

## INDICE

### ABSTRACT

1. INTRODUZIONE .....	1
1.1 Epidemiologia .....	3
1.2 Ictus: fattori di rischio .....	7
1.3 Principali segni e sintomi dell'ictus .....	9
1.4 Scale di valutazione nell'ictus.....	11
1.5 Conseguenze di un ictus dopo la fase acuta .....	19
2. OBIETTIVO .....	21
3. MATERIALI E METODI .....	22
4. RISULTATI.....	23
4.1 Riabilitazione post-ictus.....	23
4.2 Dispositivi tecnologici per la riabilitazione.....	26
4.2.1 Riabilitazione con realtà virtuale (VR) .....	27
4.2.2 Terapia assistita da robot (RAT) .....	29
4.2.3 Elettrostimolazione funzionale (FES) .....	32
4.2.4 Riabilitazione con neurofeedback .....	34
4.2.5 Stimolazione cerebrale .....	35
4.2.5.1 Stimolazione Magnetica Transcranica (TMS) .....	36
4.2.5.2 Stimolazione transcranica a corrente continua (tDCS) .....	37
4.2.5.3 Stimolazione cerebrale profonda (DBS) .....	38
4.2.6 Terapie cognitivo computerizzate (TCC).....	39
4.2.7 Teleriabilitazione.....	40
5. CONCLUSIONI .....	42
6. BIBLIOGRAFIA .....	43

## **ABSTRACT**

**Introduzione:** L'ictus è un evento neurologico legato a una causa vascolare. La classificazione dell'ictus prevede due categorie principali: ictus ischemico e ictus emorragico. Bisogna inoltre ricordare l'attacco ischemico transitorio o TIA, che si differenzia dall'ictus ischemico per la minore durata dei sintomi. Nonostante i notevoli progressi nel trattamento durante le fasi acute dell'ictus, la prevenzione, la diagnosi, la riabilitazione e la prognosi dell'ictus sono in ritardo. La riabilitazione post-ictus rappresenta un'altra sfida cruciale, poiché molti pazienti sopravvissuti rimangono con disabilità significative, che compromettono la loro indipendenza e la qualità della vita.

**Obiettivo:** L'obiettivo di questa tesi è analizzare e dimostrare l'importanza dell'integrazione delle tecnologie avanzate nella riabilitazione post-ictus, valutandone l'impatto sul recupero funzionale, sulla qualità della vita dei pazienti e sull'efficacia dei programmi di riabilitazione.

**Materiali e metodi:** è stata svolta una revisione della letteratura consultando articoli scientifici tramite motori di ricerca come PubMed, Elsevier Scencedirect e Google Scholar.

**Risultati:** la tesi ha dimostrato che le tecnologie avanzate, come robotica, realtà virtuale, telemedicina e dispositivi indossabili, migliorano il recupero post-ictus. Queste soluzioni aumentano l'efficienza del recupero motorio, stimolano le capacità cognitive, rendono la riabilitazione più accessibile e consentono un monitoraggio continuo e personalizzato dei progressi dei pazienti.

**Conclusioni:** La tecnologia riveste un ruolo sempre più centrale nel campo della riabilitazione post-ictus, offrendo strumenti innovativi e personalizzati per migliorare il recupero funzionale e l'autonomia dei pazienti. L'integrazione di tecnologie avanzate permette una riabilitazione più intensiva e mirata, adattabile alle specifiche esigenze del paziente, con un monitoraggio costante dei progressi.

## 1. INTRODUZIONE

In latino, ictus significa “colpo”. L'ictus - *stroke* in inglese - è un evento cerebrovascolare che capita d'improvviso, anche in pieno benessere. L'ictus (o insufficienza cerebrovascolare) è un evento neurologico legato a una causa vascolare, che il più delle volte è una placca aterosclerotica localizzata a livello dei vasi che portano il sangue al cervello (in particolare le carotidi). (IRCCS, 2024).

La classificazione dell'ictus prevede due categorie principali: ictus ischemico (80%) e ictus emorragico (20%); Questa si suddivide, a sua volta, in emorragia intracerebrale (10-15% del totale) ed emorragia subaracnoidea. L'ictus ischemico è dovuto al mancato afflusso di sangue ad una parte del cervello, mentre l'ictus emorragico è causato dalla rottura di un vaso sanguigno (per pressione alta incontrollata, aneurisma, neoplasia, ecc.), che genera un ematoma che comprime il cervello. In entrambi i casi, un'area del cervello viene colpita e perde improvvisamente la sua funzione ( Donkor ES, 2018).

Bisogna inoltre ricordare l'attacco ischemico transitorio o TIA (Transient Ischemic Attack), che si differenzia dall'ictus ischemico per la minore durata dei sintomi (inferiore alle 24 ore, anche se nella maggior parte dei casi il TIA dura pochi minuti, dai 5 ai 30 minuti). Si stima che circa un terzo delle persone che presenta un TIA, in futuro andrà incontro ad un ictus vero e proprio. ( Ministero della Salute, 2024). L'ictus può portare a uno squilibrio nell'afflusso di sangue e quindi indurre gravi danni cerebrali, con conseguenti varie disfunzioni, come compromissione motoria, disfagia, compromissione cognitiva, dolore post-ictus, depressione, ecc. (Starosta et al, 2022).

Nonostante i notevoli progressi nel trattamento durante le fasi acute dell'ictus, come la trombolisi e la trombectomia , la prevenzione, la diagnosi, la riabilitazione e la prognosi dell'ictus sono in ritardo. (G. Kwakkel et al, 2023). La diagnosi clinica di ictus è solitamente accurata, ma il tipo preciso di ictus e la localizzazione esatta possono essere meno semplici. La determinazione del tipo patologico di ictus si ottiene al meglio con l'imaging cerebrale precoce, solitamente una tomografia computerizzata (TC) o con la conferma dell'autopsia.( O'Donnell et al, 2010).

La gestione dell'ictus presenta numerose sfide, tra cui la crescente incidenza della malattia nei paesi in via di sviluppo, dove l'accesso a cure tempestive e alla prevenzione è spesso limitato. Inoltre, l'invecchiamento della popolazione nei paesi sviluppati sta portando ad un aumento del numero di persone a rischio di ictus, rendendo necessarie nuove strategie

di prevenzione e trattamento per affrontare questa crescente emergenza sanitaria. (Roth et al., 2020).

Uno degli ostacoli principali nella gestione dell'ictus è la prevenzione primaria, che si concentra sul controllo dei fattori di rischio modificabili come l'ipertensione, il diabete, l'obesità, il fumo e l'inattività fisica (Johnson et al., 2016). Nonostante l'evidenza che la prevenzione possa ridurre drasticamente il rischio di ictus, molti individui non adottano le necessarie modifiche dello stile di vita o non seguono i trattamenti prescritti. L'ipertensione, ad esempio, rimane sottodiagnosticata e sotto-trattata in molte popolazioni, specialmente nei paesi a basso e medio reddito, dove l'accesso ai servizi sanitari è limitato (Murray et al., 2020).

La disuguaglianza nell'accesso alle cure rappresenta una delle sfide maggiori nella prevenzione e gestione dell'ictus. Nei paesi a basso e medio reddito, mancano spesso strutture adeguate e personale sanitario formato, rendendo difficoltosa sia la prevenzione che la gestione acuta (Feigin et al., 2020). Inoltre, le campagne di educazione sanitaria e di sensibilizzazione, fondamentali per ridurre l'incidenza di ictus, sono spesso poco diffuse o inefficaci in molte regioni del mondo. Un'altra grande sfida è rappresentata dall'accesso tempestivo al trattamento durante la fase acuta dell'ictus. La finestra terapeutica per trattamenti come la trombolisi o la trombectomia meccanica è limitata a poche ore dall'insorgenza dei sintomi.

Tuttavia, molti pazienti non raggiungono l'ospedale in tempo per beneficiare di questi trattamenti, a causa di una bassa consapevolezza dei sintomi dell'ictus o di un accesso inadeguato alle strutture sanitarie (Campbell et al., 2019). Questo ritardo comporta un aumento del rischio di disabilità permanente e di mortalità. Nei paesi in cui esistono sistemi ben organizzati di stroke unit – reparti specializzati nella gestione dell'ictus – i risultati clinici sono generalmente migliori. Tuttavia, in molte aree rurali e in paesi a risorse limitate, mancano strutture simili, e i pazienti devono spesso percorrere lunghe distanze per raggiungere ospedali in grado di fornire cure adeguate (Langhorne et al., 2017).

La riabilitazione post-ictus rappresenta un'altra sfida cruciale, poiché molti pazienti sopravvissuti rimangono con disabilità significative, che compromettono la loro indipendenza e la qualità della vita. Nonostante i progressi nei protocolli di riabilitazione, come la fisioterapia, la logopedia e la terapia occupazionale, la loro applicazione varia

ampiamente tra i diversi sistemi sanitari. In molti paesi, soprattutto in quelli con risorse limitate, i servizi di riabilitazione sono inadeguati o inaccessibili per la maggior parte dei pazienti (Bernhardt et al., 2017).

Un altro problema riguarda la continuità delle cure. Dopo la fase acuta e il ricovero, molti pazienti non ricevono un adeguato supporto a lungo termine, né da un punto di vista medico né da un punto di vista psicologico. Questo può comportare un rallentamento del recupero e un peggioramento delle condizioni di salute, con un aumento del rischio di recidive (Katan & Luft, 2018).

L'European Stroke Organisation (ESO) ha pubblicato un European Stroke Action Plan (ESAP) e ha definito 30 obiettivi e 72 priorità di ricerca in sette ambiti per migliorare i servizi per l'ictus. Uno di questi ambiti è la riabilitazione dell'ictus per migliorare la gestione, l'esito e la qualità della vita dopo l'ictus nel 2030. (Norrving, B et al, 2018).

## **1.1 Epidemiologia**

L'ictus è una delle cause di morte più comuni ed è la causa principale di disabilità persistente e acquisita negli adulti in tutto il mondo. Considerando i cambiamenti demografici, è previsto un ulteriore aumento dei tassi di ictus. Inoltre, si prevede che l'ictus colpisca sempre più pazienti più giovani. L'Organizzazione Mondiale della Sanità definisce l'ictus come l'epidemia in arrivo del 21° secolo. Pertanto, attualmente, le strategie per la prevenzione dell'ictus sono di primaria importanza, in particolare per quanto riguarda i recenti studi che suggeriscono che l'85% di tutti gli ictus potrebbe essere prevenibile. (O'Donnell MJ et al, 2010).

A livello globale si stima che nel 2019 l'ictus abbia causato 6,55 milioni di decessi (84,2 per 100.000), risultando la seconda causa di morte dopo la cardiopatia ischemica, con una incidenza di 12,2 milioni di casi (150,8 per 100.000) e una prevalenza di 101 milioni di casi (1.240,3 per 100.000).

In Europa: la quinta edizione dello European Cardiovascular Disease Statistics indica l'ictus come la seconda causa di morte in Europa, con 405.000 decessi (9%) negli uomini e 583.000 (13%) decessi nelle donne. In Italia: nel 2020 sono stati registrati 76.890 ricoveri per acuti in regime ordinario per ictus (codice 014 - Emorragia intracranica o

infarto cerebrale) e 57.631 decessi per malattie cerebrovascolari (23.139 maschi e 34.492 femmine), che rappresentano il 7,7% di tutti i decessi verificatisi nel nostro Paese in quell'anno in cui peraltro iniziò la pandemia di COVID-19.

Più frequente è la forma ischemica di ictus, che ha provocato 3,29 milioni di decessi (43,5 per 100.000) con una incidenza di 7,63 milioni di casi (94,5 per 100.000) e una prevalenza di 77,2 milioni di casi (951 per 100.000). Seguono l'emorragia intracerebrale, causa di 2,89 milioni di decessi (36 per 100.000) con una incidenza di 3,41 milioni di casi (41,8 per 100.000) e una prevalenza di 20,7 milioni di casi (248,8 per 100.000), e l'emorragia subaracnoidea, causa di circa 373 mila decessi (4,7 per 100.000) con una incidenza di 1,18 milioni di casi (14,5 per 100.000) e una prevalenza di 8,4 milioni di casi (101,6 per 100.000). La mortalità per ictus è del 20-30% a 30 giorni dall'evento e del 40-50% a distanza di un anno, mentre il 75% dei pazienti sopravvissuti presenta qualche forma di disabilità che nella metà dei casi comporta perdita dell'autosufficienza.

La prevalenza e l'incidenza dell'ictus aumentano con l'età, in particolare a partire dai 55 anni; dopo i 65 anni l'aumento dell'incidenza è esponenziale.

L'ictus rappresenta un'importante problematica di salute pubblica per la sua diffusione nella popolazione e per la gravità delle conseguenze sulle persone colpite e comporta spesso un notevole coinvolgimento dei familiari del paziente e dei caregiver con rilevanti costi economici e sociali. (Ministero della Salute, 2024). Dato che l'incidenza dell'ictus aumenta con l'età, la combinazione di popolazioni in crescita e invecchiamento demografico probabilmente determinerà un forte aumento dei decessi e delle disabilità a livello globale in futuro, a meno che non si verifichino miglioramenti significativi nei programmi di prevenzione della popolazione che riducano il rischio di ictus. (Owolabi, MO et al, 2022). Pertanto, sono urgentemente necessarie soluzioni pragmatiche per ridurre il peso dell'ictus e delle malattie non trasmissibili correlate per salvare vite e migliorare la salute del cervello, la qualità della vita e la produttività socioeconomica a livello globale. (Owolabi, MO et al, 2023).

### Estimated number of strokes in 2015 and 2035

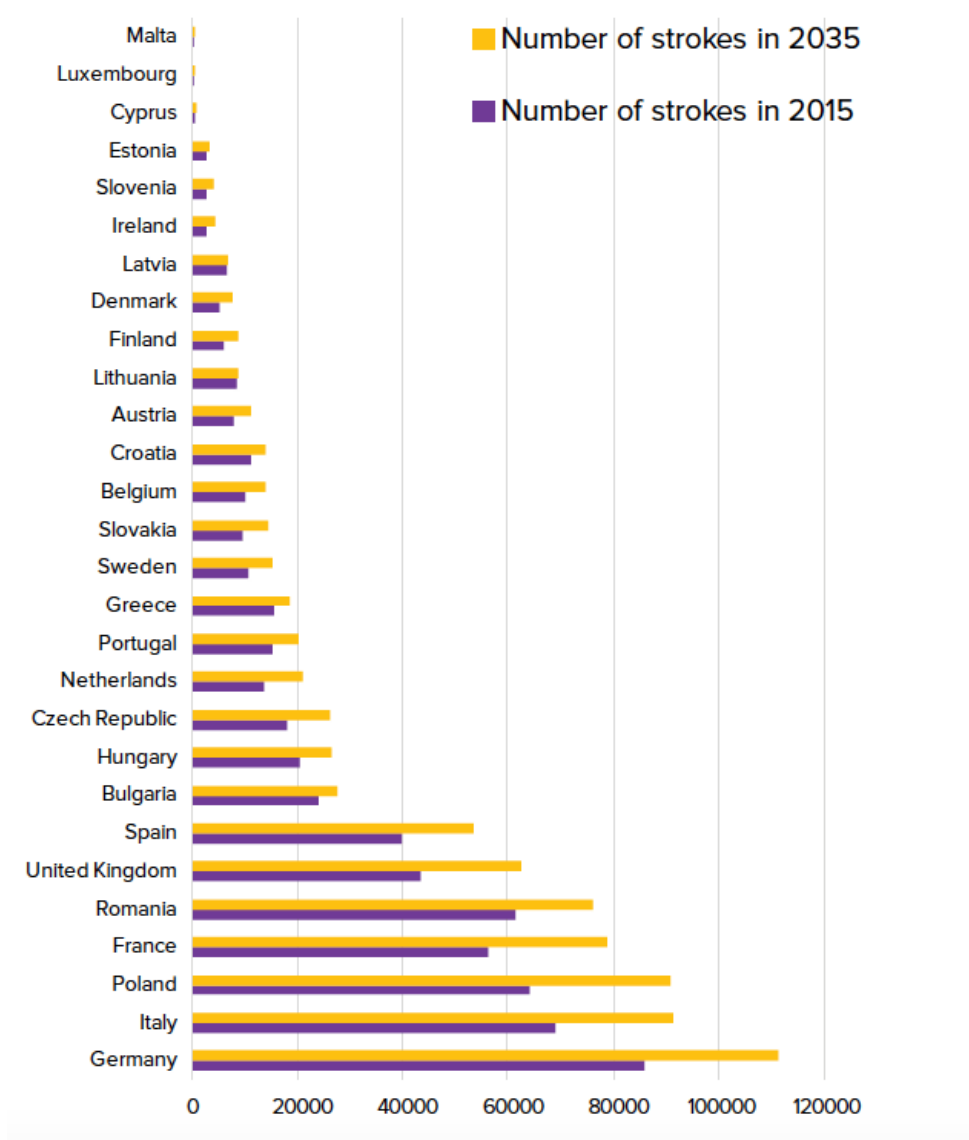
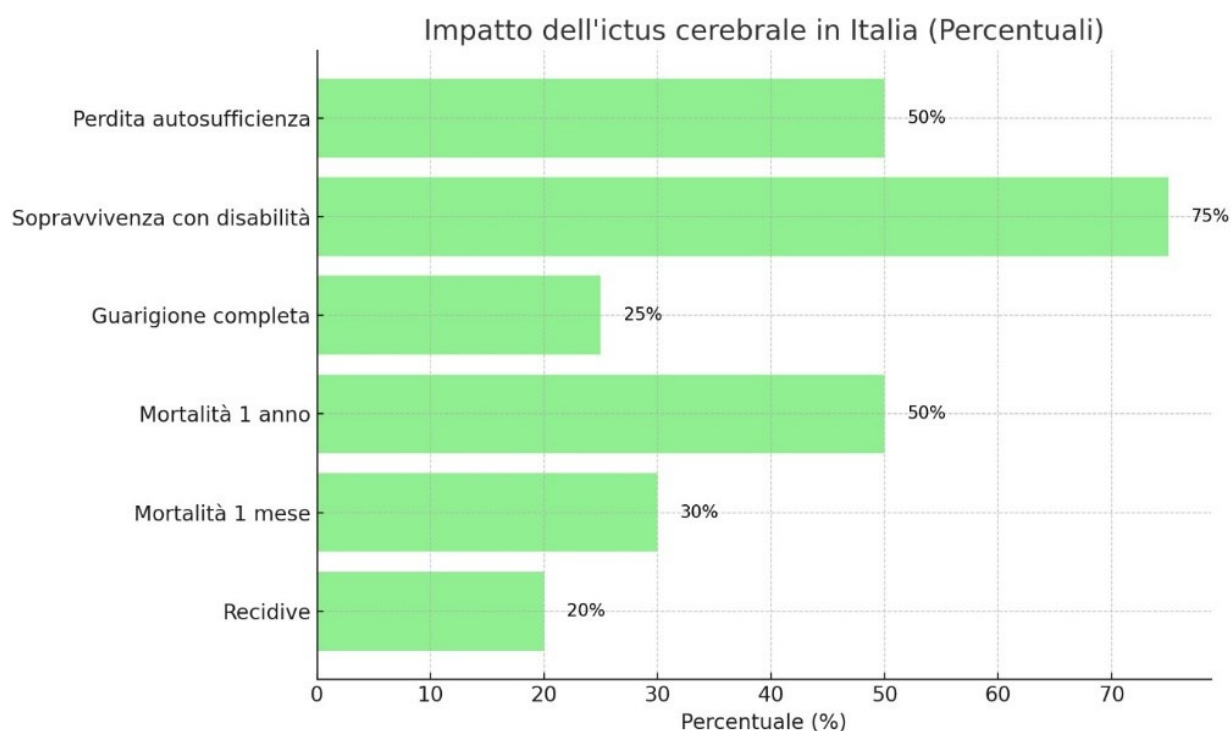


Grafico 1 (A.L.I.Ce, Associazione per la Lotta all'Ictus Cerebrale 2015)

Il grafico 1 mostra la previsione del numero di ictus nei paesi Europei nel 2035 rispetto al 2015. In Italia ad esempio, il numero di ictus registrati nel 2015 è stato di circa 70.000, ma nel 2035 si prevede che aumenti sino a 90.000.



*Grafico 2 (Centro di Riabilitazione Sociale, Ictus Riabilitazione 2024)*

Ogni anno, in Italia, ci sono circa 90.000 ricoveri dovuti all'ictus cerebrale. Il 20% di questi casi sono recidive. Tra le persone colpite, il 30% muore entro un mese dall'evento e il 50% entro il primo anno. Solo il 25% dei pazienti sopravvissuti ad un ictus guarisce completamente. Il 75% sopravvive con una qualche forma di disabilità, e di questi, la metà perde l'autosufficienza. (Grafico 2)

## 1.2 Ictus: fattori di rischio

La comprensione dei fattori di rischio dell'ictus è cruciale per la prevenzione, la gestione e il trattamento di questa patologia, che rappresenta una delle principali cause di morte e disabilità a livello mondiale.

Una corretta conoscenza dei fattori di rischio permette non solo di attuare strategie di prevenzione primaria e secondaria efficaci, ma anche di migliorare l'educazione sanitaria e promuovere stili di vita più salutari nella popolazione generale. Conoscere i fattori di rischio dell'ictus è essenziale per la prevenzione primaria, che ha l'obiettivo di evitare il primo evento cerebrovascolare. (O'Donnell et al., 2016). La conoscenza dei fattori di rischio è altrettanto importante nella prevenzione secondaria. I pazienti che hanno già subito un ictus sono a rischio di recidiva, e la corretta gestione dei fattori di rischio può prevenire ulteriori episodi. (Rothwell et al., 2019).

I fattori di rischio per ictus vengono distinti in non modificabili e modificabili. I fattori di rischio non modificabili comprendono l'età (l'incidenza dell'ictus raddoppia per ogni decade di età dopo i 55 anni), il sesso (l'ictus è più frequente nel sesso maschile fino alla sesta-settima decade di vita, poi aumenta l'incidenza nel sesso femminile anche a causa della maggiore longevità), l'etnia (gli afroamericani e gli ispanici hanno un rischio tra 2 e 4 volte più alto di ictus) e i fattori genetici (alcune varianti di specifici loci genici sono state riconosciute come correlate ad aumentato rischio di ictus). Una storia familiare positiva aumenta globalmente il rischio di ictus di circa il 30%, con maggiore rilevanza nel sesso femminile e nel caso di insorgenza in età inferiore ai 65 anni.

L'identificazione dei fattori di rischio modificabili è di vitale importanza per attuare le misure di prevenzione primaria e secondaria dell'ictus, attraverso interventi farmacologici e modifiche dello stile di vita.

L'ipertensione arteriosa rappresenta il più importante fattore di rischio modificabile per ictus: all'aumento dei valori medi di pressione arteriosa corrisponde un aumento lineare del rischio di ictus. La riduzione della pressione arteriosa sistemica, sia per mezzo di agenti farmacologici che con modifiche allo stile di vita, ha dimostrato di ridurre il rischio di ictus nei pazienti ipertesi. Il Diabete raddoppia il rischio di eventi cerebrovascolari acuti, con particolare effetto nei pazienti giovani. La correzione farmacologica e con la dieta dei livelli glicemici ha dimostrato di ridurre il rischio di ictus nei pazienti diabetici. La fibrillazione atriale e la cardiopatia atriale sono importanti fattori di rischio per

l'insorgenza di ictus ischemico. Secondo la teoria più classica, la fibrillazione atriale provocherebbe la stasi del sangue nelle camere cardiache, favorendo la formazione di trombi responsabili del cardioembolismo cerebrale e dunque dell'ictus. L'inattività fisica correla con diversi effetti negativi sulla salute, incluso un aumentato rischio di ictus. I soggetti che praticano regolarmente l'attività fisica hanno un ridotto rischio di sviluppare patologie cerebrovascolari, probabilmente anche grazie alla riduzione dei valori di pressione arteriosa ed al miglior controllo del diabete.

Per quanto concerne la dieta, è noto che un aumentato importo di sale aumenta il rischio di ictus attraverso l'effetto sui valori di pressione arteriosa. Inoltre la dieta mediterranea, così come una dieta ricca in frutta e vegetali hanno un effetto protettivo. Il fumo di sigarette raddoppia il rischio di insorgenza di ictus con un rapporto lineare tra la quantità di sigarette consumate per giorno e la frequenza di eventi cerebrovascolari acuti. Smettere di fumare riduce il rischio di ictus, eliminando l'effetto negativo del tabacco dopo un periodo di 2-4 anni. L'abuso di sostanze illegali, quali eroina, cocaina, amfetamine, ecstasy è in relazione con un aumento del rischio di entrambi i tipi di ictus. (Società Italiana di Neurologia, 2024).

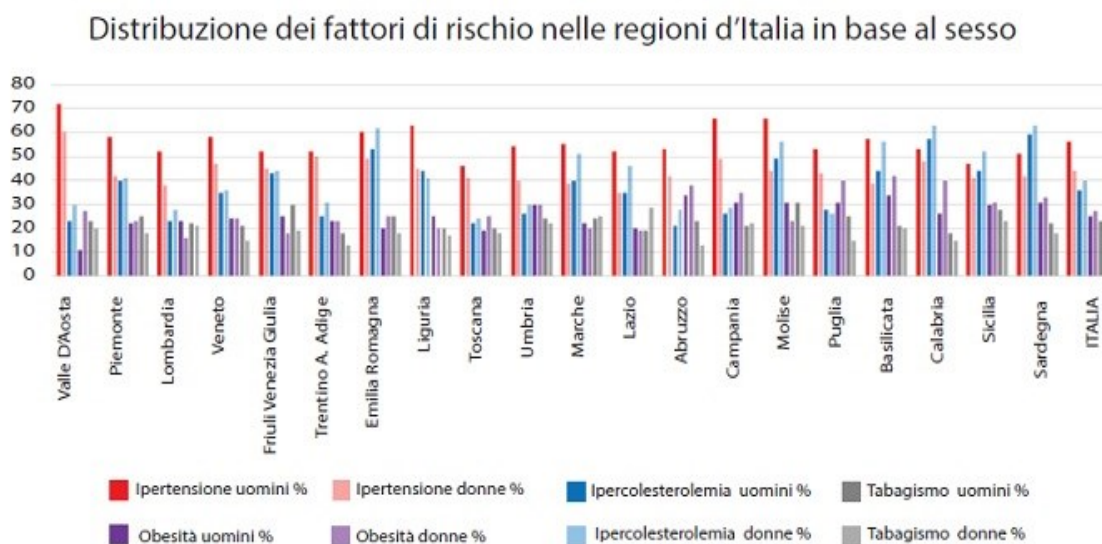


Grafico 4 (Osservatorio ictus Italia, Quotidiano sanità 2018)

Nel grafico 4 viene indicata la prevalenza di alcune condizioni a rischio cardiovascolare in Italia, valutate durante l'indagine 2008-2012, uomini e donne 35-79 anni.

Definizioni: Ipertensione: pressione arteriosa uguale o superiore a 140/90mmHg o in trattamento farmacologico; ipercolesterolemia: valori di colesterolemia totale uguali o superiori a 240mg/dl o in trattamento farmacologico; obesità: indice di massa corporea uguale o superiore a 30 kg/m<sup>2</sup>; tabagismo: fumatori, fumatori occasionali e persone che hanno smesso di fumare da meno di 6 mesi.

### **1.3 Principali segni e sintomi dell'ictus**

Il 29 ottobre si celebra la Giornata mondiale dell'ictus - World Stroke Day. Obiettivo della Giornata è quello di sensibilizzare la popolazione sull'importanza di riconoscere con prontezza i sintomi dell'ictus e sulla necessità di accedere tempestivamente a un trattamento specialistico per ridurre quanto più possibile i danni cerebrali provocati da questa grave patologia “tempo-dipendente”, risparmiando vite e disabilità; infatti più rapidamente si interviene in corso di ischemia (possibilmente entro 4.5-6 ore dall'esordio dei sintomi) e più cellule cerebrali si possono salvare (“il tempo è cervello”), favorendo una migliore ripresa dall'ictus.(Ministero della salute, 2024).

L'ictus si può manifestare con vari segni e sintomi. Le caratteristiche cliniche che permettono la diagnosi clinica di ictus sono: inizio improvviso, perdita di una funzione focale, sintomi e segni che raggiungono il massimo livello entro pochi secondi o minuti e persistono per più di 24 ore. (Società Italiana di Neurologia, 2024). Gli ictus solitamente colpiscono un solo lato del cervello.

Poiché la maggior parte dei nervi nel cervello va a innervare il lato opposto del corpo, i sintomi si presentano nel lato opposto rispetto al lato del cervello danneggiato. Se tuttavia l'ictus danneggia il tronco encefalico e colpisce alcuni dei nervi cranici, certi sintomi possono comparire anche sullo stesso lato del tronco encefalico danneggiato. (Andrei V. Alexandrov, MD, 2023).

I segnali più frequenti sono:

- Improvviso intorpidimento o debolezza a livello del viso, del braccio o della gamba di una metà del corpo,
- Senso di confusione improvvisa,
- Difficoltà a parlare e a capire quanto viene detto dagli altri,

- Improvvisa difficoltà visiva da un occhio,
- Difficoltà nella deambulazione, spesso associata a vertigini e a difficoltà nella coordinazione,
- Forte mal di testa fulmineo, senza causa nota o apparente
- Nausea e vomito. (Humanitas, 2017).

Altri sintomi che possono manifestarsi in modo precoce includono difficoltà di memoria, pensiero, attenzione o apprendimento. Le persone possono non riconoscere le parti del proprio corpo e non essere consapevoli degli effetti dell'ictus. Il campo di visione periferica può essere ridotto e si rischia una perdita parziale dell'udito. Possono svilupparsi difficoltà di deglutizione, capogiri e vertigini. I soggetti possono avere difficoltà a controllare l'intestino e/o la vescica a partire da diversi giorni o più dopo l'ictus. La perdita di controllo può essere permanente. I sintomi successivi possono includere anche irrigidimento involontario e spasmi muscolari (spasticità) e incapacità di controllare le emozioni. ( Andrei V. Alexandrov, MD, 2023).

Per aiutare il pubblico a riconoscere rapidamente i segni dell'ictus, è stata sviluppata la campagna di sensibilizzazione FAST che si basa su quattro semplici indicatori:

- Face (volto): Il volto è asimmetrico? Un lato della bocca pende?
- Arms (braccia): È presente debolezza in un braccio? Il paziente riesce a sollevarlo?
- Speech (linguaggio): Il paziente ha difficoltà nel parlare o nel capire?
- Time (tempo): In presenza di questi sintomi, è fondamentale chiamare immediatamente i soccorsi, poiché il tempo è essenziale per ridurre i danni cerebrali (NHS, 2017).

La prima e più importante azione da compiere è contattare i servizi di emergenza (ad esempio, il numero 112 o 911, a seconda del paese) non appena si sospetta un ictus. Ogni minuto conta, e il trattamento precoce può ridurre significativamente il rischio di disabilità e morte. Gli esperti raccomandano di non tentare di guidare la persona colpita in ospedale, poiché la situazione potrebbe deteriorarsi rapidamente (Albers et al., 2016). È utile annotare l'ora esatta in cui sono comparsi i sintomi.

Questa informazione è cruciale per i medici, poiché determina la possibilità di trattamenti come la trombolisi, che deve essere somministrata entro un certo periodo di tempo dall'inizio dei sintomi (Campbell et al., 2019). Se i sintomi sono comparsi in modo

intermittente, è importante annotare anche i periodi di remissione. In caso di ictus, è fondamentale non somministrare cibo o bevande alla persona colpita. Questo perché potrebbe avere difficoltà a deglutire e c'è il rischio di aspirazione, che può portare a gravi complicazioni come polmonite (Langhorne et al., 2018). Quando i servizi di emergenza arrivano, fornire quante più informazioni possibili sulla storia medica del paziente, sui sintomi, sull'ora di insorgenza e su eventuali farmaci già assunti. Queste informazioni aiuteranno il personale medico a prendere decisioni informate e tempestive (Katan & Luft, 2018).

#### **1.4 Scale di valutazione nell'ictus**

Le scale di valutazione post-ictus sono strumenti essenziali per misurare la gravità dell'ictus, monitorare il progresso del recupero e pianificare la riabilitazione. Questi strumenti aiutano i clinici a valutare le capacità motorie, cognitive e funzionali dei pazienti. Ogni scala ha uno scopo specifico, che può variare dalla valutazione delle funzioni motorie, cognitive, sensoriali, fino all'autonomia del paziente. Le scale più comunemente usate sono:

- Scala preospedaliera per l'ictus di Cincinnati (CPSS) (Tabella 1) : è una scala rapida e semplice utilizzata per identificare i segni di un possibile ictus in contesti preospedalieri, come l'ambulanza o in situazioni di emergenza sul posto. È basato su tre osservazioni cliniche che possono essere facilmente valutate dai soccorritori, anche senza formazione avanzata. Questa scala si concentra su segni neurologici chiave che sono comuni in caso di ictus ischemico o emorragico. (Kothari, RU et al, 1997). Si basa maggiormente su tre parametri: “mimica facciale” (importante per identificare una emiparesi del volto), “spostamento delle braccia” (gli arti si muovono in maniera uguale? Uno dei due risulta meno tonico o tende a cadere?), “linguaggio” (il paziente riesce a ripetere delle frasi o degli scioglilingua). L'alterazione di ciascuno dei tre segni è fortemente suggestiva per un ictus.

- National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) (Tabella 2) : è una scala clinica fondamentale per la valutazione della gravità di un ictus ischemico acuto. Questo strumento standardizzato viene utilizzato per determinare l'entità delle menomazioni neurologiche in pazienti che hanno subito un ictus, facilitando la diagnosi e la pianificazione del trattamento. La scala NIHSS include 11 categorie, ciascuna progettata per valutare una funzione neurologica specifica. Ogni item della scala ha un punteggio variabile, generalmente da 0 (assenza di deficit) a punteggi più elevati che indicano menomazioni crescenti. Il punteggio totale massimo possibile è di 42, dove punteggi più alti rappresentano una gravità maggiore dell'ictus. (0: Nessun sintomo di ictus, 1-4: Ictus lieve, 5-15: Ictus moderato, 16-20: ictus moderato-severo, 21-42: ictus severo.) (Lyden, P et al, 2001).
- Modified Rankin Scale (mRS) (Tabella 3) : La mRS valuta il grado di disabilità o dipendenza nelle attività quotidiane dei pazienti dopo un ictus. È usata soprattutto per valutare l'outcome a lungo termine e la qualità della vita post-ictus. Il punteggio varia da 0 (nessuna disabilità) a 6 (morte). (Broderick JP et al, 2017).
- Scala del coma di Glasgow (GCS)(Tabella 4): La Glasgow Coma Scale (GCS) è una scala utilizzata per valutare il livello di coscienza di un paziente e la sua gravità neurologica in situazioni di emergenza, come traumi cranici e ictus. Questa scala è composta da tre parametri: apertura degli occhi (Eye Opening), risposta verbale (Verbal Response) e risposta motoria (Motor Response). Ogni parametro ha un punteggio che varia da 1 (peggiore) a 4-6 (migliore), per un punteggio totale che va da 3 a 15. Nell'ictus, la GCS è utile per valutare lo stato di coscienza del paziente e monitorare il peggioramento o miglioramento clinico, sebbene non sia lo strumento principale per diagnosticare o valutare direttamente la gravità dell'ictus (per cui si preferiscono scale specifiche come la NIHSS - National Institutes of Health Stroke Scale). (Adams, H. P., et al 2007).
- Indice di Barthel (Tabella 5) : L'Indice di Barthel (o Barthel Index, BI) è uno strumento utilizzato per valutare l'autonomia funzionale di una persona, misurando la capacità di svolgere attività quotidiane (Activities of Daily Living, ADL). Nell'ambito dell'ictus, l'Indice di Barthel è particolarmente utile per

valutare il grado di disabilità e il livello di dipendenza del paziente durante la fase post-acuta e nella riabilitazione. L'Indice di Barthel valuta dieci attività di base che riguardano l'indipendenza funzionale, assegnando un punteggio che varia da 0 (massima dipendenza) a 100 (indipendenza completa). Interpretazione del punteggio : 0-20: dipendenza totale, 21-60: grave disabilità, 61-90: moderata disabilità, 91-99: lieve disabilità e 100: completa indipendenza. (S Katano et al, 2021).

SCALA CPSS (Cincinnati Prehospital Stroke Scale)			
<i>Paresi facciale</i>	Chiedere al paziente di sorridere o di mostrare i denti e chiedere di notare se entrambi i lati del viso si muovono ugualmente	Muove entrambi i lati del viso ugualmente	Non riesce a muovere un lato del viso bene come l'altro
<i>Deficit motorio degli arti superiori</i>	Chiedere al paziente di estendere gli arti superiori per 10 secondi mentre tiene gli occhi chiusi e chiedere di notare se gli arti si muovono alla stessa maniera	Muove ugualmente bene entrambi gli arti superiori o non li muove ugualmente	Non riesce a muovere un braccio oppure un braccio resta più basso rispetto all'altro
<i>Anomalie del linguaggio</i>	Chiedere al paziente di ripetere una frase (ad esempio "trecentotrentatreesimo reggimento della cavalleria") e chiedere di notare se il paziente usa correttamente con linguaggio fluente	Il paziente pronuncia correttamente le parole senza farfugliare	Il paziente farfuglia, pronuncia le parole in modo errato oppure non riesce a parlare

Tabella 1 : Cincinnati Prehospital Stroke Scale

NIH Stroke Scale (scala per l'ictus del National Institute of Health)		
Funzioni da esaminare - Istruzioni	Punteggi	Orario visita
<p><b>Ia. Livello di coscienza: vigilanza</b> L'esaminatore deve scegliere una risposta anche se la valutazione è resa difficoltosa dalla presenza di tubi endotracheali, difficoltà linguistiche, traumi o medicazioni orotracheali. Il punteggio "3" viene attribuito solo se il paziente non fa alcun movimento (eccezzuati i riflessi posturali) in risposta a stimolazioni nocicettive.</p>	<p>0. Vigile 1. Soporoso, ma obbedisce, risponde o esegue in seguito a stimoli di modesta entità. 2. Stuporoso, presta attenzione solo in seguito a stimolazioni ripetute, oppure compie movimenti (non stereotipati) in seguito a stimoli intensi o dolorosi. 3. Gli stimoli suscitano solo risposte motorie riflesse o manifestazioni vegetative, oppure non c'è alcuna risposta</p>	<p>0 0 0 0 0 1 1 1 1 1  2 2 2 2 2  3 3 3 3 3</p>
<p><b>Ib. Livello di coscienza: orientamento</b> Va chiesto al paziente prima in che mese siamo e poi la sua età. Le risposte devono essere precise: risposte parziali non vanno considerate valide. Se il paziente è afasico o stuporoso (1a='2') il punteggio è '2'. Se il paziente non può parlare perché intubato o per trauma orotracheale, disartria grave, difficoltà linguistiche o altro problema non secondario ad afasia, il punteggio è '1'.</p>	<p>0. Risponde correttamente ad entrambe le domande. 1. Risponde correttamente ad una delle due domande. 2. Non risponde correttamente a nessuna delle due domande</p>	<p>0 0 0 0 0  1 1 1 1 1  2 2 2 2 2</p>
<p><b>Ic. Livello di coscienza: comprensione ed esecuzione di ordini semplici</b> Va chiesto al paziente di aprire e chiudere gli occhi e poi di aprire e chiudere la mano non paretica. Se le mani non possono essere usate, l'ordine va sostituito con un altro comando semplice. L'ordine si considera correttamente eseguito anche se il paziente non riesce a portarlo a termine per ipostenia. Se il paziente non risponde al comando verbale, l'esaminatore può mimare il gesto e dare comunque un punteggio. Se il paziente ha esiti di trauma, amputazioni o altri impedimenti fisici vanno utilizzati ordini semplici adeguati. Viene valutato solo il primo tentativo</p>	<p>0. Esegue correttamente entrambi gli ordini. 1. Esegue correttamente uno dei due ordini. 2. Non esegue correttamente nessuno dei due ordini.</p>	<p>0 0 0 0 0  1 1 1 1 1  2 2 2 2 2</p>
<p><b>2. Sguardo</b> Si valutano solo i movimenti oculari orizzontali, volontari o riflessi (oculo-cefalici), ma senza ricorso al test calorico. Se il paziente ha una deviazione coniugata dello sguardo che può essere superata dall'attività volontaria o riflessa, il punteggio è '1'. In caso di paralisi periferica isolata (III, IV o VI nervo cranico) il punteggio è '1'. Lo sguardo è valutabile anche negli afasici. In caso di trauma oculare, bende, cecità o altri disturbi visivi preesistenti verrà valutata la motilità riflessa e il punteggio verrà attribuito a discrezione dell'esaminatore. Stabilire un contatto visivo col paziente e poi muoversi attorno a lui può a volte servire a svelare la presenza di una paralisi parziale dello sguardo</p>	<p>0. Normale. 1. Paralisi parziale dello sguardo orizzontale. Lo sguardo è anormale in uno od entrambi gli occhi, ma non c'è paralisi totale o deviazione forzata. 2. Deviazione forzata dello sguardo, o paralisi totale. La manovra oculoccefalica non riesce a spostare gli occhi oltre la linea mediana</p>	<p>0 0 0 0 0 1 1 1 1 1  2 2 2 2 2</p>
<p><b>3. Campo visivo</b> Il campo visivo (quadranti superiori ed inferiori) viene valutato per confronto o con la tecnica della minaccia visiva, a seconda della situazione. Il movimento laterale dello sguardo verso le dita in movimento è considerato indice di normalità del campo visivo da quel lato. In presenza di cecità mono-oculare, si valuta il campo visivo dell'occhio sano. Il punteggio '1' va attribuito solo in caso di chiara asimmetria. In presenza di cecità bilaterale, qualsiasi ne sia l'origine, il punteggio è '3'. Il test va concluso con la stimolazione simultanea bilaterale. Se c'è estinzione il punteggio è '1' e il risultato viene utilizzato per rispondere alla domanda 11 (inattenzione)</p>	<p>0. Normale. Assenza di deficit campimetrici. 1. Emianopsia parziale (quadrantopsia). 2. Emianopsia completa. 3. Emianopsia bilaterale (include la cecità bilaterale di qualunque causa).</p>	<p>0 0 0 0 0  1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3</p>

<p><b>4. Paralisi facciale</b> Va chiesto al paziente di mostrare i denti, alzare le sopracciglia e chiudere gli occhi. Le richieste possono essere mimate. In caso di afasia o scarsa collaborazione, va valutata la simmetria dei movimenti del volto in risposta agli stimoli dolorosi. Se il paziente ha esiti di trauma, bende, tubo orotracheale, cerotti o altri ostacoli fisici all'esame completo della faccia, questi dovrebbero essere rimossi per quanto possibile</p>	<p>0. Assente. Movimenti facciali simmetrici. 1. Paresi lieve. Spianamento del solco naso-labiale. Asimmetria del sorriso. 2. Paresi parziale. Ipostenia totale o subtotale della metà inferiore della faccia. 3. Paralisi completa mono o bilaterale. Assenza di movimenti della metà superiore ed inferiore della faccia</p>	<p>0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3</p>
<p><b>5a. Motilità dell'arto superiore sinistro</b> L'arto superiore sin va posizionato dall'esaminatore con i palmi verso il basso, a 90° se il paziente è seduto, o a 45° se è supino. Il paziente deve mantenere la posizione per 10 secondi. Se è afasico viene incoraggiato usando un tono imperioso e la mimica, ma non con stimoli dolorosi. Gli arti si esaminano uno alla volta, iniziando dal lato non paretico. In caso di amputazione o di anchilosi si assegna il punteggio 'NV' (non valutabile). Occorre comunque fornire spiegazione scritta del perché di tale punteggio</p>	<p>0. Nessun slivellamento per 10 sec. 1. Slivellamento (senza caduta) prima che siano trascorsi 10 sec. 2. Caduta prima di 10 sec. 3. Presenza di movimento a gravità eliminata 4. Nessun movimento NV. Amputazione o anchilosi (spiegare)</p>	<p>0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 NV</p>
<p><b>5b. Motilità dell'arto superiore destro</b> L'arto superiore dx va posizionato dall'esaminatore con i palmi verso il basso, a 90° se il paziente è seduto, o a 45° se è supino. Il paziente deve mantenere la posizione per 10 secondi. Se è afasico viene incoraggiato usando un tono imperioso e la mimica, ma non con stimoli dolorosi. Gli arti si esaminano uno alla volta, iniziando dal lato non paretico. In caso di amputazione o di anchilosi si assegna il punteggio 'NV' (non valutabile). Occorre comunque fornire spiegazione scritta del perché di tale punteggio</p>	<p>0. Nessun slivellamento per 10 sec. 1. Slivellamento (senza caduta) prima che siano trascorsi 10 sec. 2. Caduta prima di 10 sec. 3. Presenza di movimento a gravità eliminata 4. Nessun movimento NV. Amputazione o anchilosi (spiegare)</p>	<p>0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 NV</p>
<p><b>6a. Motilità dell'arto inferiore sinistro</b> L'arto inferiore sin va esaminato sollevandolo con un angolo di 30° a paziente supino. Il paziente deve mantenere la posizione per 5 secondi. Il paziente afasico viene incoraggiato usando un tono imperioso e la mimica, ma non con stimoli dolorosi. Gli arti si esaminano uno alla volta, iniziando dal lato non paretico. In caso di amputazione o di anchilosi si assegna il punteggio 'NV' (non valutabile). Occorre comunque fornire spiegazione scritta del perché di tale punteggio</p>	<p>0. Nessun slivellamento per 5 sec. 1. Slivellamento (senza caduta) prima che siano trascorsi 5 sec. 2. Caduta prima di 5 sec. 3. Presenza di movimento a gravità eliminata. 4. Nessun movimento. NV. Amputazione o anchilosi (spiegare).</p>	<p>0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 NV</p>
<p><b>6b. Motilità dell'arto inferiore destro</b> L'arto inferiore dx va esaminato sollevandolo con un angolo di 30° a paziente supino. Il paziente deve mantenere la posizione per 5 secondi. Il paziente afasico viene incoraggiato usando un tono imperioso e la mimica, ma non con stimoli dolorosi. Gli arti si esaminano uno alla volta, iniziando dal lato non paretico. In caso di amputazione o di anchilosi si assegna il punteggio 'NV' (non valutabile). Occorre comunque fornire spiegazione scritta del perché di tale punteggio</p>	<p>0. Nessun slivellamento per 5 sec. 1. Slivellamento (senza caduta) prima che siano trascorsi 5 sec. 2. Caduta prima di 5 sec. 3. Presenza di movimento a gravità eliminata. 4. Nessun movimento. NV. Amputazione o anchilosi (spiegare).</p>	<p>0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 NV</p>
<p><b>7. Atassia degli arti</b> Questa prova è finalizzata al rilevamento di un disturbo di circolo posteriore. Deve essere eseguita con il paziente ad occhi aperti, in caso di deficit del campo visivo assicurarsi che la prova avvenga nella parte non compromessa. La prova indice-naso e calcagno-ginocchio viene eseguita su entrambi i lati, l'asimmetria è considerata presente solo in assenza di deficit di forza. L'atassia è considerata assente in caso di plegia o di paresi grave, o se il paziente non collabora. Il punteggio 'NV' sarà assegnato solo in caso di amputazione o anchilosi dell'arto, fornendo spiegazione scritta</p>	<p>0. Assente. 1. Presente o all'arto superiore o all'inferiore. 2. Presente sia all'arto superiore che all'arto inferiore. NV. Amputazione o anchilosi (spiegare).</p>	<p>0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 NV</p>

<p><b>8. Sensibilità</b> Si stima valutando la risposta del paziente alla puntura di spillo su tutte le sezioni corporee (braccia, non mani, gambe, tronco, viso). Il punteggio '2' dovrebbe essere assegnato solo quando può essere chiaramente dimostrata una perdita sensoriale grave o totale</p>	<p>0. Normale. 1. Ipoestesia lieve o moderata. Il paziente riferisce che la puntura di spillo è meno acuta sul lato affetto, oppure non avverte sensazioni dolorose ma è consapevole di essere toccato. 2. Ipoestesia grave. Il paziente non sente di essere toccato sul lato affetto.</p>	<p>0 0 0 0 0 1 1 1 1 1  2 2 2 2 2</p>
<p><b>9. Linguaggio</b> Molte informazioni sulla comprensione si deducono dalle precedenti sezioni della scala. Al paziente viene chiesto di descrivere ciò che sta accadendo nella vignetta allegata, di denominare gli oggetti illustrati nella pagina allegata e di leggere l'elenco di frasi allegato. La comprensione verbale è valutata anche in base alle risposte ottenute nelle precedenti prove, incluso l'esame neurologico globale. Se un deficit visivo interferisce con i test, va chiesto al paziente di identificare gli oggetti che gli vengono posti nella mano, di ripetere e di pronunciare le parole. Al paziente intubato dovrebbe essere chiesto di scrivere una frase. Al paziente in coma (domanda 1a = 3) viene arbitrariamente assegnato il punteggio '3'. In caso di stupor o limitata collaborazione, l'esaminatore sceglierà il punteggio ricordando che '3' va assegnato solo se il soggetto è muto e non esegue alcun ordine</p>	<p>0. Normale. 1. Afasia da lieve a moderata. Nell'eloquio spontaneo fluenza o comprensione sono un po' ridotte, ma le idee vengono espresse senza significative limitazioni. La conversazione sul materiale allegato può essere difficile o impossibile, ma le risposte del paziente consentono di identificare la figura o gli oggetti denominati. 2. Afasia grave. L'espressione è frammentaria e l'ascoltatore è costretto a fare domande e a tentare di estrapolare i contenuti delle risposte. La quantità di informazioni scambiata è modesta e la comunicazione è possibile solo grazie allo sforzo dell'ascoltatore. Le risposte del paziente non consentono di identificare la figura o gli oggetti denominati. 3. Muto, afasia totale. Fluenza e comprensione totalmente inefficaci.</p>	<p>0 0 0 0 0 1 1 1 1 1  2 2 2 2 2  3 3 3 3 3</p>
<p><b>10. Disartria</b> Anche se si ritiene che il paziente non sia disartrico, l'eloquio va comunque valutato chiedendo di leggere o ripetere le parole dell'elenco allegato. In caso di afasia grave può essere valutata la chiarezza dell'articolazione del linguaggio spontaneo. Il punteggio 'NV' va assegnato solo ad un paziente intubato o con altri impedimenti fisici a pronunciare le parole. Occorre comunque fornire spiegazione scritta del perché di tale punteggio</p>	<p>0. Assente. 1. Disartria da lieve a moderata. Il paziente pronuncia male almeno alcune parole ma l'eloquio è comprensibile. 2. Disartria grave. L'articolazione della parola è talmente alterata da rendere l'eloquio incomprensibile, in assenza di afasia o in modo non spiegabile dall'entità dell'afasia. Il paziente può essere muto o anartrico. NV. Intubato o altro impedimento fisico all'articolazione della parola (spiegare).</p>	<p>0 0 0 0 0 1 1 1 1 1  2 2 2 2 2  NV</p>
<p><b>11. Inattenzione</b> L'inattenzione può essere identificata mediante i test precedenti. In caso di deficit visivo grave che non consente la stimolazione simultanea visiva doppia, se gli stimoli cutanei sono normali, il punteggio è normale. Se il paziente è afasico, ma mostra normale attenzione verso entrambi i lati, il punteggio è normale. Il neglect visuo-spaziale e l'anosognosia vanno considerate come prove di inattenzione</p>	<p>0. Assente. 1. Inattenzione visiva, tattile, uditiva, spaziale o corporea, oppure estinzione alla stimolazione bilaterale simultanea in una delle modalità sensoriali. 2. Grave emi-inattenzione o estinzione a più di una modalità. Non riconosce la propria mano o si rivolge solo ad un lato dello spazio.</p>	<p>0 0 0 0 0 1 1 1 1 1  2 2 2 2 2</p>

Tabella 2: Scala per l'ictus del National Institute of Health

SCALA MRS (Modified Rankin Scale)	
0	Nessuna sintomatologia
1	Nessuna disabilità significativa malgrado i sintomi: è in grado di svolgere tutte le attività quotidiane (ADL) e i compiti abituali
2	Disabilità lieve: non riesce più di svolgere tutte le attività precedenti, ma è autonomo/a nel camminare e nelle attività della vita quotidiana senza assistenza
3	Disabilità moderata: richiede qualche aiuto nelle attività della vita quotidiana, ma cammina senza assistenza
4	Disabilità moderatamente grave: non è più in grado di camminare senza assistenza né di badare alle proprie necessità corporee senza assistenza
5	Disabilità grave: costretto/a a letto, incontinente e bisognoso/a di assistenza infermieristica e di attenzione costante
6	Deceduto

Tabella 3: Modified Rankin Scale (mRS)

SCALA GCS (Glasgow Coma Scale)		
	Descrizione	Punteggio
<b>Apertura occhi</b>	Spontanea	4
	Allo stimolo verbale	3
	Allo stimolo doloroso	2
	Nessuna	1
<b>Risposta verbale</b>	Paziente orientato, conversazione appropriata	5
	Confusione, Frasi sconnesse	4
	Parla e pronuncia parole, ma incoerenti	3
	Suoni incomprensibili	2
	Nessun suono emesso	1
<b>Risposta motoria</b>	Obbedisce ai comandi / esecuzione di ordini semplici	6
	Localizzazione dello stimolo doloroso	5
	Retrazione allo stimolo doloroso	4
	Flessione allo stimolo doloroso	3
	Estensione allo stimolo doloroso	2
	Nessuna risposta	1

Tabella 4: Glasgow Coma Scale

Indice di Barthel		PUNTEGGIO	
		ING	DIM
<b>ALIMENTAZIONE</b> 0 = non in grado di alimentarsi 5 = ha bisogno di assistenza (tagliare la carne, ecc.) oppure necessita di una dieta modificata (dieta semisolido-liquida) o alimentazione artificiale (PEG, ecc.) 10 = in grado di alimentarsi		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>CAPACITÀ DI FARSI IL BAGNO O LA DOCCIA</b> 0 = non in grado di lavarsi autonomamente 5 = in grado di lavarsi autonomamente		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>CURA DELL'ASPETTO ESTERIORE</b> 0 = ha bisogno di assistenza nella cura personale 5 = in grado di lavarsi la faccia, pettinarsi, lavarsi i denti, radersi		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>CAPACITÀ DI VESTIRSI</b> 0 = non in grado di vestirsi autonomamente 5 = ha bisogno di assistenza, ma è in grado di vestirsi parzialmente in autonomia 10 = in grado di vestirsi autonomamente (bottoni, cerniere lampo, lacci, ecc.)		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>TRANSITO INTESTINALE</b> 0 = non in grado di controllare l'alvo 5 = occasionalmente non in grado di controllare l'alvo 10 = in grado di controllare l'alvo		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>VESCICA</b> 0 = non in grado di controllare la minzione 5 = occasionalmente non in grado di controllare la minzione 10 = in grado di controllare la minzione		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>UTILIZZO DEL WC (SEDESI, ALZARSI, PULIRSI, RIVESTIRSI)</b> 0 = non in grado di controllare il wc 5 = in grado di utilizzare il wc con assistenza 10 = in grado di utilizzare il wc autonomamente		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>TRASFERIMENTI (DALLA POSIZIONE SEDUTA SUL LETTO ALLA SEDIA E VICEVERSA)</b> 0 = non in grado di effettuare trasferimenti 5 = è in grado di stare seduto, ma necessita di massima assistenza nei trasferimenti 10 = è in grado di stare seduto, ma necessita di minima assistenza (verbale o fisica) 15 = è in grado di effettuare trasferimenti		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>MOBILITÀ (SU SUPERFICI PIANE)</b> 0 = non in grado di spostarsi per più di 50 metri 5 = in grado di spostarsi su sedia a rotelle, anche su percorsi non rettilinei, per più di 50 metri 10 = in grado di deambulare per più di 50 metri con l'assistenza (verbale o fisica) di una persona 15 = in grado di deambulare (anche con ausili) per più di 50 metri		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>SCALE</b> 0 = non in grado di salire e scendere le scale 5 = in grado di salire e scendere le scale con assistenza 10 = in grado di salire e scendere le scale autonomamente		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>TOTALE (0-100)</b>		<input type="text"/>	<input type="text"/>

Tabella 5 : Indice di Barthel

## 1.5 Conseguenze di un ictus dopo la fase acuta

Dopo un ictus, i pazienti possono sperimentare diverse conseguenze a lungo termine che influenzano in modo significativo la loro qualità della vita. L'intensità e la tipologia di tali conseguenze possono variare notevolmente in base alla gravità dell'ictus, alla regione cerebrale interessata e alla tempestività dell'intervento medico ricevuto. (Lindsay et al., 2019).

L'ictus può portare a uno squilibrio nell'afflusso di sangue e quindi indurre gravi danni cerebrali, con conseguenti varie disfunzioni, come compromissione motoria, disfagia, compromissione cognitiva, dolore post-ictus, depressione, ecc. (Starosta et al, 2022) Nonostante i notevoli progressi nel trattamento durante le fasi acute dell'ictus, come la trombolisi e la trombectomia, la prevenzione, la diagnosi, la riabilitazione e la prognosi dell'ictus sono in ritardo. (G. Kwakkel et al, 2023). Un ictus provoca deficit neurologici in vari domini delle aree cerebrali: motoria, sensoriale/percettiva, visiva, linguistica, cognitiva, dell'intelligenza e delle emozioni.

Uno dei deficit motori più frequenti è la debolezza muscolare o la paralisi (emiplegia) di un lato del corpo, generalmente opposto all'area cerebrale colpita. Questa condizione è causata da un'interruzione del flusso sanguigno nelle aree del cervello responsabili del controllo motorio.

Gli studi dimostrano che circa il 60-80% dei pazienti con ictus ischemico presenta un certo grado di debolezza muscolare (Winstein et al., 2016). La spasticità è un'altra forma di deficit motorio comune nei sopravvissuti a ictus. Si tratta di una condizione in cui i muscoli diventano rigidi e tesi, provocando movimenti involontari e difficoltà nel controllare il tono muscolare. Questo fenomeno è il risultato di un'iperattività dei riflessi spinali e può rendere difficile la mobilità e l'uso degli arti (Baker et al., 2015). I deficit motori si verificano prevalentemente unilateralmente, contralateralmente al lato infortunato. Diverse aree del cervello possono assumere le loro funzioni attraverso un recupero biologico spontaneo e poi passare a una fase di compensazione. (Bernhardt J et al, 2017).

L'afasia è una delle caratteristiche cliniche più comuni di compromissione funzionale dopo un ictus, che colpisce il 21-40% dei pazienti post-ictus. L'afasia è un disturbo del linguaggio con un quadro clinico ampio, il più delle volte causato da danni all'emisfero dominante del cervello. (Fridriksson J. & Hillis AE, 2021). La comunicazione funzionale

compromessa nei pazienti con afasia può portare a deterioramento funzionale, scarso recupero funzionale, depressione e aumento dell'isolamento sociale. Nella maggior parte dei casi, l'afasia post-ictus (PSA) si verifica insieme ad altri deficit cognitivo-comportamentali, come la percezione, l'attenzione o la memoria compromesse. (Grossman M. & Irwin DJ, 2018). Il programma di riabilitazione dovrebbe essere determinato, principalmente, da una serie di fattori, tra cui la gravità e il tipo di afasia, l'eziologia, altre disfunzioni cognitivo-comportamentali che accompagnano l'afasia e la fase di recupero. (Picano C. et al, 2021).

Un'altra conseguenza comune dell'ictus è la disfagia, o difficoltà a deglutire. Questo può portare a complicazioni come la malnutrizione, la disidratazione e il rischio di aspirazione, che può causare polmonite (Rofes et al., 2013). Il dolore e la spasticità rappresentano due delle complicanze più frequenti che i pazienti possono affrontare dopo un ictus. Queste condizioni hanno un impatto significativo sulla qualità della vita e possono complicare ulteriormente il processo di recupero e riabilitazione. (Langhorne et al., 2018).

Il dolore post-ictus può manifestarsi in diverse forme, tra cui il dolore muscoloscheletrico, il dolore neuropatico e il dolore spastico. Si stima che tra il 30% e il 80% dei pazienti colpiti da ictus riportino un certo grado di dolore, che può influenzare la loro capacità di partecipare alla riabilitazione e alle attività quotidiane (Hackett & Pickles, 2014). La spasticità è una condizione caratterizzata da un aumento del tono muscolare e da una resistenza involontaria ai movimenti passivi.

Dopo un ictus, la spasticità può svilupparsi in modo acuto e può continuare a progredire nei mesi successivi. Essa può limitare i movimenti, contribuire a deformità muscoloscheletriche e influenzare negativamente l'autonomia del paziente. (Baker et al., 2015).

## **2. OBIETTIVO**

L'obiettivo di questa tesi è analizzare e dimostrare l'importanza dell'integrazione delle tecnologie avanzate nella riabilitazione post-ictus, valutandone l'impatto sul recupero funzionale, sulla qualità della vita dei pazienti e sull'efficacia dei programmi di riabilitazione.

### 3. MATERIALI E METODI

È stata effettuata una revisione della letteratura consultando articoli scientifici tramite banche dati internazionali, quali: Pubmed, Google Scholar ed Elsilver Sciencedirect, con l'utilizzo di operatori booleani And o OR.

I dati raccolti sono stati integrati con articoli del Ministero della Salute, Humanitas, Osservatorio ictus Italia e Società Italiana di neurologia.

Sono stati selezionati articoli in lingua italiana e inglese utilizzando il metodo PICO.

P	La popolazione target di questo studio comprende pazienti adulti che hanno avuto un ictus.
I	Utilizzo dei diversi dispositivi tecnologici per migliorare le condizioni dei pazienti
C	/
O	Recupero del paziente tramite l'utilizzo dei dispositivi tecnologici

Le Keywords utilizzate: “stroke”, “rehabilitation and stroke”, “technology and stroke”, “signs of stroke”, “stroke treatment”.

Sono stati presi in considerazione gli articoli dal 1997 al 2024.

## 4. RISULTATI

### 4.1 Riabilitazione post-ictus

La neuroplasticità è la capacità del sistema nervoso di modificarsi e rigenerarsi in risposta a nuove informazioni o danni. Fino a poco tempo fa, si credeva che la neuroplasticità fosse inesistente nell'età adulta. Tuttavia, si è scoperto che la neuroplasticità si verifica spontaneamente per tutta la vita, sebbene questi cambiamenti non siano sufficienti a produrre un recupero evidente dopo un danno cerebrale.

Pertanto, ora sono disponibili diverse strategie per migliorare la neuroplasticità, inclusi interventi sia farmacologici che non farmacologici che sono essenziali per la riabilitazione post-ictus. (Mensen A et al, 2019) (Khan F et al, 2017). Diversi fattori possono influenzare la neuroplasticità post-ictus, tra cui:

- Età: I pazienti più giovani tendono ad avere una maggiore capacità di neuroplasticità rispetto agli anziani (Miller et al., 2016).
- Severità dell'ictus: I pazienti con danni cerebrali più lievi spesso mostrano una maggiore plasticità rispetto a quelli con danni più estesi (Cramer, 2008).
- Attività fisica: L'esercizio fisico regolare può stimolare la neuroplasticità e migliorare gli esiti riabilitativi (Yoon et al., 2019).

La riabilitazione post-ictus è un processo essenziale volto a recuperare le funzioni compromesse e a migliorare la qualità della vita dei pazienti.

Questa fase di recupero è particolarmente critica, poiché la maggior parte dei progressi si verifica nei primi mesi dopo l'ictus, sebbene possa proseguire anche per anni.

La riabilitazione adotta un approccio multidisciplinare, coinvolgendo diverse figure professionali della salute, tra cui medici, fisioterapisti, terapisti occupazionali e logopedisti (Langhorne et al., 2018; Kwakkel et al., 2015).

La riabilitazione prevede esercizi ripetitivi, stimolanti, motivanti e intensivi con compiti significativi e realistici per migliorarne l'efficacia (Sheng B et al, 2023) (Huber SK et al, 2022).

La riabilitazione è stata definita secondo l'OMS come "un insieme di misure che aiutano gli individui, che sperimentano o potrebbero sperimentare disabilità, a raggiungere e

mantenere un funzionamento ottimale nell'interazione con i loro ambienti"(Organizzazione Mondiale della Sanità, 2011). Lo standard di cura per la riabilitazione post-ictus rimane caratterizzato da strategie di allenamento specifiche e orientate al compito facilitate da un medico e implementate per 30-60 minuti al giorno per ciascun dominio (fisico e cognitivo-linguistico) nella fase acuta e in riduzione nel tempo in funzione del recupero e dell'accesso continuo ai servizi.

L'obiettivo della ricerca fisiatrica è massimizzare l'efficacia e l'efficienza del recupero assistito. Questo lavoro può essere ampiamente classificato in uno dei tre modi. Il primo è lo sviluppo e la valutazione di attività e strategie per facilitare la modifica comportamentale.

Il secondo è l'identificazione e il perfezionamento di approcci sinergici alla terapia comportamentale che diminuiscono la soglia per il potenziamento a lungo termine e la depressione attraverso manipolazioni dirette come la stimolazione transcranica a corrente continua (tDCS), (Kang N et al, 2026) (Biou E et al, 2019) (Van Hoornweder S et al, 2021) o aggiunte farmacologiche (Berthier ML, 2021) (Stockbridge MD, 2022).

Infine, c'è un notevole entusiasmo per l'introduzione di tecnologie emergenti, come la robotica, la realtà virtuale (VR) e la gamification per il miglioramento della terapia, che offrono modi promettenti per migliorare l'aderenza alla riabilitazione.

Queste innovazioni consentono inoltre agli specialisti della riabilitazione di introdurre e titolare la complessità del mondo reale e le richieste multiformi, in particolare nell'ambiente ospedaliero. I pazienti possono utilizzare questi strumenti insieme ad altre tecnologie. Ad esempio, un paziente può cimentarsi in una versione gamificata di un compito terapeutico, ovvero integra elementi come punteggio, regole, puzzle e competizione, in genere per aumentare l'interesse e il coinvolgimento nell'obiettivo dell'attività, ma invece di muovere un joystick o premere tasti, l'interazione con il compito è diretta elettromiograficamente, ovvero l'attività elettrica nei muscoli del paziente è l'input utilizzato per interagire con il compito.

Tradizionalmente, la riabilitazione per i pazienti con deficit persistenti si è concentrata sulla terapia fisica, occupazionale e logopedica, nonché sulla prevenzione delle complicazioni mediche. (Winstein CJ et al, 2016).

Tuttavia, nuove strategie riabilitative fanno ora parte della cura standard e includono la terapia basata sull'attività come la terapia del movimento indotta da costrizione, la

riabilitazione basata sull'attività ad alto dosaggio, alte dosi di allenamento specifico per attività, terapia dello specchio e arricchimento ambientale. (Cramer SC, 2020).

Esistono molti interventi riabilitativi volti a trattare i diversi deficit correlati all'ictus attraverso diversi metodi. Precedenti revisioni Cochrane hanno esplorato la riabilitazione fisica (Pollock et al, 2014), la riabilitazione cognitiva ( Bowen et al, 2013 ; Chung et al, 2013 ; das Nair et al 2016 ; Loetscher & Lincoln NB 2013), la teleriabilitazione ( Laver et al, 2013 ), la realtà virtuale ( Laver et al, 2015 ), l'agopuntura ( Yang et al, 2016 ), l'allenamento del braccio elettromeccanico e assistito da robot ( Mehrholz et al, 2018 ), la terapia dello specchio ( Thieme et al, 2018 ), l'allenamento fisico ( Saunders et al, 2020 ), i colloqui motivazionali ( Cheng et al, 2015 ), la terapia del movimento indotto da costrizione (CIMT) ( Corbetta et al, 2015 ), la stimolazione magnetica transcranica ripetitiva ( Hao et al, 2013 ) e l'allenamento a compiti ripetitivi (RTT) ( Frenchet al, 2016 ).

Dopo la stabilizzazione clinica dell'ictus acuto, il programma riabilitativo è solitamente focalizzato sulla riabilitazione degli arti superiori e dell'andatura, mentre l'equilibrio è spesso un risultato secondario o ignorato. Questo è un punto problematico dei programmi riabilitativi perché l'equilibrio è un'abilità profondamente coinvolta nell'autonomia e nell'indipendenza dei pazienti. Infatti, l'equilibrio non è solo fondamentale nella deambulazione ma anche in molte attività della vita quotidiana (ADL). È anche il principale deficit coinvolto nella valutazione del rischio di caduta. (Marques-Sule E et al, 2021).

Gli obiettivi principali del trattamento riabilitativo e degli interventi di terapia fisica dopo un ictus sono di migliorare le capacità funzionali del paziente, promuovere l'autosufficienza e migliorare la sua qualità di vita complessiva. (Park JE , 2023) (Langton-Frost N et al, 2023). Sono disponibili numerosi tipi di interventi personalizzati per soddisfare le esigenze specifiche di ciascun paziente (Richards LG & Cramer SC, 2023).

Tra questi, la terapia fisica è uno dei tipi più diffusi di trattamento riabilitativo fornito dopo un ictus. I fisioterapisti lavorano con i pazienti colpiti da ictus per migliorare la loro forza, coordinazione ed equilibrio, con l'obiettivo di aiutarli a riacquistare la capacità di svolgere attività quotidiane come camminare, vestirsi e fare il bagno. (Feng F et al, 2023) (Shen J et al, 2023).

Ad oggi, esistono vari interventi di riabilitazione dell'andatura, tra cui l'allenamento sul tapis roulant con o senza supporto del peso corporeo, la terapia assistita da robot, l'allenamento a circuito, programmi di auto-riabilitazione e la realtà virtuale (VR). (Selves et al., 2020).

## **4.2 Dispositivi tecnologici per la riabilitazione**

La fase di riabilitazione post-ictus è cruciale per il ripristino delle capacità motorie, cognitive e sensoriali dei pazienti. Negli ultimi anni, l'integrazione di tecnologie avanzate ha apportato notevoli benefici a questo processo, grazie all'introduzione di dispositivi innovativi che supportano il recupero e ottimizzano gli esiti clinici. ((Langhorne et al., 2011; Mehrholz et al., 2018).

La tecnologia ha avuto un ruolo fondamentale nell'evoluzione della riabilitazione post-ictus, permettendo lo sviluppo di dispositivi avanzati che supportano il recupero delle funzioni motorie, cognitive e sensoriali. Questi dispositivi forniscono soluzioni innovative per migliorare i risultati della riabilitazione e personalizzare il trattamento in base alle esigenze specifiche di ogni paziente.

Di seguito sono elencate le principali tecnologie utilizzate nella riabilitazione post-ictus:

- Realtà Virtuale (VR)
- Terapia assistita da robot (RAT)
- Elettrostimolazione Funzionale (FES)
- Riabilitazione con neurofeedback
- Stimolazione cerebrale
- Terapie cognitive computerizzate
- Teleriabilitazione

### **4.2.1 Riabilitazione con realtà virtuale (VR)**

Nell'ultimo decennio, la realtà virtuale (VR), come mezzo di riabilitazione neurologica per l'ictus, è gradualmente diventata popolare nel campo della riabilitazione a causa del continuo miglioramento dei sistemi virtuali e della sostanziale riduzione dei costi delle apparecchiature virtuali. (Zhang L et al, 2018).

La tecnologia VR è un sistema in grado di simulare l'ambiente, la scena e l'attività in tempo reale e consentire agli utenti di interagire attraverso molteplici modalità sensoriali. Il sistema può essere combinato con un tapis roulant, guanti bionici o robot per fornire un feedback migliore per gli utenti. (Wu J et al, 2020).

La realtà virtuale può essere definita come "un mezzo composto da simulazioni interattive al computer che rilevano la posizione e le azioni del partecipante e sostituiscono o aumentano il feedback a uno o più sensi, dando la sensazione di essere mentalmente immersi o presenti nella simulazione (un mondo virtuale)" (Sherman W. & Craig A). Grazie alle caratteristiche distintive dell'ambiente creato dal sistema e alle molteplici interazioni basate su sensori tra il soggetto e il simulatore, uno scenario virtuale può essere percepito come un'esperienza realistica.

In un ambiente virtuale, il terapeuta può costruire, adattare e proporre esercizi che nella pratica convenzionale sono pericolosi, difficili da realizzare o troppo costosi. Inoltre, grazie alla possibilità di una gamification della terapia, i pazienti mostrano più entusiasmo durante un'esperienza virtuale rispetto alla ripetizione dei compiti della riabilitazione standard, aumentando la compliance del paziente. (Aly AAI et al, 2022).

L'uso di stimoli multisensoriali e livelli di sfida motivano i pazienti, il che è uno degli elementi importanti per continuare il trattamento e migliorare i risultati della riabilitazione. (Shahmoradi L et al, 2021).

Un'altra caratteristica fondamentale della realtà virtuale è il "senso di presenza" ( Borrego A. et al, 2019); un soggetto immerso nel mondo illusorio reagisce come se fosse una parte reale del luogo artificiale e agisce come se tutto fosse reale con un coinvolgimento emotivo fisiologico, cosciente e non cosciente (Tierì G. et al, 2018), ad esempio, un'esperienza virtuale stressante è vista aumentare il battito cardiaco (Borrego A. et al, 2019).

Inoltre, il grado di integrazione può essere così intenso che potrebbe anche influenzare la reazione al dolore, con un'attenuazione del dolore durante una distrazione di realtà

virtuale immersiva. (Tieri G et al, 2018). L'immersione è un aspetto fondamentale della realtà virtuale ed è correlata alla tecnologia utilizzata dal sistema. (Palumbo A, 2022).

In base al livello di immersione, esistono tre tipi di realtà virtuale: non immersiva, semi immersiva e completamente immersiva. Un ambiente virtuale non immersivo è comunemente sperimentato in due dimensioni e viene fornito tramite un display del computer o un sistema di gioco per console (Lange B et al, 2012). Il soggetto può interagire con l'ambiente mostrato su uno schermo tramite strumenti, ad esempio mouse, joystick, Cybergloves/Cybergrasps o sensori di forza (Plechata A et al, 2019).

La prospettiva è allocentrica (terza persona) e un avatar viene visualizzato sul monitor (Sherman W. & Craig A., 2022).

Un sistema semi-immersivo si basa su immagini tridimensionali create attraverso "proiezioni stereoscopiche o display con una prospettiva visiva fissa" (Henderson A et al, 2007). Gli utenti operano nell'ambiente simulato con un senso di connessione e interattività più profondo rispetto a una dimensione non immersiva grazie ai sensori per i movimenti dei soggetti (Moro SB et al, 2016).

Nella realtà virtuale completamente immersiva, i soggetti potrebbero operare egocentralmente in un mondo simulato circostante (De Luca R. et al, 2018). Vari dispositivi consentono un'interazione in tempo reale tra le immagini visualizzate e i movimenti della testa e del corpo, riproducendo le interazioni del mondo reale (Borrego A. et al, 2019), con una prospettiva visiva a seconda degli spostamenti della testa (Moro SB et al, 2016).

È stato dimostrato che i sistemi VR producono risultati migliori se utilizzati come complemento alla riabilitazione convenzionale. (Hocine N et al, 2015).

Sintesi dei dati:

Diversi studi hanno dimostrato che le tecniche VR possono perfezionare il controllo motorio dei pazienti con ictus, colmando il divario tra il mondo reale e quello ideale e aiutando nelle prime fasi del recupero. (Leong SC et al, 2022). Inoltre, gli approcci VR sono pratici, fattibili, automatizzati e possono essere condotti in modo indipendente dai partecipanti, liberando così il carico di lavoro sugli operatori sanitari.

## 4.2.2 Terapia assistita da robot (RAT)

Un robot è definito come "un manipolatore multifunzionale riprogrammabile progettato per spostare materiali, parti o dispositivi specializzati attraverso movimenti programmati variabili per realizzare e assistere un compito". (Chang WH & Kim YH, 2013).

I robot terapeutici per la riabilitazione post-ictus servono come strumenti clinici progettati per facilitare automaticamente il processo di allenamento ripetitivo e ad alta intensità di lavoro, specialmente durante le prime fasi del recupero neurologico quando i pazienti avranno probabilmente bisogno di un significativo supporto del peso.

La tecnologia robotica può aumentare la durata e la frequenza dell'allenamento riducendo al contempo la necessità di quanti più terapisti possibile. (Esquenazi A & Talaty M, 2019)

Lo scopo principale di RAT nella neuroriabilitazione è aumentare l'intensità del trattamento e riabilitare i pazienti con disfunzioni degli arti superiori da moderate a gravi producendo movimenti ripetitivi, passivi e attivi assistiti attraverso esercizi di riapprendimento motorio. Con l'assistenza della macchina, le dosi aumentano gradualmente.

Pertanto, il tempo personale dei terapisti non è richiesto in modo permanente, il che porta a una riabilitazione più autonoma. (Keeling AB et al , 2021) La robotica riabilitativa terapeutica può essere classificata in vari modi in base a criteri diversi.

In primo luogo, possono essere classificati come robot per arti superiori e robot per arti inferiori, a seconda dell'area interessata. (Molteni F et al, 2018).

In secondo luogo, sono state definite due categorie principali di robot in base alla modalità di integrazione uomo-macchina, vale a dire esoscheletri e dispositivi end-effector. (Esquenazi A & Talaty M, 2019).

I robot esoscheletrici presentano una corrispondenza diretta uno a uno tra ogni articolazione del robot e la sua controparte umana. (Bhardwaj S et al , 2021). Fungendo da strutture ortopediche, questi dispositivi hanno una somiglianza con le ossa esterne, formando una struttura che circonda l'arto simile a un'impalcatura. I segmenti del dispositivo si allineano con le divisioni anatomiche dell'arto umano e il suo asse di rotazione rispecchia essenzialmente quello dell'arto umano (Maciejasz P et al ,2014). Tra gli esoscheletri presenti in commercio, molto sofisticati sono i prodotti Armeo tra cui troviamo Armeo Power (Figura 1), Armeo Spring e Armeo Boom. Armeo è un esoscheletro all'interno del quale viene inserito l'arto superiore, mentre il soggetto è

seduto su di una sedia sottostante alla struttura. Sullo schermo di un computer collegato al dispositivo, appaiono video giochi a seconda dei quali il soggetto deve eseguire diversi compiti motori.

I dispositivi robot-assistiti possono essere classificati anche in base al segmento corporeo interessato, ovvero prossimale (spalla-gomito) o distale (avambraccio-polso e mano) e l'utilizzo unilaterale o bilaterale. I più recenti esoscheletri permettono di realizzare movimenti che coinvolgono la spalla fino al polso, mentre sono necessari altri dispositivi per effettuare movimenti fini a livello della mano e delle dita (Lo HS, Xie SQ, 2012), come ad esempio il guanto robotico Gloreha. (Figura 3).

Al contrario, i robot end-effector generano movimento attraverso il loro segmento più distale senza una corrispondenza articolare uno a uno. (Bhardwaj S et al, 2021). Quando l'end-effector si muove, altera la posizione dell'arto nel punto di connessione e influenza indirettamente altri segmenti dell'arto, portando a coppie di interazione in ciascun segmento dell'arto che il dispositivo non può determinare completamente. (Klamroth-Marganska V, 2018).

Tra i diversi tipi di end-effector è possibile individuare: MIT-Manus, MIME (Mirror Image Motion Enabler), Bi-Manu-Track e NeReBot (Neurorehabilitation Robot). MIT-Manus e MIME permettono di allenare movimenti della spalla e del gomito. MIT-Manus consente di realizzare movimenti sul piano orizzontale, con il supporto interattivo dato mediante lo schermo di un computer, che mostra video giochi in due dimensioni.

Il MIME permette invece di trasferire il movimento effettuato dal paziente con l'arto non affetto, all'arto paretico che viene guidato dal robot a copiarne il movimento, basandosi sul principio della mirror therapy. BI-Manu-Track si basa sulla volontà di realizzare un training riabilitativo bilaterale della flessione ed estensione del polso e prono-supinazione dell'avambraccio.

NeReBot consiste invece in un robot con tre gradi di libertà dotato di supporto per l'avambraccio del paziente, sostenuto mediante cavi di nylon.

ReoGo Therapy, mediante un supporto meccanico per l'avambraccio e la mano, consente di realizzare dei movimenti di reaching in diverse direzioni, attraverso movimenti che interessano il segmento distale dell'arto superiore. (Figura 4) (Lo HS, Xie SQ, 2012).

Sintesi dei dati: Uno studio ha esaminato 27 studi randomizzati controllati sull'uso della robotica per il recupero motorio degli arti superiori dopo un ictus. I risultati hanno mostrato che la terapia assistita dal robot migliora significativamente la funzione del braccio rispetto alla terapia convenzionale, specialmente nei pazienti con disabilità grave o moderata. (Veerbeek, JM, et al. 2017).



*Figura 1*  
*Dispositivo ad esoscheletro per la riabilitazione dell'arto superiore (Armeo Power, Hocoma, Svizzera).*



*Figura 2*  
*Esempio di dispositivo per la rieducazione della mano (Gloreha, Idrogenet, Italia).*



*Figura 3*  
*Dispositivo ad end-effector per la riabilitazione dell'arto superiore (ReoGo Therapy, Motorika, Israele).*

### **4.2.3 Elettrostimolazione funzionale (FES)**

L'elettrostimolazione funzionale (Functional Electrical Stimulation, FES) è una tecnica terapeutica innovativa utilizzata nella riabilitazione dei pazienti post-ictus. Questa metodica sfrutta impulsi elettrici per stimolare i muscoli e ripristinare funzioni motorie compromesse, migliorando così la qualità della vita dei pazienti.

Meccanismo di Azione della FES:

- **Stimolazione Elettrica:** la FES utilizza impulsi elettrici applicati a specifici nervi o muscoli tramite elettrodi. Questi impulsi sono configurati per generare contrazioni muscolari controllate. Gli impulsi elettrici attivano le fibre muscolari in modo simile alla stimolazione fornita dal sistema nervoso centrale in condizioni normali. (Pomeroy, V. M., & Barrow, J, 2009) (Kottink, A. I., et al. 2012).
- **Contrazione Muscolare:** quando un impulso elettrico viene trasmesso, si verifica la depolarizzazione delle fibre muscolari, provocando contrazioni. Questa contrazione può contribuire a ripristinare o migliorare il movimento degli arti colpiti da paralisi o debolezza, come nei pazienti post-ictus. (Mann, M., et al. 2013) (Cameron, M. H., & Ginis, K. A. M., 2011)
- **Attivazione Neurale:** la FES stimola non solo i muscoli, ma può anche attivare le vie nervose afferenti ed efferenti coinvolte nel controllo motorio. L'attivazione

delle vie afferenti invia segnali al sistema nervoso centrale, migliorando la plasticità neuronale e favorendo l'apprendimento motorio. (Duncan, P. W., et al. 2014).

- Plasticità Neurale: uno degli obiettivi principali della FES è promuovere la plasticità neurale, che è la capacità del cervello di riorganizzarsi e formare nuove connessioni sinaptiche. La stimolazione ripetuta di muscoli e nervi porta a cambiamenti duraturi nella corteccia cerebrale, migliorando le funzioni motorie e aumentando la forza muscolare. (Kern, S., et al. 2017) (Nescolarde, L., et al. 2018).
- Inibizione della Spasticità: la FES può contribuire a ridurre la spasticità nei muscoli antagonisti, migliorando la mobilità complessiva. La stimolazione muscolare regolare mantiene una maggiore gamma di movimento e previene l'accorciamento muscolare. (Rothwell, J. C., et al. 2009).
- Integrazione Sensoriale e Motoria: attraverso la stimolazione, i pazienti sperimentano una migliore integrazione tra input sensoriali e output motori, favorendo il recupero delle abilità motorie. Questo processo aiuta i pazienti a riprendere compiti funzionali quotidiani. (Baker, L. L., et al. 2010) (Rao, A. K., & Prabhakar, J. 2011).

Sintesi dei dati: Una revisione sistematica di studi randomizzati controllati sull'uso della FES ha evidenziato che la FES è efficace nel migliorare la funzione motoria degli arti superiori nei pazienti post-ictus. Gli autori hanno concluso che la FES combinata con esercizi di riabilitazione motoria ha portato miglioramenti significativi nella capacità di svolgere attività della vita quotidiana, come l'afferrare e sollevare oggetti. (Pomeroy, VM, et al. 2017). Questo studio è una revisione sistematica di studi clinici randomizzati che valuta l'efficacia della FES nella riabilitazione post-ictus, evidenziando miglioramenti significativi nella funzione motoria degli arti superiori quando combinata con esercizi riabilitativi.

#### 4.2.4 Riabilitazione con neurofeedback

La riabilitazione con neurofeedback è un approccio innovativo che sfrutta il feedback in tempo reale dell'attività cerebrale per facilitare il recupero motorio e cognitivo nei pazienti colpiti da ictus. Il neurofeedback è una tecnica di biofeedback che si basa sull'auto-regolazione dell'attività cerebrale, utilizzando elettroencefalografia (EEG) per monitorare l'attività elettrica del cervello e fornire un feedback immediato agli utenti. Questa retroazione consente ai pazienti di apprendere come modulare la propria attività cerebrale attraverso esercizi specifici, con l'obiettivo di migliorare le funzioni cognitive e motorie. (Cohen, D. J., et al. 2017).

Meccanismo di Azione del Neurofeedback:

- Monitoraggio dell'Attività Cerebrale: attraverso elettrodi posizionati sul cuoio capelluto, viene registrata l'attività elettrica del cervello. I dati ottenuti dall'elettroencefalografia (EEG) vengono analizzati e presentati ai pazienti in forma visiva o sonora, consentendo loro di osservare in tempo reale la propria attività cerebrale e prendere coscienza dei propri schemi mentali. (Hammond, D. C.2005) (Sitaram, R., et al.2017).
- Auto-Regolazione: i pazienti apprendono a riconoscere i propri schemi di attività cerebrale e a modificarli per raggiungere obiettivi specifici, come migliorare la concentrazione o ridurre l'ansia. La ripetizione di questo processo facilita l'apprendimento di nuove strategie cognitive e motorie, migliorando le capacità di autoregolazione e di gestione delle emozioni. (Cohen, D. J., et al.,2017)( Baker, K., 2005).
- Promozione della Plasticità Neurale: il neurofeedback può favorire la plasticità neurale, un elemento cruciale nel recupero post-ictus. Attraverso l'auto-regolazione dell'attività cerebrale, i pazienti hanno la possibilità di formare nuove connessioni sinaptiche, migliorando così le funzioni motorie e cognitive, e contribuendo a un recupero funzionale più efficace.(Ros, T., et al., 2013) (Neuper, C., & Scherer, R., 2008).

Sintesi dei dati: Uno studio ha esaminato l'efficacia del neurofeedback combinato con la terapia convenzionale per il recupero della funzionalità motoria nei pazienti post-ictus. I

risultati hanno indicato che i pazienti sottoposti a neurofeedback hanno mostrato miglioramenti significativi nelle funzioni motorie rispetto al gruppo di controllo. Questo studio ha evidenziato l'importanza del monitoraggio EEG per migliorare la plasticità cerebrale nei pazienti post-ictus. (Cao et al. 2014). L'integrazione del neurofeedback nella riabilitazione post-ictus potrebbe offrire vantaggi sostanziali, migliorando non solo la funzione motoria, ma anche favorendo la riorganizzazione cerebrale necessaria per il recupero.

#### **4.2.5 Stimolazione cerebrale**

La tecnologia di neuromodulazione si riferisce all'uso di tecniche impiantabili o non impiantabili (ad esempio, metodi elettrici, magnetici o ultrasonici) per ottenere effetti terapeutici modificando la funzione o lo stato del sistema nervoso. Attraverso questo approccio, i neuroni o la trasduzione del segnale nervoso in parti adiacenti o distanti del sito di stimolazione vengono eccitati, inibiti o regolati, modificando così la funzione nervosa e migliorando la qualità della vita dei pazienti. (Strube W et al, 2015) (Cha HG & Kim MK, 2015). La stimolazione cerebrale post-ictus rappresenta una strategia innovativa volta a promuovere il recupero motorio, cognitivo e funzionale nei pazienti colpiti da ictus. Questo approccio mira a modulare l'attività di specifiche aree cerebrali per facilitare la plasticità neuronale e accelerare il processo riabilitativo, promuovendo una riorganizzazione sinaptica che supporti il recupero delle funzioni compromesse. (Hummel, F. C., & Cohen, L. G, 2006) (Fregni, F. & Pascual-Leone, A, 2007). Diverse tecniche sono utilizzate, tra cui:

- Stimolazione magnetica transcranica (TMS).
- Stimolazione transcranica a corrente continua (tDCS).
- Stimolazione cerebrale profonda (DBS).

#### 4.2.5.1 Stimolazione Magnetica Transcranica (TMS)

La stimolazione magnetica transcranica (TMS) è una tecnica non invasiva che sfrutta impulsi magnetici per modulare l'attività corticale e viene utilizzata con successo nella riabilitazione dei pazienti colpiti da ictus. Applicando la TMS su specifiche aree cerebrali, è possibile favorire la plasticità neuronale e facilitare la riorganizzazione sinaptica, contribuendo al recupero delle funzioni motorie e cognitive compromesse dall'evento ischemico. Questa tecnologia si è dimostrata particolarmente efficace nel migliorare gli esiti riabilitativi post-ictus, soprattutto quando combinata con altre forme di terapia riabilitativa.

Sono utilizzate diverse forme di TMS:

- TMS ad alta frequenza per aumentare l'eccitabilità della corteccia cerebrale.
- TMS a bassa frequenza per ridurre l'attività inibitoria di aree non colpite dall'ictus.
- rTMS (stimolazione magnetica transcranica ripetitiva) e theta burst sono varianti frequentemente utilizzate per migliorare il recupero motorio.

La stimolazione ripetitiva (rTMS) ha dimostrato di essere utile nella riduzione della spasticità e nel miglioramento delle funzioni motorie, soprattutto se applicata durante le prime fasi della riabilitazione. La TMS ad alta frequenza sull'emisfero colpito o la stimolazione inibitoria sull'emisfero non colpito può bilanciare l'attività corticale, promuovendo il recupero. (Hummel, F. C., & Cohen, L. G., 2006) (Fregni, F., Pascual-Leone, A, 2007) (Grefkes, C., & Fink, G. R., 2011).

La TMS induce correnti elettriche nel cervello tramite induzione elettromagnetica causata da una bobina energizzata posta sul cuoio capelluto, che è una procedura di stimolazione cerebrale altamente efficace, indolore e non invasiva, che causa cambiamenti nell'eccitabilità e nella plasticità delle popolazioni neuronali corticali mirate. I campi magnetici possono penetrare il cuoio capelluto e il cranio e generare contemporaneamente correnti indotte sotto-soglia o sopra-soglia nella corteccia cerebrale, che depolarizzano i neuroni per generare potenziali d'azione per modulare e stimolare l'attività neuronale nelle aree bersaglio, e quindi possono influenzare principalmente la funzione della corteccia sincronizzando l'attività nelle regioni cerebrali correlate. (Lefaucheur J.-P et al, 2020).

#### 4.2.5.2 Stimolazione transcranica a corrente continua (tDCS)

La stimolazione transcranica a corrente continua (tDCS) è considerata una tecnica emergente che mostra benefici promettenti nella riabilitazione post-ictus. Utilizzando una corrente elettrica di bassa intensità, generalmente compresa tra 1 e 2 mA, applicata tramite elettrodi sul cuoio capelluto, la tDCS modula l'eccitabilità corticale senza attivare direttamente potenziali d'azione. Studi recenti suggeriscono che questa tecnica possa facilitare la neuroplasticità, promuovendo la riorganizzazione sinaptica e supportando il recupero funzionale in pazienti che presentano deficit motori e cognitivi a seguito di un ictus.

Meccanismi d'azione:

- Stimolazione anodica: aumenta l'eccitabilità neuronale dell'area stimolata, potenziando la sua attività.
- Stimolazione catodica: diminuisce l'eccitabilità dell'area corticale, riducendo l'inibizione interemisferica che può interferire con il recupero.

Applicazioni cliniche:

- Recupero motorio: la tDCS può essere applicata per migliorare le capacità motorie attraverso la stimolazione della corteccia motoria. Studi clinici hanno dimostrato che la tDCS anodica applicata sull'emisfero lesso può favorire il recupero motorio, mentre quella catodica sull'emisfero non lesso può ridurre l'inibizione che interferisce con il recupero del lato colpito dall'ictus.
- Riabilitazione cognitiva: la tDCS ha mostrato risultati promettenti nel migliorare le funzioni cognitive, come l'attenzione, la memoria e il linguaggio, compromesse dall'ictus.
- Dolore neuropatico: è stata utilizzata anche per ridurre il dolore neuropatico post-ictus, modulando l'eccitabilità della corteccia sensoriale.
- Effetto sinergico con altre terapie: la tDCS può essere combinata con la terapia fisica, il training cognitivo o altre tecniche di neurostimolazione per potenziare l'effetto complessivo della riabilitazione. (Nitsche, M. A., & Paulus, W., 2000) (Stagg, C. J., & Nitsche, M. A., 2011).

### 4.2.5.3 Stimolazione cerebrale profonda (DBS)

La stimolazione cerebrale profonda (DBS) è una tecnica invasiva inizialmente utilizzata per trattare disturbi del movimento, come il Parkinson e la distonia, ma negli ultimi anni ha mostrato potenziale anche per la riabilitazione post-ictus.

La DBS prevede l'impianto di elettrodi in aree profonde del cervello, come il talamo, il globo pallido o il nucleo subtalamico, collegati a un dispositivo di stimolazione che genera impulsi elettrici a bassa intensità per modulare l'attività cerebrale alterata o disfunzionale (Figura 4).

La DBS può migliorare il recupero post-ictus modulando le reti cerebrali che governano la funzione motoria, la cognizione e l'umore. Studi preclinici e clinici suggeriscono che la stimolazione di regioni come il nucleo subtalamico o il globus pallidus possa promuovere la plasticità cerebrale e la riorganizzazione delle reti neuronali, contribuendo al recupero delle funzioni compromesse dall'ictus. (Lozano, A. M., & Lipsman, N, 2013) (Nair, D. R., et al, 2007).



*Figura 4*

La stimolazione cerebrale profonda prevede l'impianto chirurgico di elettrodi, seguito da un neurostimolatore programmabile, per modulare con precisione l'attività cerebrale. (Tomorrow Bio, 2023).

## 4.2.6 Terapie cognitive computerizzate (TCC)

Le terapie cognitive computerizzate costituiscono un approccio innovativo nella riabilitazione post-ictus, sfruttando tecnologie digitali per migliorare le funzioni cognitive e facilitare il recupero nei pazienti. Questi interventi utilizzano software e applicazioni interattive progettate per affrontare specifici deficit cognitivi, come memoria, attenzione, linguaggio e funzioni esecutive, che possono essere compromessi a seguito di un ictus. (Cicerone, K. D., & Langenbahn, D. M., 2011) (López, C., et al.2018).

Le terapie cognitive computerizzate possono essere erogate tramite diverse piattaforme tecnologiche, inclusi computer, tablet e smartphone.

Queste applicazioni sono progettate per essere user-friendly, facilitando l'interazione dei pazienti con i programmi attraverso interfacce intuitive e accessibili. Le caratteristiche principali di queste applicazioni includono:

- Esercizi Interattivi: I programmi offrono una varietà di esercizi interattivi per migliorare le funzioni cognitive, come memoria, attenzione e linguaggio.
- Feedback Immediato: Molti software forniscono feedback in tempo reale sui progressi del paziente, consentendo un'esperienza più coinvolgente e motivante.

I programmi di TCC possono essere utilizzati in vari contesti, offrendo flessibilità e accessibilità. Le modalità di accesso includono:

- Uso Clinico: Alcuni software sono progettati per essere utilizzati in cliniche, ospedali o centri di riabilitazione, dove i professionisti della salute possono supervisionare e adattare gli esercizi in base alle esigenze del paziente.
- Riabilitazione Domestica: Molti programmi possono anche essere utilizzati a casa dai pazienti, consentendo loro di continuare il trattamento in modo autonomo e regolare, migliorando così l'aderenza al programma di riabilitazione. (López, C., et al. 2018) (Mackenzie, C. S., & Campbell, J, 2014)

Sintesi dei dati: Numerosi studi hanno dimostrato che la Terapia Cognitivo Computerizzata può essere efficace nel migliorare specifiche funzioni cognitive nei

pazienti con ictus, in particolare quelle legate alla memoria, all'attenzione e alle abilità visuospatiali. Questi programmi personalizzabili permettono di creare esercizi su misura per le esigenze di ciascun paziente, favorendo un recupero più mirato. Un esempio di studio significativo è quello pubblicato nel 2017 su *Neurorehabilitation and Neural Repair*, in cui i ricercatori hanno dimostrato che i pazienti sottoposti a terapia cognitiva computerizzata per un periodo di 12 settimane hanno ottenuto miglioramenti significativi nelle funzioni cognitive rispetto a quelli che ricevono solo terapie tradizionali. Lo studio ha anche evidenziato che questi benefici si sono mantenuti nel tempo, suggerendo un effetto duraturo della CCT nel processo di riabilitazione. (Lara A Boyd et al, 2017).

#### **4.2.7 Teleriabilitazione**

Le persone che hanno avuto un ictus hanno maggiori probabilità di essere sedentarie, avere problemi di mobilità e spendere più energia per fare i movimenti quotidiani e trarre beneficio dalla riabilitazione fisica. (Saunders DH et al, 2020).

La teleriabilitazione è definita come "l'uso della telecomunicazione, tramite video o audio diretto, per fornire interventi riabilitativi". Dalle prove disponibili, ci sono prove coerenti di qualità da moderata a buona che indicano che la teleriabilitazione può essere efficace quanto le cure abituali per la funzione motoria, le attività della vita quotidiana (ADL), l'indipendenza e la qualità della vita negli adulti che hanno avuto un ictus. (Appleby E et al, 2019).

Le funzionalità tecniche della teleriabilitazione sono solitamente ottenute tramite videoconferenza e includono la capacità dei terapisti di osservare i movimenti dei pazienti durante l'esecuzione di attività di riabilitazione.

La teleriabilitazione ha il potenziale per ridurre la durata del ricovero ospedaliero aiutando i pazienti a condurre la riabilitazione a casa, riducendo così i costi (L. Piron, A. et al, 2008).

La teleriabilitazione è particolarmente utile per i pazienti colpiti da ictus che sono sotto assicurati, hanno difficoltà con i trasporti, dipendono da operatori sanitari o mancano di servizi di riabilitazione per ictus nelle loro aree geografiche. ( S.L. Lupo, K. Et al, 2015).

La teleriabilitazione può utilizzare la tecnologia della realtà virtuale e, per quanto riguarda i pazienti post-ictus, è necessaria una valutazione rigorosa prima dell'inizio della terapia. La valutazione è essenziale per le impostazioni della terapia e la definizione dei risultati. Richiede che il paziente esegua almeno alcune sessioni di exergame prima dell'allenamento a casa, in modo che possa familiarizzare con la tecnologia della realtà virtuale. È essenziale che i pazienti imparino dal fisioterapista come eseguire correttamente gli esercizi come complemento all'assistenza virtuale fornita dalla tecnologia utilizzata. (Miclaus, RS et al, 2021).

Un aspetto importante e una sfida nell'implementazione del TR è la pianificazione spaziale della casa del paziente in cui avrà luogo l'allenamento. Il rischio di caduta o infortunio durante l'esercizio deve essere ridotto al minimo e deve essere garantito il supporto di riadattamento in caso di perdita di equilibrio o di rimettersi in piedi dopo una caduta.

La percezione della TR da parte dei pazienti è generalmente buona, con resoconti di soddisfazione positivi.

La TR ha il potenziale per contribuire alla standardizzazione dei servizi di riabilitazione e per offrire un monitoraggio oggettivo con archiviazione dei dati a lungo termine e follow-up. (Signal, N et al, 2020).

Sintesi dei dati: Un trial clinico randomizzato condotto nel 2022 ha coinvolto 80 pazienti post-ictus con deficit cognitivi, che hanno partecipato a un programma di riabilitazione cognitiva a distanza tramite un'applicazione interattiva. Il programma, della durata di 8 settimane, ha dimostrato miglioramenti significativi nella memoria di lavoro e nell'attenzione, suggerendo che la teleriabilitazione può essere una valida alternativa ai metodi tradizionali di riabilitazione cognitiva per i pazienti colpiti.

I risultati di questo studio indicano che la riabilitazione digitale può offrire vantaggi simili alle terapie faccia a faccia, con il valore aggiunto di una maggiore accessibilità e personalizzazione.

Tuttavia, sono stati evidenziati anche limiti legati all'adozione su larga scala, come la necessità di un'infrastruttura tecnologicamente adeguata e la formazione. (Park et al. 2022).

## 5. CONCLUSIONI

La tecnologia riveste un ruolo sempre più centrale nel campo della riabilitazione post-ictus, offrendo strumenti innovativi e personalizzati per migliorare il recupero funzionale e l'autonomia dei pazienti. I progressi nella robotica, nella realtà virtuale, nei dispositivi di tele-riabilitazione e nei sistemi di monitoraggio indossabili hanno dimostrato la capacità di aumentare l'efficacia dei trattamenti riabilitativi, favorendo la plasticità neuronale e accelerando i tempi di recupero.

L'integrazione di tecnologie avanzate permette una riabilitazione più intensiva e mirata, adattabile alle specifiche esigenze del paziente, con un monitoraggio costante dei progressi. Questo approccio consente di ottimizzare l'intervento terapeutico, sia in ambito ospedaliero che domiciliare, rendendo possibile un follow-up continuo e riducendo il rischio di ricadute.

Tuttavia, è essenziale considerare alcune sfide ancora aperte, tra cui l'accessibilità economica e formativa, l'adattamento delle tecnologie a diversi contesti clinici e le esigenze dei pazienti anziani o con bassa alfabetizzazione digitale. La collaborazione tra clinici, ingegneri e pazienti sarà determinante per sviluppare soluzioni sempre più efficaci, personalizzate e facilmente fruibili, affinché la tecnologia possa diventare parte integrante della riabilitazione post-ictus.

In conclusione, l'impiego della tecnologia nella riabilitazione rappresenta una risorsa fondamentale per migliorare la qualità della vita dei pazienti colpiti da ictus. L'evoluzione tecnologica, unita ad un approccio multidisciplinare, offre nuove opportunità per il recupero funzionale, aumentando l'efficacia dei trattamenti e permettendo un miglior reinserimento nella vita.

## **6. BIBLIOGRAFIA**

Albers, G. W., Marks, M. P., Kemp, S., Christensen, S., & Tsai, J. P. (2016). Thrombectomy 3 to 8 Hours after Stroke with a M1 or M2 Occlusion.

Aly AAI, Abbasimoshaei A., Kern TA Development of a VR training environment for finger rehabilitation; Proceedings of the 13th International Conference on Human Tactile Sensing and Touch-Enabled Computing Applications, EuroHaptics; Hamburg, Germany. 22-25 May 2022.

Aprile I, Germanotta M, Cruciani A, Loreti S, Pecchioli C, Cecchi F, et al. Riabilitazione robotica degli arti superiori dopo ictus: uno studio clinico multicentrico randomizzato. *J Neurol Phys Ther.* 2020.

Baker, K. (2005). Biofeedback in the treatment of psychological disorders: A review of the evidence.

Baker, L. L., et al. (2010). Functional electrical stimulation: A treatment for spasticity following stroke. *Journal of Neurology.*

Baker, M. R., & Strath, S. J. (2015). Spasticity and pain in stroke survivors: a systematic review of the literature.

Bernhardt J., Hayward KS, Kwakkel G., et al. Agreed definitions and a shared vision for new standards in stroke recovery research: the Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable task force. *Neurorehabilitation and Neural Repair.* 2017.

Bernhardt, J., Hayward, K. S., Kwakkel, G., et al. (2017). Agility trial: a multicenter, international randomized controlled trial on mobility training for stroke survivors.

Berthier ML. Ten key reasons to continue pharmacotherapy research for post-stroke aphasia. *Aphasiology.* Maggio 2021; 23(2): 183–201.

Bhardwaj S, Khan AA, Muzammil M. Robotics for lower extremity rehabilitation: current understanding and technology. *Work.* 2021;69(3):775-793.

Biou E, Cassoudeulle H, Cogné M, Sibon I, De Gabory I, Dehail P, Aupy J, Glize B. Transcranial direct current stimulation in post-stroke aphasia rehabilitation: a systematic review. *Ann Phys Rehabil Med*. 2019.

Borrego A., Latorre J., Alcañiz M., Llorens R. Embodiment and presence in virtual reality after a stroke. A comparative study with healthy subjects. *Front. Neurol*. 2019.

Bowen A, Hazelton C, Pollock A, Lincoln NB. Cognitive rehabilitation for spatial neglect after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2013.

Broderick JP, Adeoye O, Elm J. Evolution of the modified Rankin scale and its use in future stroke studies. *Stroke*. 2017; 48(7):2007–12.

Cameron, M. H., & Ginis, K. A. M. (2011). Functional electrical stimulation for stroke rehabilitation: Evidence and challenges. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*.

Campbell, B. C., Mitchell, P. J., Yan, B., & Wang, X. (2019). Endovascular Therapy for Ischemic Stroke: A Review of the 2019 American Heart Association/American Stroke Association Guidelines.

Cao, et al 2014 Neurofeedback training improves motor cortex activation in stroke patients: a preliminary study. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2021:29:1583-1592

Cha HG, Kim MK Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on arm function and reduction of unilateral spatial neglect in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Clin. Rehabil*. 2015.

Chang WH, Kim YH. Robot-assisted therapy in stroke rehabilitation. *J Stroke*. Settembre 2013;15(3):174-81.

Cheng D, Qu Z, Huang J, Xiao Y, Luo H, Wang J. Motivational interviewing to improve recovery after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 3 giugno 2015;2015(6):CD011398.

Chung CS, Pollock A, Campbell T, Durward BR, Hagen S. Cognitive rehabilitation for executive dysfunction in adults with stroke or other nonprogressive adult acquired brain damage. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2013.

Cicerone, K. D., & Langenbahn, D. M. (2011). Evidence-based cognitive rehabilitation: Updated review of the literature. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*.

Cohen, D. J., et al. (2017). Neurofeedback for motor recovery after stroke.

Corbetta D, Sirtori V, Castellini G, Moja L, Gatti R. Terapia del movimento indotta da costrizione per gli arti superiori nelle persone con ictus. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2015.

Cramer, S. C. (2008). Repairing the human brain after stroke: I. Mechanisms of spontaneous recovery.

Das Nair R, Cogger H, Worthington E, Lincoln NB. Cognitive rehabilitation for memory deficits after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2016.

e Luca R., Torrisi M., Piccolo A., Bonfiglio G., Tomasello P., Naro A., Calabrò RS Migliorare le anomalie cognitive e comportamentali post-ictus utilizzando la realtà virtuale: un caso clinico su un nuovo utilizzo del nirvana. *Appl. Neuropsychol. Adult*. 2018.

Donkor ES. Stroke in the 21st century: a snapshot of burden, epidemiology, and quality of life. *Stroke Res Treat* 2018.

Duncan, P. W., et al. (2014). Functional electrical stimulation for foot drop in stroke patients: A randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*.

Examining the effectiveness of virtual, augmented, and mixed reality (VAMR) therapy for upper extremity recovery and activities of daily living in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. Leong SC, Tang YM, Toh FM, Fong KN. *J Neuroeng Rehabil*. 2022.

Esquenazi A, Talaty M. Robotics for lower limb rehabilitation. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. Maggio 2019;30(2):385-397

Feng F., Luo X.-C., Chen Y.-J., Li J.-J., Kang H., Yan B.-H. Effects of Yunshou Tai Chi on upper extremity function and balance in stroke survivors: a systematic review and meta-analysis. *Complement. Ther. Clin. Pract.* 2023.

Fregni, F., Pascual-Leone, A. (2007). Technology insight: noninvasive brain stimulation in neurology—perspectives on the therapeutic potential of rTMS and tDCS. *Nature Clinical Practice Neurology*.

French B, Thomas LH, Coupe J, McMahon NE, Connell L, Harrison J, et al. Repetitive task training to improve functional capacity after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2016.

Fridriksson J., Hillis AE Current approaches to the treatment of post-stroke aphasia. *J Stroke* 2021;23(2):183-201. Published online: 31 May 2021

Grefkes, C., & Fink, G. R. (2011). Reorganization of cerebral networks after stroke: New insights from neuroimaging with connectivity approaches. *Brain*, 134(5), 1264-1276.

Grossman M., Irwin DJ Primary progressive aphasia and stroke aphasia. *Continuum*. 2018. *Behavioral Neurology and Psychiatry* p. 745-767 June 2018, Vol.24, No.3

Hackett, M. L., & Pickles, K. (2014). Part I: An update on the epidemiology of stroke and transient ischemic attack.

Hammond, D. C. (2005). Neurofeedback treatment of depression and anxiety. Published: August 2005. Volume 12, pages 131–137.

Hao Z, Wang D, Zeng Y, Liu M. Repetitive transcranial magnetic stimulation to improve function after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2013.

Henderson A., Korner-Bitensky N., Levin M. Virtual reality in stroke rehabilitation: a systematic review of its effectiveness for upper extremity motor recovery. *Top. Stroke Rehabilitation*. 2007.

Humanitas, 2017. Ictus, i segnali cui prestare attenzione

Hummel, F. C., & Cohen, L. G. (2006). Non-invasive brain stimulation: A new strategy to improve neurorehabilitation after stroke? *The Lancet Neurology*.

Motor-cognitive intervention concepts can improve gait in chronic stroke, but their effect on cognitive functions is unclear: a systematic review with meta-analysis. Huber SK, Knols RH, Arnet P, de Bruin ED. *Neurosci Biobehav Rev*. 2022.

Johansen T, Sørensen L, Kolskår KK, Strøm V, Wouda MF. Effectiveness of robot-assisted arm exercise on arm and hand function in stroke survivors: a systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Assist Technol Eng*. 2023

Johnson, C. O., Nguyen, M., Roth, G. A., et al. (2016). Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019.

Kang N, Summers JJ, Cauraugh JH. Transcranial direct current stimulation facilitates motor learning after stroke: a systematic review and meta-analysis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2016.

Katan, M., & Luft, A. (2018). Global burden of stroke. *Seminars in Neurology*.

Keeling AB, Piitz M, Semrau JA, Hill MD, Scott SH, Dukelow SP. Robot-enhanced stroke therapy optimizes rehabilitation (RESTORE): a pilot study. *J Neuroeng Rehabil* 2021.

Kern, S., et al. (2017). Effects of functional electrical stimulation on the lower limb after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Neurorehabilitation and Neural Repair*.

Klamroth-Marganska V. Stroke rehabilitation: therapeutic robots and assistive devices. In: Kerkhof PLM, Miller VM, editors. Sex-specific analysis of cardiovascular function. 2018:1065:579-587.

Kothari, R. U., Brott, T., Broderick, J. P., Barsan, W. G., Sauerbeck, L. R., & Zuccarello, M. (1997). The ABCs of stroke assessment.

Kottink, A. I., et al. (2012). The effectiveness of functional electrical stimulation for the rehabilitation of upper limb function in stroke patients: A systematic review. *Journal of Rehabilitation Research and Development*.

L.F. Piccione, L. Trovato, M. Diga Soddisfazione per l'assistenza nei pazienti post-ictus sottoposti a un programma di teleriabilitazione a domicilio J. *Telemed. Teleassistenza* (2008).

Lange B., Koenig S., Chang C.-Y., McConnell E., Suma E., Bolas M., Rizzo A. Design of game-informed rehabilitation activities leveraging advances in virtual reality. *Disabled. Rehabil.* 2012.

Langhorne, P., Bernhardt, J., & Kwakkel, G. (2018). Stroke rehabilitation.

Langton-Frost N., Orient S., Adeyemo J., Bahouth MN, Daley K., Ye B., Lavezza A., Pruski A. Development and implementation of a new model of care for stroke patients, intensive rehabilitation services acute hospital: leverage a multidisciplinary rehabilitation team. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2023.

Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2015.

Lefaucheur J.-P., Aleman A., Baeken C., Benninger DH, Brunelin J., Di Lazzaro V., Filipović SR, Grefkes C., Hasan A., Hummel FC, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): an update (2014–2018) *Clin. Neurophysiol.* 2020.

Lindsay, P., Norrving, B., & Sacco, R. L. (2019). Global stroke epidemic: a review of the evidence.

Lo HS, Xie SQ. (2012) Exoskeleton robots for upper-limb rehabilitation: state of the art and prospects.

Loetscher T, Lincoln NB. Cognitive rehabilitation for attention deficit after stroke. Cochrane Database of Systematic Reviews 2013.

López, C., et al. (2018). The use of computerized cognitive rehabilitation in post-stroke patients: A systematic review. *Neuropsychological Rehabilitation*.

Lozano, A. M., & Lipsman, N. (2013). Probing and regulating dysfunctional circuits using deep brain stimulation. *Neuron*,

Lyden, P., Lu, M., Levine, S., Brott, T., & Broderick, J. (2001). A modified National Institutes of Health Stroke Scale for use in stroke clinical trials: preliminary reliability and validity.

Mackenzie, C. S., & Campbell, J. (2014). Technology-assisted cognitive rehabilitation for individuals with stroke: A systematic review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*.

Mann, M., et al. (2013). The effects of functional electrical stimulation on lower extremity motor function in patients with stroke: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*.

Marques-Sule E., Arnal-Gómez A., Buitrago-Jiménez G., Suso-Martí L., Cuenca-Martínez F., Espí-López GV Efficacia di Nintendo Wii e terapia fisica nella funzionalità, equilibrio e attività quotidiane nei pazienti con ictus cronico. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 2021.

Mehrholz J, Pohl M, Platz T, Kugler J, Elsner B. Allenamento del braccio elettromeccanico e assistito da robot per migliorare le attività della vita quotidiana, la funzionalità del braccio e la forza muscolare del braccio dopo un ictus . *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2018.

Mensen A, Pigorini A, Facchin L, Schöne C, D'Ambrosio S, Jendoubi J, et al. Il sonno come modello per comprendere la neuroplasticità e il recupero dopo un ictus: approcci osservazionali, perturbativi e interventistici. *J Neurosci Methods*. 2019.

Miclaus, RS; Roman, N.; Henter, R.; Caloian, S. Riabilitazione degli arti inferiori nei pazienti con sequele post-ictus tramite realtà virtuale associata alla terapia dello specchio. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021 , 18 , 2654.

Miller, K. L., et al. (2016). The relationship between age and the ability to recover after stroke: a review.

Ministero Della Salute , 2024. Malattie cardio-cerebrovascolari / Ictus

Moro SB, Carrieri M., Avola D., Brigadoi S., Lancia S., Petracca A., Spezialetti M., Ferrari M., Placidi G., Quaresima V. Un nuovo compito visivo-motorio di realtà virtuale semi-immersiva attiva la corteccia prefrontale ventrolaterale: uno studio di spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso. *J. Neural. Eng.* 2016.

Motor rehabilitation after stroke: European Stroke Organisation consensus-based definition and guiding framework *Eur Stroke J* (2023)

Murray, C. J., Aravkin, A. Y., Zheng, P., et al. (2020). Global burden of diseases 2020 update: cardiovascular diseases and stroke.

Nair, D. R., Mohammed, N., Hutchison, W., & Kiss, Z. H. T. (2007). Deep brain stimulation for enhancing motor recovery after stroke: A review and future directions. *Brain Stimulation*, 1(1), 8-20.

Nescolarde, L., et al. (2018). Functional electrical stimulation in neurorehabilitation: Current trends and future perspectives. *Neurological Sciences*.

Neuper, C., & Scherer, R. (2008). Brain–computer interfaces: Progress and challenges. *Neurorehabilitation. Neural repair*. Volume 7, Numero 11 p1032-1043 Novembre 2008.

Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *The Journal of Physiology*.

Norrving B, Barrick J, Davalos A, et al. Stroke Action Plan for Europe 2018-2030. *Eur Stroke J* 2018.

O'Donnell MJ, Xavier D, Liu L, Zhang H, Chin SL, Rao-Melacini P, Rangarajan S, Islam S, Pais P, McQueen MJ, et al: Risk factors for intracerebral ischemic and hemorrhagic stroke in 22 countries ( INTERSTROKE study): a case-control study. *Lancet* 2010

O'Donnell, M. J., Chin, S. L., Rangarajan, S., et al. (2016). Global and regional effects of potentially modifiable risk factors associated with acute stroke in 32 countries (INTERSTROKE): a case-control study.

Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), Banca Mondiale. Rapporto mondiale sulla disabilità . Ginevra: OMS, 2011.

Osservatorio ictus Italia, 2018.

Palumbo A. Microsoft HoloLens 2 in the medical and healthcare context: state of the art and prospects. *Sensors*. 2022.

Picano C., Quadrini A., Pisano F., Marangolo P. Adjunctive approaches to aphasia rehabilitation: a review on efficacy and safety. *Brain Sci*. 2021 Jan 2;11(1):41.

Plechata A., Sahula V., Fayette D., Fajnerová I. Age-related differences with immersive and non-immersive virtual reality in memory assessment. *Front. Psychol*. 2019.

Pollock A, Farmer SE, Brady MC, Langhorne P, Mead GE, Mehrholz J, et al. Interventions to improve upper limb function after a stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2014.

Pomeroy, V. M., & Barrow, J. (2009). Functional electrical stimulation for the treatment of muscle weakness after stroke: A systematic review. *Clinical Rehabilitation*.

Pomeroy, V.M., et al. (2017). "Cochrane Database of Systematic Reviews Primary stroke prevention worldwide: translating evidence into action.

Rao, A. K., & Prabhakar, J. (2011). Functional electrical stimulation for the upper limb in stroke: A review of the literature. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*.

Richards LG, Cramer SC Therapies aimed at stroke recovery. *Stroke*. 2023. *J Clin Med*. 2023 Nov; 12(21): 6734. Published online 2023 Oct 25

Rodgers H, Bosomworth H, Krebs HI, van Wijck F, Howel D, Wilson N, et al. Robot-assisted upper extremity training after stroke (RATULS): a multicenter randomized controlled trial. *Lancet*. 2019.

Rofes, L., et al. (2013). Diagnosis and management of oropharyngeal dysphagia and its nutritional and respiratory consequences.

Roth, G. A., Mensah, G. A., Johnson, C. O., et al. (2020). Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990–2019: Update From the GBD 2019 Study.

Rothwell, J. C., et al. (2009). Stimulation of the human motor cortex: An overview of its effects on motor control. *Clinical Neurophysiology*.

Rothwell, P. M., Howard, S. C., & Spence, J. D. (2019). Carotid endarterectomy for asymptomatic carotid stenosis.

Saunders DH, Sanderson M, Hayes S, et al. Physical training for stroke patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020 Mar 20;3(3):CD003316.

Saunders DH, Sanderson M, Hayes S, Johnson L, Kramer S, Carter DD, et al. Physical training for stroke patients. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2020.

Stoquart G, Lejeune T. Gait rehabilitation after stroke: review of evidence of predictors, clinical outcomes, and timing for interventions. *Acta Neurol Belg*. 2020.

Shahmoradi L., Almasi S., Ahmadi H., Bashiri A., Azadi T., Mirbagherie A., Ansari NN, Honarpishe R. Virtual reality games for upper extremity rehabilitation in stroke patients. *J. Bodyw. Mov. Ther.* 2021.

Shen J., Gu X., Yao Y., Li L., Shi M., Li H., Sun Y., Bai H., Li Y., Fu J. Effects of virtual reality-based exercise on balance in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2023.

Sherman W., Craig A. *Understanding Virtual Reality*. 2a ed. Morgan Kaufmann; Burlington, MA, USA: 2018.

Signal, N.; Martin, T.; Leys, A.; Maloney, R.; Bright, F. Implementing telerehabilitation in response to COVID-19: lessons learned from clinical practice and neurorehabilitation training. *NZJ Physiother.* 2020, 48, 117–126.

Sheng B, Zhao J, Zhang Y, Xie S, Tao J. *Heliyon.* 2023. Hand rehabilitation systems based on commercial devices for stroke patients: state of the art and prospects.

Sitaram, R., et al. (2017). Closed-loop brain training: the science of neurofeedback.

Stagg, C. J., & Nitsche, M. A. (2011). *Physiological basis of transcranial direct current stimulation*. *Neuroscientist*.

Starosta M, Cichon N, Saluk -Bijak J, Miller E. Benefits of repetitive transcranial magnetic stimulation in post-stroke rehabilitation. *J Clin Med* (2022).

Stockbridge MD. Un linguaggio migliore attraverso la chimica: potenziamento della logopedia con la farmacoterapia nel trattamento dell'afasia. *Handb Clin Neurol.* 2022.

Strube W., Bunse T., Malchow B., Hasan A. Efficacy and interindividual variability in motor cortex plasticity after anodal tDCS and paired associative stimulation. *Neural Plast.* 2015.

Thieme H, Morkisch N, Mehrholz J, Pohl M, Behrens J, Borgetto B, et al. Mirror therapy to improve motor function after a stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2018.

Tieri G., Morone G., Paolucci S., Iosa M. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. *Expert Rev. Med. Devices*. 2018.

Van Hoornweder S, Vanderzande L, Bloemers E, Verstraelen S, Depestele S, Cuypers K, van Dun K, Strouwen C, Meesen R. The effects of transcranial direct current stimulation on upper extremity function after stroke: a meta-analysis of multi-session studies. *Clin Neurophysiol*. 2021.

Veerbeek, J.M., et al. (2017). "Effects of robot-assisted upper extremity therapy after stroke: a systematic review and meta-analysis." *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 31(2), 107-121.

Winstein CJ, Stein J, Arena R, Bates B, Cherney LR, Cramer SC, et al. Guidelines for Stroke Rehabilitation and Recovery in Adults: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2016.

Wu J, Ma Y, Ren Z. Rehabilitative effects of virtual reality technology for mild cognitive impairment: a systematic review with meta-analysis. *Front Psychol*. September 25, 2020.

Yang A, Wu HM, Tang JL, Xu L, Yang M, Liu GJ. Acupuncture for Stroke Rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2016.

Yoon, J., et al. (2019). Effects of physical activity on neuroplasticity and neurogenesis in stroke rehabilitation.