siano le reali potenzialità di questo genere di interventi e in che modo possano apportare un beneficio ai pazienti.

L'obiettivo che si pone questo lavoro di tesi è, dunque, quello di valutare lo stato dell'arte in letteratura per quanto riguarda l'utilizzo del cammino in acqua come strumento riabilitativo nei pazienti con esiti di ictus e cercare di produrre una sintesi delle migliori evidenze scientifiche attualmente disponibili.

1.1. L'ICTUS

L'ictus cerebrale (in inglese *stroke*) viene definito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) come l'improvvisa comparsa di segni e/o sintomi riferibili a deficit focale e/o globale delle funzioni cerebrali, di durata superiore alle 24 ore o a esito infausto, non attribuibile ad altra causa apparente se non a una vasculopatia cerebrale [1]. Nel caso la durata del disturbo abbia una durata inferiore alle 24 ore si parla invece di attacco ischemico transitorio (TIA, *transient ischemic attack*). L'ictus cerebrale rappresenta attualmente la seconda causa di morte a livello mondiale e la terza causa di morte nei Paesi industrializzati, dopo le malattie cardiovascolari e i tumori. Nei prossimi anni la mortalità dell'ictus continuerà a crescere, a causa dell'aumento del numero di soggetti anziani e della persistenza dell'abitudine al fumo di sigaretta. Tale patologia rappresenta anche la prima causa di disabilità nell'anziano con un rilevante impatto sugli ambiti individuale, familiare e sociosanitario [1].

1.1.1. Epidemiologia

Ogni anno si calcolano in Italia circa 200 000 nuovi casi di ictus cerebrale, di cui una minoranza (il 20% circa) decede nel primo mese successivo all'evento [1].

L'incidenza dell'ictus così come la prevalenza aumenta esponenzialmente con l'aumentare dell'età, raggiungendo il massimo negli ultra-ottantacinquenni.

Il tasso grezzo di incidenza, sulla popolazione globale di tutte le età, varia da 1,5 a 4,0 per 1000 per anno. Nei soggetti di età inferiore ai 45 anni, invece, è di circa 10 per 100 000 abitanti/anno. Nella popolazione di età compresa tra 65 e 85 anni è circa 8,5 per 1000 per anno. Negli anziani di oltre 85 anni è circa il 20-35 per 1000 per anno, con alta preponderanza di ictus ischemici e prognosi peggiore in termini di mortalità rispetto ai soggetti più giovani. La prevalenza aumenta in relazione all'età, raggiungendo valori di circa 5-7 per 100 abitanti in soggetti di età superiore a 65 anni.

Il 35% dei pazienti colpiti da ictus, globalmente considerati, residuano una severa disabilità e una marcata limitazione nelle attività di vita quotidiana [1].

1.1.2. Tipologie

È possibile classificare l'ictus in diverse tipologie:

Ictus ischemico: viene definito come la transitoria o permanente riduzione del flusso sanguigno cerebrale conseguente all'occlusione di un'arteria cerebrale. Lo sviluppo della lesione ischemica è direttamente dipendente dalla severità della riduzione del flusso ematico e dalla durata di tale riduzione. Rappresenta oltre l'80% di tutti gli ictus e la sua mortalità si aggira intorno al 20%. L'ischemia si può verificare in seguito alla formazione di una placca aterosclerotica e/o a

causa di un coagulo di sangue che viene a formarsi sopra la placca stessa (ictus trombotico) o di un coagulo di sangue che proviene dal cuore o da altri distretti vascolari (ictus embolico).

Ictus emorragico, suddiviso a sua volta in due categorie:

- da emorragia cerebrale intraparenchimale, che consiste in uno stravasamento ematico nel parenchima cerebrale con possibile estensione allo spazio subaracnoideo ed endoventricolare. Si verifica nel 15% dei casi con una mortalità pari al 48%.
- da emorragia subaracnoidea (ESA), che si caratterizza con la presenza di sangue negli spazi subaracnoidei alla base del cranio o nei solchi della convessità degli emisferi in seguito alla rottura di un vaso sanguigno lungo il suo decorso nello spazio subaracnoideo. La sua frequenza è pari a circa il 3% mentre la mortalità al 35%.

I fattori che predispongono alla comparsa dell'ictus sono in gran parte gli stessi che determinano un incremento del rischio per le patologie vascolari in genere. Possiamo dividere tali determinanti in due categorie distinte:

- Non modificabili: fattori genetici, fattori ormonali, età
- Modificabili: ipertensione arteriosa, ipercolesterolemia, diabete mellito, fumo di tabacco, obesità, sedentarietà, assunzione eccessiva di bevande alcoliche, aterosclerosi, cardiopatie valvolari, cardiopatie ischemiche, aritmie cardiache, patologie dell'endocardio e delle cavità cardiache

1.1.3. Manifestazioni cliniche

La manifestazione clinica dell'ictus è caratterizzata dalla comparsa tipicamente improvvisa di un deficit neurologico, coincidente con un'alterazione funzionale, più o meno grave, avvertita da parte del paziente o dai suoi familiari. Solitamente non sono presenti disturbi di coscienza e, in fase acuta, viene mantenuta di regola la vigilanza. Tuttavia, la presenza di un quadro di rallentamento ideomotorio o di una condizione di stupor o coma non deve far escludere la possibilità di trovarsi di fronte ad un ictus. Esiste una stretta relazione tra area interessata e manifestazioni cliniche che possono riguardare deficit motori (compresa la mimica facciale e i movimenti oculari), deficit sensitivi, alterazione delle funzioni corticali superiori (memoria, linguaggio, attenzione), disturbi neurovegetativi e comportamentali [1].

1.1.4. Diagnosi e trattamento

L'ictus è un'emergenza medica e deve essere prontamente diagnosticato e trattato in un contesto ospedaliero per l'elevato rischio di disabilità e di morte che esso comporta [2]. Il processo diagnostico che consente di formulare una corretta diagnosi di ictus richiede la raccolta di una serie

di dati anamnestici, clinici e strumentali. La diagnostica per immagini ha un ruolo irrinunciabile nel sospetto di una patologia cerebrovascolare acuta. La TAC cerebrale è l'indagine di prima scelta in ragione del fatto che è prontamente disponibile nella totalità delle strutture ospedaliere e richiede tempo e risorse limitate. Il principale valore della TAC consiste nel differenziare l'ischemia cerebrale dall'emorragia. Nella fase acuta di ictus ischemico la TAC risulta spesso negativa, mentre la lesione, che assume un aspetto ipodenso, a margini netti, corrispondente a un territorio vascolare, compare dopo 24-72 ore dall'esordio dei sintomi. Al contrario, l'emorragia cerebrale sarà evidente fin da subito come una lesione iperdensa, spesso con compressione delle strutture circostanti. La RMN permette di evidenziare anche in fase acuta le lesioni ischemiche, ed è vantaggiosa soprattutto per evidenziare lesioni di piccole dimensioni. Il suo utilizzo in fase acuta è tuttavia limitato dalla minore diffusione di tale apparecchiatura e dall'accessibilità ridotta nell'arco delle prime 24 ore.

Dal momento che le possibilità di un trattamento efficace sono strettamente dipendenti dal tempo occorso dall'esordio dei sintomi, ne consegue che l'obiettivo principale sia il corretto inquadramento diagnostico dell'evento cerebrovascolare nel più breve tempo possibile.

Attualmente, è possibile intervenire sull'ictus in acuto con il fine di ridurre l'estensione dell'area cerebrale danneggiata. L'intervento che ha permesso di modificare in maniera significativa la prognosi del paziente è l'utilizzo di farmaci e procedure interventistiche con cui ottenere la dissoluzione (trombolisi) o la rimozione meccanica del trombo o embolo [2].

Nei pazienti con ictus molti fattori, oltre al danno neurologico stesso, contribuiscono all'evoluzione clinica e vanno tenuti in giusta considerazione. Spesso, infatti, l'evoluzione clinica sfavorevole del paziente non è legata tanto all'estensione del danno cerebrale, quanto alla comparsa di complicanze che pongono a rischio lo stato di salute o addirittura la vita del paziente, oltre ad aggravare il danno neurologico [2]. Le principali complicanze a cui può andare incontro il paziente con ictus sono: ipertensione, iperglicemia, infezioni a carico dell'apparato urinario e respiratorio, disfagia e alterazioni nella nutrizione, depressione, deficit motori che aumentano il rischio di complicanze da immobilità quali ulcere da decubito, retrazioni muscolotendinee e trombosi venose profonde (TVP).

Nella fase stabilizzata dell'ictus, la finalità della terapia medica consiste fondamentalmente nell'evitare la comparsa di un nuovo evento patologico ma incide in maniera limitata sul recupero funzionale, motivo per cui la riabilitazione assume un ruolo chiave [2].

Gli obiettivi della riabilitazione variano in funzione del tempo trascorso dall'evento acuto, dal tipo di lesione presente, dall'entità della lesione stessa e dalla capacità del paziente di collaborare. Dal

punto di vista neurofisiologico il recupero dopo l'ictus avviene grazie a più meccanismi: la riduzione della penombra ischemica permette di riguadagnare tessuto funzionale limitando quindi la parte del parenchima cerebrale danneggiato in maniera irreversibile; aree corticali contigue a quelle lese e con significato funzionale simile possono assumere le funzioni perse grazie a meccanismi di rimaneggiamento sinaptico; le aree corticali controlaterali omologhe alle aree danneggiate possono anche esse farsi carico della supplenza funzionale, grazie al potenziamento delle connessioni commissurali attraverso il corpo calloso [2].

Studi effettuati utilizzando la risonanza magnetica funzionale hanno dimostrato l'ampliamento dell'attivazione corticale che i pazienti con ictus presentano in relazione allo svolgimento di un compito motorio. Questo testimonia l'effettiva capacità dell'encefalo di adattarsi a nuove condizioni in caso di lesione. Tali capacità adattive sono strettamente correlate a diversi aspetti: l'età, l'estensione della lesione, l'eventuale presenza di un preesistente danno diffuso [2].

1.1.5. Riabilitazione

La riabilitazione dovrebbe iniziare il più precocemente possibile. Le linee guida indicano un tempo non oltre le 48 ore dall'esordio dei sintomi. Spesso nelle prime fasi il ruolo della riabilitazione è mirato al mantenimento dei movimenti passivi e dell'escursione articolare, fondamentale nel prevenire le complicanze da immobilità [2]. Anche la stimolazione sensoriale che si accompagna alle manovre di mobilizzazione riveste un ruolo importante nel riattivare le connessioni cerebrali e nel favorire la formazione di nuove sinapsi. Solitamente l'evoluzione del deficit motorio dell'ictus avviene con una transizione dalla paralisi flaccida alla paralisi spastica. La spasticità, che compare entro 7-10 giorni dall'evento acuto, compromette il recupero motorio in quanto si oppone al movimento volontario. La precocità dell'intervento riabilitativo può ridurre il rischio che la spasticità si sviluppi in un grado tale da determinare poi delle gravi menomazioni funzionali [2].

L'utilizzo della verticalizzazione precoce migliorerebbe la frequenza cardiaca, la pressione sanguigna, la saturazione d'ossigeno e lo stato di coscienza. Viene però specificato che non tutti i pazienti possono tollerarla e che, tuttavia, non vi sono evidenze che permettano di identificare quali siano i pazienti adatti alla precoce verticalizzazione nel periodo immediato post-ictus [2].

Il numero di ore che devono essere dedicate al trattamento non è univocamente raccomandato, alcune linee guida indicano un miglior outcome con 3h/die, altre indicano 17 ore nei primi 10 giorni e in altre ancora non viene specificato [3].

Una criticità è rappresentata dal fatto che non vengono formulate raccomandazioni riguardo la durata del trattamento riabilitativo, soprattutto non viene specificato quanto debba durare la fase

intensiva di riabilitazione e l'ospedalizzazione. Nonostante non siano fornite raccomandazioni specifiche, sempre più frequentemente viene consigliata una riabilitazione a lungo termine che preveda il raggiungimento di outcome riabilitativi anche in fase cronica.

Per quanto riguarda il cammino, solitamente, i metodi utilizzati per migliorarne l'abilità includono: allenamento attraverso treadmill, treadmill con parziale supporto del peso corporeo e attività di cammino sulla terraferma sotto la supervisione e l'assistenza del fisioterapista [4-7]. L'allenamento generale attraverso il treadmill si è dimostrato efficace nell'aumentare la forza degli arti inferiori, la velocità e l'endurance nel cammino ma presenta delle notevoli limitazioni nel caso in cui il paziente sia affetto da emiplegia severa [8-10]. Per questa tipologia di paziente è possibile svolgere l'allenamento utilizzando treadmill con parziale supporto del peso corporeo, rimane tuttavia necessaria l'assistenza da parte del terapeuta [5-7].

1.1.6. Esiti

Se confrontata con persone sane, la maggior parte delle persone che sopravvivono all'ictus non è più in grado di camminare in maniera efficiente a causa dell'eccessivo dispendio energetico provocato dal cammino emiplegico [11]. I deficit del cammino provocati dall'ictus, inoltre, tendono a esacerbare l'immobilità dei pazienti portandoli al decondizionamento [12-14] e alla riduzione delle capacità cardiorespiratorie, esponendoli ad un maggiore rischio di recidive [15]. Le terapie riabilitative convenzionali non prevedono solitamente interventi di ricondizionamento cardiorespiratorio e non sono sufficienti per migliorare la forma fisica del paziente [16,17]. L'esercizio aerobico svolto utilizzando il treadmill può essere efficace sia nel miglioramento del cammino del paziente, sia nel miglioramento delle sue capacità cardiorespiratorie [18,19]. Tuttavia, gran parte dei pazienti presentano deficit come ridotta mobilità, difficoltà a mantenere l'equilibrio, debolezza muscolare che li espongono a maggior rischio di cadute, rendendo, di fatto, complesso l'utilizzo del treadmill come strumento.

1.2. LA RIABILITAZIONE IN ACQUA

Il termine esercizio fisico in acqua si riferisce all'utilizzo dell'acqua volto a facilitare l'applicazione di vari interventi terapeutici stabiliti, comprendenti stretching, potenziamento muscolare, mobilizzazione articolare, allenamento all'equilibrio, alla deambulazione e alla resistenza [20].

L'esercizio fisico in acqua viene solitamente utilizzato per conseguire alcuni obiettivi specifici: facilitare esercizi per il mantenimento dell'escursione articolare, dare inizio all'allenamento di resistenza, potenziare le prestazioni offerte dalle tecniche manuali, fornire un'accessibilità totale al paziente nelle tre dimensioni dello spazio, facilitare l'esercizio fisico cardiovascolare, dare inizio alla riproduzione dell'attività funzionale, minimizzare il rischio di lesioni o la comparsa di ulteriori lesioni durante la riabilitazione, incrementare il rilassamento del paziente [20].

Fondamentale, prima di utilizzare la riabilitazione in acqua, è conoscere le precauzioni e le controindicazioni:

- Precauzioni: paura dell'acqua, disturbi neurologici (sclerosi multipla, epilessia), disturbi respiratori, disfunzione cardiaca
- Controindicazioni: scompenso cardiaco e angina instabile, disfunzioni respiratorie e CV<1 litro, malattie vascolari periferiche gravi, pericolo di sanguinamento o emorragia, malattie renali gravi, ferite aperte, incapacità di controllo di vescica e/o intestino, infezioni

1.2.1. L'acqua come strumento terapeutico

Le proprietà peculiari dell'acqua e dell'immersione hanno delle profonde implicazioni (anche psicologiche) nell'esecuzione degli esercizi terapeutici, avendo un effetto diretto sul corpo nell'ambiente acquatico. Tali proprietà sono: la spinta di galleggiamento, la pressione idrostatica, la viscosità e la tensione superficiale. Inoltre, l'acqua, come ogni fluido, è soggetta alle leggi della fisica e sarà necessario, pertanto, tenere in considerazione nel suo utilizzo come strumento terapeutico la meccanica dei fluidi e i principi della termodinamica [20].

La spinta di galleggiamento viene definita come una forza diretta verso l'alto che lavora in senso opposto rispetto alla forza di gravità. Gli effetti di questa spinta sono molteplici: fornire al paziente una sensazione di relativa assenza di peso e di mancanza di carico articolare, permettendo di eseguire i movimenti attivi con maggiore facilità; fornire resistenza al movimento, quando viene effettuato in direzione opposta alla spinta stessa (rinforzo muscolare); consentire all'operatore sanitario di avvicinarsi al paziente a livello tridimensionale. La spinta di galleggiamento può essere influenzata sia dalla quantità d'aria presente nei polmoni, che ne modifica l'entità (maggiore aria significa maggiore spinta), sia dalla composizione del corpo che determina la spinta stessa.

Infatti, i pazienti obesi saranno soggetti ad una spinta maggiore dovuta alla presenza abbondante di tessuto adiposo avente un peso specifico più basso di quello dell'acqua [20].

La pressione idrostatica viene definita come la pressione esercitata dall'acqua sugli oggetti immersi e sarà tanto maggiore quanto maggiori saranno densità e/o profondità dell'acqua. Dal punto di vista clinico la pressione idrostatica riduce o limita l'effusione, favorisce il ritorno venoso, induce bradicardia e centralizzazione del flusso ematico periferico. A causa della sua presenza gli esercizi saranno più agevoli da svolgere da parte del paziente tanto quanto più questo sarà vicino alla superficie dell'acqua [20].

La viscosità consiste nell'attrito che si manifesta tra le molecole di liquido e provoca una resistenza di flusso in tutti i movimenti attivi. Aumentando, quindi, la velocità del movimento e/o l'area della superficie che si muove nell'acqua aumenterà conseguentemente anche la resistenza da essa fornita [20].

La tensione superficiale è causata dal fatto che la superficie di un liquido agisce come una membrana sotto tensione. L'effetto di tale tensione determina che un'estremità che si muove attraverso la superficie compie una maggiore quantità di lavoro rispetto a un'estremità mantenuta sott'acqua; utilizzando delle apparecchiature sulla superficie dell'acqua si può ottenere pertanto un aumento della resistenza al movimento [20].

Per quanto riguarda la meccanica dei liquidi, tre fattori, flusso laminare, flusso turbolento e trascinamento, influenzano il flusso dell'acqua determinando tre tipologie diverse di scorrimento: il flusso laminare, ovvero un movimento in cui tutte le molecole si muovono parallelamente l'una rispetto alle altre, tipico dei movimenti lenti; il flusso turbolento in cui le molecole non si muovono parallelamente, caratteristico di un movimento più veloce; il trascinamento, dato dagli effetti cumulativi di turbolenza e viscosità del liquido che agiscono su un oggetto in movimento, il cui significato clinico consiste in un aumento della resistenza al moto all'aumentare della velocità di movimento del corpo attraverso l'acqua. L'eventuale applicazione di attrezzi (guanti, palette, stivaletti) provoca un ulteriore aumento del trascinamento e della resistenza come risposta al movimento dell'estremità nell'acqua da parte del paziente. Va ricordato, inoltre, come il flusso dell'acqua determini degli effetti non solo sul movimento ma anche sulla capacità del paziente di rimanere fermo. Muovendo l'acqua accanto ad esso, infatti, egli sarà costretto ad aumentare il proprio lavoro per mantenere la posizione all'interno della vasca [20].

In termini di termodinamica va sottolineato che l'acqua esercita un effetto termico sul corpo immerso e quindi sulle sue prestazioni in ambiente acquatico. L'acqua trattiene il calore 1000 volte più dell'aria e le differenze di temperatura tra un oggetto immerso e l'acqua vanno incontro a compensazione con una variazione minima di temperatura dell'acqua. L'acqua conduce la

temperatura 25 volte più velocemente dell'aria e la trasmissione di calore aumenta con la velocità di movimento del corpo immerso, pertanto, la temperatura corporea di un paziente in movimento nell'acqua diminuirà più velocemente rispetto a quella di un paziente a riposo nell'acqua [20].

Per ogni corpo immerso nell'acqua, infine, è possibile definire un *centro di galleggiamento* ossia un punto di riferimento dell'oggetto in immersione sul quale è prevedibile che agiscano delle forze verticali di galleggiamento. In ambiente acquatico, il corpo risente maggiormente della posizione del centro di galleggiamento rispetto a quella del centro di gravità, poiché le forze verticali che non lo intersecano, generano un movimento rotatorio. In posizione verticale, il centro di galleggiamento del corpo umano è situato in corrispondenza dello sterno [20].

1.2.2. La riabilitazione del cammino in acqua

Negli ultimi anni, diverse forme di esercizio in acqua sono state utilizzate in riabilitazione e indagate con via via maggiore frequenza. Viene riportato di seguito quanto emerge dai risultati di recenti studi.

Il cammino in acqua produce un miglioramento nella simmetria del cammino superiore rispetto al cammino sulla terraferma [21,22], garantendo anche una maggiore stabilità degli arti inferiori, verificata attraverso l'analisi di movimento tridimensionale [23]. Quando combinato con altre forme di esercizio in acqua inoltre garantisce miglioramenti anche per quanto riguarda la forza degli arti inferiori e nelle capacità di equilibrio [21,22].

È stato riportato, inoltre, che l'esercizio in acqua sia maggiormente efficace nel miglioramento delle funzioni cardiorespiratorie (come consumo di ossigeno e frequenza cardiaca) rispetto agli esercizi sulla terraferma [24].

Il cammino in ambiente acquatico garantisce un ambiente adatto all'allenamento del cammino anche a soggetti che non sarebbero in grado di compierlo sulla terra ferma (come soggetti con forme severe di emiplegia) [23]. La proprietà di galleggiamento dell'acqua facilita il cammino diminuendo il carico sulle articolazioni e il movimento più lento, garantito dalla viscosità, aiuta a diminuire le manifestazioni di ipertono velocità dipendente [23,25]. Viscosità e pressione idrostatica possono garantire supporto posturale per i pazienti con problemi di equilibrio e diminuire il rischio di cadute [24,26].

Il cammino in acqua migliora inoltre le afferenze sensitive, aumenta il picco di capacità aerobica, la resistenza nel cammino e migliora la cinematica del cammino nei pazienti con esiti di ictus [27,28].

L'utilizzo del treadmill in acqua combina i benefici del cammino in acqua e del treadmill usato in superficie, incoraggiando i soggetti a camminare ad un ritmo e velocità costanti [23].

La resistenza dell'acqua permette inoltre di aumentare il dispendio energetico, grazie alla combinazione di esercizio aerobico ed esercizio contro resistenza [29].

Grazie a questo tipo di intervento sono stati riscontrati miglioramenti nella fase di appoggio dell'arto inferiore colpito, nel supporto del peso e nella stabilità psicologica dei pazienti se comparati con soggetti sottoposti a riabilitazione mediante treadmill fuori dall'acqua, suggerendo come l'utilizzo del treadmill in acqua sia superiore al suo utilizzo sulla terraferma, nella riabilitazione del cammino [30]. L'allenamento attraverso il treadmill in acqua, inoltre, fa in modo che il carico venga portato anche sulla caviglia plegica, garantendo stabilità nella fase di carico e riducendo la flessione e l'abduzione dell'anca, migliorando le capacità di equilibrio dinamico [23]. In questo tipo di ambiente, grazie alla stabilità garantita, è possibile muoversi con maggiore sicurezza, portando benefici anche a livello mentale, aumentando la fiducia in sé stessi durante l'allenamento [31], generando miglioramenti anche nella qualità di vita [32]. Tutto ciò è stato dimostrato negli anziani, dove l'esercizio in acqua ha promosso cambiamenti positivi nelle capacità cognitive, stabilità psicologica e posturale, diminuendo il rischio di cadute [33-35].

I benefici del cammino in acqua sembrerebbero essere maggiori con l'utilizzo di un treadmill immerso in essa poiché, nel cammino libero in piscina, risulta difficile il mantenimento di una velocità costante.

2. DOMANDA DI RICERCA E OBIETTIVO DELLA REVISIONE

La domanda di ricerca

Nella parte precedente si è visto quali siano le strategie convenzionali utilizzate nella riabilitazione dell'ictus, quali difficoltà permangono nei pazienti in seguito all'evento e come non sempre venga data importanza all'aspetto di salute cardiorespiratoria.

Partendo da questi presupposti e pensando a quali benefici può apportare il trattamento riabilitativo in ambiente acquatico, sorge la domanda di ricerca alla base di questo lavoro:

L'utilizzo del cammino in acqua in pazienti con esiti di ictus può essere una strategia riabilitativa efficace per migliorare l'equilibrio, l'abilità nel cammino, la salute cardiorespiratoria, la forza muscolare e le capacità funzionali dei pazienti?

L'obiettivo della revisione

L'obiettivo della presente revisione consiste nel valutare lo stato dell'arte della letteratura a proposito dell'utilizzo del cammino in acqua come strumento riabilitativo nei pazienti con esiti di ictus per individuare se sia efficace nel migliorare i parametri sopra descritti.

3. MATERIALI E METODI

La revisione è stata pianificata e condotta seguendo la checklist Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020 [36] e includendo il modello PICO (popolazione, intervento, controllo, outcome). La valutazione metodologica della qualità degli studi inclusi nella revisione è stata effettuata utilizzando lo strumento del Critical Appraisal Skills Programme (CASP) [37].

3.1. Criteri di eleggibilità

I criteri di inclusione ed esclusione sono stati definiti seguendo il modello PICO: pazienti adulti affetti da ictus (popolazione), sottoposti all'utilizzo del cammino in acqua come strumento riabilitativo (intervento), confrontati con qualsiasi tipo di altro intervento (controllo). Gli outcome presi in considerazione sono stati: equilibrio, abilità nel cammino, salute cardiorespiratoria, forza muscolare, capacità funzionali.

Studi effettuati su animali e disegni di studio diversi da studi randomizzati controllati (RCT) non sono stati considerati.

3.2. Fonti delle informazioni

La ricerca è stata condotta da Maggio 2023 a Settembre 2023 nei database PubMed, PEDro, Scopus, EBSCO – CINAHL e sulla piattaforma ResearchGate. La data dell'ultima ricerca è stata il 25 Settembre. Il processo di ricerca è stato svolto da un singolo revisore.

3.3. Strategia di ricerca

Per prima cosa è stato necessario individuare i concetti principali per poter formulare una stringa di ricerca da utilizzare nei database. Le parole chiave e i medical subject heading (MeSH) sono stati identificati e combinati tra loro utilizzando gli operatori Booleani “AND” e “OR” ottenendo il seguente risultato: ("Aquatic Therapy"[Mesh] OR “aquatic therap*”[tw] OR “underwater walking”[tw] OR “treadmill training”[tw] OR “underwater treadmill”[tw] OR “gait training”[tw] OR “aquatic treadmill exercise”[tw]) AND ("Stroke"[Mesh] OR "Paresis"[Mesh] OR "Hemiplegia"[Mesh] OR stroke[tw] OR hemiplegic[tw]).

La strategia di ricerca è stata utilizzata in ogni database. Nel database PEDro è stata utilizzata la ricerca avanzata. Sulla piattaforma ResearchGate sono state inserite le parole chiave “aquatic treadmill” e “stroke”.

Nel processo di ricerca, per non diminuire il numero di risultati ottenuti, non sono stati utilizzati filtri nei database, non sono stati indicati gli outcome e non sono stati fissati dei limiti temporali.

La Tabella 1 contiene le strategie di ricerca utilizzate nei database, incluse le parole chiave utilizzate.

Database	Search Terms
PubMed	("Aquatic Therapy"[Mesh] OR "aquatic therap*"[tw] OR "underwater walking"[tw] OR "treadmill training"[tw] OR "underwater treadmill"[tw] OR "gait training"[tw] OR "aquatic treadmill exercise"[tw]) AND ("Stroke"[Mesh] OR "Paresis"[Mesh] OR "Hemiplegia"[Mesh] OR stroke[tw] OR hemiplegic[tw])
EBSCO - CINAHL	#1: "Aquatic Therapy" OR "underwater walking" OR "treadmill training" OR "underwater treadmill" OR "gait training" OR "aquatic treadmill exercise" #2: "Stroke" OR "Paresis" OR "Hemiplegia" TOT: #1 AND #2
PEDro	Abstract & Title: stroke Therapy: hydrotherapy, balneotherapy
SCOPUS	TITLE-ABS-KEY ("Aquatic Therapy" OR "underwater walking" OR "treadmill trainin" OR "underwater treadmill" OR "gait training" OR "aquatic treadmill exercise") AND TITLE-ABS-KEY ("Stroke" OR "Paresis" OR "Hemiplegia")
ResearchGate	Aquatic treadmill, stroke

Tabella 1. Strategie di ricerca utilizzate

3.4. Processo di selezione degli studi

Dopo aver ottenuto i risultati dai database gli articoli sono stati sottoposti a screening per titolo e sono stati individuati gli studi potenzialmente includibili. Questi studi sono stati letti interamente per determinare l'aderenza ai criteri di inclusione. Non sono stati utilizzati strumenti di automazione. L'operazione è stata svolta da un singolo revisore.

Criteri di inclusione	Criteri di esclusione
Esseri umani	Studi su animali
Pazienti che abbiano subito ictus	Pazienti senza storia di ictus
RCT	Revisioni, case reports e altre tipologie di studio
Attività di cammino in acqua	Forme di intervento diverse dal cammino in acqua
Studi in inglese	Studi in lingue diverse dall'inglese
	Studi non terminati

Tabella 2. Criteri di inclusione ed esclusione

3.5. Raccolta dati

In seguito al processo di selezione degli articoli, sono stati estrapolati da essi alcuni dati: autore, anno della pubblicazione, caratteristiche del campione, dettagli dell'intervento e outcome. Il processo è stato svolto da un singolo revisore.

3.6. Valutazione del rischio di bias

Per valutare l'affidabilità dei dati presenti all'interno degli articoli è stato utilizzando lo strumento del Critical Appraisal Skills Programme (CASP). Tale strumento viene utilizzato spesso nelle revisioni di tipo sanitario per discutere il rigore metodologico, la credibilità e la rilevanza delle evidenze prodotte. CASP è composto da un questionario con 11 item suddivisi in quattro categorie: disegno dello studio, qualità metodologica, analisi dei risultati, aiuto che i risultati possono dare localmente. Per ogni item poteva essere assegnato un valore in risposta alla domanda: ben espresso nell'articolo (Y: yes), completamente non descritto (N: no) o dato poco chiaro, privo di dettagli (CT: cannot tell). Non essendo disponibile alcun sistema formale per interpretare i risultati, è stato utilizzato un sistema di punteggio basato su quello utilizzato precedentemente da altri studi [38,39]. Con punteggio >60% lo studio è stato valutato come di "buona qualità", con punteggio compreso tra il 40% e il 60% di "moderata qualità", mentre con punteggio <40% di "scarsa qualità".

L'operazione è stata svolta da un singolo revisore.

3.7. Sintesi dei dati

Data la variabilità dei parametri indagati e degli indicatori di verifica utilizzati non è stato possibile svolgere la metanalisi dei dati. È stata eseguita invece una valutazione qualitativa.

4. RISULTATI

4.1. Selezione degli studi

La ricerca nei database ha prodotto 6027 risultati: 1185 da PubMed, 1175 da EBSCO – CINAHL, 61 da PEDro, 1606 da Scopus e 1000 da ResearchGate. Nel processo di screening per titoli, 5998 studi sono stati scartati perché non rientravano nei criteri di inclusione o erano dei duplicati. I restanti 29 studi sono stati letti interamente. Dopo la lettura sono stati esclusi 18 studi poiché non rientravano nei criteri di inclusione. La revisione è stata condotta quindi analizzando gli 11 studi rimanenti. Il processo di selezione è stato riportato nel *PRISMA flow diagram* (Fig. 1), un diagramma di flusso che permette di rappresentare in modo facilmente comprensibile le diverse fasi della ricerca.

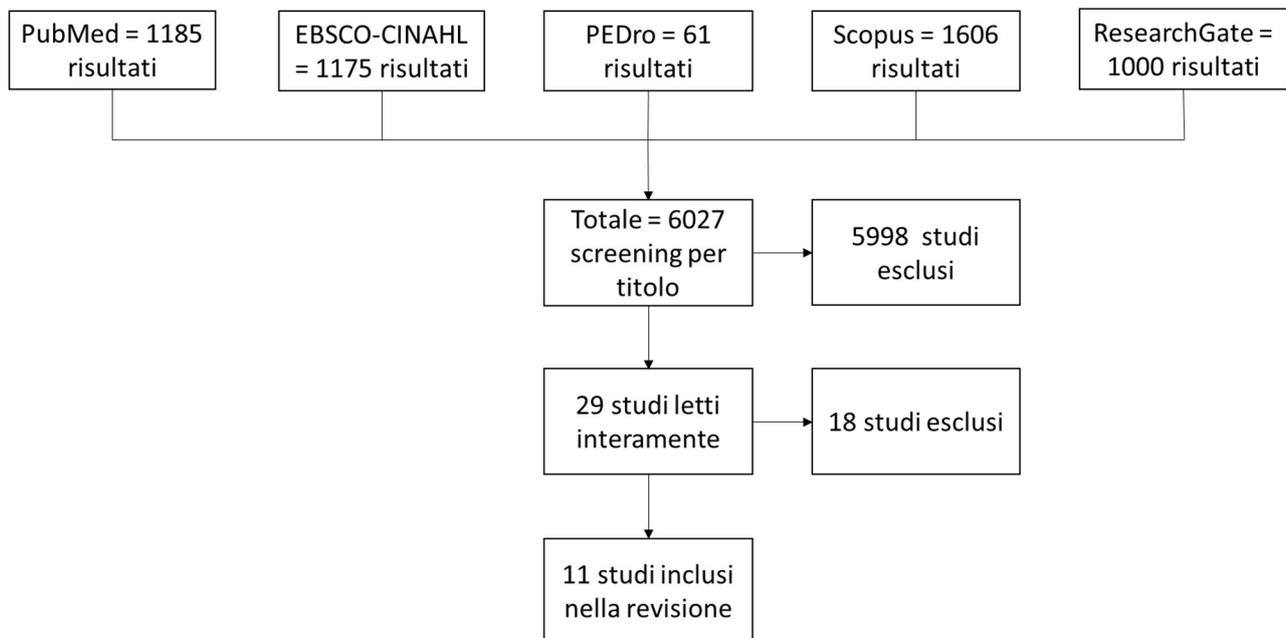


Figura 1. PRISMA flow diagram

4.2. Caratteristiche degli studi

Gli undici articoli inclusi sono tutti RCT, pubblicati tra il 2012 e il 2022. Il campione totale all'interno degli articoli comprendeva 247 pazienti di età compresa tra 35 e 77 anni, con un'età media di 59 anni. Nove studi sono stati condotti in Corea del Sud [40-43,45-47,49,50], uno in Brasile [48] e uno in Turchia [44]. La mediana del numero di popolazione degli studi era di 22 partecipanti. Nella maggior parte dei casi [40-44,47-50] i pazienti con esiti di ictus si trovavano in una condizione cronica (oltre 6 mesi dall'evento), mentre in due articoli [45,46] erano in fase acuta

(meno di 2 mesi dall'evento). L'intervento utilizzato più frequentemente è stato il cammino su treadmill in acqua [40-42,45-47,49,50] mentre in tre studi [43,44,48] è stato utilizzato il cammino in piscina, senza l'ausilio di treadmill. La durata degli interventi è compresa tra le 4 e le 12 settimane, con frequenza settimanale variabile tra le 2 e le 5 sessioni. Le sessioni totali nelle quali i pazienti sono stati esposti all'intervento sono comprese tra 12 e 30. In otto articoli [40-46,50] tutti i partecipanti hanno preso parte ad un programma di riabilitazione generale. Le variabili indagate più frequentemente sono state il cammino [40,42-44,46,48-50], sia qualitativamente che quantitativamente, e l'equilibrio [41-45,48,50], misurato principalmente attraverso la Berg Balance Scale (BBS) [44,45,48,50]. La salute cardiorespiratoria, valutata attraverso test al cicloergometro e spirometria, è stata indagata quattro volte [40,44-46]. Le capacità funzionali, valutate attraverso il Barthel Index o forme modificate dello stesso, sono state indagate tre volte [44-46]. La forza, misurata attraverso un dinamometro o con la Short Physical Performance Battery (SPPB), è stata indagata tre volte [45,47,49].

Le caratteristiche degli studi inclusi nella revisione sono riportati nella Tabella 3.

Autore, data	Popolazione	Intervento	Misurazioni	Indicatori di verifica
[40] Kim N. H. et al., 2021	22 partecipanti: 1. Underwater treadmill (n=11) 2. Overground walking (n=11) Diagnosi: emiplegia severa in esiti di ictus Tempo dall'evento (mesi): 1. 15.8±7.5 2. 25.7±21.2	Tutti i gruppi: riabilitazione neuromotoria 60 min per 5 volte alla settimana per 12 settimane (60 sessioni totali) 1. Underwater treadmill: 30 min per 2 volte alla settimana per 12 settimane (24 sessioni totali) 2. Overground gait training: 30 min per 2 volte alla settimana per 12 settimane (24 sessioni totali)	Baseline, 12 settimane.	Parametri spazio-temporali del cammino MVV
[41] Park S. W. et al., 2014	22 partecipanti: 1. Underwater treadmill (n=11) 2. Gruppo di controllo (n=11) Diagnosi: esiti di ictus Tempo dall'evento: compreso tra i sei mesi e i due anni	Tutti i gruppi: general rehabilitation 30 min per 5 volte alla settimana per 4 settimane (20 sessioni totali) 1. Underwater treadmill: 30 min per 5 volte alla settimana per 4 settimane (20 sessioni totali)	Baseline, 4 settimane.	Balance System SD postural stability test
[42] Lim C. G., 2020	22 partecipanti: 1. Underwater treadmill with water-jet resistance (n=11) 2. Underwater treadmill with ankle weights (n=11) Diagnosi: esiti di primo ictus con interessamento monolaterale Tempo dall'evento (mesi): 1. 10.18±2.92 2. 9.09±2.30	Tutti i gruppi: terapia convenzionale 30 min per 5 volte alla settimana per 4 settimane (20 sessioni totali) 1. Underwater treadmill with water-jet resistance: 30 min per 5 volte alla settimana per 4 settimane (20 sessioni totali) 2. Underwater treadmill with ankle weights: 30 min per 5 volte alla settimana per 4 settimane (20 sessioni totali)	Baseline, 4 settimane.	Balance System SD postural stability test Parametri spazio-temporali del cammino

<p>[43] Kim N. H. et al., 2020</p>	<p>21 partecipanti: 1. Underwater gait training (n=10) 2. Overground walking training (n=11) Diagnosi: emiplegia severa in esiti di ictus Tempo dall'evento (mesi): 1. 31.3±24.1 2. 16.2±6.9</p>	<p>Tutti i gruppi: riabilitazione generale: 60 min per 5 volte alla settimana per 12 settimane (60 sessioni totali) 1. Underwater gait training: 30 min per 2 volte alla settimana per 12 settimane (24 sessioni totali) 2. Overground walking training: 30 min per 2 volte alla settimana per 12 settimane (24 sessioni totali)</p>	<p>Baseline, 12 settimane.</p>	<p>PASS Parametri spazio-temporali del cammino</p>
<p>[44] Duran U. D. et al., 2022</p>	<p>39 partecipanti: 1. Anti-gravity treadmill training group (n=13) 2. Underwater walking therapy group (n=13) 3. Control group (n=13) Diagnosi: esiti di ictus di natura ischemica Tempo dall'evento (mesi): 1. 12.0±4.0 2. 15.6±12.2 3. 10.0±5.1</p>	<p>Tutti i gruppi: riabilitazione convenzionale 45 min per 5 volte alla settimana per 4 settimane (20 sessioni totali) + terapia occupazionale e ricreazionale 45 min per 3 volte alla settimana per 4 settimane (12 sessioni totali) 1. Anti-gravity treadmill: 30 min per 3 volte alla settimana per 4 settimane (12 sessioni totali) 2. Underwater walking: 30 min per 3 volte alla settimana per 4 settimane (12 sessioni totali)</p>	<p>Baseline, 4 settimane.</p>	<p>BI BBS 6MWT Cycle Ergometer Testings</p>
<p>[45] Lee S. Y. et al., 2018</p>	<p>32 partecipanti: 1. Aquatic treadmill group (n=18) 2. Control group (n=14) Diagnosi: emiparesi in esiti di primo ictus Tempo dall'evento (giorni): 1. 30.37±21.92 2. 29.22±19.94</p>	<p>Tutti i gruppi: terapia convenzionale 30 min per 5 volte alla settimana per 4 settimane (20 sessioni totali) 1. Aquatic treadmill: 30 min per 5 volte alla settimana per 4 settimane (20 sessioni totali)</p>	<p>Baseline, 4 settimane.</p>	<p>KEPT KFPT Symptom-limited exercise stress test FMA BBS MBI</p>

<p>[46] Han E. Y. et al., 2018</p>	<p>20 partecipanti: 1. Aquatic treadmill exercise (n=10) 2. Land based exercise (n=10) Diagnosi: emiparesi in esiti di primo ictus Tempo dall'evento (giorni): 1. 35.30±20.68 2. 37.50±25.77</p>	<p>Tutti i gruppi: riabilitazione convenzionale 20 min per 5 volte alla settimana per 6 settimane (30 sessioni totali) 1. Aquatic treadmill: 30 min per 5 volte alla settimana per 6 settimane (30 sessioni totali) 2. Land based exercise: 30 min per 5 volte alla settimana per 6 settimane (30 sessioni totali)</p>	<p>Baseline, 6 settimane.</p>	<p>ETT 6MWT K-MBI</p>
<p>[47] Lee D. G. et al., 2015</p>	<p>32 partecipanti: 1. Underwater treadmill walking training (n=16) 2. Overground treadmill walking training (n=16) Diagnosi: emiplegia in esiti di ictus Tempo dall'evento (mesi): 1. 7.9±2.5 2. 8.0±2.4</p>	<p>1. Underwater treadmill: 30 min per 3 volte alla settimana per 6 settimane (18 sessioni totali) 2. Overground treadmill: 30 min per 3 volte alla settimana per 6 settimane (18 sessioni totali)</p>	<p>Baseline, 6 settimane.</p>	<p>KEPT KFPT</p>
<p>[48] Franciulli P. M. et al., 2019</p>	<p>12 partecipanti: 1. Pool group (n=6) 2. Treadmill group (n=6) Diagnosi: esiti di ictus frontoparietale Tempo dall'evento (mesi): 1. 67.67±51.05 2. 56.67±32.93</p>	<p>1. Pool: 40 min per 3 volte alla settimana per 9 settimane (27 sessioni totali) 2. Treadmill: 40 min per 3 volte alla settimana per 9 settimane (27 sessioni totali)</p>	<p>Baseline, 9 settimane.</p>	<p>TUG BBS</p>

<p>[49] Park S. I. et al., 2012</p>	<p>20 partecipanti: 1. Underwater treadmill walking (n=10) 2. Overground treadmill walking (n=10) Diagnosi: esiti di ictus Tempo dall'evento (mesi): 1. 13.1±8.4 2. 12.5±8.4</p>	<p>1. Underwater treadmill: 30 min per 4 volte alla settimana per 6 settimane (24 sessioni totali) 2. Overground treadmill: 30 min per 4 volte alla settimana per 6 settimane (24 sessioni totali)</p>	<p>Baseline, 6 settimane.</p>	<p>Body weight exerted on the entire foot Joint angles during walking SPPB</p>
<p>[50] Park J. H. et al., 2018</p>	<p>27 partecipanti: 1. Aquatic treadmill group (n=9) 2. Anti-gravity treadmill group (n=8) 3. Control group (n=10) Diagnosi: esiti di ictus Tempo dall'evento (mesi): 1. 7.22±1.09 2. 6.75±0.88 3. 7.60±0.84</p>	<p>Tutti i gruppi: 30 min per 5 volte alla settimana per 4 settimane (20 sessioni totali) 1. Aquatic treadmill: 30 min per 3 volte alla settimana per 4 settimane (12 sessioni totali) 2. Anti gravity treadmill: 30 min per 3 volte alla settimana per 4 settimane (12 sessioni totali) 3. Control group (general gait training using a treadmill): 30 min per 3 volte alla settimana per 4 settimane (12 sessioni totali)</p>	<p>Baseline, 4 settimane.</p>	<p>BBS TUG 10MWT</p>

Tabella 3. Caratteristiche degli studi

Lista delle abbreviazioni: MVV, maximal voluntary ventilation; PASS, Postural Assessment Scale for Stroke; BI, Barthel Index; 6MWT, 6 Minute Walking Test; KEPT, knee extension peak torque; KFPT, knee flexion peak torque; FMA, Fugl-Meyer Assessment; BBS, Berg Balance Scale; MBI, Modified Barthel Index; ETT, symptom-limited graded exercise tolerance test; K-MBI, Korean Modified Barthel Index; TUG, Timed Up and Go Test; SPPB, Short Physical Performance Battery; 10MWT, 10 Meter Walk Test

4.3. Misure di outcome

Negli studi inclusi nella revisione sono state analizzate numerose variabili; quelle prese in considerazione sono state il cammino, l'equilibrio, la salute cardiorespiratoria, le capacità funzionali e la forza muscolare.

Il cammino è stato indagato qualitativamente e quantitativamente. L'analisi qualitativa è stata condotta in tre studi [40,42,43] attraverso il GAITRite system, uno speciale tappetino elettronico con dei sensori in grado di indagare in modo accurato i parametri spazio-temporali e in uno studio [49] attraverso lo SmartStep system, un sistema mobile di analisi del cammino con possibilità di biofeedback. L'analisi quantitativa è stata condotta utilizzando in due articoli [44-46] il 6 Minute Walking Test (6MWT), un test che indaga la funzionalità aerobica e la resistenza nel cammino, in due studi [48,50] il Timed Up and Go Test (TUG) che permette indirettamente di valutare il rischio di caduta durante la deambulazione, in uno studio [50] il 10 Meter Walk Test (10MWT) che permette di misurare la velocità del cammino su brevi distanze.

L'equilibrio è stato indagato in sette articoli [41-45,48,50]. In due studi sono state valutate le capacità di equilibrio statico e dinamico nei pazienti attraverso il Balance System SD [41,42], una piattaforma in grado di inclinarsi in tutte le direzioni; in uno studio [43] è stata utilizzata la Postural Assessment Scale for Stroke (PASS), una scala ideata per misurare il controllo posturale nei pazienti con esiti di ictus; in quattro studi [44,45,48,50] è stata utilizzata la Berg Balance Scale (BBS), una scala che permette di determinare l'abilità di un paziente di mantenere l'equilibrio in sicurezza seguendo una serie di compiti specifici.

La salute cardiorespiratoria è stata indagata in quattro studi. In uno studio [44] attraverso la spirometria al PC è stata misurata la maximal voluntary ventilation (MVV); in tre studi [44-46] sono stati svolti dei test al cicloergometro e contemporaneamente monitorate frequenza cardiaca, dispendio energetico (in METs), fatica (Borg Scale) e VO₂. In due articoli [44,46], oltre ai test al cicloergometro, è stato utilizzato anche il 6MWT come valutazione della capacità aerobica.

Le capacità funzionali sono state indagate in tre studi [44-46], utilizzando il Barthel Index, una scala che permette di valutare le capacità di un soggetto di svolgere azioni della vita quotidiana (ADL), o versioni modificate dello stesso come il Modified Barthel Index (MBI) e il Korean Modified Barthel Index (KMBI). Inoltre, in uno degli studi [45] che hanno indagato le capacità funzionali è stata utilizzata anche la Fugl-Meyer Assessment (FMA), una scala specifica per l'ictus, che permette di determinare la funzione motoria residua nei pazienti.

La forza è stata indagata in tre studi [45,47,49]. In due di essi [45,47] le misurazioni sono state svolte attraverso un dinamometro portatile. In uno studio [49] è stata utilizzata la Short Physical Performance Battery (SPPB).

4.4. Rischio di bias degli studi inclusi

La valutazione qualitativa degli articoli inclusi nella revisione, eseguita mediante CASP, ha fatto emergere i seguenti risultati:

- Cinque articoli sono stati valutati come di buona qualità [40,42,43,45,46]
- Sei articoli sono stati valutati come di qualità moderata [41,44,47-50]

La valutazione in dettaglio di qualità e punteggio CASP sono riportati nella Tabella 4.

	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Punteggio
Kim N. H. et al., 2021	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	CT	CT	CT	73%
Park S. W. et al., 2014	Y	CT	Y	CT	Y	Y	Y	Y	CT	CT	CT	55%
Lim C. G., 2020	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	CT	CT	CT	73%
Kim N. H. et al., 2020	Y	Y	Y	CT	Y	Y	Y	Y	CT	CT	CT	64%
Duran U. D. et al., 2022	Y	CT	Y	CT	Y	Y	Y	Y	CT	CT	CT	55%
Lee S. Y. et al., 2018	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	CT	CT	CT	73%
Han E. Y. et al., 2018	Y	Y	Y	CT	Y	Y	Y	Y	CT	CT	CT	64%
Lee D. G. et al., 2015	Y	CT	Y	CT	Y	Y	Y	Y	CT	CT	CT	55%
Franciulli P. M. et al., 2019	Y	Y	CT	CT	Y	Y	Y	Y	CT	CT	CT	55%
Park S. I. et al., 2012	Y	CT	Y	CT	Y	Y	Y	Y	CT	CT	CT	55%
Park J. H. et al., 2018	Y	CT	Y	N	Y	Y	Y	Y	CT	CT	CT	55%

Tabella 4. Valutazione della qualità degli studi inclusi

Legenda dei colori: ■ buona qualità; ■ qualità moderata; ■ bassa qualità

Lista delle abbreviazioni: Y = yes; N = no; CT = cannot tell

Significato degli item: Item 1: Did the study address a clearly focused research question?; Item 2: Was the assignment of participants to interventions randomised?; Item 3: Were all participants who entered the study accounted for at its conclusion?; Item 4: Were participants/investigators/people assessing 'blind'?; Item 5: Were the study groups similar at the start of the randomised controlled trial?; Item 6: Apart from the experimental intervention, did each study group receive the same level of care?; Item 7: Were the effects of intervention reported comprehensively?; Item 8: Was the precision of the estimate of the intervention or treatment effect reported?; Item 9: Do the benefits of the experimental intervention outweigh the harms and costs?; Item 10: Can the results be applied to your local population/in your context?; Item 11: Would the experimental intervention provide a greater value to the people in your care than any of the existing interventions?

4.5. Risultati dei singoli studi

Nel primo studio [40] venivano indagate le funzioni cammino, valutato attraverso il GAITRite system, uno speciale tappetino elettronico con dei sensori in grado di indagarne in modo accurato i parametri spazio-temporali, e la capacità respiratoria, valutata attraverso la spirometria al PC. I parametri valutati nel cammino sono stati: lunghezza del semipasso, differenza nella lunghezza del semipasso, tempo di appoggio, tempo di volo, differenza del tempo di semipasso e velocità del cammino. Variazioni significative ($p < .05$) nel cammino si sono verificate nella differenza del tempo di semipasso che è diminuito e aumentato rispettivamente nel gruppo sperimentale e di controllo nel pre e post-intervento ($-.06$ vs. $+.04$ s, $p < .05$). Per quanto riguarda la funzionalità respiratoria ci sono stati dei miglioramenti significativi in entrambi i gruppi ma, quelli del gruppo sperimentale, sono stati significativamente più grandi rispetto al gruppo di controllo ($+23.32$ vs. $+4.75$ L, $p < .05$).

Nello studio di Park S. W. et al. [41] sono state valutate le capacità di equilibrio statico e dinamico nei pazienti attraverso il Balance System SD, una piattaforma in grado di inclinarsi in tutte le direzioni fino a 20° . Per quanto riguarda l'equilibrio statico ci sono state differenze significative in entrambi i gruppi tra pre e post-intervento sia per quanto riguarda l'oscillazione antero-posteriore (-1.1 ± 1.2 vs $-1.0 \pm 1.2^\circ$, $p < 0.05$) che per l'oscillazione medio-laterale (-0.9 ± 0.9 vs $-1.6 \pm 1.1^\circ$, $p < 0.05$), senza differenze significative tra i due gruppi. Nell'equilibrio dinamico ci sono stati miglioramenti significativi in entrambi i gruppi (-1.1 ± 1.2 vs $-0.9 \pm 1.2^\circ$, $p < 0.05$), senza differenze significative tra i gruppi.

Nel terzo articolo [42] sono state valutate le capacità di equilibrio, statico e dinamico, misurate attraverso il Balance System SD, e le abilità nel cammino, rilevate con il GAITRite system. Entrambi i gruppi hanno dimostrato miglioramenti significativi nell'equilibrio statico. Nel gruppo

turbolenza in acqua, il punteggio nell'equilibrio statico è passato da 1.16 ± 0.32 a 0.49 ± 0.17 ($P<0.00$) e il punteggio nell'equilibrio dinamico è migliorato da 3.57 ± 1.45 a 1.78 ± 0.88 ($P<0.00$). Nel gruppo con i pesi alle caviglie il punteggio nell'equilibrio statico è passato da 1.10 ± 0.42 a 0.95 ± 0.32 ($P=0.01$) mentre quello nell'equilibrio dinamico è migliorato da 3.15 ± 0.80 a 3.09 ± 0.91 ($P=0.57$). Tuttavia, i cambiamenti nell'equilibrio statico nel gruppo turbolenza sono stati superiori rispetto a quelli del gruppo pesi alle caviglie ($P=0.00$; effect size=0.73), come lo sono stati anche per quanto riguarda l'equilibrio dinamico ($P=0.00$; effect size=0.76). Per quanto riguarda i parametri del cammino, sono migliorati in entrambi i gruppi tra pre e post-intervento. La velocità è aumentata ($P<0.00$ vs. $P=0.037$), come la cadenza ($P<0.00$ vs. $P=0.001$), la lunghezza del semipasso ($P<0.00$ vs. $P=0.003$), la lunghezza del passo ($P<0.00$ vs. $P=0.023$) e la fase di volo ($P<0.00$ vs. $P<0.00$). I parametri sopra elencati, velocità ($P=0.00$; effect size=0.87), cadenza ($P=0.00$; effect size=0.91), lunghezza del semipasso ($P=0.00$; effect size=0.88), lunghezza del passo ($P=0.00$; effect size=0.95) e fase di volo ($P=0.023$; effect size=0.54) sono migliorati maggiormente nel gruppo turbolenza in acqua rispetto al gruppo pesi alle caviglie.

Nello studio condotto da Kim N. H. et al. [43] sono stati valutati l'equilibrio, attraverso la scala PASS e la traiettoria del COP, calcolata con il programma Balancia 2.0 e una Wii Balance Board, e i parametri del cammino, attraverso il GAITRite System. Per quanto riguarda la PASS ci sono stati miglioramenti in entrambi i gruppi ($+2.5\pm 4.2$ vs. 5.5 ± 4.8 , $p<0.05$) ma solamente quelli nel gruppo di controllo sono stati significativamente rilevanti tra pre e post-intervento. Non ci sono state differenze significative nei cambiamenti post-intervento tra i gruppi. Per quanto riguarda il COP sono state indagate la distanza percorsa ($-1,4.32\pm 18.15$ vs. -13.83 ± 15.03 , $p<0.05$) e la velocità ($-.59\pm .54$ vs. $-.41\pm .48$, $p<0.05$). In entrambi i casi ci sono stati miglioramenti significativi tra pre e post-intervento, senza differenze significative intergruppo. Non ci sono state differenze significative nei parametri del cammino quali tempo di appoggio, tempo di volo, differenza del tempo di semipasso, lunghezza del semipasso, differenza di lunghezza del semipasso e velocità del cammino tra pre e post-intervento in entrambi i gruppi. La differenza di lunghezza del semipasso ($+4.55\pm 6.68$ cm vs. -1.25 ± 3.56 cm, $p<0.05$), tuttavia, mostra una differenza significativa tra i gruppi nel post-intervento.

Nell'articolo di Duran U. D. et al. [44] venivano indagate le capacità funzionali, l'equilibrio e la funzionalità cardiorespiratoria. Le capacità funzionali sono state misurate utilizzando il Barthel Index, una scala che permette di valutare l'abilità di una persona nello svolgere le attività quotidiane. In tutti e tre i gruppi ci sono stati dei miglioramenti non significativi ($p>0.05$) post-intervento, da 69.8 ± 26.4 a 74.6 ± 23.4 nel gruppo treadmill antigrafitario, da 80.0 ± 17.3 a 84.6 ± 17.0

nel gruppo di cammino in acqua, da 79.5 ± 13.1 a 81.1 ± 10.6 nel gruppo di controllo, senza differenze significative tra i gruppi. L'equilibrio è stato valutato attraverso la Berg Balance Scale. Ci sono stati dei cambiamenti non significativi ($p > 0.05$) in tutti i gruppi, da 1.6 ± 0.6 a 1.54 ± 0.5 nel primo, da 1.3 ± 0.5 a 1.31 ± 0.4 nel secondo, da 1.8 ± 0.5 a 1.68 ± 0.5 nel terzo, senza differenze significative tra i gruppi. Le capacità aerobiche dei partecipanti sono state misurate attraverso il 6MWT e test al cicloergometro. Mentre eseguivano questi compiti sono stati monitorati frequenza cardiaca, distanza percorsa, durata del test (al cicloergometro), fatica (attraverso la scala di Borg), MET e VO₂. Nel 6MWT sono migliorate in modo significativo ($p < 0.05$), tra pre e post-intervento, la frequenza cardiaca massima (da 84.3 ± 12.2 a 91.5 ± 13.8 bpm) e la distanza percorsa (da 161.1 ± 107.4 a 187.0 ± 124.5 m) nel gruppo treadmill antigravitario. Negli altri gruppi ci sono stati miglioramenti ma non significativi ($p > 0.05$). Non ci sono state differenze statisticamente significative per quanto riguarda scala Borg e frequenza cardiaca a riposo. Confrontando i gruppi, è stata determinata una differenza significativa ($p < 0.017$) in questi due parametri tra il gruppo treadmill antigravitario e gli altri due. Nei test al cicloergometro, frequenza cardiaca massima (da 112.5 ± 18.1 a 120.0 ± 15.8 bpm), durata del test (da 9.7 ± 3.2 a 11.3 ± 3.6 min), MET (da 5.4 ± 1.0 a 6.5 ± 1.3 ml/kg/min) e VO₂ (da 19.9 ± 4.5 a 24.9 ± 6.2) sono migliorati in modo significativo solamente nel gruppo treadmill antigravitario. Non sono state osservate differenze significative ($p < 0.05$) in nessun gruppo per quanto riguarda la scala Borg e la frequenza cardiaca a riposo. Comparando i gruppi, sono state osservate differenze statisticamente significative ($p < 0.017$) nella frequenza cardiaca massima, durata del test, MET e VO₂ tra il primo gruppo e gli altri due.

Nello studio di Lee S. Y. et al. [45] sono state indagate forza muscolare, funzionalità cardiorespiratoria e funzioni cliniche nei pazienti. La forza muscolare è stata indagata misurando la massima forza isometrica (torque) attraverso l'utilizzo di un dinamometro isocinetico. Sono stati valutati gli estensori e i flessori del ginocchio di entrambi gli arti inferiori dei pazienti. Per quanto riguarda la forza degli estensori del ginocchio ci sono stati miglioramenti significativi tra pre e post-intervento nel gruppo sperimentale nell'arto paretico (da 47.06 ± 18.80 a 67.83 ± 25.13 Nm, $p < 0.001$) e nell'arto non paretico (da 76.03 ± 8.89 a 86.17 ± 29.37 , $p = 0.01$). I miglioramenti nell'arto paretico del gruppo sperimentale sono statisticamente significativi ($p = 0.03$; effect size 0.81) se confrontati con quelli del gruppo di controllo nel post-intervento. I cambiamenti nella forza dei flessori del ginocchio dell'arto paretico, nel gruppo sperimentale, sono statisticamente significativi (da 33.56 ± 17.36 a 45.61 ± 22.06 , $p = 0.001$) tra pre e post-intervento e anche se confrontati con il gruppo di controllo ($p = 0.04$; effect size 0.51). La funzionalità cardiorespiratoria è stata valutata attraverso un test su treadmill motorizzato. Durante questo test sono stati indagati frequenza cardiaca, pressione arteriosa, VO₂ e RER. Ci sono stati dei miglioramenti significativi nel picco di VO₂ nel

gruppo sperimentale (da 17.69 ± 6.26 a 21.47 ± 8.73 ml/kg/min, $p=0.02$) tra pre e post-intervento, ma non se confrontati tra i due gruppi. Negli altri parametri indagati ci sono stati dei cambiamenti ma non statisticamente significativi sia tra pre e post-intervento all'interno dello stesso gruppo che intergruppo. Le funzioni cliniche sono state valutate attraverso la somministrazione di alcune scale: Fugl-Meyer Assessment, Berg Balance Scale, Korean Modified Barthel Index. Nella FMA ci sono stati dei miglioramenti significativi tra pre e post-intervento nel gruppo sperimentale (da 74.83 ± 24.50 a 81.94 ± 24.13 , $p=0.03$) e nel gruppo di controllo (da 69.79 ± 29.83 a 73.79 ± 28.43 , $p=0.04$), senza differenze significative tra i gruppi. Per quanto riguarda la BBS ci sono stati miglioramenti significativi nel gruppo sperimentale (da 41.00 ± 14.41 a 50.11 ± 13.81 , $p=0.01$) e nel gruppo di controllo (da 33.21 ± 11.70 a 42.64 ± 7.56 , $p<0.001$), senza differenze significative tra i gruppi. Nel KMBI ci sono stati miglioramenti significativi nel gruppo sperimentale (da 73.83 ± 20.64 a 88.39 ± 14.43 , $p<0.001$) e nel gruppo di controllo (da 69.36 ± 17.50 a 80.21 ± 12.03 , $p=0.02$), senza differenze significative tra i gruppi.

Nel settimo studio, condotto da Han E. Y. et al. [46], sono state indagate la funzionalità cardiorespiratoria, la resistenza nel cammino e le abilità nelle attività quotidiane (ADL) dei pazienti. La funzionalità cardiorespiratoria è stata valutata attraverso un test ad auto tolleranza su un treadmill motorizzato. I parametri indagati sono stati VO₂, frequenza cardiaca, massima frequenza cardiaca predetta, quoziente respiratorio. Il picco di VO₂ è migliorato in modo significativo nel primo gruppo tra pre e post-intervento (da 22.37 ± 7.25 a 28.05 ± 7.57 ml/kg/min, $p=.005$) con differenze significative ($p=.011$) intergruppo. La frequenza cardiaca massima è aumentata in modo significativo nel gruppo treadmill in acqua (da 139.10 ± 21.06 a 153.10 ± 21.01 bpm, $p=.007$) tra pre e post-intervento, con differenze significative intergruppo ($p=.038$). La massima frequenza cardiaca predetta è migliorata nel primo gruppo in modo significativo tra pre e post-trattamento (da 83.39 ± 11.53 a 94.16 ± 12.02 %, $p=.008$) con differenze significative intergruppo ($p=.035$). Il quoziente respiratorio è migliorato in modo statisticamente significativo nel primo gruppo (da 0.94 ± 0.11 a 1.01 ± 0.12 , $p=.083$) con differenze significative intergruppo ($p=.031$). La resistenza nel cammino è stata valutata attraverso il 6MWT. Nel primo gruppo ci sono state differenze significative tra pre e post-intervento (da 237.10 ± 107.22 a 325.70 ± 99.63 m, $p=.005$), senza differenze significative intergruppo. Le ADL sono state valutate attraverso il KMBI. Cambiamenti statisticamente significativi sono avvenuti nel gruppo treadmill in acqua (da 78.30 ± 14.87 a 89.40 ± 9.88 , $p=.008$) e nel gruppo di esercizi a terra (da 83.50 ± 10.18 a 91.10 ± 7.62 , $p=.01$), senza differenze significative intergruppo.

Nell'articolo di Lee D. G. et al. [47] è stata valutata la forza muscolare dei flessori e degli estensori di ginocchio dei pazienti, attraverso l'utilizzo di un dinamometro isocinetico. Le prove sono state svolte con velocità angolari di 60 e 120°/sec. Per quanto riguarda gli estensori del ginocchio, a 60°/sec ci sono state differenze significative tra pre e post-trattamento nel gruppo sperimentale (da 49.4±21.4 a 73.9±21.6, p<0.01) e nel gruppo di controllo (da 47.2±16.9 a 57.7±16.6, p<0.05) con differenze statisticamente significative tra i gruppi (p<0.01). Sempre per gli estensori ma a 120°/sec ci sono stati miglioramenti significativi tra pre e post-trattamento nel primo gruppo (da 31.0±14.6 a 50.3±20.8, p<0.01) e nel secondo gruppo (da 30.8±9.8 a 39.0±10.0, p<0.05) con differenze significative tra i gruppi (p<0.01). La forza dei flessori del ginocchio a 60°/sec ha mostrato miglioramenti significativi tra pre e post-intervento nel gruppo sperimentale (da 42.6±21.5, p<0.05) e nel gruppo di controllo (da 38.1±14.1 a 45.9±13.5, p<0.05), senza differenze significative tra i gruppi. A 120°/sec la forza dei flessori è migliorata in modo significativo nel primo gruppo (da 24.8±11.6 a 33.3±10.0, p<0.05), senza differenze significative intergruppo.

Nello studio di Franciulli P. M. et al. [48] sono stati indagati l'equilibrio e il cammino dei pazienti. L'equilibrio è stato indagato attraverso la BBS. Cambiamenti significativi (p=0.00) sono stati riscontrati nel primo gruppo (da 41.67±6.38 a 49.17±4.31) e nel secondo gruppo (da 42.33±4.55 a 48±4.31), senza differenze significative intergruppo. Il cammino è stato indagato con il TUG test. Ci sono stati cambiamenti significativi (p=0.02) tra pre e post-trattamento nel gruppo sperimentale (da 26.67±14.56 a 13.03±7.52 s) e nel gruppo di controllo (da 19±2.37 a 16.67±1.86 s), senza differenze significative tra i gruppi.

Nell'articolo di Park S. I. et al. [49] sono state valutate la capacità di carico monopodalico sul lato paretico, lo schema del cammino e la forza muscolare. Il carico monopodalico sul lato paretico è stato misurato con lo SmartStep system, un sistema mobile di analisi del cammino con possibilità di biofeedback. Nel gruppo di cammino in acqua ci sono stati miglioramenti significativi tra pre e post-trattamento (da 52.5±10.7 a 55.5±11.2, p<0.01) con differenze significative intergruppo (p<0.05). Lo schema del cammino è stato valutato attraverso il cambiamento degli angoli articolari durante il cammino stesso, registrato attraverso una videocamera digitale. Nel momento di contatto del tallone a terra, l'anca del gruppo treadmill in acqua era significativamente (p<0.01) più flessa rispetto a quella del gruppo treadmill a terra. Il ginocchio era significativamente (p<0.05) più esteso nel primo gruppo rispetto al secondo. L'angolo alla caviglia non ha mostrato cambiamenti significativi tra pre e post-intervento e intergruppo. Nel momento di distacco dell'alluce da terra (toe-off), l'anca del primo gruppo era significativamente (p<0.05) più estesa rispetto al secondo gruppo. Il ginocchio era significativamente (p<0.05) più flesso. L'angolo alla caviglia non ha

mostrato differenze intragruppo e intergruppo. La forza è stata misurata attraverso la SPPB. Ci sono stati miglioramenti significativi nel primo gruppo (da 7.0 ± 2.7 a 8.6 ± 2.5 , $p < 0.01$) e nel secondo gruppo (da 6.9 ± 1.1 a 8.5 ± 1.4 , $p < 0.01$), senza differenze intergruppo.

Nell'ultimo articolo, di Park J. H. et al. [50], sono stati valutati l'equilibrio e le abilità del cammino. L'equilibrio è stato valutato attraverso la BBS. Sono avvenuti miglioramenti significativi tra pre e post-intervento nel gruppo treadmill in acqua ($+9.11 \pm 2.97$, $p < 0.05$), nel gruppo treadmill antigravitarario ($+8.37 \pm 1.76$, $p < 0.05$) e nel gruppo di controllo ($+6.20 \pm 1.75$, $p < 0.05$). Cambiamenti intergruppo significativi ($p < 0.05$) sono avvenuti tra i primi due gruppi e il gruppo di controllo, senza differenze significative tra il primo e il secondo gruppo. Il cammino è stato valutato attraverso il TUG test e il 10MWT. Al TUG ci sono stati miglioramenti significativi ($p < 0.05$), tra pre e post-intervento, nel primo gruppo (-13.44 ± 5.00) e nel secondo gruppo (-12.62 ± 6.45) ma non nel gruppo di controllo. Differenze significative intergruppo ($p < 0.05$) sono stati riscontrate tra i primi due gruppi e il gruppo di controllo, senza differenze significative tra il primo e il secondo gruppo. Nel 10MWT sono avvenuti miglioramenti significativi ($p < 0.05$), tra pre e post-intervento, nel gruppo treadmill in acqua (-13.10 ± 6.75) e nel gruppo treadmill antigravitarario (-12.10 ± 9.65). Differenze significative ($p < 0.05$) intergruppo sono state individuate tra i primi due gruppi e il gruppo di controllo, senza differenze significative tra primo e secondo gruppo.

5. DISCUSSIONE

5.1. Sintesi dei dati estratti

L'obiettivo di questa revisione era valutare quanto fosse efficace l'utilizzo del cammino in acqua come strumento riabilitativo nei pazienti con esiti di ictus. Undici trial randomizzati controllati sono stati inclusi nella revisione in quanto soddisfacevano i criteri di inclusione fissati. In otto degli articoli analizzati il cammino in acqua è stato svolto attraverso l'utilizzo di un treadmill, in tre articoli, invece, il cammino è stato in piscina, senza l'utilizzo del treadmill. Nella maggior parte degli studi tutti i partecipanti, sia del gruppo sperimentale che del gruppo di controllo, hanno preso parte ad un programma di riabilitazione generale. In due articoli i partecipanti sono stati divisi in tre gruppi, due sperimentali (cammino in acqua e treadmill antigravitario) e gruppo di controllo. La qualità metodologica degli studi, valutata attraverso lo strumento CASP, è stata definita tra buona e moderata nel complesso, con punteggi piuttosto eterogenei tra gli articoli considerati. Uno dei maggiori punti critici riscontrati durante il processo di valutazione degli studi è consistito nel fatto che, in alcuni di essi, non venisse specificato in modo chiaro il criterio utilizzato per la randomizzazione dei partecipanti, sebbene non fossero presenti differenze significative tra i gruppi considerati.

Le variabili indagate negli studi sono state numerose e valutate spesso in modi differenti. Per svolgere la revisione si è tenuto conto delle seguenti: cammino, salute cardiorespiratoria, equilibrio, capacità funzionali e forza muscolare.

Il cammino è stato indagato da alcuni studi qualitativamente e da alcuni quantitativamente. Qualitativamente sono stati indagati i parametri spazio-temporali del ciclo del passo e gli angoli che venivano a formarsi tra le articolazioni durante l'attività di cammino. Nella totalità degli studi che hanno indagato questa variabile sono avvenuti dei cambiamenti statisticamente significativi, in alcuni parametri, tra prima e dopo il trattamento e rispetto al gruppo di controllo. I miglioramenti più importanti, comuni a tutti gli studi, riguardano l'aumento della lunghezza del passo e del semipasso. Altri miglioramenti rilevanti riguardano la velocità di avanzamento dell'arto, la velocità del cammino, l'aumento della cadenza del passo e del tempo di volo. Da segnalare anche come, nello studio di Park S. I. et al., siano stati riscontrati dei miglioramenti agli angoli all'anca e al ginocchio durante la fase di appoggio del piede a terra.

Quantitativamente sono stati usati, in alcuni studi, il 6MWT per verificare la distanza percorsa dal paziente in sei minuti, il TUG per verificare la mobilità e il 10MWT per indagare la velocità di cammino su brevi distanze. Complessivamente ci sono stati dei miglioramenti significativi ma non

superiori rispetto a quelli del gruppo di controllo considerato. Nello studio di Duran U. D. et al. sono stati riscontrati miglioramenti significativi nei due gruppi sperimentali (treadmill in acqua e antigravitario) rispetto al gruppo di controllo.

La salute cardiorespiratoria è stata indagata attraverso la spirometria al PC, test al cicloergometro e 6MWT. Negli studi di Duran U. D. et al. e Lee S. Y. et al. ci sono stati dei miglioramenti ma non significativi tra pre e post-intervento mentre in tre articoli [40,46] ci sono stati miglioramenti significativi tra pre e post-intervento e tra gruppo sperimentale e gruppo di controllo. Nello studio di Duran U. D. et al., in cui era presente anche il gruppo sperimentale treadmill antigravitario, i risultati di quest'ultimo sono stati superiori a quelli del gruppo treadmill in acqua. Le variabili che hanno dimostrato cambiamenti più importanti sono state MVV (maximal voluntary ventilation), Vo2 max, frequenza cardiaca massima rispetto alla massima predetta e quoziente respiratorio.

L'equilibrio è stato indagato attraverso l'utilizzo di pedane stabilometriche e scale di valutazione (PASS e BBS). In questo caso i risultati sono piuttosto eterogenei, infatti, dai sette articoli in cui è stata indagata questa variabile emergono quadri piuttosto differenti. In due casi [43,44] sono stati riscontrati dei miglioramenti ma non significativi, in un caso [43] i miglioramenti si sono dimostrati minori rispetto al gruppo di controllo. In tre articoli [41,45,48] ci sono stati dei miglioramenti significativi ma non superiori a quelli del gruppo di controllo. In due articoli [42,50] i miglioramenti sono stati significativi tra pre e post trattamento e rispetto al gruppo di controllo (nell'articolo di Park J. H. et al in cui era presente anche il gruppo sperimentale treadmill antigravitario i risultati di quest'ultimo e il gruppo treadmill in acqua sono risultati sovrapponibili).

Le capacità funzionali sono state indagate in tre studi [44-46], attraverso scale specifiche (BI, FMA). In tutti i casi ci sono stati dei miglioramenti, in due [45,46] significativi pre e post trattamento mentre in uno [44] non significativi. In nessuno degli articoli sono state evidenziate differenze significative tra i risultati del gruppo sperimentale e quelli del gruppo di controllo. All'interno degli studi è stato riportato solamente il punteggio realizzato nelle scale di valutazione, quindi, non è stato possibile determinare in quali domini ci siano stati i miglioramenti più importanti.

La forza è stata indagata in tre articoli [45,47,49], due volte con un dinamometro portatile [45,47] e una volta [49] attraverso la somministrazione della scala SPPB. Nelle valutazioni fatte con il dinamometro (estensori e flessori di ginocchio) emergono miglioramenti statisticamente significativi rispetto al gruppo di controllo, soprattutto per quanto riguarda la forza degli estensori

del ginocchio. La valutazione fatta attraverso la scala SPPB ha dimostrato un miglioramento significativo ma non superiore rispetto a quanto avvenuto nel gruppo di controllo.

Volendo sintetizzare quanto emerso precedentemente possiamo affermare che i miglioramenti più importanti hanno riguardato la cinematica del cammino e la forza muscolare. Salute cardiorespiratoria, equilibrio e capacità funzionali hanno mostrato dei miglioramenti significativi rispetto a prima dell'intervento ma senza differenze rispetto al gruppo di controllo. Dove presente anche il gruppo sperimentale treadmill antigravitario i miglioramenti ottenuti da questo e dal gruppo treadmill in acqua sono stati generalmente sovrapponibili.

5.2. Limitazioni e punti di forza

Questa revisione presenta numerose limitazioni. Per prima cosa è importante segnalare come il numero di articoli inclusi sia piuttosto ridotto. Appare chiaro che anche il totale della popolazione presa in considerazione, 247 partecipanti, sia piuttosto scarso per poter formulare delle considerazioni definitive. Anche l'età dei partecipanti e il tempo dall'evento variavano sensibilmente tra studio e studio. Buona parte degli studi, inoltre, è stata realizzata in un singolo paese, la Corea del Sud, con una popolazione verosimilmente composta per la maggior parte da pazienti di etnia asiatica. Va quindi preso in considerazione come i risultati ottenuti siano validi per questo tipo di popolazione ma possano essere non sovrapponibili ad altri contesti, dove presenti persone con patrimonio genetico diverso. Un'altra importante limitazione consiste nella diversità delle variabili indagate all'interno degli studi e ai diversi strumenti di misurazione utilizzati. Per poter produrre una sintesi più precisa ed efficace sarebbe necessaria una standardizzazione degli strumenti utilizzati per la raccolta dei dati.

Questo lavoro presenta tuttavia anche dei punti di forza. Per garantire la qualità metodologica nel processo di revisione si è proceduto seguendo le indicazioni della checklist PRISMA 2020. Si è inoltre proceduto ad una valutazione del rischio di bias utilizzando lo strumento CASP. Va sottolineato, inoltre, che tutti gli articoli inclusi all'interno della revisione sono di pubblicazione piuttosto recente (2012-2022).

CONCLUSIONI

All'interno della letteratura scientifica l'attività di cammino in acqua è poco indagata in modo isolato sebbene sia spesso inclusa nei programmi di esercizio in acqua. Da quanto emerge da questa revisione l'utilizzo di questo strumento terapeutico produce effettivamente dei miglioramenti in alcune variabili, senza che questi siano necessariamente superiori rispetto alla riabilitazione convenzionale.

Implicazioni per la pratica clinica

I risultati ottenuti da questa revisione sono insufficienti per stabilire se l'utilizzo del cammino in acqua sia una strategia di intervento superiore rispetto ai trattamenti convenzionali. Va sottolineato tuttavia come alcune variabili considerate, cinematica del cammino e forza muscolare, abbiano dimostrato dei miglioramenti promettenti in seguito all'utilizzo di questo strumento terapeutico. Tra i fattori da tenere in considerazione per l'applicabilità di questo intervento terapeutico ci sono sicuramente i costi di realizzazione e mantenimento delle strutture adatte nonché la loro ridotta disponibilità, soprattutto in alcune aree geografiche. Dove presenti tali strutture, tuttavia, la possibilità di poter combinare la riabilitazione convenzionale con alcune sessioni di cammino in acqua potrebbe apportare dei miglioramenti superiori rispetto all'utilizzo esclusivo di un'unica modalità riabilitativa.

Implicazioni per la ricerca

Sebbene gli studi inclusi nella revisione siano piuttosto recenti appare chiaro come sia necessario continuare a indagare in modo più approfondito l'argomento, per poter giungere a delle conclusioni precise e convertirle in raccomandazioni per una pratica clinica più efficace. È auspicabile quindi che in futuro vengano realizzati RCT con campioni di popolazione più ampi, in aree geografiche differenti, con maggiore qualità metodologica, e che ci sia la disponibilità di una standardizzazione delle variabili prese in considerazione all'interno degli studi nonché degli strumenti di misura impiegati.

BIBLIOGRAFIA

1. Ferrarese C., (2016), “*Core curriculum. Malattie del sistema nervoso*”, McGraw-Hill Education, Milano.
2. Bertora P., (2015), “*Neurologia per i corsi di Laurea in Professioni Sanitarie*”, Piccin, Padova.
3. Santilli V., (2017), “*Linee guida ed evidenze scientifiche in medicina fisica e riabilitativa*”, Centro Stampa – Università degli Studi di Roma “La Sapienza”.
4. S. Hesse, M. Konrad, D. Uhlenbrock (1999), *Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects*, Arch. Phys. Med. Rehabil. 80:421–427.
5. S.H. Peurala, I.M. Tarkka, K. Pitkanen, J. Sivenius (2005), *The effectiveness of body weight-supported gait training and floor walking in patients with chronic stroke*, Arch. Phys. Med. Rehabil. 86:1557–1564.
6. I. Teixeira da Cunha Filho, P.A. Lim, H. Qureshy, H. Henson, T. Monga, E.J. Protas (2001), *A comparison of regular rehabilitation and regular rehabilitation with supported treadmill ambulation training for acute stroke patients*, J. Rehabil. Res. Dev. 38: 245–255.
7. L. Nilsson, J. Carlsson, A. Danielsson, A. Fugl-Meyer, K. Hellstrom, L. Kristensen, et al. (2001), *Walking training of patients with hemiparesis at an early stage after stroke: a comparison of walking training on a treadmill with body weight support and walking training on the ground*, Clin. Rehabil 15:515–527.
8. L. Ada, C.M. Dean, J.M. Hall, J. Bampton, S. Crompton (2003), *A treadmill and overground walking program improves walking in persons residing in the community after stroke: a placebo-controlled, randomized trial*, Arch. Phys. Med. Rehabil 84:1486–1491.
9. R.F. Macko, F.M. Ivey, L.W. Forrester, D. Hanley, J.D. Sorkin, L.I. Katzel, et al. (2005), *Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, controlled trial*, Stroke 36:2206–2211.
10. C. Benaim, D.A. Perennou, J. Villy, M. Rousseaux, J.Y. Pelissier (1999), *Validation of a standardized assessment of postural control in stroke patients: the Postural Assessment Scale for Stroke Patients (PASS)*, Stroke 30:1862–1868.
11. Gersten JW, Orr W (1971), *External work of walking in hemiparetic patients*. Scand J Rehabil Med 3: 85-88.

12. Gresham GE, Fitzpatrick TE, Wolf PA, McNamara PM, Kannel WB, Dawber TR (1975), *Residual disability in survivors of stroke—the Framingham study*. N Engl J Med 293: 954-956.
13. Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Olsen TS (1999), *Stroke. neurologic and functional recovery the Copenhagen stroke study*. Phys Med Rehabil Clin N Am; 10: 887-906.
14. Mayo NE, Wood-Dauphinee S, Ahmed S, et al. (1999) *Disablement following stroke*. Disabil Rehabil 21: 258-268.
15. Michael K, Macko RF (2007), *Ambulatory activity intensity profiles, fitness, and fatigue in chronic stroke*. Top Stroke Rehabil 14: 5-12.
16. Mackay-Lyons MJ, Makrides L. (2002), *Exercise capacity early after stroke*. Arch Phys Med Rehabil 83: 1697-1702.
17. Kuys S, Brauer S, Ada L (2006), *Routine physiotherapy does not induce a cardiorespiratory training effect post-stroke, regardless of walking ability*. Physiother Res Int 11: 219-227
18. Saunders DH, Sanderson M, Brazzelli M, Greig CA, Mead GE (2013), *Physical fitness training for stroke patients*. Cochrane Database Syst Rev(10): CD003316.
19. Polese JC, Ada L, Dean CM, Nascimento LR, Teixeira-Salmela LF (2013). *Treadmill training is effective for ambulatory adults with stroke: a systematic review*. J Physiother 59: 73-80.
20. Kisner C, Colby LA, (2014), *“Esercizio terapeutico. Fondamenti e tecniche”*, Piccin, Padova.
21. Arnold CM, Busch AJ, Schachter CL et al. (2008) *A randomized clinical trial of aquatic versus land exercise to improve balance, function, and quality of life in older women with osteoporosis*. Physiother Can;60(4):296-306.
22. Hinman RS, Heywood SE, Day AR. (2007), *Aquatic physical therapy for hip and knee osteoarthritis: results of a single-blind randomized controlled trial*. Phys Ther;87(1):32-43.
23. Jung T, Lee D, Charalambous C et al. (2010), *The influence of applying additional weight to the affected leg on gait patterns during aquatic treadmill walking in people poststroke*. Arch Phys Med Rehabil;91(1):129-36.
24. Hall J, Macdonald IA, Maddison PJ, O’Hare JP (1998). *Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol.;77(3):278–284.

25. V. Simmons, P.D. Hansen (1996), *Effectiveness of water exercise on postural mobility in the well elderly: an experimental study on balance enhancement*, J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci. 51, M233–M238.
26. Bates A, Hanson N. (1996), *Aquatic Exercise Therapy*. PA: WB Saunders; Philadelphia.
27. Mazuchi FAS, Bigongiari A, Francica JV, Franciulli PM, Mochizuki L, Hamill J, et al. (2018), *Aerobic training in aquatic environment improves the position sense of stroke patients: a randomized clinical trial*. Motriz: Rev Educ Fis;24(1):1-7.
28. Pereira JA, de Souza KK, Pereira SM, Ruschel C, Hubert M, Michaelsen SM 2019. *The kinematics of paretic lower limb in aquatic gait with equipment in people with post-stroke hemiparesis*. Clin Biomech.; 70:16-22.
29. Caminiti G, Volterrani M, Marazzi G, Cerrito A, Massaro R, Sposato B, et al. (2011), *Hydrotherapy added to endurance training versus endurance training alone in elderly patients with chronic heart failure: a randomized pilot study*. J Int J Cardiol., 148:199–203.
30. Jung T, Ozaki Y, Lai B, et al. (2013): *Comparison of energy expenditure between aquatic and overground treadmill walking in people post-stroke*. Physiotherapy Research International.
31. Matsumoto I, Araki H, Tsuda K, et al. (1999): *Effects of swimming training on aerobic capacity and exercise induced bronchoconstriction in children with bronchial asthma*. Thorax, 54: 196–201.
32. Cider A, Schaufelberger M, Sunnerhagen KS, et al. (2003): *Hydrotherapy—a new approach to improve function in the older patient with chronic heart failure*. Eur J Heart Fail, 5: 527–535.
33. Chu KS, Eng JJ, Dawson AS, et al. (2004): *Water-based exercise for cardiovascular fitness in people with chronic stroke: a randomized controlled trial*. Arch Phys Med Rehabil, 85: 870–874.
34. Genthon N, Vuillerme N, Monnet JP, et al. (2007): *Biomechanical assessment of the sitting posture maintenance in patients with stroke*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 22: 1024–1029.
35. Molloy DW, Richardson LD, Crilly RG (1988): *The effects of a three-month exercise programme on neuropsychological function in elderly institutionalized women: a randomized controlled trial*. Age Ageing, 17: 303–310.

36. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., et al. (2021), “*The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews*”, *Journal of Clinical Epidemiology*, Vol 134, pag 178-189.
37. *Critical Appraisal Skills Programme (2020). CASP Randomised Controlled Trial Checklist*. Disponibile online all’indirizzo: <https://casp-uk.net/casp-tools-checklists/>
38. Gardner, T. et al. (2017), *Physiotherapists’ beliefs and attitudes influence clinical practice in chronic low back pain: a systematic review of quantitative and qualitative studies*. *J. Physiother.* 63, 132–143.
39. Fullen B.M. et al. (2008), *Doctors’ attitude and beliefs regarding acute low back pain management: A systematic review*, *Pain* 136:388–396.
40. Kim N. H. et al. (2021), *Comparison of training effects between underwater treadmill gait training and overground gait training on the walking ability and respiratory function in patients with chronic severe hemiplegic stroke: A randomized, controlled, preliminary trial*, *Topics in Stroke Rehabilitation*, Mar;29(2):83-91.
41. Park S. W. et al. (2014), *The effect of Underwater Gait Training on Balance Ability of Stroke Patients*, *Journal of Physical Therapy Science*, Jun; 26(6): 899–903.
42. Lim C. G. (2020), *Effect of Underwater Treadmill Gait Training With Water-Jet Resistance on Balance and Gait Ability in Patients With Chronic Stroke: A Randomized Controlled Pilot Trial*, *Frontiers in Neurology*, Feb 12:10:1246.
43. Kim N. H. et al. (2020), *Comparison of underwater gait training and overground gait training for improving the walking and balancing ability of patients with severe hemiplegic stroke: A randomized controlled pilot trial*, *Gait & Posture* 80, 124-129.
44. Duran U. D. et al. (2022), *Comparison of the effectiveness of anti-gravity treadmill exercises and underwater walking exercises on cardiorespiratory fitness, functional capacity and balance in stroke patients*, *Acta Neurologica Belgica*, Apr;123(2):423-432.
45. Lee S. Y. et al. (2018), *The Effects of a Motorized Aquatic Treadmill Exercise Program on Muscle Strength, Cardiorespiratory Fitness, and clinical function in Subacute Stroke Patients – a Randomized Controlled Pilot Trial*, *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, Aug;97(8):533-540.
46. Han E. Y. et al. (2018), *Effects of a 6-Week Aquatic Treadmill Exercise Program on Cardiorespiratory Fitness and Walking Endurance in Subacute Stroke Patients*, *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, Sep;38(5):314-319.

47. Lee D. G. et al. (2015), *Effects of underwater treadmill walking training on the peak torque of the knee in hemiplegic patients*, Journal of Physical Therapy Science, Sep;27(9):2871-3.
48. Franciulli P. M. et al. (2019), *The effect of aquatic and treadmill exercise in individuals with chronic stroke*, Fisioterapia e Pesquisa 26(4): 353-359.
49. Park S. I. et al. (2012), *Comparison of Underwater and Overground Treadmill Walking to Improve Gait Pattern and Muscle Strength after Stroke*, Journal of Physical Therapy Science, 24:1087-1090.
50. Park J. H. et al. (2018), *Comparison of Aquatic Treadmill and Anti-Gravity Treadmill Gait Training to Improve Balance and Gait Abilities in Stroke Patients*, Journal of Korean Physical Therapy, Apr;30(2):67-72.