

LA VARIAZIONE DELLA SPASTICITÀ NELL'EMIPLEGICO: L'ESERCIZIO TERAPEUTICO IN ACQUA

M.A. MANGIAROTTI¹, E. CARANO²

¹ ANIK Associazione Nazionale Idrokinesiterapisti, Roma

² IRCCS Neuromed, Pozzilli, Isernia

RIASSUNTO

L'ictus è una sindrome caratterizzata dall'esordio improvviso di deficit neurologici focali o diffusi. Il quadro clinico presenta sintomi variabili, l'ipertonia spastica è il segno caratteristico trattato in sede riabilitativa. Questo progetto valuterà l'efficacia dell'idrokinesiterapia in termini di: tolleranza, recupero funzionale, autonomia e qualità di vita. Lo studio prenderà in esame dieci soggetti con stroke che saranno sottoposti a trattamento riabilitativo in acqua secondo i criteri del metodo Approccio Sequenziale e Progressivo, A.S.P. Si valuteranno i parametri spaziotemporali del cammino, la spasticità con la Modified Ashworth Scale, MAS, le capacità motorie con la Fugl-Meyer Assessment, FMA, le autonomie con la Functional Independence Measure, FIM, l'equilibrio e la deambulazione con il Tinetti test, la presa fine dell'arto superiore con il Nine-hole Peg Test. Questo progetto vuole mostrare la validità e l'efficacia del trattamento riabilitativo in acqua per proporre l'idrokinesiterapia come strumento utile per la riabilitazione dei pazienti con stroke.

Parole chiave: Idrokinesiterapia · Riabilitazione neuromotoria · Analisi del cammino · Ipertono

ABSTRACT

Stroke is a syndrome characterized by unexpected onset and by local or widespread neurological deficits. Medical cases show several distinct symptoms, and the spastic hypertonia is the sign which is treated by physical therapy. This project wants to evaluate the efficacy of hydrokinesis therapy in terms of: tolerance, functional recovery, autonomy and quality of life. The study will involve ten patients with stroke whom will be treated with water exercises, using the Approccio Sequenziale e Progressivo, A.S.P. method. The spatio-temporal walking will be evaluate by gait analysis; the spastic hypertonia by Modified Ashworth Scale, MAS; the motor function by Fugl-Meyer Assessment, FMA; the autonomy by Functional Independence Measure, FIM; the equilibrium and the deambulation by Tinetti test, and the upper arm fine grasping by Nine-hole Peg Test. This project aims to show the validity and efficacy of water exercise to propose the hydrokinesis therapy as a novel co-adjuvant treatment for spastic hypertonia in patients with stroke.

Key words: Hydrokinesis therapy · Neurological physiotherapy · Gait analysis · Hypertone

INTRODUZIONE

L'ictus è una sindrome caratterizzata dall'esordio improvviso di deficit neurologici focali o diffusi di durata superiore a 24 ore. Nell'80% circa dei casi l'ictus è provocato da un infarto cerebrale, nel 20% circa da emorragie. Secondo le Linee guida italiane SPREAD del 2016, gli infarti cerebrali e le emorragie intraparenchimali sono leggermente più frequenti nei maschi, mentre l'emorragia subaracnoidea prevale nelle femmi-

ne, con rapporto M:F pari a 0,87. I tassi grezzi annui di incidenza per 100.000 abitanti dell'ictus cerebrale ischemico in Italia oscillano tra 106 e 313/100.000/anno².

Il quadro clinico presenta sintomi che variano in base alla sede di lesione. Un insulto vascolare nel territorio d'irrorazione dell'arteria cerebrale media si manifesta con emiplegia completa, emianestesia, deviazione della testa e degli occhi dal lato della lesione. Se la lesione colpisce l'emisfero dominante sarà presente afasia, mentre

saranno evidenti anosognosia ed emisomato-agnosia se è colpito l'emisfero non dominante. Nelle lesioni cortico-sottocorticali circoscritte si possono osservare emiplegia a predominanza faciobrachiale (frontale ascendente), emisin-drome sensitiva (parietale ascendente). Nelle lesioni del territorio posteriore dell'emisfero non dominante si presenta un quadro di eminegli-genza che interessa l'emicorpo e l'emispazio controlaterali (lesione parietale posteriore). Nel territorio dell'arteria cerebrale anteriore sarà pre-sente paralisi dell'arto inferiore, mentre all'arto superiore si evidenzierà un marcato aumento del tono della muscolatura antigravitaria associata al grasping³.

L'alterazione del tono muscolare è la manifesta-zione più evidente di una lesione centrale. Il tono muscolare è abolito nella fase acuta della lesione che interessa le vie piramidali, mentre aumen-ta nella fase sub-acuta. L'ipertonìa spastica è il segno caratteristico di lesione del motoneurone centrale, con la conseguente liberazione dell'atti-vità antigravitaria del tronco encefalico. L'ipertonìa piramidale o spasticità è rappresentata dalla resi-stenza che si apprezza nella mobilitazione pas-siva di un arto finché, ad un certo grado di stira-mento, cessa all'improvviso (fenomeno del coltel-lo a serramanico). L'aumento del tono è la conse-guenza dell'iperattività dei riflessi miotattici e del sistema γ , non più inibito dal primo motoneurone⁴. L'ipertonìa predomina nei muscoli antigravitari, aumenta nella stazione eretta e durante l'azio-ne. Si evidenzia così il tipico atteggiamento con spalla addotta, gomito e polso flessi all'arto supe-riore, anca addotta, ginocchio esteso e caviglia flessa plantarmente all'arto inferiore. L'andatura è definita "falcitante" poiché, durante la deambu-lazione, l'arto inferiore effettua un movimento di elevazione dell'emibacino ed abduzione dell'an-ca per ovviare alla mancata flessione, il paziente si inclina fortemente dal lato sano per sollevare l'arto paralizzato, che viene portato avanti con un movimento a falce, sfiorando il suolo con il margi-ne interno dell'avampiede³.

In letteratura sono presenti svariati studi sul trat-tamento della spasticità nei soggetti colpiti da lesioni del SNC. L'alterazione del tono muscola-re si evidenzia non soltanto nelle lesioni di natura vascolare, sia ischemiche che emorragiche, ma

anche delle patologie demielinizzanti, autoimmu-ni, traumatiche, tumorali e nelle alterazioni dello stato di coscienza. La maggioranza degli studi tratta la spasticità con l'uso di tossina botulinica, di farmaci, quali il baclofen somministrato anche attraverso pompa intratecale, e della chirurgia. Recenti studi hanno evidenziato come la stimo-lazione sulle aree motorie della corteccia cere-brale con r-TMS (repetitive Transcranial magne-tic stimulation) mostri delle riduzioni significati-ve dei valori della MAS rispetto alla valutazione iniziale della muscolatura soggetta ad ipertonò spastico⁵.

La riabilitazione ha sempre trattato in maniera empirica la spasticità, ma negli ultimi anni sono stati eseguiti studi sulle metodiche riabilitative per il trattamento delle alterazioni del tono muscolare. La riabilitazione in acqua, come metodica di trat-tamento utile alla riduzione del tono muscolare, è stata presa in considerazione dagli studi scien-tifici dal 1999⁶, mentre gli aspetti dell'idrokinesi-terapia sono stati presi in considerazione già dal 1990, anche se in ambito prevalentemente orto-pedico e sportivo⁷.

La scelta dell'idrokinesiterapia, come metodica di trattamento riabilitativo della spasticità, si fonda sulla ricerca i obiettivi reali, finalizzati, gradual-mente raggiungibili. Il tono posturale è il tono muscolare di base capace di opporsi alla forza di gravità e di predisporre il corpo ai movimenti spa-ziali. Il tono muscolare è il risultato dell'esperienza a rispondere e a contrarre i muscoli rispetto alle esigenze che l'individuo ha manifestato nel corso della sua storia personale. La spasticità coinvolge la muscolatura antigravitaria, flessoria per gli arti superiori, estensoria per gli arti inferiori. La spa-sticità ostacola l'attuazione del movimento, sotto di essa vi è l'effettiva "paralisi" e l'assenza del movimento finalizzato. Può rappresentare essa stessa la causa della non acquisizione di una fun-zione, con l'abolizione della spasticità si scopre, infatti, l'effettiva assenza di movimento per l'in-capacità di programmarlo od eseguirlo. L'acqua consente di diminuire la componente centripeta dell'alterata contrazione muscolare grazie all'am-biente microgravitario ridando funzionalità all'ar-to plegico attraverso la scelta di esercizi mirati all'attenuazione della spasticità ed all'effettua-zione di movimenti attivi. La minore incidenza della

forza di gravità, la pressione che si distribuisce in modo più uniforme intorno al suo corpo, il contatto fisico con l'acqua, che è comunque uno spazio tridimensionale e che il paziente percepisce e sente direttamente, portano e inducono il SNC ad un cambiamento, per quanto strutturato in un modello chinesilogico patologico. L'acqua rappresenta infatti un mezzo ideale, se si considera la presenza di una parziale assenza di gravità, per poter far svolgere a una persona diversamente abile dei movimenti e degli esercizi terapeutici che sarebbero impossibili, o comunque difficili, da eseguire "a secco"⁸.

Il presente progetto sarà uno studio pilota esplorativo di coorte prospettico non randomizzato. La finalità di questo studio è quella di valutare la fattibilità, in termini di tolleranza, e l'efficacia, in termini di recupero funzionale motorio, di autonomia e qualità della vita, del trattamento riabilitativo in acqua. La valutazione della funzione motoria avverrà, attraverso l'utilizzo di scale e strumenti di analisi quantitativa del movimento, su un largo spettro di competenze motorie (arto superiore, arto inferiore, cammino, equilibrio, ecc.). Tali informazioni saranno necessarie per poter in seguito avviare uno studio RTC e quindi proporre la riabilitazione in acqua come strumento utile per la riabilitazione dei pazienti con stroke.

MATERIALI E METODI

Disegno dello studio

I pazienti saranno valutati mediante scale cliniche e analisi del movimento al tempo del reclutamento, prima del trattamento riabilitativo al tempo (T_0); a 3 mesi dall'inizio del trattamento (T_1); a 6 mesi (T_2) alla conclusione del trattamento riabilitativo per verificare l'entità dell'effetto della riabilitazione in acqua. La durata del trattamento è di 6 mesi, con una frequenza di 2 sedute settimanali di 50 minuti ognuna.

La durata dello studio è basata sull'evidenza riabilitativa e sull'esperienza pratica considerando necessaria una frequenza e una progressione nell'esecuzione degli esercizi riabilitativi in acqua, proposti dal metodo A.S.P., al fine di sviluppare una memoria motoria per raggiungere un cam-

biamento ed un miglioramento delle performances motorie globali e nelle autonomie.

Soggetti

Lo studio esaminerà 10 soggetti con stroke da oltre 3 mesi. I criteri di inclusione sono: età compresa tra i 50 ed i 75 anni, livello di autonomia \geq 75 FIM, grado di spasticità \leq 2 MAS, stabilità del quadro clinico. Non verranno fatte distinzioni in base alla sede emisferica della lesione o alla presenza di neglect.

I criteri di esclusione sono: assunzione di farmaci antispastici al momento dello studio, malattie psichiatriche, infezioni, altre malattie neurologiche, gravi malattie cardiologiche, instabilità del quadro clinico, deficit cognitivo grave, afasia globale, afasia motoria o sensoriale gravi tale da compromettere la comunicazione o comprensione con gli operatori.

Trattamento riabilitativo

La riabilitazione sarà eseguita in acqua, secondo i criteri del metodo A.S.P. (Approccio Sequenziale e Propedeutico), in vasca riabilitativa, con misure minime di 8x4x1,20 mt, con acqua calda ad una temperatura di circa 31°C ed uso di ausili galleggianti, se necessari, scelti di volta in volta secondo la finalità terapeutica (tavole, ciambelle di varia misura, braccioli, tubi, palla riempita d'acqua, pedana, tappetini). La palla è riempita d'acqua al fine di poter essere spostata dal paziente sott'acqua in maniera lenta perchè diversamente condizionata dalla forza di gravità.

Lo scopo della riabilitazione in acqua è di favorire i processi di apprendimento, il lavoro percettivo e di ricerca dell'equilibrio sfruttando le proprietà offerte dall'ambiente microgravitario. L'ambiente acquatico è un "setting terapeutico ideale" in cui il fisioterapista può effettuare un lavoro di grande valenza riabilitativa enfatizzando al massimo il recupero delle residue possibilità psicomotorie dei pazienti. L'acqua viene considerata come strumento sia di lavoro che di valutazione. Rallentando il movimento essa facilita l'apprendimento ed il recupero di schemi di movimento persi, dimenticati o mai avuti. È un ambiente che permette di evocare al massimo tutte quelle che sono le potenzialità psicomotorie dei pazienti sfruttando alcuni principi

fondamentali della rieducazione neuromotoria e delle leggi fisiche dell'acqua.

L'idrokinesiterapia, quindi, non trasferisce una tecnica riabilitativa dal suolo all'acqua, segue i principi che si basano sulle proprietà fisiche dell'acqua e sulla valutazione morfofunzionale del soggetto. Importante è la valutazione funzionale del paziente a terra per pianificare il lavoro in acqua, considerando come obiettivo la riconquista dell'ambiente gravitatorio con una diversa condizione di funzionalità, postura, rilassamento e benessere.

L'approccio sequenziale e propedeutico (A.S.P.) si basa sulla successione graduale e propedeutica di diverse sequenze motorie e sull'applicazione delle leggi fisiche dei corpi in immersione in relazione ai principi neurofisiologici, al quadro clinico ed alla condizione del paziente. L'A.S.P. utilizza le facilitazioni, o le difficoltà, che l'acqua offre e mette in atto degli esercizi terapeutici a difficoltà crescente, utilizzando galleggianti, differenti livelli d'acqua, variazione dei volumi polmonari, diverse velocità d'esecuzione del movimento. Dall'integrazione dei vari esercizi terapeutici nascono poi le varie sequenze di lavoro adattate per ogni singolo paziente. Gli esercizi terapeutici che si propongono sono mirati al recupero di immagini di movimento e schemi motori che non trovano la condizione ideale per manifestarsi. Tale lavoro cerca di individuare il target di maggior interesse riabilitativo per sfruttare al massimo le potenzialità del paziente e raggiungere il massimo risultato, la deambulazione quando possibile. Il fine ultimo della riabilitazione è il raggiungimento dell'autonomia, il recupero della qualità di vita e l'integrazione sociale di coloro che l'hanno persa.

Essendo l'acqua uno stimolo sensoriale tangibile rispetto all'aria costituisce un supporto concreto per il recupero funzionale, tale stimolo, che viene dato al nostro corpo all'ingresso in acqua, coinvolge sia gli esterocettori, sia i propriocettori che, in condizioni normali, hanno il compito di percepire i movimenti del corpo nello spazio. In acqua questa percezione varia a causa della riduzione della forza di gravità, per cui è necessario adattare il proprio schema corporeo attraverso delle sensazioni e delle afferenze che non sono sol-

tanto quelle legate al carico. L'acqua, per via delle diverse afferenze che comporta sul corpo in immersione, funge da elemento induttivo motivazionale al movimento, creando un adattamento del tono muscolare e favorendo un diverso riequilibrio dei "giochi muscolari". In acqua, in modo inconscio e involontario, entrano in gioco meccanismi di adattamento neuromuscolare di per sé destabilizzanti l'assetto e quindi provocatori di pattern motori o modelli di movimento meno succubi della gravità (meno patologici) e più plasmabili se inseriti in un contesto funzionale⁹.

Gli obiettivi dell'idrokinesiterapia, dopo un'attenta valutazione del caso ed eventuali disturbi associati, sono il raggiungimento di uno stato di riduzione dell'ipertono, il controllo del ritmo respiratorio, una nuova conoscenza del proprio corpo e schema corporeo in relazione a un nuovo ambiente, la possibilità di finalizzare le residue potenzialità motorie alla risoluzione di nuovi "compiti" e richieste di apprendimento, il raggiungimento, da queste nuove esperienze, di input che migliorano le capacità psicofisiche del paziente⁸.

L'obiettivo principale, più evidente, che spinge i fisioterapisti a portare in acqua tali pazienti è cercare di contrastare l'ipertono, soprattutto perché ci sono più vantaggi nel lavoro svolto in un setting terapeutico in parziale assenza gravità. Il raggiungimento di uno stato di rilassamento è in grado di ridurre la spasticità acquisendo una nuova conoscenza e padronanza del proprio corpo in relazione ad un diverso spazio, ambiente tridimensionale microgravitatorio: l'acqua.^[9]

Una volta liberati gli arti dall'ipertono si ha la possibilità di sperimentare ed imparare la stereognosia, abilitando all'uso di schemi di movimento e funzioni, ed impegnando l'utilizzo dell'emisoma leso⁸.

Analisi del movimento

La valutazione del movimento prevede l'analisi del cammino, task locomotori non stazionari e movimenti di pointing mediante sistema optoelettronico ad 8 telecamere infrarossi (SMART-D System, BTS, Milano), fissate alle pareti ed apposte attorno ad una piattaforma di forza (Kistler 9286B, Winterthur, Svizzera). Le telecamere elaborano i movimenti in 3D tramite markers catarifrangenti

posizionati su determinati punti di repere anatomici secondo il protocollo Davis e rilevando le misure antropometriche secondo Winter. I soggetti dovranno camminare in linea retta per circa 10 metri, anche con uso di ausili se necessario. Dalla posizione di partenza si procederà con il piede destro per fare in modo di trovarsi in doppio appoggio a metà della piattaforma, l'andatura richiesta è quella più confortevole per il soggetto. I soggetti eseguiranno i seguenti task motori: I) cammino; II) movimenti di pointing; III) task locomotori non-stazionari (inizio del cammino, turning, fine del cammino). La valutazione di tali task motori permetterà di valutare appieno le competenze motorie dei pazienti studiati, in particolare la performance deambulatoria, la coordinazione intersegmentale (tronco, arti superiori, arti inferiori), l'equilibrio, la precisione ed il controllo del movimento.

I parametri misurati saranno i seguenti: parametri spazio-temporali del cammino e dei task locomotori non-stazionari, i ROM angolari, i pattern temporali (es. turning), lo spostamento del centro di massa, la regolarità delle traiettorie lineari, l'indice di coordinazione inter-joint e intersegmentale.

Analisi statistica:

I dati raccolti, punteggi delle scale cliniche, parametri spazio-temporali e di cinematica articolare e segmentale, verranno confrontati con vari test per un'accurata analisi statistica. Per l'analisi della normale distribuzione dei dati verrà utilizzato il test di Kolmogorov-Smirnov. Il test di ANOVA per misure ripetute sarà utilizzato per la valutazione degli effetti del trattamento sui punteggi delle scale e sulle misure biomeccaniche. Il test di Tukey verrà applicato per valutare le differenze tra dati appaiati. Per la comparazione dei dati appaiati verrà utilizzata la correzione di Bonferroni.

RISULTATI ATTESI

Lo studio vuole dimostrare la validità e l'effetto della riabilitazione in acqua, sia di supporto che come metodo complementare alle consuete metodiche e tecniche riabilitative, nel tratta-

mento della spasticità. Attraverso la raccolta dei dati ottenuti dalle scale di valutazione clinica e strumentale, potrebbe venir mostrato il decremento della spasticità, il miglioramento della performance motoria globale, della qualità di vita, del grado di autonomia e di soddisfazione del paziente. Le modifiche sostanziali potranno essere evidenziate nei parametri spazio-temporali, con modifiche della velocità del passo (m/s), della durata delle fasi di stance e di swing (% gait cycle), della cadenza (passi al secondo), nei parametri della cinematica, con modifiche dei RoM anatomici delle articolazioni coxofemorali, ginocchia e tibiotarsiche sul piano sagittale e del tronco e del bacino sui tre piani (frontale, sagittale e trasversale).

DISCUSSIONI

La scelta dell'idrokinesiterapia per il trattamento della spasticità è relativa all'esperienza, all'osservazione ed alla valutazione dei vari soggetti trattati negli anni con evidenti modifiche dello stato motorio e motivazionale. La possibilità di poter eseguire facilmente movimenti in un "nuovo spazio tridimensionale", con minor incidenza della forza di gravità e con la riduzione della spasticità come vincolo motorio, ha reso i soggetti motivati ad affrontare le possibili difficoltà nell'eseguire un trattamento riabilitativo "non convenzionale".

La scelta di proporre questo studio è proprio quella di presentare la riabilitazione in acqua come scelta di supporto e complementare alle classiche metodiche di trattamento riabilitativo, non solo dal punto di vista motorio ma anche come miglioramento delle prestazioni durante lo svolgimento delle attività della vita quotidiana e nella qualità della vita. Questo studio mira a validare la riabilitazione in acqua, secondo il metodo A.S.P., considerandola come la scelta più vantaggiosa e di maggior efficacia sulle performances motorie nel trattamento dei soggetti con emiparesi spastica, valutandone gli effetti attraverso scale cliniche e analisi in 3D del movimento.

La possibilità di ottenere risultati migliorativi dello stato motorio dei soggetti presi in esame potrà

incoraggiare e indirizzare ulteriori studi RTC su tale modello riabilitativo. Alla luce delle attuali conoscenze sui meccanismi di neuroplasticità nel percorso riabilitativo del paziente con ictus, è opportuno che siano condotte ulteriori ricerche per chiarire la possibilità di inserire nuovi approcci riabilitativi sviluppati esplicitando le modalità, i tempi e le caratteristiche dei soggetti che possono beneficiarne.

BIBLIOGRAFIA

1. Bonaiuti D., *Le scale di misura in riabilitazione*, Terza edizione, Società Editrice Universo, Roma 2011.
2. SPREAD, *Stroke Prevention And Educational Awareness Diffusion*, 7ª Edizione Linee guida italiane, Pubblicazioni Pierrel Research, Milano 14 Marzo 2012.
3. Pinessi L., Gentile S., Rainero I., *Neurology book. Neuroanatomofisiologia e semeiotica neurologica – Neurological anatomy, physiology and semiology*, Edi-Ermes, Milano 2012.
4. Cambier J., Masson M., Masson C., Dehen H., *Neurologia*, Dodicesima edizione italiana, Edizioni EDRA LSWR, Trento 2015.
5. Gupta M., Lal Rajak B., Bhatia D., Mukherjee A., *Effect of r-TMS over strandard therapy in decreasing muscle tone of spastic cerebral palsy patients*, J Med Eng Technol, 2016; 40(4): 210-6. doi: 10.3109/03091902.2016.1161854. Epub 2016 Mar 24.
6. Pagliaro P., Zamparo P., *Quantitative evaluation of the stretch reflex before and after hydrokinesiotherapy in patients affected by spastic paresis*, J Electromyogr Kinesiol, 1999 Apr; 9(2): 141-8.
7. *Practice settings for Kinesiotherapy-aquatics – Meyer – Clinical Kinesiology* 1990.
8. Cavuoto F., Mangiarotti M.A., *L'idrokinesiterapia Metodo A.S.P. (Approccio Sequenziale e Propedeutico)*, Edizioni Martina, Bologna 2016.
9. Mangiarotti M.A., Cavuoto F., *Idrokinesiterapia*, RIV Riab. Oggi, Marzo/Aprile 2017; 2: 37-39.
10. Fazio C., Loeb C., *Neurologia*, III Edizione, Società Editrice Universo, Roma 1996.
11. Marchetti M., Pillastrini P., *Neurofisiologia del movimento*, Anatomia-Biomeccanica-Chinesiologia clinica, Piccin, Padova 1997.
12. Valerio V., Chionna G., *L'acqua elemento terapeutico. IDRO-KINESITERAPIA*, Timeo Editore, Bologna 2010.
13. Landi A., Caserta G., Leti Acciaro A., Della Rosa N., Gagliano M.C., *Il trattamento della spasticità dell'arto superiore a livello di spalla e gomito*, RIV Chir. Mano, 2002; 39(1).
14. Bohannon R.W., Smith M.B., *Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity*, Phys Ther, 1987 Feb; 67(2): 206-7.
15. Becker B.E., *The biologic aspects of hydrotherapy*, J Back Musculoskelet Rehabil, 1994 Jan 1; 4(4): 255-64. doi:10.3233/BMR-1994-4405.
16. Gregson J.M., Leathley M., Moore A.P., Sharma A.K., Smith T.L., Watlons C.L., *Reliability of the Tone Assessment Scale and modified Ashworth scale as clinical tools for assessing poststroke spasticity*, Arch Phys Med Rehabil, 1999; 80: 1013-6.
17. Hamilton B.B., Granger C.V., Sherwin F.S., et al., *A uniform data system for medical rehabilitation*, In Fuhrer MJ ed. *Rehabilitation outcomes: analysis and measurement*, Baltimore, Maryland, Paul Brookes, 1987: 137-147.
18. Krautwurst B.K., Dreher T., Wolf S.I., *The impact of walking devices on kinematics in patients with spastic bilateral cerebral palsy*, Gait Posture, 2016 May; 46: 184-7. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.03.014. Epub 2016 Mar 26.
19. Kesiktas N., Paker N., Erdogan N., Gülsen G., Biçki D., Yilmaz H., *The use of hydrotherapy for the mangement of spasticity*, Neurorehabil Neural Repair, 2004 Dec; 18(4): 268-73.
20. Mahoney F.I., Barthel D.W., *Scala di valutazione delle attività della vita quotidiana (Barthel Index)*, Mar.St.Med.J. 1965;14: 61-65.
21. Marinho-Buzelli A.R., Bonnyman A.M., Verrier M.C., *The effects of aquatic therapy on mobility of individuals with neurological diseases: a systematic review*, Clin Rehabil. 2015 Aug; 29(8): 741-51. doi: 10.1177/0269215514556297. Epub 2014 Nov 13.
22. Serrao M., Rinaldi M., Ranavolo A., Lacquaniti F., Martino G., Pierelli F., et al., *Gait Patterns in Patients with Hereditary Spastic Paraparesis*, PLoS One, 2016 Oct 12; 11(10): e0164623. doi: 10.1371/journal.pone.0164623. eCollection 2016.
23. Snijders A.H., Van de Warrenburg B.P., Gilad N., Bloom B.R., *Neurological gait disorders in eledrly people: clinical approach and classification*, Lancet neurol, 2007 Jan; 6(1): 63-74.
24. Zhu Z., Cui L., Yin M., Yu Y., Zhou X., Wang H., Yan H., *Hydrotherapy vs. conventional land-based exercise for improving walking and balance after stroke: a randomized controlled trial*, Clin Rehabil, 2016 Jun; 30(6): 587-93. doi: 10.1177/0269215515593392. Epub 2015 Jun 30.
25. Pesare M., *Parametri spazio-temporali del cammino in acqua tramite l'utilizzo di sensori inerziali*, Elaborato di Biomeccanica, Cesena 2013.
26. Tonello N.F., *Analisi sperimentale del passo con riguardo alle forze di interazione del piede e all'azione muscolare*, Elaborato di Ingegneria Biomedica, Padova 2010.
27. Berg K.O., Wood-Dauphinee S.L., Williams J.I., et al., *Measuring balance in the elderly: validation on an instrument*, Can J Public Health, 1992; 83: S7-S11.
28. Davis R.B., Ounpuu S., Tyburski D.J., Gage J.R., *A gait analysis data collection and reduction technique*, Hum. Mov. Sci., 1991; 10: 575-587. .
29. http://www.bibliosan.it/collaborazioni_clas.html (ultima consultazione 05/2017).

30. <http://www.iso-spread.it/index.php?azione=capitoli#end> (ultima consultazione 05/2017).
31. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> (ultima consultazione 05/2017).
32. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?otool=iitbisamlib> (ultima consultazione 05/2017).
33. <https://www.pedro.org.au/italian/> (ultima consultazione 05/2017).
34. <https://www.udsmr.org/> (ultima consultazione 05/2017).
35. https://www.reteclassificazioni.it/portal_main.php?portal_view=public_custom_page&id=25 (ultima consultazione 05/2017).

CORRISPONDENZA:

Marco Antonio Mangiarotti
Studio: via degli Aldobrandini 6
00121 Roma (Lido di Ostia)
email: marco.mangiarotti@anik.it ; marco.mangiarotti@gmail.com

Elisabetta Carano
Via Caio Erennio 4
86079 Venafrò (IS)
email: elisabetta.carano@tin.it - caravalentina77@gmail.com