

**Atti del Congresso**  
**La riabilitazione integrata**  
**della persona amputata**

*Gruppo di Studio SIMFER Dolore*  
*Congresso Regionale SIMFER*

**Sabato 21 Novembre 2015**  
**Centro Congressi "Giovanni XXIII" Bergamo**

***Guest Editor: Roberto Casale***

*Direttore Scientifico*

*Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals*

*High Complexity Rehabilitation, Zingonia (BG), Italy*



# GIORNALE ITALIANO DI MEDICINA DEL LAVORO ED ERGONOMIA

<http://www.aracneeditrice.it/aracneweb/index.php/rivista.html?col=GIMLE>

Rivista di **Medicina del Lavoro** (Medicina Occupazionale e Ambientale, Igiene del Lavoro, Tossicologia Occupazionale) ed **Ergonomia** (Rapporto Uomo/Lavoro, Riabilitazione Occupazionale, Terapia Occupazionale, Psicologia del Lavoro, Ergonomia)

**Rivista indicizzata** da: Index Medicus, Excerpta Medica, Scopus

## Direttore

**MARCELLO IMBRIANI**  
Università degli Studi di Pavia  
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

### COMITATO SCIENTIFICO

Giuseppe Abbritti Università di Perugia	Cristina Montomoli Università di Pavia
Pietro Apostoli Università di Brescia	Antonio Mutti Università di Parma
Francesco Barale Università di Pavia	Giacomo Muzi Università di Perugia
Massimo Bovenzi Università di Trieste	Fabrizio Pavone Azienda Ospedaliera Provincia di Pavia
Stefano M. Candura Università di Pavia	Gabriele Pelissero Università di Pavia
Luca Chiovato Università di Pavia	Enrico Pira Università di Torino
Paolo Crosignani Università di Pavia	Pieluigi Politi Università di Pavia
Vincenzo Cupelli Università di Firenze	Alfredo Raglio Università di Pavia
Stefano Gariano Fondazione S. Maugeri, IRCCS	Pietro Sartorelli Università di Siena
Gianni Giorgi Fondazione S. Maugeri, IRCCS	Leonardo Soleo Università di Bari
Elena Grignani Fondazione S. Maugeri, IRCCS	Francesco Tomei Università di Roma 1 La Sapienza
Sergio Iavicoli INAIL	Francesco Violante Università di Bologna
Piero Maestrelli Università di Padova	Livia Visai Università di Pavia
Paolo Migliavacca Fondazione S. Maugeri, IRCCS	

### COMITATO DI REDAZIONE

Giacomo Bazzini Fondazione S. Maugeri, IRCCS
Edda Capodaglio Fondazione S. Maugeri, IRCCS
Roberto Colombo Fondazione S. Maugeri, IRCCS
Daniilo Cottica Fondazione S. Maugeri, IRCCS
Marco dell'Omo Università di Perugia
Francesco Frigerio Fondazione S. Maugeri, IRCCS
Francesco Gardinali Fondazione S. Maugeri, IRCCS
Ines Giorgi Fondazione S. Maugeri, IRCCS
Giandomenico Pinna Fondazione S. Maugeri, IRCCS
Giulia Maria Stella Fondazione Policlinico S. Matteo, IRCCS
Giuseppe Taino Fondazione S. Maugeri, IRCCS

**Segreteria scientifica: Enrico Oddone - E-mail [enrico.oddone@unipv.it](mailto:enrico.oddone@unipv.it) - Fax 0382-593796**

**Redazione:** Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia - Fondazione Salvatore Maugeri, IRCCS  
Istituto Scientifico di Pavia - Sezione di Medicina del Lavoro "Salvatore Maugeri" - Via Severino Boezio, 24 - 27100 PAVIA

**Editore:** PI-ME Editrice - Via Vigentina 136<sup>A</sup> - Tel. 0382-572169 - Fax 0382-572102 - 27100 PAVIA  
E-mail [tipografia@pime-editrice.it](mailto:tipografia@pime-editrice.it)





INDICE

Atti del Congresso  
**La riabilitazione integrata della persona amputata**

*Gruppo di Studio SIMFER Dolore - Congresso Regionale SIMFER*

**Sabato 21 Novembre 2015**  
**Centro Congressi "Giovanni XXIII" Bergamo**

**Guest Editor: Roberto Casale**

*Direttore Scientifico*

*Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals*  
*High Complexity Rehabilitation, Zingonia (BG), Italy*

R. Rusconi	7	Habilita e la sua mission <i>Habilita and its mission</i>
G.A. Checchia, C. Lentino, S. Villella, N. Camuzzini, G. Corvaglia, A. Amato	9	Early and long term outcome in older dysvascular amputees
G. Taveggia, A. Borboni	13	Epidemiologia delle amputazioni: dalle cause mediche a quelle traumatiche e sul lavoro
C. Damiani	16	Il percorso riabilitativo del paziente amputato: presa in carico, valutazione funzionale e definizione degli obiettivi
R. Mezzetti	22	Quale chirurgia nella amputazione di arto inferiore
U. Pani	24	Ossigeno terapia iperbarica coadiuvante nella risoluzione delle ferite chirurgiche del moncone
A. Maffi, C. Mulè, G. Taveggia	27	Fase pre protesica: ruolo del fisioterapista nel trattamento del moncone e preparazione della persona alla protesizzazione
E. Di Stanislao, R. Pellegrini, D. Zenardi, F. Mattoigno	31	Fase protesica: la protesi, le protesi
S. Fogliaresi, C. Mulè, A. Borboni, G. Taveggia	34	Il percorso protesico personalizzato: ruolo del T.O. nel recupero dell'autonomia
C. Amici, A. Borboni, G. Taveggia, G. Legnani	39	Bioelectric prostheses: review of classifications and control strategies

## GIORNALE ITALIANO DI MEDICINA DEL LAVORO ED ERGONOMIA

- |  |    |   |
|--|----|---|
| A.G. Cutti, M. Raggi, G. Andreoni, R. Sacchetti                                  | 45 | Clinical gait analysis for amputees: innovation wishlist and the perspectives offered by the outwalk protocol   |
| F. Gardrat   | 49 | La protesi estetica di arto inferiore   |
| R. Casale, A. Furnari, R. Coelho Lamberti, E. Kouloulas, A. Hagenberg, M. Mallik | 52 | Specchio, specchio delle mie brame: la "terapia dello specchio" nel trattamento dell'arto fantasma e del dolore |
| I. Giorgi, O. Gobba, M. Manera   | 57 | La riorganizzazione dello schema e dell'immagine corporea della persona amputata                                |
| M. Zampolini   | 60 | La funzione, l'attività e la partecipazione: il reinserimento lavorativo  |

**Atti del Congresso**  
**La riabilitazione integrata della persona amputata**

***Gruppo di Studio SIMFER Dolore***  
***Congresso Regionale SIMFER***

**Sabato 21 Novembre 2015**  
**Centro Congressi “Giovanni XXIII” Bergamo**

***Guest Editor: Roberto Casale***  
*Direttore Scientifico*  
*Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals*  
*High Complexity Rehabilitation, Zingonia (BG), Italy*





Roberto Rusconi

## **Habilita e la sua mission**

### ***Habilita and its mission***

Presidente Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals  
*President Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals*

**H**abilita nasce da una realtà industriale di successo nella produzione di camere iperbariche che sono state adottate nei più importanti centri di medicina iperbarica in Italia e all'estero: ne sortisce un'assidua frequentazione con il mondo medico e l'interesse ad entrare sempre di più nei contenuti medici della terapia iperbarica, dove la patologia trattata non era più solo quella legata alla medicina subacquea ma ormai comprendeva un ampio ventaglio di patologie nelle quali il ruolo di salvavita dell'ossigenoterapia iperbarica era sempre più riconosciuto, quali le gangrene gassose, le intossicazioni da monossido di carbonio e le infezioni da geni anaerobi, spesso richiedenti gravi amputazioni.

Con il crescere dell'esperienza di *Habilita*, due lati della stessa medaglia – l'aspetto tecnico e quello più squisitamente medico – ci si è resi conto che, in seguito a trattamenti con l'iperbarismo, i pazienti entravano in una zona grigia dove queste patologie croniche venivano trattate solo come una serie di eventi acuti o subacuti, ma mai con quello che oggi si definisce “presa in carico globale del soggetto”.

In altre parole mancava allora il concetto, e la sua trasposizione pratica, della presa in carico del paziente come soggetto affetto da una malattia cronica disabilitante.

Questo in estrema sintesi il percorso culturale e scientifico che ha portato il gruppo ad interessarsi di riabilitazione con un nome: *Habilita*, scelto proprio per segnare la mission del gruppo, ovvero fornire strutture, mezzi e conoscenze, per aiutare la persona con disabilità cronica a ridurre l'handicap, migliorare le attività e farla partecipare alla vita familiare, sociale e lavorativa al massimo delle sue possibilità; oggi *Habilita* è una realtà riabilitativa integrata nel tessuto sociale e sanitario non solo lombardo, ma anche nazionale, con uno sguardo costante alle innovazioni tecnologiche e agli stimoli internazionali in campo medico.

**H**abilita was created from a successful industrial company which specialised in the production of hyperbaric chambers which were used in the most important hyperbaric medicine centres both in Italy and abroad. This was the starting point for a constant relationship with the medical world and an interest in research into the field of hyperbaric therapy, where conditions treated were no longer connected solely to diving medicine, but already included a wide range of pathologies for which the life-saving role of hyperbaric oxygen therapy was becoming ever-more recognised, such as the treatment of gaseous gangrene, carbon monoxide poisoning, and anaerobic infections which often required major amputations.

While the experience of *Habilita* developed in parallel in two areas – the technical field and that which is purely medical – it was realised that, following hyperbaric treatment, patients entered a grey area where chronic pathologies were treated as simply a series of acute or sub-acute events, rather than that which today is defined as ‘global patient management’.

In other words, at the time the concept and its practical application – managing the patient as suffering from a chronic disabling illness – was missing.

This is a very brief summary of the cultural and scientific development which has led the group into the field of rehabilitation with the name *Habilita* – chosen carefully to communicate the mission of the group, to supply structures, means, and knowledge to help people with chronic disabilities to reduce their impairments, while improving activity levels and participating in family, social, and working life to the best of their abilities. Today *Habilita* is a rehabilitation organisation which is integrated into the social and healthcare context not only in Lombardy, but also at a national scale, while paying constant attention to technological innovation and international advancements in the medical field.



Giovanni Antonio Checchia<sup>1</sup>, Carmelo Lentino<sup>1</sup>, Stella Vilella<sup>1</sup>, Nereo Camuzzini<sup>1</sup>, Giuseppe Corvaglia<sup>1</sup>, Annamaria Amato<sup>2</sup>

## Early and long term outcome in older dysvascular amputees

<sup>1</sup> SC Recupero e Rieducazione Funzionale, Ospedale Santa Corona, Pietra Ligure (SV)

<sup>2</sup> SSD Recupero Funzionale, Ospedale Santa Maria di Misericordia, Albenga (SV)

ASL 2 Savonese

**ABSTRACT.** *In this short report are analyzed, as reported in the scientific literature, the major complications and prognostic factors of clinical and functional outcomes in subjects lower limb amputees, mainly from vascular causes, referring to the bio-psycho-social model.*

**Key words:** *amputation, rehabilitation, elderly, outcome.*

**RIASSUNTO.** *In questo breve report vengono analizzati, così come riportati nella letteratura scientifica, le maggiori complicazioni ed i fattori prognostici dell'outcome clinico e funzionale nei soggetti amputati di arto inferiore, prevalentemente per cause vascolari, facendo riferimento al modello bio-psico-sociale.*

**Parole chiave:** *amputazione, riabilitazione, anziano, outcome.*

The term “disability” in chronic conditions refers to a person who for bio-psycho-social reasons is in a condition of chronic difficulty in his personal fulfillment (Coleman). In a health limited perspective, “disabled” is anyone who, as a function of a handicap, has suffered a loss of capacity that is prolonged in time. In the perspective of this document is defined disabled in chronic condition a subject who has suffered a loss of capacity due to a complex clinical picture, correlated to a condition of frailty. It defines a complex clinical condition that affects multiple impairment in various ways, simultaneously or over time, areas of movement, communication and cognitive functions, the basic life functions and clinical stability.

In this short report on the relationship between long-term complications, disability, frailty, comorbidity and amputation we will refer to the paradigm of the elderly patient lower limb amputee from vascular causes

The causes of the amputation of the lower limb are manifold. Among these are vascular disease, consequences of injuries, malignant tumors, infections, birth defects and accidents.

The vast majority of amputations (80%) is, however, due to the arterial diseases, chronic venous insufficiency and other chronic inflammatory diseases of the blood vessels. Also concomitant diseases, such as diabetes mellitus and high blood pressure, but also factors such as nicotine consumption, overweight and, not least, the age they have a causal role.

### Age and frailty

A total of 75% of all lower extremity amputations occur in persons over the age of 65 years, with vascular disease being a significant cause for 90% of such amputations in older adults.

Mortality rates after lower limb amputation (LLA) are notoriously high.

In five years the survival rate for patients who have undergone amputation of the lower limbs is less than 50%. For diabetic amputees, the percentage is below 40%. Up to 50% of people who have a leg amputated because of diabetes will lose the second within five years.

Older age, proximal amputation levels and multi-morbidity, particularly renal disease, are all associated with a higher rate of mortality after amputation.

Kurichi determined the relationship between receipt of a prescription for a prosthetic limb and three-year mortality post-surgery among veterans with lower extremity amputation. He conducted a retrospective observational study that included 4,578 veterans hospitalized for lower extremity amputation and discharged in Fiscal Years 2003 and 2004. Findings demonstrated that veterans with lower extremity amputations who received a prescription for a prosthetic limb within a year after the surgical amputation were less likely to die within three years of the surgical amputation after controlling for patient-, treatment-, and facility-level characteristics.

Also Fortington tried to determine mortality rates after a first lower limb amputation and explore the rates for different subpopulations. He conducted a retrospective cohort study of all people who underwent a first amputation at or proximal to transtibial level, in an area of 1.7 million people. Analysis with Kaplan-Meier curves and Log Rank tests for univariate associations of psychosocial and health variables. Variation in mortality rates was most apparent in different age groups; people 75-84 years having better short term outcomes than those younger and older.

The conclusion was that mortality rates demonstrated the frailty of this population, with almost one quarter of people dying within 30-days, and almost half at 1 year. People with cerebrovascular problems had higher odds of death at 30 days, and those with renal disease and 1 and 5 years, respectively.

---

### Major long-term complications

Major long-term complications following amputation include delayed wound healing, infection and improper prosthesis fitting (Yoo). Frequent assessments should be made to check for tissue necrosis, wound dehiscence and any other skin problems especially in patient with diabetes mellitus (Harker). Wound infection is a major complication following amputation. In one study of lower limb amputations, researchers found a 5.5% wound infection rate in below-knee amputations, and a 6.7% infection rate in above-knee amputations (Aulivola). The nurse and wound care team should diligently monitor wounds for any signs of infection, including swelling, exudates and erythema. Imaging techniques can be used to assess for osteomyelitis if suspected (Harker).

Interventions to prevent or reduce infection include the use of prophylactic antibiotics and topical creams, dressing changes as needed, treatment for comorbid conditions, and ensuring the patient is hemodynamically stable.

Improper prosthesis fitting can impede rehabilitation and successful community reintegration. Patients with prosthetics require re-fittings, repairs and adjustments to prevent fit-related complications throughout their lives (Robinson). Prosthetic pain related to improper fitting

can exacerbate overall pain in individuals who may often be experiencing other types of pain, including PLP and residual limb pain (Esquenazi). It is therefore imperative that patients get fitted with an appropriate prosthetic for the limb in the correct size.

---

### Musculoskeletal imbalances and complications associated with long-term prosthesis use

Using one or more prostheses causes people with amputation to alter the biomechanics of their movement (Gailey).

People with lower-limb amputation often favor and stress their intact lower limb more during everyday activities. This can lead to degenerative changes such as osteoarthritis of the knee and/or hip joints of the intact limb. Since people with amputation spend less time on their residual limb, osteopenia and subsequent osteoporosis often occur secondary to insufficient loading through the long bones of the lower limb. A proper prosthetic fit increases the probability of equal force distribution across the intact and prosthetic limbs during ambulation, thus decreasing the risk of osteoarthritis. People with limb loss commonly complain of back pain, which is linked to poor prosthetic fit and alignment, postural changes, leg-length discrepancy, amputation level, and general deconditioning.

Amputees walking with a prosthesis have a less stable gait and from three to five percent of lower limb amputees they are subject to falls that cause fractures or broken bones. Although fractures can be treated, about half of the amputees who suffer them then remain in wheelchair.

Gailey concluded that knowledge of the possible secondary complications of amputation can help rehabilitation practitioners provide high-quality, prophylactic care for their patients with lower-limb amputation

---

### Living with a disability

Individuals differ in how they react to life events. Factors that influence their ability to cope post-amputation include level of disability, availability of social support, cosmetic appearance, cultural issues, pain, reactions of caregivers and other loved ones, and the patient's innate coping style (Bhuvaneshwar). The multidisciplinary team should consider these factors in the planning and long-term management of patients following amputation (Virani).

Home environment and the support of family and friends is very important. Therefore, family members are educated on how to help the patient, if possible, when wearing the prosthesis. Also, you have to discuss with them and implement the reorganization of housing environment. The private environment naturally contributes to stabilization of the mental patient.

Comorbid conditions, such as depression, may set in, making it difficult for people to return to their normal

activities post-amputation. In addition, families may be affected as they may view the amputation as a burden forcing unwanted changes in their own lives such as modifying their work schedules or adjusting their living environment if the patient cannot return home safely without the changes. Conversely, family members may become very overprotective and assist the person with the amputation such that the person may not achieve optimal functional recovery.

Among persons with lower-limb amputation, social role life habits appear to be more disturbed than those associated with activities of daily living. Globally, after a lower-limb amputation, participation in social roles appears to be more restricted compared with the accomplishment of daily activities, and it seems that this limitation may be caused essentially by a lack in mobility (Zidarov).

Many amputees benefit from joining in self-help groups and meetings with other people who are suffering from amputations. Addressing the emotional aspects due to amputation often speeds up the process of physical rehabilitation.

---

### Factors affecting outcome

Scott performed a retrospective analysis of factors affecting early and late outcome after lower limb amputation for peripheral vascular disease or diabetic complications at a UK tertiary referral vascular centre between 2003 and 2010. Three hundred and thirty-nine patients (233 male), of median age 73 years underwent amputation. Thirty-day mortality was 12.4%. On regression modelling, the risk of 30-day mortality was increased in patients of ASA grade  $\geq 4$  and age between 74 and 79 years and older than 79 years. Peri-operative (30-day) mortality for these groups was 23.2%, 13.7% and 18.8%, respectively. Survival and Cox regression analysis demonstrated that long-term mortality was associated with: age 74-79 years; age > 79 years; ASA grade  $\geq 4$ ; out-of-hours operating; and chronic kidney disease stage 4-5.

Increasing age does reduce the likelihood of being fitted with a prosthetic limb, of successfully mastering prosthesis use and returning to independent living post-amputation. Traballesi et al. concluded that age was the most powerful prognostic factor in gait retraining, showing that the probability of successful prosthesis use in an amputee aged less than 65 years was 2.92-fold greater than of amputees aged 65 years and older.

The proportion of amputees aged 85 years or older is projected to increase from 20% to 35% in the next 40 years. There are many factors influencing successful prosthetic use in older dysvascular amputees, and identifying those that might become successful prosthesis users is difficult (Fleury). This patient group has a poor survival rate, with a 2-year mortality rate of 16% 40-56% 14 and a 5-year survival of just 22.6%3-45%. The survival of this group of patients has not changed in 40 years.

Hanley evaluated the utility of a biopsychosocial model to predict long-term adjustment to lower-limb amputation and phantom limb pain (PLP).

Multiple regression analyses were used to examine the ability of the psychosocial variables at 1-month post-amputation to predict changes in the functioning measures over time.

The findings support a biopsychosocial model of long-term adjustment to amputation and PLP. In addition, results suggest that some psychosocial variables are more important than others for predicting adjustment, providing important implications for early interventions after amputation.

---

### Conclusions

Older people with a unilateral transfemoral amputation are an increasingly important subgroup of amputees that has been identified as having a low success rate with a prosthesis, in terms of functional mobility and usage (Cumming). Healthcare professionals involved in amputee rehabilitation require more evidence to support clinical decisions regarding a patient in this age group's suitability for prosthetic rehabilitation, especially when patient expectations do not match clinical decisions. Therefore, there was a need for a systematic review of the evidence relating to prosthetic rehabilitation in older dysvascular unilateral transfemoral amputees to inform clinical practice.

---

### References

- Aulivola B, Hile CN, Hamdan AD, Sheahan MG, Veraldi JR, Skillman JJ, Campbell DR, Scovell SD, LoGerfo FW, Pomposelli FB Jr. Major lower extremity amputation: outcome of a modern series. *Archives of Surgery* 2004; 139 (4): 395-399.
- Bhuvanewar CG, Epstein LA, Stern TA Reactions to amputation: recognition and treatment. *The Primary Care Companion to the Journal of Clinical Psychiatry* 2007; 9 (4): 303-308.
- Coleman K, Austin BT, Brach C, Wagner EH. Evidence on the Chronic Care Model in the new millennium. *Health Aff (Millwood)*, 2009 Jan-Feb; 28(1): 75-85.
- Cumming J, Barr S, Howe TE. Prosthetic rehabilitation for older dysvascular people following a unilateral transfemoral amputation. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2015, Issue 1. Art. No.: CD005260. DOI: 10.1002/14651858.CD005260.pub3.
- Esquenazi A. Amputation rehabilitation and prosthetic restoration. From surgery to community reintegration. *Disabil Rehabil* 2014; 26 (14-15): 831-836.
- Fleury AM, Salih SA, Peel NM. Rehabilitation of the older vascular amputee: A review of the literature. *Geriatr Gerontol Int* 2013; 13: 264-273.
- Fortington LV, Geertzen JHB, van Netten JJ, Postema K, Rommers GM, Dijkstra PU. Short and Long Term Mortality Rates after a Lower Limb Amputation. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2013; 46 (1): 124-131.
- Gailey R, Allen K, Castles J, Kucharik J, Roeder M. Review of secondary physical conditions associated with lower-limb amputation and long-term prosthesis use. *JRRD* 2008; 45 (1): 15-30.
- Hanley MA, Jensen MP, Ehde DM, Hoffman AJ, Patterson DR, Robinson LR. Psychosocial predictors of long-term adjustment to lower-limb amputation and phantom limb pain. *Disabil Rehabil* 2004; 26(14-15): 882-893.
- Harker J. Wound Healing Complications Associated with Lower Limb Amputation. 2006. [tinyurl.com/pcqnc07](http://tinyurl.com/pcqnc07)

- Kurichi JE, Kwong P, Vogel WB, Xie D, Cowper Ripley D, Bates BE. Effects of prosthetic limb prescription on 3-year mortality among lower extremity veteran amputees. *J Rehabil Res Dev* 2015; 52(4): 385-396.
- Robinson V, Sansam K, Hirst L, Neumann V. Major lower limb amputation - what, why and how to achieve the best results. *Orthopaedics and Trauma* 2010; 24 (4): 276-285.
- Scott SW, Bowrey S, Clarke D, Choke E, Bown MJ, Thompson JP. Factors influencing short- and long-term mortality after lower limb amputation. *Anaesthesia*. 2014 Mar; 69 (3): 249-58
- Trallesi M, Brunelli S, Pratesi L, Pulcini M, Angioni C, Paolucci S. Prognostic factors in rehabilitation of above knee amputees for vascular disease. *Disabil Rehabil* 1998; 20 (10): 380-384.
- Virani A, Werunga, Ewashen C, Green T. Caring for patients with limb amputation. *Nursing Standard* 2015; 30 (6): 51-58.
- Yoo S. Complications following an amputation. *Physical Medicine and Rehabilitation. Clinics of North America* 2014; 25 (1): 169-178.
- Zidarov D, Swaine B, Gauthier-Gagnon C. Life habits and prosthetic profile of persons with lower-limb amputation during rehabilitation and at 3-month follow-up. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90: 1953-1959.

**Correspondence:** *Giovanni Antonio Checchia, Via Corticella, 9, 40128 Bologna, Italy, E-mail: ga.checchia@alice.it, g.checchia@asl2.liguria.it*

Giovanni Taveggia<sup>1,2</sup>, Alberto Borboni<sup>3</sup>

## Epidemiologia delle amputazioni: dalle cause mediche a quelle traumatiche e sul lavoro

<sup>1</sup> Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals - High Complexity Rehabilitation, Zingonia (BG)

<sup>2</sup> Habilita, Care & Research Rehabilitation Hospitals - Facanoni Rehabilitation Hospital, Sarnico (BG)

<sup>3</sup> University of Brescia, Mechanical and Industrial Engineering Department

**RIASSUNTO.** Il nostro lavoro è finalizzato alla descrizione degli aspetti epidemiologici delle amputazioni a partire dalle cause, attraverso le procedure di trattamento per finire con l'impatto sociale ed economico che questi pazienti complessi determinano sul sistema socio-sanitario. Nonostante la fotografia epidemiologica possa risentire di alcuni limiti d'indagine nello studio causa-effetto di una patologia, essenzialmente dovuti agli indicatori utilizzati ed alle conoscenze scientifiche del tempo di osservazione, rimane tuttavia uno strumento irrinunciabile di conoscenza sia per i clinici che per gli esperti di programmazione sanitaria.

**Parole chiave:** amputazione, riabilitazione, epidemiologia, amputazione arti inferiori, piede diabetico.

**ABSTRACT.** *The aim of our work is to describe the epidemiology of amputees. Through the causes, the treatment procedures and finally the social and economic impact that these complex patients determine in the health system. Although the epidemiological picture may be affected by some investigation limits, which mainly depend on the indicators used and on the scientific knowledge of the observation time, it remains an useful tool of knowledge both for clinicians and experts in health planning.*

**Key words:** *amputation, rehabilitation, epidemiology, lower extremity amputations, diabetic foot.*

### Discussione

Gli studi epidemiologici eseguiti negli ultimi anni su pazienti amputati hanno confermato l'importanza di un approccio metodologico nella ricerca dei fattori di rischio predisponenti la perdita funzionale di uno o più arti e nella standardizzazione di percorsi riabilitativi finalizzati alla riconquista di salute (1). L'impatto globale delle malattie non trasmissibili (diabete, malattie cardiovascolari, tumori e malattie respiratorie croniche) è in continuo aumento e il forte effetto, soprattutto sulle popolazioni povere e socialmente svantaggiate, tende ad aumentare il divario fra paesi e fra persone all'interno dello stesso paese.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) stima che il totale delle morti dovute a malattie non trasmissibili possa aumentare del 17% nel periodo 2008-2018. Queste malattie, tuttavia possono essere prevenute, attraverso la riduzione dell'esposizione ad alcuni fattori di rischio comuni, e può essere migliorata la qualità di cura per le persone già ammalate attraverso l'adozione di interventi basati su prove di efficacia. L'OMS ha inserito il diabete tra le patologie croniche su cui maggiormente investire per la prevenzione primaria (stili di vita), secondaria e terziaria (cure efficaci e sostenibili). I principali indicatori dello stato di salute generale (mortalità, attesa di vita) delle popolazioni occidentali sono in continuo miglioramento pur registrando una distribuzione eterogenea nella popolazione, differenziandosi per livello sociale. Il miglioramento generale dello stato di salute è meno evidente nelle classi sociali più svantaggiate, il diabete è un esempio paradigmatico di malattia cronica, in parte evitabile, che chiama in causa fattori socio economici, di condizioni di lavoro e di vita più in generale. Lo svantaggio di persone affette da malattia vascolare cronica, gravato dalla sovrapposizione di complicanze come l'amputazione, accentua le fragilità dell'individuo, aumenta la domanda di assistenza e cura e pregiudica la qualità di vita dei pazienti e dell'intero contesto familiare (2).

La popolazione italiana di ultraottantenni ha avuto un incremento superiore al 50% negli ultimi 10 anni. Con l'allungarsi della vita si sono resi più evidenti alcuni aspetti dell'invecchiamento quali un progressivo impoverimento delle abilità psicomotorie, una conseguente compromissione della qualità della vita sino all'instaurarsi di

vere e proprie disabilità. L'invecchiamento di organi e sistemi nel soggetto sano è fisiologico e graduale, ma può diventare estremamente rapido in presenza di patologie che diminuiscono la richiesta di prestazioni e di stimoli funzionali, favorendo il decondizionamento cognitivo e neuromotorio. Tra le malattie croniche la cui incidenza è incrementata con l'allungarsi della vita troviamo le arteriopatie obliteranti periferiche che sono, dopo la cardiopatia ischemica, la complicanza più frequente dell'arteriosclerosi. Nei Paesi ad alto livello socioeconomico del mondo occidentale, la prevalenza della malattia arteriosclerotica è di circa il 2% nella VI decade di vita e del 7% nella VII e VIII decade. In alcuni studi di follow-up dell'arteriopatico, si è visto che tra i sei mesi e i tredici anni dall'insorgere del quadro clinico di severa arteriopatia ostruttiva il 6-15% degli arteriopatici va incontro ad amputazione, così come l'ischemia critica comporta il 44% di amputazione ad un anno.

I primi dati eziologici reperiti in letteratura sono nord americani e riportano nel 70% dei casi di amputazione (maggiore e minore) le malattie vascolari croniche (61-70 anni), in percentuali inferiori nel 22% i traumi (stradali, lavorativi, domestici, bellici) (21-30 anni); nel 5% i tumori (11-20 anni) e nel 3% le deformazioni congenite degli arti. Il rapporto MASCHI: FEMMINE è 2.1:1 nelle malattie vascolari e di 7.2:1 nel caso dei traumi.

Analizzando negli anni l'andamento del tasso di ospedalizzazione per amputazione possiamo dedurre un'utile informazione, seppur indiretta, sullo stato di salute della popolazione affetta da malattia vascolare e dell'efficacia delle attività sanitarie territoriali di controllo ed assistenza (3). I dati epidemiologici più recenti sono stati raccolti e pubblicati nel gennaio 2014 da ricercatori dell'Istituto Superiore di Sanità in collaborazione con diabetologi clinici e riguardano uno studio retrospettivo del decennio 2001-2010, relativo a pazienti amputati e ospedalizzati (diabetici e non), analizzando informazioni contenute nel data base nazionale della Scheda di Dimissione Ospedaliera (SDO). Il trend descritto negli anni in Italia è simile all'andamento registrato in altri paesi del continente europeo e negli USA con una progressiva riduzione della percentuale di ospedalizzazione e del numero di amputazioni maggiori. Viceversa il trend del tasso di dimissione per amputazione (non specificando il livello maggiore o minore) nelle persone con diabete è aumentato, le amputazioni fra i diabetici rappresentano circa il 60% di tutti i ricoveri per amputazione non traumatica registrati in Italia. Tuttavia, va osservato che le persone con diabete rappresentano solo il 5% della popolazione, pertanto calcolando i tassi di amputazione sulla corrispondente popolazione a rischio, nel 2010 il tasso nella popolazione diabetica è oltre 20 volte superiore a quello della popolazione non diabetica. È interessante notare come negli anni si siano ridotte le percentuali di amputazione maggiore sia nei pazienti diabetici (-30.7%) che nei non diabetici (-12.5%), mentre le amputazioni minori sono aumentate (+22%). Nella popolazione diabetica si effettuano in assoluto più amputazioni minori rispetto alla popolazione non diabetica mentre la frequenza delle amputazioni maggiori è simile nelle due popolazioni (nel 2010 è pari a 2.4 per

100.000). La tendenza italiana dimostra, in linea a quella Europea, l'importante ruolo del trattamento preventivo e conservativo nonché l'efficacia di trattamenti endovascolari precoci per il salvataggio degli arti. Negli ultimi 20 anni l'insieme di queste buone prassi hanno consentito di ottenere percentuali di amputazione maggiore tra le più basse in Europa (4, 5).

Il piede diabetico rappresenta la più importante complicanza cronica nei pazienti diabetici. È stimato che il 50% dei pazienti diabetici con lesioni delle estremità inferiori sono affetti da neuropatia ed angiopatia periferica. Accade spesso, anche in presenza di lesioni ulcerose, che i sintomi clinici siano trascurabili e vengano segnalati in ritardo per un'alterata percezione del dolore sia riposo che durante la deambulazione. Una ritardata diagnosi di piede diabetico rappresenta una condizione sfavorevole per il successo del trattamento, la lunga storia di malattia vascolare e le numerose comorbidità di cui i pazienti diabetici soffrono, portano i pazienti a sottovalutare l'evoluzione della gangrena e delle conseguenze negative in termini di disabilità e di prognosi funzionale.

Alcuni autori ritengono più opportuno considerare il piede diabetico una manifestazione localizzata di una malattia sistemica, che richiede un approccio multidisciplinare e una notevole esperienza clinica per evitare errori di strategia con sovrapposizione di complicanze settiche o biomeccaniche.

Studi epidemiologici recenti indicano una ampia variabilità di prevalenza dell'arteriopatia diabetica con percentuali comprese fra l'8 e il 30%. Le casistiche di diabetici pubblicate sono indicative mediamente di coorti di pazienti più giovani, in eccesso ponderale (BMI elevati) e con maggiore presenza di comorbidità rispetto ad altre popolazioni di arteriopatici. Le pareti arteriose sono anatomicamente più rigide per la presenza di calcificazioni che predispongono alla stenosi progressiva, fino alla chiusura completa del lume vascolare, aggravata oltretutto da ridotte possibilità di flussi di rivascolarizzazione attraverso circoli collaterali. La distribuzione caratteristica dell'arteriopatia diabetica coinvolge vasi distali dell'arto inferiore al di sotto del ginocchio, le arterie tibiali e peroneale sono le più interessate da una rapida evoluzione a rappresentazione bilaterale e simmetrica.

Nel 50% dei pazienti diabetici con ferite ulcerative è documentabile arteriopatia periferica che predispone un elevato rischio per amputazioni maggiori.

La prognosi di lesioni ulcerative ischemiche in pazienti diabetici è probabilmente correlata alla combinazione di più fattori negativi: anatomici, infettivi e in generale di malattia a compromissione multisistemica (cardiovascolare, nervosa centrale e periferica, renale). Nel 30% dei diabetici con ulcere l'evoluzione è progressiva e la compromissione circolatoria delle estremità inferiori genera fenomeni d'ischemia critica con elevata probabilità di amputazione maggiore e di mortalità a 1 anno superiore al 20% per intercorrenze cardiocircolatorie.

Dati ISTAT italiani, in linea con i paesi europei, hanno stimato nel 2012 oltre 3 milioni di pazienti diabetici pari al 5% dell'intera popolazione. Studi standardizzati di prevalenza (per età e sesso) hanno delineato negli ultimi 10



anni un incremento in valori assoluti dei casi di diabete, dell'età media dei pazienti e delle percentuali di popolazione oltre i 75 anni, con un gradiente per i residenti al sud (6.2%) più alto rispetto ai residenti nel nord (4.9%) dell'Italia. A partire dal 2005 l'International Diabetes Federation (IDF) ha opportunamente focalizzato l'attenzione sul piede diabetico, considerandola la complicanza più costosa del diabete in termini sia sanitari che sociali (6). L'obiettivo principale perseguito negli anni è stato di invertire il trend in crescita delle amputazioni d'arto inferiore e di adottare una strategia di contenimento delle amputazioni. In modo analogo l'International Consensus of the Diabetic Foot (ICDF) (7), l'istituto europeo che presiede alle attività di cura e ricerca del piede diabetico, ha condotto un'incessante attività d'informazione raccomandando ai clinici (attraverso linee guida evidence-based) i possibili benefici di un metodo di cura territoriale a connotazione multidisciplinare.

Nonostante una costante crescita di incidenza e prevalenza della popolazione diabetica nel mondo occidentale, il fenomeno inverso di decrescita delle amputazioni maggiori è spiegabile correlando il trend al miglioramento della terapia del diabete. Non solo i farmaci di ultima generazione (analoghi GLP 1 o inibitori DPP 4), ma anche l'educazione a stili di vita meno sedentari e cibi con indice glicemico più favorevole, contribuiscono in modo significativo al miglioramento del metabolismo glucidico ed alla riduzione del peso corporeo.

Infine nei casi critici, il ricorso a strategie di cura delle ulcere con tecniche avanzate ed i trattamenti endovascolari permettono di circoscrivere e controllare meglio la progressione della necrosi e di ridurre le amputazioni d'arto.

Saranno necessari in futuro ulteriori studi di evidenza alla ricerca di cure più efficaci per migliorare la qualità di vita dei pazienti amputati e per ridurre i costi sociali di patologie croniche invalidanti, prima causa di morbilità e mortalità a livello mondiale.

---

## Bibliografia

- 1) Taveggia G, Villafañe JH, Vavassori F, Lecchi C, Borboni A, Negri S. Multimodal Treatment of Distal Sensorimotor Polyneuropathy in Diabetic Patients: A Randomized Clinical Trial. *J Manipulative Physiol Ther* 2014 Mar 20. pii: S0161-4754(14)00036-0.
- 2) Salmaso S, Maggini M. Indagine conoscitiva sulla patologia diabetica in rapporto al Servizio Sanitario Nazionale ed alle connessioni con le malattie non trasmissibili. Centro Nazionale di Epidemiologia Sorveglianza e Promozione della Salute. Roma 2012.
- 3) Lombardo FL, Maggini M, De Bellis A, Seghieri G, Anichini R. Lower Extremity Amputations in Persons with and without Diabetes in Italy: 2001-2010. *PLoS ONE* 2014; 9(1): e86405. doi:10.1371/journal.pone.0086405
- 4) Aiello A, Anichini R, Brocco E, Caravaggi C, Chiavetta A, Cioni R, Da Ros R, De Feo ME, Ferraresi R, Florio F, Gargiulo M, Galzerano G, Gandini R, Giurato L, Graziani L, Mancini L, Manzi M, Modugno P, Setacci C, Uccioli L. Treatment of peripheral arterial disease in diabetes: A consensus of the Italian Societies of Diabetes (SID, AMD), Radiology (SIRM) and Vascular Endovascular Surgery (SICVE). *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases* 2014; 24, 355e369.
- 5) Layden J, Michaels J, Bermingham S, Higgins B. Guideline Development group, Diagnosis and management of lower limb peripheral arterial disease: summary of NICE guidance. *BMJ* 2012; 345: e 4947.
- 6) Boulton AJ, Vileikyte L, et al. The global burden of diabetic foot disease. *Lancet* 2005; 366: 1719-1724.
- 7) Anichini R, Zecchini F, Cerretini I, Meucci G, Fusilli D, et al. Improvement of diabetic foot care after the implementation of International Consensus on the Diabetic Foot (ICDF): results of a 5-year prospective study. *Diabetes Res Clin Pract* 2007; 75: 153-158.

**Corrispondenza:** [giovannitaveggia@habilitasarnico.it](mailto:giovannitaveggia@habilitasarnico.it)

Carlo Damiani

## **Il percorso riabilitativo del paziente amputato: presa in carico, valutazione funzionale e definizione degli obiettivi**

Direttore U.O. Riabilitazione neuromotoria - IRCSS San Raffaele Pisana, Roma

**RIASSUNTO.** Il paziente con amputazione dell'arto inferiore ha la necessità di una presa in carico in un Team di cura multi professionale. Non esiste un professionista che in sé riassume le competenze internistiche richieste in pazienti della grande maggioranza dei casi polipatologici, le competenze nella cura delle ferite chirurgiche assai spesso deiescendenti, le competenze protesiche, anche in considerazione delle innovazioni tecnologiche in impetuosa crescita, le competenze psicologiche, indispensabili nell'affrontare il viaggio nelle mutate condizioni somatiche e la mutata immagine del sé che ne deriva. Il fisiatra si presta a ragione a dirigere un team di cura che deve decidere priorità di intervento, modalità di intervento, definendo obiettivi praticabili nel breve e lungo periodo. Vengono nell'articolo riportati i principi base cui attenersi nel farsi carico del paziente non tralasciando nessuno degli aspetti che concorrono a definire un percorso non semplice, non di breve durata, e si pone l'accento alle prime fasi della presa in carico, dal ricovero fino alla scelta della protesi provvisoria.

**Parole chiave:** amputazione, riabilitazione, arto inferiore, team di cura, immagine del sé, polipatologia.

**ABSTRACT.** *Patients with lower limb amputations need the help of a multi-professional care team. There is no single professional who encompasses the skills required by patients who generally present multiple pathologies: skills in the care of wounds which are often dehiscent, knowledge of prosthetics, considering the fast evolving technologies in the field, psychological skills, essential to help the patient face their somatic conditions and resultant changes in body image. The physiatrist manages a care team which must prioritise treatments and intervention methods, and define practicable objectives in both the short and long term. The article details the basic principles to be followed for each patient so as to not overlook any of the aspects which combine to create a process which is neither simple nor quick, and focuses on the first parts of the treatment, from admittance until the choice of the temporary prosthesis.*

**Key words:** *amputation, rehabilitation, lower limb, care team, body image, pathological poles.*

La perdita di un arto rappresenta sempre un evento drammatico nella vita di un individuo e un cambiamento importante delle abitudini quotidiane del soggetto stesso e della sua famiglia. L'esperienza dell'amputazione causa modificazioni sia sotto il profilo fisico che sotto quello psicologico, aspetto assolutamente non trascurabile, poiché influisce in modo considerevole sul percorso riabilitativo e sul buon esito del programma terapeutico. Spesso la condizione psicologica del paziente viene peggiorata dalla percezione alterata del "Sé" che scaturisce dal contrasto tra un'immagine corporea completa, interiore, precedente all'amputazione e rafforzata dalla presenza dell'arto fantasma, e una immagine esteriore acquisita, che il soggetto non riconosce e non accetta. L'amputazione causa una forte crisi d'identità che coinvolge l'immagine del sé, colpendo le certezze più elementari, viene vissuta come un momento fallimentare della terapia medica chirurgica, comporta un allontanamento dal nucleo familiare attraverso il ricovero in strutture ospedaliere, e può essere intesa come "l'inizio della fine" date la scarsa fiducia nella medicina e la diminuita autostima in un momento psicologico delicato in cui si crede di aver perso l'autonomia; invece l'individuo dovrebbe intendere l'intervento di amputazione come uno sradicamento per tornare alla normalità. Da qui la necessità assoluta di un intervento riabilitativo multiprofessionale specifico che conosca profondamente ciò che avviene in un paziente amputato, quale sono le possibilità reali di recupero e attraverso quali snodi operativi realizzabili. Il fisiatra esperto di pazienti con amputazione di arto si candida autorevolmente a dirigere il team di lavoro che necessariamente deve assumere in sé competenze neurorieducative, ortopediche, protesiche, psicologiche, fisioterapiche. Possiamo dire che solitamente tutti gli amputati, soprattutto nel periodo immediatamente successivo all'intervento chirurgico mostrano caratteristiche simili: risultano introversi, irascibili, sfiduciati, tendenti all'isolamento, ad interrompere o diradare le relazioni sociali, per lo più perché credono di non essere accettati, di essere considerati diversi, di non essere più persone normali. È comunque necessario ricordare che gli amputati possono essere accomunati da questi caratteri ma che ogni singolo caso è influenzato da diversi fattori esclusivamente soggettivi quali l'età, la motivazione che hanno indotto l'amputazione, il grado di cultura, il supporto familiare, la personalità, l'attività svolta

precedentemente. Un soggetto anziano, per esempio, potrebbe considerare l'amputazione come la fine dei rapporti sociali e della sua vita attiva, mentre un soggetto giovane potrebbe vedere nella protesizzazione l'epilogo di un processo patologico particolarmente sofferente che lo ha portato all'invalidità professionale e sociale. Di certo una riflessione a parte meritano i pazienti con amputazioni in "war zone"; trattandosi per lo più di pazienti giovani, o giovanissimi, senza alcuna comorbidità e con culture diverse da quella propria del mondo occidentale (diversa sopportazione del dolore, diversi modelli culturali a cui corrispondere, ecc.).

Dopo l'operazione chirurgica di amputazione dell'arto inferiore, sia essa di tipo transtibiale che di tipo transfemorale, è di fondamentale importanza ricorrere, quando e se possibile, nel più breve tempo possibile alla protesizzazione del paziente. Protesizzare il paziente in tempi rapidi significa evitare l'insorgere di molteplici complicanze, diminuire notevolmente il dolore e la sindrome della "arto fantasma", accelerare i tempi di guarigione e di recupero funzionale. L'approccio al paziente risulta ovviamente molto diverso nel caso di amputazione traumatica o in seguito a patologia vascolare. Nel primo caso si tratta spesso di pazienti più giovani, senza comorbidità significative, mentre nel secondo caso occorre necessariamente assumere una visione multidimensionale della presa in carico e della cura. Si tratta per lo più di soggetti in là con gli anni, diabetici, con vasculopatia cerebrale e coronarica associate. Il recupero sarà necessariamente più graduale così come più complicata sarà la riparazione della ferita chirurgica.

Nella elaborazione del Progetto Riabilitativo è necessario pensare a due tipi di ipotesi di lavoro.

1. il paziente è protesizzabile
2. il paziente non è protesizzabile

Occorre ricordare che la protesizzazione è una opportunità ma non un obbligo, e che per poter procedere alla sostituzione con un arto artificiale è necessario in via preliminare verificare che:

- ci sia un sufficiente grado di collaborazione del paziente
- sia presente un livello di competenze cognitive perlomeno sufficiente
- esista un sufficiente integrità del sistema cardio-respiratorio, compatibile con la richiesta energetica che la deambulazione con una protesi necessariamente comporta.

Occorre tener presente che nei casi di pazienti con amputazione non traumatica ma da complicanza vascolare, la mortalità rilevata è molto alta ad un anno dall'intervento chirurgico, e ciò ben si comprende considerando l'elevatissima richiesta energetica che la deambulazione con la protesi comporta.

Il lavoro nel caso si decida per la NON protesizzazione funzionale, che non preclude quella realizzata a fini estetici, sarà fortemente improntato al raggiungimento della massima autonomia possibile in monopodolica e con l'utilizzo della carrozzina.

In ingresso in reparto consiglio l'effettuazione di routine di: Esame radiologico del moncone, Ecocardiogramma con determinazione della frazione di eiezione,

Mini Mental State Examination. Sarebbe assai efficace peraltro una stretta collaborazione con il chirurgo operatore per ragionare insieme sul tipo di amputazione e sulla lunghezza del moncone, e per iniziare il più precocemente possibile una contenzione del moncone.

---

## Il trattamento pre-protetico

I primi obiettivi da raggiungere dal momento del ricovero in reparto di riabilitazione sono:

1. *l'autonomia funzionale* nelle AVQ primarie. Ruolo fondamentale all'interno del Team di cura viene svolto dal Terapista Occupazionale, che insegna al paziente come trasferirsi dal letto alla carrozzina e da questa al bagno. È ovviamente obiettivo raggiungibile in monopodolica, occorre solo insegnare al paziente la corretta tecnica di trasferimento. Ciò renderà possibile la dismissione del catetere vescicale, evitando fastidiose infezioni urinarie e conferendo quella fiducia nelle proprie capacità così necessaria per il proseguo del trattamento.
2. *Tonificazione del moncone e contenimento/riduzione dell'edema* post-operatorio. Va ricordato che sarà necessario conferire al moncone una forma conica nelle amputazioni trans femorali e cilindrica nel moncone di gamba. Nella tonificazione interviene il Fisioterapista che dovrà avere cura anche di mantenere l'articolazione dell'articolazione coxo-femorale e la flessione estensione del ginocchio negli amputati di gamba. Lo scopo è quello di giungere ad avere un moncone muscolarmente valido onde consentire una efficiente capacità propulsiva del paziente protesizzato. Ma accanto ad un lavoro esclusivo sul potenziamento non va assolutamente trascurato un lavoro sulla "qualità del gesto" dando rilievo alla qualità del reclutamento muscolare e importanza all'inserimento dello specifico nella globalità dell'azione dell'arto inferiore. L'attività motoria non va considerata solo come una semplice risposta ad un comando volontario corticale, ma va integrata in un programma di funzionamento alimentato in permanenza dalle informazioni sensitive e sensoriali che danno il via e modulano il lavoro muscolare. Occorre ricordare presente che il paziente amputato ha subito non solo una modificazione dell'aspetto fisico, ma anche un'alterazione dello schema corporeo e quindi dell'equilibrio. Significa allora che bisogna lavorare non tanto e non solo con esercizi di rinforzo muscolare svincolati da un contesto di azione finalizzata ma anche esercizi dinamici, si potrebbe dire ecologici, inseriti in atti significativi per il paziente, tipo lo svincolo dei cingoli, il cade e trovare gli equilibri per rialzarsi, mantenere la posizione in monopodolica a fronte di stimoli perturbatori, ecc.
3. *Cura della ferita* chirurgica, per cui si rimanda ad altra relazione.
4. *Trattamento del dolore* del moncone, dell'eventuale neuroma, e della sensazione dell'arto fantasma, argomento anch'esso oggetto di specifica relazione.

Nelle situazioni favorevoli e non complicate, alla rimozione dei punti di sutura le problematiche cliniche più frequenti che si verificano nei giorni successivi all'operazione sono relative all'aumento dell'edema, al rischio di infezioni, a traumi e contratture che ritardano notevolmente l'intero processo di guarigione oltre ad essere causa della difficoltosa stabilizzazione volumetrica del moncone e della sua corretta forma. Ovviamente, più si allungano i tempi di guarigione più risulteranno problematici e tardivi il percorso riabilitativo, la protesizzazione del paziente e il suo recupero psico-fisico generale.

### Valutazione del moncone e riduzione dell'edema

Nella valutazione del moncone si osservano le caratteristiche volumetriche e di lunghezza del moncone, mettendo in risalto eventuali deformità e favorendo quindi un precoce intervento attraverso l'adozione di accorgimenti tecnici. Durante questo procedimento si analizzano la lunghezza del segmento osseo e la forma delle parti molli; si valutano lo stato della cute, la cicatrice ed eventuali aderenze. Si procede alla valutazione del trofismo e del tono muscolare residuo, che sarà proporzionale al tipo di tecnica chirurgica e al tempo di immobilità post-chirurgica che dovrebbe essere minimo. Importante è anche la valutazione chinesiológica in cui si osservano l'integrità delle escursioni articolari, la presenza di retrazioni muscolari e contrazioni involontarie. L'esame radiologico può essere utile per la progettazione protesica e per valutare l'eventuale presenza di componenti artrosiche, di deficit di mineralizzazione o la presenza di osteofiti. È importante che i lembi di pelle siano congiunti in posizione leggermente posteriore, in modo da non creare sensazioni di fastidio quando il paziente, caricando sulla gamba amputata, spinge contro l'invaso della

protesi, fenomeno frequente quando la cicatrice è centrata. Forma ideale del moncone è una forma conica per il moncone di coscia e cilindrica per il moncone di gamba; è dunque importante comprimere il più possibile il moncone attraverso o una fasciatura a spina di pesce o, in maniera più moderna, con un cappuccio elastico, oppure un invasore di silicone, in modo che si riducano gli eventuali edemi o gonfiori; è inoltre importante istruire il paziente ad un corretto posizionamento del moncone, per evitare atteggiamenti, in particolar modo di flessione dell'anca ed eventualmente del ginocchio, che aggraverebbero il trattamento riabilitativo. È nel contempo opportuno dare al paziente informazioni sull'igiene del moncone, che deve essere lavato regolarmente con un sapone neutro; vanno invece sconsigliate creme grasse, soprattutto durante l'utilizzo della protesi, poiché riducono la traspirazione della pelle. Durante il periodo iniziale del percorso riabilitativo è fondamentale osservare e trattare la cicatrice attraverso lo scollamento e il massaggio, al fine di evitare un ispessimento dei tessuti sottostanti e di ottenere una buona elasticità della pelle. Una metodica di contenimento per le amputazioni trans tibiali, a mio parere troppo poco utilizzata, è il bendaggio rigido della Ossur (rigid dressing), specificatamente studiato per immobilizzare e proteggere l'arto residuo e controllare l'edema post-operatorio nel moncone transtibiale. Mediante l'utilizzo del bendaggio rigido si ottengono il controllo dell'edema con conseguente riduzione del dolore, la stabilizzazione del volume del moncone e della sua forma, la prevenzione da eventuali traumi e contratture, la riduzione del rischio di infezioni, la facilità di ispezione del moncone da parte del team medico e la velocizzazione dell'intero processo di guarigione con conseguente riduzione dei tempi di ospedalizzazione.

	AMPUTAZIONI TRANSTIBIALI BENDAGGIO RIGIDO	AMPUTAZIONI TRANSFEMORALI CALZA COMPRESSIVA
<b>definizione</b>	Il bendaggio rigido della Ossur è specificatamente studiato per immobilizzare e proteggere l'arto residuo e controllare l'edema post-operatorio nel moncone transtibiale.	I coprimonconi a compressione sono disponibili in diverse misure. Esercitano una pressione sul moncone che aumenta progressivamente dalla zona distale a quella prossimale. Sostituiscono il bendaggio a spina di pesce.
<b>modo di impiego</b>	Il bendaggio rigido va applicato (sopra le bende e mai a contatto con la pelle) dal 1° al 7° giorno successivi all'operazione in <u>maniera continuativa</u> con la sola raccomandazione di aprirlo una volta la mattina e una volta la sera per 15-20 minuti in modo da far arieggiare l'arto residuo e ispezionare la ferita chirurgica. Dall'8° al 21° giorno il bendaggio rigido andrà applicato soltanto la notte.	Vengono applicati sopra le medicazioni in fase post-operatoria. Sono semplici da utilizzare e veloci da applicare. È sconsigliato l'utilizzo nelle ore notturne.
<b>benefici</b>	Mediante l'utilizzo del bendaggio rigido si ottengono il controllo dell'edema con conseguente riduzione del dolore, la stabilizzazione del volume del moncone e della sua forma, la prevenzione da eventuali traumi e contratture, la riduzione del rischio di infezioni, la facilità di ispezione del moncone da parte del team medico e la velocizzazione dell'intero processo di guarigione con conseguente riduzione dei tempi di ospedalizzazione.	Riduzione dell'edema. Stimola il paziente a partecipare al progetto riabilitativo addestrandolo all'autogestione della calza.

Nella seconda fase pre-protetica in regime riabilitativo, si passa alla terapia di compressione con lo scopo di mantenere e ottimizzare i risultati ottenuti nella prima fase e, soprattutto, con lo scopo di ridurre i tempi di stabilizzazione volumetrica del moncone. La terapia compressiva ha una durata media di 2 settimane. Dall'8° al 21° giorno successivi all'intervento chirurgico vengono applicate al moncone particolari cuffie in silicone, il cui utilizzo è fondamentale in questo momento dato che i più grandi cambiamenti somatici del moncone si verificano proprio nelle prime settimane successive all'operazione. Alla progressiva diminuzione dell'edema e riduzione quindi delle circonferenze del moncone, viene applicata una cuffia di misura inferiore in modo da garantire sempre la stessa e costante compressione al moncone. Con l'applicazione delle cuffie si ottiene una compressione graduale dal punto distale a quello prossimale dell'arto residuo garantendo un effettivo contenimento delle parti molli, diminuendo drasticamente l'insorgere di problemi relativi a cicatrici ed aderenze e velocizzando il processo di stabilizzazione del volume e il raggiungimento della corretta forma del moncone. Facili da indossare e semplici da pulire (vantaggi validi sia per il paziente che per lo staff medico), le cuffie in silicone donano al paziente un ruolo attivo nel processo riabilitativo rendendolo autosufficiente in tempi molto più rapidi. Modalità di impiego: il primo giorno di utilizzo la cuffia va indossata un'ora al mattino e un'ora nel pomeriggio, il secondo giorno due ore al mattino e due ore nel pomeriggio, il terzo giorno tre ore al mattino e tre ore nel pomeriggio e dal quarto giorno, fino alla fine della terapia compressiva, quattro ore la mattina e quattro ore nel pomeriggio. Si raccomanda inoltre di indossare la cuffia ogni qualvolta si renda necessario un trasferimento (dal letto alla carrozzina, andare in bagno) in modo che si abbia una compressione costante che accompagni il movimento.

Per favorire il drenaggio dei liquidi interstiziali il nostro primo compito è di posizionare il paziente declive, ponendo ai piedi del letto degli opportuni rialzi (sia in camera che in sede di terapia). Sfruttando l'effetto pompa della respirazione diaframmatica naso bocca, si determina una depressione all'interno della cavità addominale capace di richiamare una maggiore quantità di liquidi. Assai utile lavorare sull'effetto pompa muscolare con la contrazione ritmica dei muscoli residui del moncone. Parimenti importante è l'utilizzo delle tecniche di linfo-drenaggio, che tendono a convogliare liquidi nei grossi dotti linfatici residui.

### Scollamento dei piani muscolari e cutanei

Va sempre ricordato di trattare le cicatrici con massaggio di scollamento così da eliminare eventuali aderenze e favorire lo scivolamento tra i tessuti. Infatti durante la deambulazione l'aderenza tra l'arto e il moncone provoca uno scorrimento della cute sui piani sottostanti.

### Scelta della protesi

Il mercato orto-protetico offre tantissime soluzioni, e le innovazioni tecnologiche sono all'ordine del giorno.

Sempre più centrale e importante è allora la decisione di quale protesi ipotizzare per il nostro paziente. E per farlo la collaborazione tra fisiatra e tecnico ortopedico risulta assolutamente indispensabile. La scelta delle componenti strutturali e funzionali per la costruzione di protesi individuali dipende da tanti fattori, tra i quali la conformazione fisica, la condizione fisica generale, il moncone (forma, mobilità, lunghezza, forza, sensibilità, ecc.), la condizione psicologica, il carattere, le abitudini di vita, la professione, l'ambiente circostante, sociale e fisico e il grande numero di prefabbricati ortopedici oggi a disposizione fa sì che, anche nella scelta e costruzione della protesi, questa individualità possa essere rispettata.

Le protesi sono classificate in:

- *protesi tradizionali o eso-scheletriche* costruite in legno o in resina nelle quali le pareti determinano la forma e hanno funzioni portanti;
- *protesi modulari o scheletriche* nelle quali una struttura tubolare svolge la funzione portante.

Tra le protesi occorre poi fare una distinzione tra la protesi provvisoria e la protesi definitiva.

Va sempre più diffondendosi l'uso delle protesi modulari poiché data la caratteristica di modularità è possibile effettuare la regolazione dei singoli moduli nei tre piani dello spazio.

Nella protesi va considerata:

- tipo di invasatura;
- componenti strutturali o portanti;
- componenti funzionali;
- estetica.

La protesi temporanea è realizzata con sistema scheletrico-modulare, l'invasatura sarà adattabile alle variazioni del moncone (riduzione del volume per riduzione dell'edema) mentre le altre strutture vengono conservate. Le invasature sono in polipropilene, in varie misure, e regolabili. Spesso queste protesi non avendo un'invasatura conforme al moncone richiedono un sistema di cinghia o bretella che può creare problemi di adattamento; noi utilizziamo protesi temporanee, in accordo con le officine ortopediche che collaborano assiduamente con il reparto, e avendo creato un campionario di invasature di varie misure, durante la fase di protesizzazione sostituiamo le invasature stesse al variare delle dimensioni del moncone. Raggiunto il volume definitivo, al paziente viene fornita la sua protesi modulare con componenti nuove.

A distanza di 4-5-6 mesi dalla fornitura della protesi provvisoria, si può ipotizzare l'ideazione e la fornitura della protesi definitiva. L'invasatura è necessariamente personalizzata, costruita su misura, per ogni persona. Rappresenta il legame tra il corpo dell'amputato e la parte distale della protesi. Per i monconi di coscia, oggi, normalmente si costruiscono invasature in resina laminata, a contatto totale, e con appoggio ischiatico, su calco in gesso del moncone. I componenti o moduli strutturali (quali tubi, giunti di allineamento e di rotazione per la protesi scheletrica) la cui funzione è prevalentemente portante esistono in vari materiali (acciaio, titanio, car-

bonio, alluminio) e vari diametri. La scelta dei moduli strutturali La scelta dei moduli strutturali è dettata soprattutto da due fattori: la resistenza e la leggerezza, e dipende soprattutto dal peso del paziente. Una protesi in acciaio resistentissima che può sopportare carichi di 120 kg, è molto pesante, camminarci richiede un notevole sforzo quindi è poco indicata per l'amputato anziano per il quale una struttura portante in alluminio (testata fino ai 75 kg) o in titanio (testata fino ai 100 kg) può essere decisiva per la possibilità di tornare a camminare, essendo molto più leggera.

La scelta poi del tipo di ginocchio e di piede va fatta in base alle esigenze funzionali della persona, al tipo di vita, alle aspettative, oltre che al peso del paziente. Un ginocchio in lega leggera con bloccaggio, per esempio, è una

prescrizione idonea per pazienti fino ai 75 kg con bassa esigenza funzionale ma alto bisogno di sicurezza.

I piedi più comunemente usati sono i non articolati e gli articolati.

I piedi non articolati solitamente vengono utilizzati in combinazione con ginocchi liberi, i piedi articolati sono spesso usati in protesi bloccate a livello del ginocchio. Grazie all'articolazione, la pianta del piede viene a contatto con il terreno in anticipo rispetto ai piedi rigidi (o non articolati) e dà, pertanto, più sicurezza rispetto a questi ed è indicato quindi anche in terreni con molte discese e salite e comunque dove è prioritaria la sicurezza.

In ultima analisi tutto la componentistica va pensata su "quel paziente" e non genericamente su di un paziente amputato.

#### TIPI DI AMPUTAZIONE DELL'ARTO INFERIORE

<b>AMPUTAZIONI DI PIEDE</b>	Si è visto che non sempre per il piede è da applicarsi il principio della massima economia, in quanto il prevalere del tricipite surale sugli antagonisti anteriori (che hanno perduto il loro punto d'inserzione) fa sì che i piccoli monconi, che residuano, abbiano tendenza a portarsi in posizione di equinismo, diventando di scarsa utilità funzionale.
<i>Amputazione di Lisfranc modificata (trans-metatarsale)</i>	Questo livello di amputazione viene considerato come uno dei più idonei conservando la lunghezza dell'arto inferiore e, dal punto di vista biomeccanico, non resta compromessa eccessivamente la fase di distacco durante la marcia. L'indicazione essenziale è data da lesioni vascolari gravi, anche se può essere effettuata per lesioni traumatiche o tumorali.
<i>Amputazione classica di Lisfranc</i>	Consiste in una disarticolazione che si effettua separando da una parte i tre cuneiformi ed il cuboide e dall'altra i cinque metatarsi. È utile fissare i tendini degli estensori sullo scheletro ed allungare il tendine d'Achille per evitare l'equinismo. Permette protesi basse.
<i>Amputazione tipo Chopart</i>	Consiste in una disarticolazione dell'avampiede dal retro piede che si effettua passando nell'articolazione costituita da una parte dallo scafoide e dal cuboide, dall'altra dall'astragalo. Va sempre associata ad un'artrosi tibio-astagalica per ottenere un piede con appoggio corretto: ciò si ottiene realizzando l'artrosi in posizione funzionale che permetta un appoggio del moncone parallelo al suolo. Il moncone che si ottiene, ha una dismetria minima e permette un perfetto appoggio plantare. Sia per l'amputazione di Lisfranc, che per quella di Chopart, è necessario un gran lembo cutaneo plantare: ciò che nella pratica non si realizza molto spesso.
<i>Amputazione osteoplastica di Pirogoff</i>	Consiste nel sezionare le due ossa di gamba sopra l'interlinea articolare tibiotarsica e nell'adattamento sulla superficie di sezione di quest'osso, il tubercolo del calcagno opportunamente segato, quindi si ottiene un moncone arrotondato adatto a sopportare e sostenere il peso del corpo, sia perché il moncone osseo viene chiuso alla sua estremità in modo naturale, quindi non è causa di dolore, sia perché la sua superficie di sostegno è ricoperta da cute già abituata a sostenere le pressioni (la dissezione del calcagno avviene dietro l'articolazione astragalocalcanare posteriore in senso verticale dall'alto in basso). Per i suddetti motivi è un'amputazione consigliata da diversi autori, inoltre è difficilmente realizzabile in casi d'urgenza.
<i>Amputazione tipo Syme</i>	Consiste nella resezione di tibia e perone al loro estremo distale, pochi millimetri al di sopra della superficie articolare; ne consegue un moncone lungo e claviforme. L'amputazione completa del piede, secondo la tecnica descritta da Syme, è un intervento che, se ben realizzato, permette un buon risultato; è consigliato per i seguenti motivi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si ottiene un buon moncone con una perfetta "imbottitura" (la protesi prevede il carico terminale completo);</li> <li>• Evita i tempi complementari (artrosi, osteosintesi), quindi permette una protesizzazione ed una riabilitazione più precoci (solitamente dopo 4-6 settimane);</li> <li>• Sebbene con una claudicazione, dovuta alla dismetria, consente la deambulazione senza protesi (anche se i percorsi possibili sono limitati). La tecnica è indicata anche per i diabetici.</li> </ul>
<i>Amputazione tipo Boyd</i>	Consiste nell'amputazione del tarso che comporta l'astragalectomia e l'artrosi tibio-calcaneare. Il calcagno mantiene il suo andamento orizzontale, quindi ne risulta un moncone globoso che si espande anteriormente e posteriormente (questo più corto rispetto al controlaterale).

(segue)

## TIPI DI AMPUTAZIONE DELL'ARTO INFERIORE (segue)

<b>AMPUTAZIONI DI GAMBA (TRANSTIBIALI)</b>	<p>Nell'amputazione di gamba, la difficoltà principale è di poter ottenere un moncone capace di sostenere il peso del corpo. Nelle <i>lesioni traumatiche e flogistiche acute</i> (gangrena...) il livello è condizionato dalla mortificazione delle parti molli, dal tempo di distanza dalla lesione, dalla zona della lesione e dallo stato di sofferenza vasale e nervosa. Nelle <i>lesioni flogistiche croniche</i> sono il dolore, le complicanze parenchimatose e locali ed il livello febbrile che fanno decidere per l'amputazione. Per le <i>lesioni neoplastiche</i>, il livello dipende dalla precocità della diagnosi clinica, radiologica ed istologica, dallo stato generale, dall'età e da altri fattori personali: comunque tende sempre ad essere un livello molto prossimale.</p> <p>Il miglior moncone d'amputazione, in funzione della protesi, si ottiene sezionando tra il 3° medio ed il 3° superiore di tibia (a 12-15 cm di distanza dalla rima articolare del ginocchio) all'altezza della massa dei muscoli gemelli e del soleo, zona molto vascolarizzata in ogni piano e la cui cicatrice è di facile realizzazione. Questo tipo di moncone si presta perfettamente sia per le protesi a contatto totale, che per le protesi convenzionali con cosciale: Nei monconi sotto i 6-7 cm, il perone perde la stabilità dei rapporti con la tibia (manca la membrana interossea) e sotto carico si divarica per azione del Bicipite femorale, determinando un contatto doloroso con la parete dell'invasatura della protesi nella fase di sollevamento del calcagno accelerazione-sollevamento piede. L'asportazione completa del perone non modifica la stabilità del ginocchio, anche se la testa del perone, ai fini della protesizzazione, può essere utile per migliorare la stabilità rotatoria delle protesi brevi. In caso di monconi molto corti, i punti di appoggio sotto-condiloideo sono ridotti al minimo e si avrà interesse ad aiutare con uno scarico ischiatico all'estremità superiore della coscia, o con un cosciale a seconda dei casi. I monconi troppo lunghi di gamba, dopo l'avvento delle protesi di resina a contatto ed appoggio totale, non sono più consigliabili. In caso d'amputazioni dovute a problemi di circolazione arteriosa, non è opportuno superare una lunghezza tibiale di 12 cm, in quanto avremo difficoltà nella guarigione della ferita e/o ischemie.</p>
<b>AMPUTAZIONE DI COSCIA</b>	<p>Nelle amputazioni di coscia il livello ottimale è il terzo medio-distale, è importante conservare quanto più possibile onde permettere il confezionamento di un moncone di adeguata lunghezza. Un moncone troppo corto, infatti, implica l'applicazione di una protesi complessa e un maggior dispendio energetico nella deambulazione, ma bisogna evitare anche un moncone troppo lungo che ostacoli l'applicazione del ginocchio protesico; è indicata quando i dati clinici non fanno prevedere un esito positivo di un'amputazione eseguita a livello inferiore, quando è presente una contrattura in flessione del ginocchio che renderebbe inutile un'amputazione di gamba, o quando si prevede un lungo periodo di allettamento con il rischio che il paziente vada incontro a lesioni da decubito.</p>
<b>DISARTICOLAZIONE D'ANCA</b>	<p>La disarticolazione dell'anca si effettua tra cotile ed epifisi femorale; indicata soprattutto per le neoplasie maligne del femore che interessano l'osso al di sotto del piccolo trocantere e per le neoplasie dei tessuti molli della coscia.</p>

Parole chiave: amputato, riabilitazione, obiettivi.

**Corrispondenza:** [carlo.damiani@sanraffaele.it](mailto:carlo.damiani@sanraffaele.it)

Roberto Mezzetti

## Quale chirurgia nella amputazione di arto inferiore

Unità operativa Chirurgia Vascolare Policlinico San Marco Zingonia, Osio Sotto

**RIASSUNTO.** L'amputazione d'arto è a tutti gli effetti intervento chirurgico risolutivo nel trattamento della gangrena ischemica sia essa di natura post-traumatica o secondaria ad arteriopatía obliterante degli arti inferiori. L'amputazione non è però da considerarsi intervento chirurgico demolitivo. La demolizione riguarda l'arto dietro al quale non dobbiamo scotomizzare la presenza dell'amputato che richiede di essere accompagnato nell'affrontare una nuova vita che ha come principale obiettivo l'autonomia dall'ambito familiare e dalla società. La ricerca di un buon livello di amputazione rende quindi l'intervento un intervento ricostruttivo. Il livello di amputazione permetterà infatti l'utilizzo di presidi in grado di garantire la totale autonomia. Dopo un'analisi delle tecniche chirurgiche l'autore analizzerà quindi i recenti dispositivi a disposizione nel permettere di inseguire il miglior livello di amputazione possibile anche nei casi in cui è la patologia di partenza a scoraggiare il medico.

**Parole chiave:** amputazione, riabilitazione, chirurgia, arto inferiore.

**ABSTRACT.** WHICH IN SURGERY OF LOWER LIMB AMPUTATION. Lower limb amputation is in effect decisive surgery in the treatment of ischemic gangrene whether nature of post-traumatic or secondary to arterial disease of the lower limbs. The amputation is not however to be considered debulking surgery. The demolition regards the limb behind which we do not have the presence scotomize amputee who requires to be accompanied in dealing with a new life that has as its main objective the autonomy scope family and society. The search for a good level of amputation surgery then makes reconstructive surgery. The level of amputation will allow in fact the use of principals able to guarantee the total autonomy. After an analysis of surgical techniques the author will then analyze the latest devices available in the permit to pursue the best possible level of amputation even in cases where the disease is starting to discourage the doctor.

**Key words:** amputation, rehabilitation, surgery, lower limb.

### Discussione

Il chirurgo vascolare sempre più spesso attratto da soluzioni tecnologiche che rendono possibile il trattamento di patologie un tempo considerate inoperabili stante l'invasività della chirurgia praticabile non può esimersi dall'affrontare il difficile capitolo dell'amputazione d'arto.

L'amputazione d'arto è infatti a tutti gli effetti intervento chirurgico risolutivo nel trattamento della gangrena ischemica sia essa di natura post-traumatica o secondaria ad arteriopatía obliterante degli arti inferiori.

Nella patologia aterosclerotica tale intervento è troppo spesso visto come un insuccesso perché di sovente preceduto da diversi tentativi chirurgici più o meno invasivi di salvataggio d'arto. Ciò però vale anche nella patologia post-traumatica dove si giunge all'amputazione anche come vero e proprio intervento di salvataggio della vita del paziente.

L'amputazione non è però da considerarsi intervento chirurgico demolitivo. La demolizione riguarda l'arto dietro al quale non dobbiamo scotomizzare la presenza dell'amputato che richiede di essere accompagnato nell'affrontare una nuova vita che ha come principale obiettivo l'autonomia dall'ambito familiare e dalla società. La ricerca di un buon livello di amputazione rende quindi l'intervento un intervento ricostruttivo. Il livello di amputazione permetterà infatti l'utilizzo di presidi in grado di garantire la totale autonomia. Un buon livello di amputazione è intuitivamente subordinato alla possibilità di salvaguardare la realtà articolare.

Nel paziente arteriopatico il deficit circolatorio influisce in maniera assoluta nel salvataggio articolare: una malattia dell'intera arteria femorale superficiale o peggio dell'asse iliaco non permetterà mai di salvaguardare il ginocchio. Nella patologia post-traumatica saranno invece le perdite di sostanza ad influenzare la condotta chirurgica. Sempre più spesso ci troviamo però ad affrontare amputazioni aperte che, a seguito di lunghi cicli di medicazioni possano garantire un sufficiente patrimonio articolare. L'età del paziente, il suo grado di collaborazione e le sue possibilità ad affrontare una lunga riabilitazione prima ancora di affrontare la protesizzazione saranno in grado di selezionare i pazienti meritori di estremo tentativo di salvataggio articolare.



A tale scopo si renderanno utilissimi presidi terapeutici quali la pressione topica negativa (NPWT) e le medicazioni avanzate tra le quali le più utili quelle a base di argento.

Non dobbiamo però tralasciare quello che può essere il futuro prossimo nella difficile ricerca di un corretto livello di amputazione rappresentato dall'utilizzo di cellule mesenchimali da tessuto adiposo.

L'amputazione d'arto è quindi approcciabile come vero e proprio intervento chirurgico ricostruttivo solo se affiancato da un'aggiornata conoscenza delle competenze vulnologiche in grado di rendere realizzabile il sogno di un livello di amputazione adatto non alla patologia trattata ma bensì all'individuo che richiede il nostro costante impegno nel garantire il raggiungimento del massimo livello

possibile di autonomia verso la nuova realtà che si appresta ad affrontare.

---

### Bibliografia

- 1) Thomas Curran, Jennifer Q Zhang, Ruby C Lo, Margriet Fokkema, John C McCallum, Dominique B Buck, Jeremy Darling, Marc L Schermerhorn. Risk factors and indications for readmission after lower extremity amputation in the American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Program. *Journal of Vascular Surgery*, Vol. 60, Issue 5, p 1315-1324.
- 2) Todd R Vogel, Gregory F Petroski, Robin L Kruse. Impact of amputation level and comorbidities on functional status of nursing home residents after lower extremity amputation. *Journal of Vascular Surgery*, Vol. 59, Issue 5, p 1323-1330.

**Corrispondenza:** [r.mezzetti@virgilio.it](mailto:r.mezzetti@virgilio.it)

Ugo Pani

## Ossigeno terapia iperbarica coadiuvante nella risoluzione delle ferite chirurgiche del moncone

Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals - High Complexity Rehabilitation

**RIASSUNTO.** L'ossigeno è un gas vitale. L'ossigeno è anche un farmaco biologico.

L'ossigenoterapia iperbarica (OTI) è una terapia basata sulla respirazione di ossigeno puro in un particolare ambiente pressurizzato (camera iperbarica).

La pressione permette la diffusione dell'ossigeno nel sangue in concentrazione superiore anche dieci/quindici/venti volte rispetto a quella normale. L'aumento dell'ossigeno nei liquidi del corpo, stimola la sintesi di un gas, il monossido di azoto (NO), che ha una potente azione antinfiammatoria, favorisce la formazione di nuovi vasi sanguigni (anche attraverso il reclutamento delle cellule staminali), accelera la riparazione delle ferite.

L'OTI, riattivando i processi metabolici bloccati, può portare alcune importanti malattie a guarigione o a evidente miglioramento. L'OTI è un farmaco: richiede, pertanto, attenti dosaggi, controllo della risposta, prevenzione dei possibili effetti collaterali.

**Parole chiave:** amputazione, riabilitazione, ossigeno, pressione, OTI.

**ABSTRACT.** Oxygen is an essential gas. Oxygen is also a biological medicine.

Hyperbaric oxygen therapy is a treatment which is based on the respiration of pure oxygen in a particular pressurised environment (hyperbaric chamber).

The pressure allows the diffusion of oxygen into the blood at a concentration which is ten/fifteen/twenty times the normal level. The increase in oxygen in bodily liquids stimulates the synthesis of a gas, nitric oxide (NO), which has a powerful anti-inflammatory effect and promotes the formation of new blood vessels (also through the employment of stem cells) thus accelerating the healing of wounds.

Hyperbaric oxygen therapy reactivates metabolic processes which have stopped and is able to help the recovery and obvious improvement of patients suffering from several serious illnesses. Hyperbaric oxygen therapy is a medicine, and as such requires careful dosage, monitoring of its results, and prevention of possible side effects.

**Key words:** amputation, rehabilitation, oxygen, pressure, OTI.

L'OTI, esposizione a pressioni elevate di Ossigeno, comporta l'aumento della quota di Ossigeno trasportata in soluzione nel plasma e prontamente disponibile per la respirazione tissutale.

A pressioni fra le 2 e le 3 Atmosfere assolute (ATA) la quantità di Ossigeno trasportato ai tessuti, in questa forma, può essere anche di 15/20 volte superiore al normale, fino a poter soddisfare interamente le necessità delle cellule. Questo aumento dell'Ossigeno, disciolto in forma fisica nel plasma, comporta la possibilità di ripristinare l'ossigenazione in aree dove i vasi sanguigni sono carenti o danneggiati (aree ipossiche o ipoperfuse) permettendo la ripresa di funzioni tissutali Ossigeno-dipendenti e la possibilità di contrastare effetti tossici che abbiano implicato una ipossia tissutale.

La maggiore disponibilità di Ossigeno aumenta la deformabilità dei Globuli rossi e, quindi la possibilità di questi ultimi di spostarsi con più facilità all'interno dei vasi sanguigni, capillari compresi. Comporta inoltre la ridistribuzione del sangue verso i tessuti ipossici a seguito di vasocostrizione nei tessuti sani.

Oltre a questi effetti l'Ossigeno Iperbarico esplica anche un'azione antibatterica diretta ed indiretta, ha un'azione di vasocostrizione con riduzione dell'edema post-traumatico e/o post-chirurgico, protegge i tessuti dai danni del fenomeno di Ischemia/Riperfusione mantenendo normali i livelli di Atpasi, di Fosfocreatinkinasi e basso quelli dei lattati, protegge le membrane dalla lipoperossidazione radicalica, inibisce la produzione di beta2-integrine che favoriscono l'adesività dei Leucociti sulla parete capillare, con conseguente danno endoteliale. Promuove i processi riparativi con l'aumento del metabolismo cellulare, la riattivazione di fibroblasti, osteoblasti, della collagenosintesi, incrementa la sintesi di matrice extracellulare, ha un effetto di stimolo sulla neoformazione vascolare.

L'Ossigenoterapia Iperbarica viene usata negli stati morbosi in cui esiste e persiste uno squilibrio locale fra necessità, apporto e capacità di utilizzazione dell'Ossigeno: Insufficienze vascolari acute e croniche, Patologie dell'osso, Infezioni acute e croniche dell'osso e dei tessuti molli.

L'azione dell'Ossigeno Iperbarico per potersi esplicare ha bisogno di un certo tempo e di un certo numero di sedute, che variano a seconda della patologia, acuta o cronica, da trattare, del tessuto interessato dalla patologia

(il tessuto osseo, ad esempio, necessita di un maggior numero di trattamenti rispetto ad altri tessuti) e dall'associazione nella stessa patologia di più cause invalidanti [ad esempio, nel piede diabetico la gravità della situazione locale viene appesantita dalla presenza di ischemia e di infezione.

Il ripristino di funzioni vitali come la respirazione cellulare, con conseguente riattivazione dei compiti a cui la cellula è preposta, la neoformazione vascolare, ecc. sono tutti effetti che l'Ossigeno Iperbarico esplica nel corso di cicli più o meno lunghi e tali effetti si protraggono nel tempo anche dopo la fine della Terapia.

Il trattamento si effettua in camera iperbarica, dove la pressione interna è aumentata immettendovi aria compressa e viene effettuato normalmente a una pressione fra 1,5 e 2,8 atmosfere assolute (ATA - corrispondenti a 5-18 metri di profondità in mare), per tempi che vanno dai 60 ai 120 minuti, su indicazione e sotto il controllo medico diretto.

---

### Effetti dell'ossigeno iperbarico

- fornisce ossigeno ai tessuti ischemici (deficit circolatorio e di trasporto);
- azione antibatterica diretta ed indiretta (attivazione magrofagi, attività citolitica...);
- promuove la sintesi del monossido di azoto (NO), importante mediatore chimico;
- favorisce il ripristino del metabolismo energetico di cellule sofferenti per ipossia;
- favorisce la produzione di collagene (che serve per riparare le ferite);
- attiva la riparazione delle ossa e la deposizione di calcio;
- ha azione antibatterica;
- riduce i danni da infiammazione cronica (interagendo con il metabolismo del monossido di azoto);
- regola la risposta immunitaria (riduce citochine proinfiammatorie e diapedesi leucocitaria);
- modifica il bilancio delle prostaglandine (mediatori chimici dell'infiammazione);
- ha azione antiedemigena tissutale;
- facilita la proliferazione vascolare capillare (neoangiogenesi e vasogenesi) e la rivascolarizzazione delle aree ischemiche;
- accelera la demarcazione tra tessuto morto da quello sofferente ischemico ma vitale e recuperabile;
- favorisce il ripristino funzionale del metabolismo cellulare nei casi di intossicazione da monossido di carbonio, fumo, cianuri e metaemoglobina.

Pertanto ecco che l'OTI per la azione antiedemigena, angiogenetica, antiinfiammatoria e di stimolazione cellulare prometabolica favorendo i processi di riparazione e cicatrizzazione, nonché di demarcazione dei tessuti morti dai sofferenti ma ancora vitali è una tecnica

assai utile per limitare la entità del sacrificio di tessuti o della estensione delle amputazioni garantendo comunque buone possibilità di guarigione, piede diabetico, gravi lesioni ischemiche degli AA., esiti di lesioni da schiacciamento.

---

### Criteri di appropriatezza per l'Ossigeno Terapia Iperbarica (OTI)

- vasta perdita di sostanza in paziente con flusso ematico valido;
- rivascolarizzazione con ischemia residua nell'area circostante la lesione;
- paziente rivascolarizzato in presenza di ulcere apicali;
- paziente rivascolarizzato in attesa di intervento di chirurgia plastica;
- paziente rivascolarizzato in presenza di fattori di compromissione sistemici e locali;
- presenza di infezione necrosante progressiva dei tessuti molli;
- deiscenze del moncone in paziente precedentemente sottoposto ad amputazione.

### Posologia

1. NUMERO DI SEDUTE OTI: 40
2. PRESSIONE: 2.5 bar
3. DURATA: 90 minuti con FiO<sub>2</sub> in maschera ≥ 90%.
4. VERIFICA dei risultati alla quindicesima/ventesima seduta: dopo la valutazione sarà possibile proseguire l'ossigenoterapia iperbarica, in accordo con il medico inviante, secondo il seguente schema:
  - GUARITO: sospende OTI
  - MIGLIORATO: prosegue OTI con un eventuale ulteriore ciclo di venti sedute consecutive a 2.5 ATA
  - INVARIATO o PEGGIORATO: sospensione del trattamento iperbarico, rivalutazione chirurgica vascolare per eventuale controllo di precedente intervento di rivascolarizzazione e/o per amputazione maggiore.

---

### Conclusioni

La terapia iperbarica trova sicuramente indicazione nel trattamento delle lesioni cutanee dei pazienti diabetici e di quelli ischemici cronici, incrementando l'apporto d'ossigeno viene favorita la formazione di nuovi vasi e la cicatrizzazione di eventuali lesioni, accelerando di fatto i tempi di guarigione. A questi effetti si aggiunge il controllo delle infezioni e dello stato infiammatorio locale.

---

### Bibliografia

- Roberts GP, Harding KG. Stimulation of glycosaminoglycan synthesis in cultured fibroblasts by hyperbaric oxygen. *Br J Dermatol* 1994; 131: 630-3.
- Mader JT, Brown GL, Guckian JC, Wells CH, Reinartz JA. A mechanism for the amelioration by hyperbaric oxygen of experimental staphylococcal osteomyelitis in rabbits. *J Infect Dis* 1980; 142: 915-22.

- Thom SR. Effects of hyperoxia on neutrophil adhesion. *Undersea Hyperb Med* 2004; 31: 123-31.
- Niinikoski J. Effect of oxygen supply on wound healing and formation of experimental granulation tissue. *Acta Physiol Scand Suppl* 1969; 334: 1- 72.
- Niinikoski J. New aspects of hyperbaric oxygen therapy in improving tissue salvage after acute musculo-skeletal trauma. *Ann Chir Gynaecol* 2001; 90 Suppl 215: 5-7.
- Niinikoski J. Current concepts of the role of oxygen in wound healing. *Ann Chir Gynaecol* 2001; 90 Suppl 215: 9-11.
- Niinikoski J. Clinical hyperbaric oxygen therapy, wound perfusion and transcutaneous oximetry. *World J Surg* 2004; 28: 307-11.
- Hunt TK, Hopf HW. Wound healing and wound infection. What surgeons and anesthesiologists can do. *Surg Clin North Am* 1997; 77: 587-606.
- Hammarlund C, Sundberg T. Hyperbaric oxygen reduced size of chronic leg ulcers: a randomized double-blind study. *Plast Reconstr Surg* 1994; 93: 829-33.
- Mathieu D. Recommendation of the Jury of 7th ECHM Consensus Conference on Hyperbaric Medicine, Lille (Fr), 2004.

**Corrispondenza:** *ugopani@habilita.it*

Alberto Maffi<sup>1,2</sup>, Chiara Mulè<sup>1,2</sup>, Giovanni Taveggia<sup>1,2</sup>

## **Fase pre protesica: ruolo del fisioterapista nel trattamento del moncone e preparazione della persona alla protesizzazione**

<sup>1</sup> Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals - High Complexity Rehabilitation, Zingonia (BG)

<sup>2</sup> Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals - Faccononi Rehabilitation Hospital, Samico (BG)

**RIASSUNTO.** La riabilitazione del paziente amputato necessita di un approccio multidisciplinare. Nel lavoro d'equipe, il fisioterapista ricopre un ruolo centrale, sia per le competenze tecniche messe a disposizione del paziente, sia per il supporto psicologico-motivazionale che fornisce all'amputato durante il trattamento. La fase pre protesica della riabilitazione rappresenta l'inizio di un percorso riabilitativo complesso, durante il quale dovranno essere dapprima valutate le condizioni cliniche generali del paziente e le sue abilità residue, al fine di sviluppare strategie riabilitative personalizzate secondo i bisogni dell'amputato. Tutto ciò ha come obiettivo la precoce verticalizzazione e la protesizzazione del paziente, per consentire in seguito l'adeguato reinserimento sociale dell'amputato.

**Parole chiave:** amputazione, riabilitazione, formazione pre protesica, intervento di terapia fisica.

**ABSTRACT.** *The rehabilitation of amputees requires a multi-discipline approach. Within the work of the team, physiotherapy plays a central role both in terms of the technical skills made available to the patient, as well as in terms of the psychological-motivational support offered to the amputee during treatment. The pre-prosthetic phase of rehabilitation is the beginning of a complex rehabilitative process during which starts with an assessment of the general clinical condition of the patient and their residual capacities, so as to develop personalised rehabilitative strategies based upon the needs of the amputee. This whole process aims to get the amputee standing with a prosthetic as quickly as possible, thus allowing the social reintegration of the amputee.*

**Key words:** *amputation, rehabilitation, pre prosthetic training, physical therapy intervention.*

In seguito ad un'amputazione di arto inferiore, la riabilitazione del moncone e la preparazione della persona alla protesizzazione rappresentano la prima importante fase di un percorso clinico-terapeutico finalizzato al reinserimento sociale e lavorativo del paziente.

La classe d'età in cui è maggiore il rischio di amputazione di arto inferiore è quella degli over 75, si tratta di una fascia di età in cui gli interventi di amputazione sono dovuti quasi integralmente a vasculopatie croniche. Tranne che negli esiti di traumi, i pazienti amputati presentano spesso un quadro clinico complesso, che richiede un approccio mirato e multidisciplinare. Di sovente, i pazienti giungono all'intervento chirurgico dopo lunghi periodi di progressiva immobilizzazione, durante la quale sono stati sottoposti a terapie farmacologiche e chirurgiche. Il perdurare dell'insufficienza arteriosa e la successiva necrosi tessutale dell'estremità amputata riducono progressivamente sia le capacità funzionali sia le condizioni cliniche generali del paziente. Ciò determina una perdita del tono-trofismo muscolare, una riduzione dell'articolari degli arti inferiori e un deficit dell'equilibrio da decondizionamento (1).

L'amputazione crea non solo problemi fisici ma soprattutto psichici: in particolare il paziente geriatrico, fisiologicamente già fragile, percepisce l'amputazione come "l'inizio della fine". Inoltre la perdita dell'autonomia spesso comporta l'allontanamento dal nucleo familiare con ricovero in reparti chirurgici e di riabilitazione. L'amputazione deve invece essere considerata come un intervento finalizzato a rimuovere il dolore ed emendare la disabilità del paziente. Attraverso la procedura di protesizzazione, la persona non perderà la sua indipendenza, ma avrà la possibilità di tornare a deambulare e di riconquistare l'autonomia in molte attività della vita quotidiana.

Trattandosi di una malattia disabilitante così complessa, la riabilitazione del paziente amputato dovrà coinvolgere per necessità professionisti di molte discipline, attraverso il lavoro in equipe di diverse figure professionali: chirurgo, fisiatra, internista, psicologo, fisioterapista, tecnico ortopedico e terapeuta occupazionale che si confrontano e concorrono al risultato finale in una strategia di reciproca collaborazione(2). Il fisioterapista ricopre un ruolo centrale nel percorso riabilitativo, sia per le competenze tecniche messe a disposizione del paziente, sia per il supporto psicologico-motivazionale che fornisce all'amputato durante il trattamento.

La riabilitazione dell'amputato va iniziata immediatamente dopo l'intervento per prevenire gli effetti dovuti al decondizionamento neuromuscolare, le alterazioni trofiche locali e l'ipoventilazione. Gli effetti benefici dell'esercizio fisico sono potenziati dall'allenamento e viceversa annullati da una prolungata inattività. La rieducazione funzionale dell'amputato va affrontata con un duplice obiettivo: a) un utilizzo ottimale della protesi; b) la prevenzione di recidive e delle complicanze del moncone e dell'arto superstite. Occorre pertanto valutare la funzione di molti sistemi: nervoso, cardiaco, respiratorio e osteo-articolari che possono compromettere la ripresa funzionale.

### L'intervento riabilitativo

Come accade in ogni paziente da riabilitare è fondamentale procedere in prima istanza con una valutazione preliminare.

Le scale di valutazione maggiormente utilizzate sono scale psicometriche e funzionali:

- FIM
- Barthel index score
- Visual Analogic Scale
- Scala di percezione dello sforzo RPE - Scala di Borg.

Risulta inoltre fondamentale valutare la funzione emodinamica, un ECG ed una visita medica accurata possono essere secondariamente seguiti da accertamenti più specifici (Rx torace, ecocardiogramma, Holter ECG, scintigrafia cardiaca) poiché all'inizio della rieducazione motoria coincide in alcuni casi con episodi ischemici o fenomeni aritmici determinati dall'aumento del consumo di ossigeno. Giova rilevare che nel paziente amputato, durante il training deambulatorio con la protesi, è stato rilevato un aumento del consumo di ossigeno rispetto al normale fino al 9% nell'amputazione di gamba, al 49% in quella di coscia, al 200% nel bi-amputato. Pertanto la valutazione della funzionalità cardiovascolare e respiratoria assume un'importanza primaria in questa fase, al fine di predisporre al meglio il paziente, con una terapia farmacologica adeguata, al training riabilitativo.

Le cure post chirurgiche e la rieducazione preprotetica hanno lo scopo di:

- gestire in maniera idonea il moncone
- ridurre il dolore
- ripristinare soddisfacenti condizioni psicofisiche del paziente
- aumentare la resistenza allo sforzo fisico
- evitare complicanze dovute a retrazioni, contratture, lesioni e rigidità.

Il trattamento riabilitativo terrà conto di:

- livello dell'amputazione
- età del paziente
- patologie correlate
- abilità residue.

Il trattamento fisioterapico inizia al letto del paziente per prevenire lesioni da decubito e per allenare l'amputato alla corretta effettuazione dei passaggi posturali sulla carrozzina. Nel periodo pre protetico è il trattamento del

moncone a ricoprire la maggior importanza (3). Occorrerà quindi ottimizzare le sue condizioni per ottenere in seguito le migliori performance. Il moncone può talvolta presentare criticità di varia natura:

- Complicanze a carico della cute: difetti di cicatrizzazione con soluzioni di continuo a causa di insufficiente irrorazione, possibili aderenze ai piani più profondi, cheloidi, fistole, dermatiti, follicoliti, eccesso o scarsità di tessuti molli.
- Edema del moncone: imbibizione dei tessuti molli dovuta alla modificazione della normale distribuzione dei vasi sanguigni e del sistema linfatico prodotta dall'amputazione.
- Parti ossee: possono presentare difetti di lunghezza del moncone (troppo corti o troppo lunghi con conseguenti bracci di leva svantaggiosi), irregolarità nell'estremità dell'osso sezionato, comparsa di esostosi, osteoporosi.
- Disturbi delle articolazioni prossimali all'amputazione: possono mostrare atteggiamenti viziati a causa di contratture, retrazioni capsulari o alterazioni della struttura articolare.
- Dolore al moncone: sintomo frequente e invalidante a diversa genesi: dolori ischemici legati a turbe trofiche e circolatorie, dolori d'alterazione del segmento osseo, da patologie cutanee, da cicatrici; dolori neurogeni: quali parestesie, neuromi, arto fantasma.

Le strategie terapeutiche a disposizione per trattare i problemi del moncone sono:

- Riduzione dell'edema del moncone: per favorire il drenaggio dei liquidi interstiziali si possono utilizzare tecniche di linfodrenaggio manuale e fasciature elastiche contenitive. Quest'ultime possono essere realizzate con il classico bendaggio elastico applicato rigorosamente con una manovra spirale incrociata disto-prossimale, o con cappucci copri moncone in tessuto elastico tubolare.
- Miglioramento dello scorrimento tra i vari piani muscolari e cutanei attraverso massaggi di scollamento: per rendere la cute del moncone più elastica possibile, è opportuno trattare le cicatrici con massaggio di scollamento così da eliminare eventuali aderenze e favorire lo scivolamento tra i tessuti.
- Trattamento del dolore: attraverso tecniche massoterapiche e correnti antalgiche a bassa frequenza tipo TENS.

Durante la riabilitazione in palestra è indispensabile la prevenzione degli atteggiamenti viziati e della rigidità delle articolazioni soprastanti l'amputazione. Per una precoce e corretta rieducazione alla deambulazione è fondamentale preservare o correggere da atteggiamenti viziati il moncone, mantenendo o recuperando le normali escursioni articolari. Il moncone mostra spesso una tendenza ad atteggiarsi in flessione a causa del prevalere dei muscoli flessori sugli estensori (l'ileo-psoas nelle amputazioni sopra il ginocchio e gli ischio-cruiali nelle amputazioni sotto il ginocchio). È basilare prevenire queste retrazioni, mediante l'istruzione diretta al paziente di posture da adottare più volte nella giornata, e mostrandogli il più corretto posizionamento in carrozzina, la cui permanenza deve essere limitata al minimo indispensabile. Nel caso in cui gli atteggiamenti viziati si fos-

sero già instaurati, l'intervento riabilitativo è orientato all'allungamento della muscolatura retratta tramite mobilizzazioni attive e passive dell'articolazione e manovre di allungamento effettuate attraverso esercizi di stretching muscolare e posture adeguate.

Il principale obiettivo della rieducazione post-chirurgica è la "verticalizzazione" del paziente, che inizia con la stazione seduta, rinforzata e migliorata con esercizi che stimolano reazioni idonee contro la perdita di equilibrio, permettendo così al paziente di ritrovare un buon aggiustamento posturale in rapporto alla posizione verticale. Tale aggiustamento permette delle azioni a livello del bacino e del tronco, attivando i muscoli della postura eretta (muscoli addominali e spinali). In questa fase viene compresa l'acquisizione del passaggio dalla posizione sdraiata a quella seduta. Sulla base di queste considerazioni si propongono esercizi che implicano una dinamicità versatile, attraverso i quali lavorare sullo svincolo dei cingoli, sullo sviluppo dell'equilibrio, e sugli adattamenti posturali. Si sfruttano non esclusivamente canali preferenziali quali la vista, ma anche e soprattutto afferenze tattili, cinestesiche e pressorie: un lavoro con il quale si mira ad amplificare nel paziente l'analisi dell'informazione per il recupero di un nuovo schema corporeo.

Inoltre vengono programmati esercizi finalizzati ad ottenere un potenziamento degli arti superiori, del tronco e dell'arto controlaterale, mediante esercizi aerobici progressivi scelti per migliorare la resistenza generale; a questi si affiancheranno esercizi di validazione della funzionalità respiratoria.

Nell'amputato si osservano anche disturbi statici, soprattutto rotazione delle spalle e del bacino. Spesso le tensioni sono in rotazione o in torsione e, nella maggior parte dei casi, queste perturbazioni sono associate realizzando un disturbo statico più o meno complesso, responsabile delle ipertensioni articolari posteriori e delle ipersollecitazioni muscolo-legamentose. Nel paziente amputato, poiché alcune catene muscolari sono interrotte e la statica è garantita dalle "catene muscolari posturali", ci troviamo spesso di fronte a disfunzioni o disarmonie delle catene propriocettive con conseguenti disturbi del tono e della postura.

Ogni trattamento riabilitativo dovrà essere comunque personalizzato secondo le abilità residue e gli obiettivi di reinserimento sociale o lavorativo del paziente. La fase pre protesica della riabilitazione rappresenta l'inizio di un percorso riabilitativo complesso, durante il quale il fisioterapista svolge anche un ruolo di motivatore e di supporto psicologico al paziente che ha da poco subito l'intervento chirurgico e che oltre alla menomazione fisica deve fronteggiare la disabilità conseguente all'amputazione.

### **Riorganizzazione corticale, schema corporeo e riabilitazione**

Le varie regioni del corpo sono rappresentate nella corteccia in modo corrispondente alla densità recettoriale (corteccia sensitiva) o del numero di motoneuroni corticali (corteccia motrice). L'esistenza dello schema corporeo, ossia di una rappresentazione mentale del proprio corpo e della sua posizione nello spazio, è un concetto discusso da

molti autori (Fredericks, 1985), la caratteristica principale di adattamento del sistema neuromotorio danneggiato è la plasticità.

Merzenich nel 1984, ipotizzò che la percentuale dei cambiamenti nella lunghezza e nella grandezza dell'arto è proporzionale al processo di riorganizzazione corticale, che avviene nell'area 3b della corteccia somatosensoriale dopo amputazione (4). In particolare, l'acuità sensoriale del moncone aumenta, come se esso occupasse più territori corticali originariamente corrispondenti alle parti dell'arto amputato o dell'arto assente dalla nascita (aplasia congenita). Perciò la riorganizzazione corticale, dopo amputazione, implica un'espansione degli input del moncone entro regioni cerebrali originariamente rappresentanti l'arto amputato. Dagli esperimenti di Merzenich risulta che dalla rimozione chirurgica di un dito si può dimostrare la riorganizzazione delle mappe corticali. L'area di rappresentazione del dito rimosso viene progressivamente occupata dalla rappresentazione delle dita vicine. L'allenamento alla discriminazione sensoriale può espandere la rappresentazione delle dita interessate. In modo analogo la rappresentazione delle mappe motorie può essere modificata dall'esercizio e dall'allenamento.

Anche secondo la teoria della "Neuromatrice" di Melzack del 1990, il cervello non si limita ad elaborare i segnali provenienti dalle aree periferiche, ma genera uno schema integrale del corpo, assumendo un ruolo preminente rispetto alle strutture nervose inferiori (5). La "Neuromatrice" è l'insieme di memoria, cinestesia, visione, tatto, propriocezione ed immaginazione: essa è geneticamente pre-determinata e poi plasticamente modificata dall'esperienza che, attraverso il meccanismo della competizione sinaptica, le conferirebbe un'architettura unica per ciascun individuo.

Hordacre nel 2015 asserisce che il modello di riorganizzazione della corteccia motoria primaria può essere correlato agli esiti funzionali di una amputazione trans tibiale (6). Studiare la riorganizzazione corticale subito dopo l'amputazione e la determinazione del rapporto tra la neurofisiologia e la funzione può migliorare la comprensione dei risultati ottenuti dal percorso riabilitativo (7). Nello specifico è stata studiata la riorganizzazione della corteccia contro laterale in seguito ad amputazione e attraverso la stimolazione magnetica trans cranica si sono potuti osservare un aumento delle rappresentazioni corticali e una maggiore eccitabilità cortico spinale (8).

Pertanto l'esercizio terapeutico è lo strumento più importante attraverso il quale la riabilitazione può stimolare positivamente i processi di recupero, esso si prefigge lo scopo di favorire modificazioni migliori di quelle che potrebbero emergere spontaneamente in seguito all'amputazione. Il percorso riabilitativo deve perciò rappresentare una particolare esperienza, che favorisce l'apprendimento (o il riapprendimento) di specifiche abilità, che costituiscono i prerequisiti di un movimento più evoluto e finalizzato rispetto alle stereotipie motorie che emergono dopo la lesione. L'esercizio fisico favorisce dunque il ripristino di capacità motorie organizzate e più raffinate, anche in relazione all'ambiente e agli stimoli/informazioni da esso derivate.

---

**Bibliografia**

- 1) Istituto Superiore di Sanità. Trattamento riabilitativo del paziente geriatrico vasculopatico amputato di coscia: sperimentazione di un protocollo. Roma: Rapporti ISTISAN; 2003.
- 2) Traballesi M. Ricerca e riabilitazione: l'esperienza della sessione amputati IRCCS Fondazione Santa Lucia Roma ed. Approfondimenti riabilitativi e tecnologici per il recupero della persona amputata di arto inferiore; San Maurizio Canavese, 10 ottobre 2014.
- 3) Mariani C, Morri M. Note sul trattamento riabilitativo medico ortopedico e tecnico-ortopedico delle amputazioni e delle malformazioni degli arti inferiori e superiori - ed. Corso di Aggiornamento INAIL; 2004.
- 4) Merzenich MM, Nelson RJ, Stryker MP. Somatosensory cortical map changes following digit amputation in adult monkeys. *J Comp Neurol* 1984; 224: 591-605.
- 5) Iannetti GD, Mouraux A. From the neuromatrix to the pain matrix (and back). *Exp Brain Res* 2010; 205: 1-12.
- 6) Hordacre, Bradnam, Barr, Pattriti, Crotti. Intracortical inhibition is modulated by phase of prosthetic rehabilitation in transtibial amputees - *Frontiers in Human Neuroscience*, 2015.
- 7) Hordacre B, Bradnam L. Reorganisation of primary motor cortex in a transtibial amputee during rehabilitation: a case report. *Clin Neurophysiol* 2013; 124: 1919-1921.
- 8) Simões EL, Bramati I, Rodrigues E, Franzoi A, Moll J, Lent R. Functional expansion of sensorimotor representation and structural reorganization of callosal connections in lower limb amputees. *J. Neuroscience* 2012; 32: 3211-3220.

**Corrispondenza:** *giovannitaveggia@habilitasarnico.it*



Eugenio Di Stanislao<sup>1,2</sup>, Roberto Pellegrini<sup>1,2</sup>, Daniele Zenardi<sup>1</sup>, Francesco Mattogno<sup>1,2</sup>

## Fase protesica: la protesi, le protesi

<sup>1</sup> ITOP SpA Officine Ortopediche, Palestrina (Roma)

<sup>2</sup> Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", Corso di Laurea in Tecniche Ortopediche, Roma

**RIASSUNTO.** L'evoluzione tecnologica che ha caratterizzato l'ultimo ventennio sia in termini di tecnologia dei materiali che di implementazioni elettroniche e di automazione ha reso disponibili nuove soluzioni nel campo della progettazione e realizzazione delle protesi di arto inferiore consentendo di superare alcuni dei limiti storici di tali dispositivi. Scopo di questo lavoro è quello di fare una panoramica delle componenti di un dispositivo protesico di arto inferiore indagando gli aspetti funzionali che indirizzano la scelta clinica e tecnica verso le soluzioni più idonee in relazione alle caratteristiche somatiche, esigenze riabilitative e stile di vita del soggetto amputato.

**Parole chiave:** amputazione, riabilitazione, protesi, arto inferiore.

**ABSTRACT.** *THE PROSTHETIC PHASE: THE PROTHESIS, THE PROTHESES. The technological evolution that has characterized the last two decades, both in terms of materials, electronics and automations, has made available new solutions in the field of design and manufacturing of lower limb prostheses allowing to overcome some of the historical limitations of such devices.*

*The aim of this work is to give an overview of the components of a prosthetic device for lower limb amputations, investigating the functional aspects that guide the clinical and technical choices towards the most suitable solutions according to the somatic features, rehabilitation needs and lifestyle of the amputee subject.*

**Key words:** *amputation, rehabilitation, prosthesis, lower limb.*

L'evoluzione tecnologica che ha caratterizzato l'ultimo ventennio sia in termini di tecnologia dei materiali che di implementazioni elettroniche e di automazione ha reso disponibili nuove soluzioni nel campo della progettazione e realizzazione delle protesi di arto inferiore consentendo di superare alcuni dei limiti storici di tali dispositivi.

Le protesi di arto inferiore possono essere classificate sulla base del segmento anatomico coinvolto in:

- Protesi per amputazioni parziali o totali di piede.
- Protesi per amputazioni trans-tibiali.
- Protesi per disarticolazione di ginocchio.
- Protesi per amputazioni trans-femorali.
- Protesi per disarticolazione d'anca o emipelvectomy.

Al di fuori di questa classificazione si pongono le ortoprotesi per malformazioni congenite che spesso coinvolgono livelli anatomici sopra-segmentari rispetto a quello affetto da malformazione.

Le protesi per amputazioni parziali o totali di piede appartengono alla famiglia delle protesi tradizionali, ovvero protesi costruite in un blocco unico multimateriale (legno, polimeri plastici e schiume polietileniche o di etilvinilacetato) aventi l'obiettivo di compensare il braccio di leva perso con l'amputazione e permettere l'esecuzione di un terzo rocker funzionale alla fase propulsiva del passo. Nell'ultimo decennio il progresso tecnologico manifatturiero ha reso possibile la realizzazione di protesi in silicone ad elevato impatto estetico con efficaci performance funzionali anche per questi livelli di amputazione.

Anche per quanto riguarda le amputazioni trans-tibiali e trans-femorali, le tradizionali protesi a blocco unico (spesso realizzate interamente in legno) sono oggi sostituite dalle protesi modulari che consentono di poter intercambiare e variare l'allineamento della componentistica funzionale (piedi, ginocchi ed anche protesiche) applicata alla parte costruita su misura ovvero l'invasatura. Ciò è reso possibile dallo sviluppo e dalla diffusione di elementi tubolari in lega metallica con giunti di collegamento standard chiamati, in gergo, attacchi piramidali.

A prescindere dal livello di amputazione, un generico dispositivo protesico modulare di arto inferiore è composto da:

- Un'invasatura su misura che prende contatto con il moncone d'amputazione e costituisce l'interfaccia mediante la quale il paziente grava e controlla la protesi.

- Un sistema di sospensione che ha il compito di garantire la tenuta monconeinvasatura.
- Una struttura tubolare e giunti di collegamento in lega metallica che hanno il compito di connettere l'invasatura alle articolazioni meccaniche ed al piede protesico.
- Eventuali articolazioni protesiche d'anca e ginocchio (a seconda del livello di amputazione).
- Un piede protesico.

La costruzione dell'invasatura è un aspetto critico per l'efficacia e la *compliance* della protesi nel suo complesso.

I disegni di invasatura protesica più diffusi per le amputazioni trans-tibiali sono:

- PTB (*Patellar Tendon Bearing*).
- PTK (*Patellar Tendon Kegel*).
- TSB (*Total Surface Bearing*).

I disegni di invasatura protesica più diffusi per le amputazioni trans-femorali sono:

- Quadrilatera.
- CAT-CAM (*Contoured Adducted Trochanteric-Controlled Alignment Method*).
- MAS (*Marlo Anatomical Socket*).

La scelta del sistema di sospensione idoneo dipende dalle caratteristiche morfologiche del moncone, del grado di autonomia e competenze cognitive del paziente e dalla presenza di eventuali patologie vascolari concomitanti.

I più comuni sistemi di sospensione applicati sono:

- Cinturini di fissaggio che ancorano la protesi ad un livello anatomico sovrasegmentario rispetto a quello coinvolto dall'amputazione.
- Sistemi di fissaggio che utilizzano cuffie coprimoncone con pin metallici distali ed attacchi a cremagliera incorporati nella base dell'invasatura.
- Sistemi di sospensione in sotto-vuoto passivo.
- Sistemi di sospensione in sotto-vuoto attivo.
- Sistemi di sospensione ibridi.

Spesso, soprattutto nelle amputazioni di natura vascolare, si utilizzano sistemi di sospensione in sotto-vuoto passivo o attivo in quanto questi sono in grado di (1, 2):

- Migliorare il circolo emato-linfatico.
- Ridurre le variazioni volumetriche circadiane a carico del moncone.
- Ridurre il "pistonamento" reciproco fra moncone ed invasatura.

I sistemi di sospensione in sotto-vuoto passivo più diffusi sul mercato sono:

- Sistemi con valvola pneumatica unidirezionale incorporata nell'invasatura, cuffia coprimoncone in materiale elastomerico e ginocchiera sigillante (solo per amputazioni trans-tibiali).
- Sistemi con valvola pneumatica unidirezionale incorporata nell'invasatura e cuffia coprimoncone in materiale elastomerico dotata di membrane sigillanti.
- Sistemi di vuoto assistito che sfruttano la depressione creata da una pompa meccanica applicata sotto il tacco del piede protesico in abbinamento ad una cuffia coprimoncone in materiale elastomerico dotata di membrane sigillanti.

- I sistemi di sospensione in sotto-vuoto attivo sono più applicati per i livelli di amputazione trans-tibiali che non per quelli trans-femorali e sfruttano delle pompe elettromeccaniche in grado di generare una pressione sub-atmosferica dell'ordine di 1,35÷4,05 bar all'interno dell'invasatura. Anche questi sistemi lavorano in combinazione ad una cuffia coprimoncone in materiale elastomerico dotata di membrane sigillanti o a cuffie coprimoncone in materiale elastomerico e ginocchiere sigillanti (solo per amputazioni trans-tibiali).

La scelta della tipologia di struttura modulare e giunti da utilizzare in termini di materiali di costruzione dipende esclusivamente dal peso del soggetto; in particolare per soggetti al di sotto dei 100 kg si possono utilizzare delle leghe leggere a base di alluminio o titanio.

La scelta della componentistica funzionale viene invece fatta sulla base del livello di mobilità del soggetto utilizzando la scala denominata *K-level* (3) o la scala *Mobis* tenendo presente, anche, le interazioni reciproche fra i vari elementi della protesi.

Da vent'anni a questa parte la quasi totalità dei piedi protesici applicati rientra nella classificazione dei piedi con lamina e/o struttura in fibra di carbonio in grado di accumulare energia cinetica durante il primo contatto dell'arto a terra, trasmetterla, sotto forma di energia potenziale, a livello del mesopiede e restituirla sottoforma di energia cinetica all'avampiede durante la fase propulsiva del passo (4).

I vari piedi protesici con lamina in fibra di carbonio disponibili sul mercato differiscono fra loro per la dinamica di accumulo e restituzione di energia e per l'eventuale presenza di elementi ammortizzanti assiali e/o torsionali.

Di recente introduzione sono i piedi protesici con controllo elettronico della flessione dorsale e plantare del piede che consentono di riconoscere eventi quali salita o discesa di rampe e scale adattando il proprio assetto di conseguenza e riducendo quindi i movimenti di compenso del paziente ed il costo energetico della deambulazione (5).

Le articolazioni protesiche di ginocchio possono essere classificate sulla base delle funzioni esplicitate in:

- Ginocchi bloccati.
- Ginocchi polifunzionali.

I ginocchi polifunzionali, sia di tipo monocentrico che policentrico, garantiscono la sicurezza in fase statica consentendo, però, a differenza dei ginocchi bloccati, un certo grado di flessione controllata durante l'appoggio dell'arto a terra avvicinando la cinematica del cammino di un soggetto amputato a quella di uno sano (6).

A seconda del meccanismo di controllo ed attuazione della flessione in fase statica possiamo distinguere:

- Ginocchi polifunzionali di tipo idraulico a controllo meccanico.
- Ginocchi polifunzionali di tipo pneumatico a controllo meccanico.
- Ginocchi polifunzionali di tipo idraulico o a fluidi magnetoreologici a controllo elettronico.

I ginocchi polifunzionali a controllo elettronico sono in grado di ridurre drasticamente il costo energetico della deambulazione di un soggetto amputato (7, 8) e favorire in maniera significativa il suo reinserimento socio-lavorativo

viste le possibilità di superamento dei tradizionali ostacoli al cammino di questa particolare classe di disabilità motoria.

Non è quindi possibile parlare di miglior componente o miglior protesi ma di perfetto abbinamento fra i componenti in relazione al livello di mobilità, alle esigenze ed allo stile di vita del paziente amputato.

---

### Bibliografia

- 1) Trallesi M et al. Residual limb wounds or ulcers heal in transtibial amputees using an active suction socket system. A randomized controlled study. *Eur J Phys Rehabil Med* 2012; 48: 1-2.
- 2) Brunelli S et al. A comparison between the suction suspension system and the hypobaric Iceross Seal-In® X5 in transtibial amputees. *Prosthet Orthot Int* 2013 Dec; 37(6): 436-44.
- 3) Gailey RS et al. The Amputee Mobility Predictor: An instrument to assess determinants of the lower-limb amputee's ability to ambulate. *Arch Phys Med Rehabil* 2002 May; 83(5): 613-27.
- 4) Fey NP et al. The influence of energy storage and return foot stiffness on walking mechanics and muscle activity in below-knee amputees. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2011 Dec; 26(10): 1025-32.
- 5) Delussu AS et al. Assessment of the effects of carbon fiber and bionic foot during overground and treadmill walking in transtibial amputees. *Gait Posture*. 2013 Sep; 38(4): 876-82.
- 6) El-Sayed AM et al. Technology efficacy in active prosthetic knees for transfemoral amputees: a quantitative evaluation. *Scientific World Journal* 2014; 2014: 297431.
- 7) Thiele J et al. Designs and performance of microprocessor-controlled knee joints. *Biomed Tech (Berl)* 2014 Feb; 59(1): 65-77.
- 8) Perry J et al. Energy expenditure and gait characteristics of a bilateral amputee walking with C-leg prostheses compared with stubby and conventional articulating prostheses. *Arch Phys Med Rehabil* 2004 Oct; 85(10): 1711-7.

**Corrispondenza:** *distanislao.e@itop.it*

Stefania Fogliaresi<sup>1,2</sup>, Chiara Mulè<sup>1,2</sup>, Alberto Borboni<sup>3</sup>, Giovanni Taveggia<sup>1,2</sup>

## Il percorso protesico personalizzato: ruolo del T.O. nel recupero dell'autonomia

<sup>1</sup> Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals - High Complexity Rehabilitation, Zingonia (BG)

<sup>2</sup> Habilita, Care & Research Rehabilitation Hospitals - Faccanoni Rehabilitation Hospital, Sarnico (BG)

<sup>3</sup> University of Brescia, Mechanical and Industrial Engineering Department

**RIASSUNTO.** La finalità del trattamento riabilitativo nel paziente amputato è quella di favorire e facilitare il reinserimento del paziente nella vita di tutti i giorni: nel suo contesto sociale, familiare o lavorativo. La terapia occupazionale si riferisce al “fare”, alle occupazioni della vita di ogni giorno. Sono le specifiche occupazioni della vita quotidiana di ogni singolo: prendere l'autobus, guidare l'auto, cucinare un pasto, giocare a carte o cambiare una lampadina. Durante il percorso riabilitativo dell'amputato, il terapista occupazionale deve valutare le abilità residue del paziente, indagarne i bisogni e le specificità al fine di sviluppare idonee strategie riabilitative di rieducazione motoria, di accettazione delle nuove condizioni di vita e di reinserimento sociale.

**Parole chiave:** amputazione, riabilitazione, intervento di terapia occupazionale, arto inferiore amputato, protesi.

**ABSTRACT.** *The aim of the rehabilitative treatment of the amputee is to facilitate the reintegration of the patient into daily life: within social, family, and working contexts. Occupational therapy relates to 'doing', to everyday life. These are the activities carried out by individuals during daily life: catching the bus, driving a car, cooking a meal, playing cards or changing a light bulb. During the process of rehabilitation of the amputee the occupational therapist must evaluate the residual capacities of the patient, discover their needs and requirements so as to develop suitable rehabilitative strategies for retraining motor-skills, acceptance of the new living conditions, and social reintegration.*

**Key words:** *amputation, rehabilitation, occupational therapy intervention, lower limb amputee, prosthesis.*

### Discussione

L'intervento riabilitativo in una persona amputata di arto, oltre che multidisciplinare, deve essere il più possibile personalizzato. Di fondamentale importanza è valutare, prima di procedere al trattamento, le reali capacità ed esigenze dell'individuo con cui ci troviamo ad operare.

Il progetto riabilitativo “deve essere mirato su obiettivi plurimi e specifici, programmati in maniera ordinata, perché l'autonomia raggiungibile nei diversi ambiti possa tradursi in autonomia della persona nel suo complesso e comunque in una migliore qualità della vita della persona” (1).

L'autonomia deve essere intesa come recupero di un nuovo equilibrio, a fronte di una limitazione delle proprie risorse psicofisiche e delle abilità:

- nelle relazioni con sé stessi: controllo sulla propria vita e sulle proprie scelte;
- nella relazione con l'ambiente: possibilità di muoversi liberamente nell'ambiente, di svolgervi delle attività quotidiane conformemente alle proprie necessità, ruoli e aspirazioni;
- nelle relazioni con gli altri: libertà di scelta nelle modalità, nello stile e nell'intensità dei rapporti con le persone.

La finalità del trattamento riabilitativo è quello di favorire e facilitare il reinserimento del paziente nella vita di tutti i giorni, nel suo contesto sociale, familiare e lavorativo.

La parola “occupazionale” si riferisce al “fare”, alle occupazioni della vita di ogni giorno. Sono le nostre occupazioni, come prendere l'autobus, guidare l'auto, cucinare un pasto, giocare a carte o cambiare una lampadina, che ci fanno essere unici in quello che siamo. La malattia, la disabilità interrompono o impediscono il saper fare e a volte, nelle situazioni gravi lo annullano. L'intervento riabilitativo permette alle persone di ritrovare la possibilità di partecipare alle occupazioni desiderate. I problemi che si incontrano possono essere molto complessi: a volte vengono compromesse funzioni cognitive e la volontà di partecipazione insieme al corpo; altre volte sono necessari aiuti molto pratici (prescrizione di ausili o di progettazioni domotiche). Nell'equipe il terapista occupazionale porta la propria competenza, il proprio contributo tecnico, ri-

## Allegato 1

guardo all'obiettivo comune di riconquistare buona qualità di vita del paziente (2). Tutte le occupazioni possono essere incluse nelle tre sfere della vita quotidiana:

- le attività per la cura di sé: "grooming" (mettersi in ordine e vestirsi, gestione della casa, gestione del cibo, gestione del denaro e della salute);
- le attività produttive: lavoro, studio;
- le attività ricreative: giuoco, tempo libero, sport.

### Definizione dell'intervento di TO

In ogni primo incontro terapeutico, mediante l'intervista al paziente e l'osservazione dei comportamenti, si valutano le performances occupazionali dell'individuo, si indagano i bisogni della persona, si scoprono le priorità individuali. Il terapeuta valuta le sue risorse residue come pure le difficoltà maggiori, definendo gli obiettivi da raggiungere e la cronologia degli interventi terapeutici. **Questo approccio non parte dalla diagnosi e dalla patologia del paziente, ma dall'individuo come essere occupazionale.** Dopo aver individuato le risorse residue, le aspettative e le motivazioni del paziente, si passa ad un approccio più tecnico, che affronterà problemi specifici con interventi mirati.

Ogni progetto terapeutico parte dalla valutazione di:

- abilità cognitive;
- abilità motorie;
- abilità prassiche;
- autonomie personali;
- assetto relazionale;
- assetto emotivo individuale;
- capacità di comunicazione e socializzazione;
- attitudine e motivazione.

Nella scelta delle attività che rientrano nel programma riabilitativo è fondamentale trovare la giusta spinta motivazionale del paziente che lo porta ad affrontare il disagio della menomazione con una energia positiva e con obiettivi condivisi sin dal primo giorno di trattamento. Il senso di fiducia che nasce dalla collaborazione e dal raggiungimento di obiettivi condivisi rafforzano l'autostima, rendendo più facile il percorso di riabilitazione e di accettazione della nuova vita.

Scheda sulla vita quotidiana				
	da solo/a senza problemi	da solo/a con qualche problema	con l'aiuto di un altro	chi la aiuta?
<b>Cura personale</b>				
Farsi il bagno				
Lavarsi				
Lavarsi i capelli				
Farsi la barba				
Pettinarsi				
Vestirsi				
Mettersi deodorante, profumo, gel				
<b>Cura delle proprie cose</b>				
Fare compere				
Pulire e fare ordine				
Lavare la biancheria				
Stirare				
Rammendare				
Cucinare				
<b>Contatti con l'esterno</b>				
Usare il telefono, il cell., il computer				
Scrivere lettere, e-mail, cartoline				
Prendere un appuntamento				
Girare per la città				
Viaggiare in autobus, treno, aereo				
Prendere la metropolitana, il tram				
<b>Tempo libero</b>				
Andare al bar, supermercato, spaccio				
Andare in chiesa				
Svagarsi, divertirsi (televisione, giochi, carte, letture, cinema, computer)				
Accudire animali domestici				
Quali delle attività sopra elencate le piacerebbe fare oppure imparare?				

Nel paziente amputato, gli obiettivi principali da raggiungere sono il conseguimento della maggiore autonomia possibile:

- nei passaggi posturali;
- nell'igiene personale;
- nell'autogestione della protesi;
- nel cammino, nel fare le scale, nell'effettuare percorsi su terreni irregolari.

Le scale di valutazione funzionale più utilizzate per la misura di outcome sono l'indice di Barthel e la scala FIM, per il dolore la Visual Analogic Scale (VAS), per la qualità della vita percepita dal paziente la scala SF36.

In genere la scelta degli ausili per la deambulazione viene effettuata dal fisioterapista nella fase di training all'utilizzo della protesi. Durante il percorso di TO viene valutata la possibilità di adottare ausili o sistemi di facilitazione per le attività di vita quotidiana: dalla scelta dei dispositivi migliori per l'accesso alla vasca da bagno o alla sedia da doccia, alla scelta della carrozzina pieghevole per le situazioni di emergenza (rottura protesi, percorsi lunghi

## Allegato 2

e accidentati...), alle modifiche del sistema di guida dell'auto; viene studiata insieme al paziente la ri-organizzazione dell'ambiente domestico o dell'area di lavoro, la definizione di eventuali modifiche strutturali, progettando la tempistica di rientro al domicilio.

La cura e la pulizia della protesi occupano un ruolo fondamentale in tutto il processo di protesizzazione: il terapeuta spiega ed insegna al paziente l'importanza di mantenere l'igiene corretta della cuffia e dell'invaso per evitare possibili macerazioni cutanee.

Il TO, svolge fondamentali attività per migliorare il controllo del tronco, la flessibilità, la forza, la resistenza e l'equilibrio, affronta aspetti significativi per il paziente amputato, quali la fatica, l'utilizzo razionale del tempo e il principio di conservazione dell'energia.

Una delle finalità sarà quindi quella di dare al paziente informazioni e strumenti utili per:

- controllare la fatica, imparare tecniche di conservazione dell'energia, di semplificazione del lavoro e di gestione dei sovraccarichi funzionali;
- trarre il massimo risultato di efficienza nello sviluppo della forza e della coordinazione;
- utilizzare ausili, tecniche e strategie nel controllo dello spazio abitativo per promuovere la completa autonomia nelle attività di vita quotidiana (3).

#### Gli obiettivi del trattamento sono:

- migliorare le potenzialità individuali e promuovere l'indipendenza del soggetto attraverso la valutazione e il successivo allenamento al mantenimento della massima autonomia nelle AVQ e nelle attività lavorative;
- aumentare la resistenza mediante la diminuzione graduale dei momenti di riposo, ottenendo un incremento progressivo dello sforzo;
- semplificare l'atto motorio e reimpostare la progettualità e la sequenzialità del gesto;
- acquisire principi di economia articolare (ergonomia);
- reimparare a gestire le autonomie personali, attraverso un allenamento della destrezza e della coordinazione, mediante training funzionale (ampiezza del movimento, coordinazione, motricità fine e globale);
- individuare di strategie compensative/adattative;
- valutare l'eventuale ricorso ad adattamenti ed ausili per sostituire o migliorare una funzione e training di utilizzo della protesi nella vita quotidiana (4).

Perché il trattamento sia efficace e piacevole per il paziente è documentata l'utilità dei dispositivi meccanici ed elettronici con interfaccia grafica. Un recente studio

#### Scheda sull'esperienza lavorativa

Quali sono le sue passate esperienze di lavoro a partire dal suo ultimo lavoro?

Qualifica: \_\_\_\_\_

Mansioni: \_\_\_\_\_

Durata: da \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Motivo dell'interruzione: \_\_\_\_\_

Ha avuto altre esperienze di lavoro? Sì \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Quale lavoro le è piaciuto di più? \_\_\_\_\_

Perché? \_\_\_\_\_

Ha incontrato difficoltà sul lavoro? Sì \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

**Se sì, quali?** \_\_\_\_\_

Al momento attuale cosa preferirebbe:

un lavoro volontario? Sì \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

un lavoro con una regolare assunzione? Sì \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Quali lavori le interesserebbero di più?

1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

3 \_\_\_\_\_

Quali sono le sue aspettative o progetti per il futuro?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

promuove l'utilizzo della Wii Fit balance Boards ed iPad nel miglioramento del cammino dei pazienti anziani amputati (5).

Il programma riabilitativo del paziente amputato è realizzato considerando:

- capacità d'azione;
- partecipazione;
- qualità della vita;
- soddisfazione.

L'ambiente influenza il significato che la persona attribuisce alle attività nella sua quotidianità. Poiché l'ambiente può favorire o impedire queste attività, modificando l'ambiente è possibile intervenire positivamente sulle capacità di azione e sulla salute. L'allestimento dell'ambiente circostante riveste un ruolo fondamentale: un ambiente adeguato alla specifica situazione facilita le attività ed ha una ricaduta positiva sulla qualità di vita.

Il concetto di qualità della vita include aspetti soggettivi e oggettivi. Gli aspetti soggettivi implicano la percezione della propria condizione di vita e della propria capacità di azione. Di norma le persone che si sentono limitate nella loro capacità d'azione danno una valutazione negativa alla loro qualità della vita. La qualità della vita oggettiva include le condizioni ambientali fisiche e sociali. Sostanzialmente la qualità della vita è strettamente connessa sia alla capacità di azione della persona che al suo ambiente circostante. Per vita soddisfacente si intende una condizione di benessere psichico soggettivo risultante

dalla qualità della vita che diventa parametro della soddisfazione dell'individuo relativamente alla sua situazione in ogni ambito della sua attuale esistenza.

Il paziente amputato presenta numerose limitazioni nelle attività della vita quotidiana che influenzano la qualità della vita; un recente studio documenta che più basso è il livello di amputazione minore è l'impatto sulle performances funzionali e sulla qualità della vita percepita dal paziente valutata con scala SF36 (6).

### Schema corporeo

L'esperienza dell'amputazione rappresenta un evento traumatico ed un cambiamento radicale nella vita di una persona. L'amputazione altera l'integrità del Sé, modificando l'aspetto fisico ed i lineamenti psicologici; è fondamentale la ricerca di una continuità di sé nel tentativo di "essere ancora", pur "non essendo più come prima". Le reazioni psicologiche sono scatenate dal conflitto interno derivato dall'incongruenza tra l'immagine corporea interiore, immutata e spesso potenziata dalla sindrome dell'arto fantasma, ed un'immagine corporea esteriore acquisita nella quale il paziente non si riconosce (Self-Image Perception).

Questo conflitto condiziona negativamente il recupero funzionale della persona amputata. L'intervento della Terapia Occupazionale è fondamentale per portare il paziente all'identificazione nella sua nuova immagine corporea, attraverso il recupero della "sua figura", utilizzando i vari canali sensoriali, mediante stimolazioni visive, tattili, percettive, di feedback e di feedforward, in relazione a sé ed allo spazio. Una ricerca ha studiato la relazione tra la dispercezione dell'immagine corporea e la protesizzazione (7).

Lo studio ha indagato l'effetto della protesizzazione sulla ricostruzione dell'immagine corporea ed eventuali differenze tra una protesizzazione precoce ed una tardiva. Il risultato è che la dispercezione della propria immagine corporea è maggiormente dipendente dal livello di adattamento alla protesi e dal livello dell'ansia di tratto, cioè: un miglior adattamento sociale alla protesi ha un'influenza positiva sulla percezione della propria immagine, mentre maggiore è il livello di ansia generata dalla risposta ad una situazione stressante, peggiore è la percezione della propria immagine. Un fattore fondamentale per la percezione di una buona immagine corporea è quindi la buona integrazione della protesi: la soddisfazione per la protesi si correla con minori disturbi dell'immagine corporea. Nel paziente amputato protesizzato, la protesi deve diventare parte integrante della persona e deve essere riconosciuta a tutti gli effetti nello schema corporeo. L'immagine corporea è la capacità di rappresentare mentalmente il proprio corpo, di percepirlo come intero, come integrazione delle diverse componenti sensoriali, motorie e affettive. "L'immagine del corpo da un punto di vista fisiologico non è un fenomeno statico. La si acquista, la si costruisce ed essa trae la sua struttura da un continuo contatto col mondo. Non è una struttura ma una strutturalizzazione in cui si verificano continui cambiamenti, tutti questi cambiamenti sono in rapporto con la mobilità e le azioni del mondo esterno"(8).

Grande importanza quindi assume nell'intervento riabilitativo il recupero di un nuovo schema corporeo che integri completamente la protesi, facendola diventare parte integrante di sé; l'amputato con il nostro lavoro deve arrivare ad indossare la protesi al mattino come indossa qualunque altro "indumento". In questa visione di schema corporeo si sottolinea che la persona amputata non deve sfruttare il cammino e la stazione prolungata in appoggio monopodalico senza protesi, in quanto andrebbe a rafforzare un'immagine corticale alterata dello schema corporeo; la deambulazione in appoggio monopodalico andrebbe utilizzata solo per brevi tratti e per compiere i passaggi posturali. Tutto ciò è fondamentale per l'accettazione e l'integrazione della protesi. In letteratura alcune ricerche sottolineano l'esistenza di una relazione tra la percezione corporea e il benessere psicosociale: una percezione negativa della propria immagine corporea comporta uno scarso adattamento psicosociale e difficoltà relative alla sfera interpersonale. È fondamentale quindi nel percorso riabilitativo valutare la percezione dell'immagine corporea; nella valutazione sono suggerite scale validate quali "Amputee Body Index Scale" (ABIS) e la "Trinity Amputation & Prosthesis Experience Scales" (TAPES) (9, 10).

Inoltre è importante l'addestramento del terapeuta ad attività fisiche e sport e lo stimolo continuo ad effettuarle; infatti la partecipazione continua a tali attività migliora la percezione della propria immagine corporea (11).

### Integrazione lavorativa

La valutazione delle capacità lavorative, residue e potenziali, è una componente fondamentale del processo di impostazione del programma riabilitativo globale: essa è destinata a fornire importanti indicazioni riguardanti l'allenamento fisico, la prescrizione di protesi e ausili e la definizione di procedure di trattamento connesse alla TO.

L'integrazione lavorativa del paziente contempla quattro fasi principali:

- una valutazione iniziale di carattere generale;
- indagine prelaborativa delle capacità individuali;
- un periodo di ricerca della nuova attività lavorativa e del collocamento;
- il controllo del soggetto dopo la fase di collocamento.

Nella valutazione delle prestazioni, definite con il termine di "valutazione delle capacità funzionali" (functional capacity evaluation) ci avvaliamo di una serie di test.

Lo scopo è di valutare capacità funzionali (correlabili con compiti lavorativi) considerando ogni soggetto sotto tre differenti punti di vista, che influenzano la prestazione individuale:

- neuromuscolare, che analizza le abilità motorie del soggetto per quanto riguarda la forza massimale e la destrezza;
- psicofisico, che studia la tolleranza soggettiva ad esercitare uno sforzo massimale e una determinata forza per periodi determinati di tempo;
- cardiovascolare/metabolico, che considera le risposte dei principali parametri fisiologici ai vari carichi di lavoro e a differenti tipi di contrazione muscolare, al fine di determinare la massima intensità di lavoro eseguibile a lungo termine senza l'accumulo di eccessivo affaticamento fisico.

Come abbiamo potuto constatare nella descrizione della principali aspetti “occupazionali” che caratterizzano il recupero funzionale di pazienti amputati, sono necessarie competenze multidimensionali e conoscenze tecniche approfondite anche sull’evoluzione tecnologica di sistemi applicati che possono consentire grandi opportunità di recupero a pazienti con età e problematiche diverse.

---

## Bibliografia

- 1) Fazio F, Simonetti G, Casolari P, Rodorigo D, Di Paolo E. La centralità della Persona in riabilitazione: nuovi modelli organizzativi e gestionali. Quaderni del Ministero della Salute - Testata di proprietà del Ministero della Salute. 2011.
- 2) Cunningham Piergrossi J. Essere nel fare Franco Angeli s.r.l.(2006)
- 3) Willard H, Spackman C.Terapia Occupazionale Delfino Antonio Editore. 2008.
- 4) Schemm RL, Gitlin LN. How Occupational Therapists teach older patients to use bathing and dressing devices in rehabilitation. AM J Occup Ther 1998 Apr; 52(4): 276-82.
- 5) Imam B, Miller WC, Finlayson HC, Eng JJ, Payne MW, Jarus T, Goldsmith CH, Mitchell IM. A Telehealth intervention using Nintendo Wii Fit Balance Boards and iPads to improve walking in older adults with lower limb amputation (Wii.n.Walk): Study Protocol for a Randomized controlled trial JMIR Res Protoc 2014 Dec 22; 3(4): 80.
- 6) Knečević A, Salamon T, Milankov M, Ninkovič S, Jeremič Knečević M, Tomašević Todorovič S. Assessment of quality of life in patients after lower limb amputation Med Pregl 2015 Mar-Apr; 68 (3-4): 103-8.
- 7) Damiani C.Studio dell’impatto riabilitativo dell’alterata percezione dell’immagine corporea nel paziente amputato agli arti inferiori. Eur Med Phys 2008; 44(Suppl. 1 to No. 3).
- 8) Schilder PF. The Image and Appearance of the Human Body. 1935.
- 9) Gallagher P, Horgan O, Franchignoni F, Giordano A, MacLachlan M. Body image in people with lower-limb amputation: a Rasch analysis of the Amputee Body Image Scale Am J Phys Med Rehabil 2007 Mar; 86(3): 205-15.
- 10) Gallagher P, Maclachlan M. The Trinity Amputation and Prosthesis Experience Scales and quality of life in people with lower-limb amputation. Arch Phys Med Rehabil 2004 May; 85(5): 730-6.
- 11) Wetterhahn KA, Hanson C, Levy CE. Effect of participation in physical activity on body image of amputees. Am J Phys Med Rehabil 2002 Mar; 81(3): 194-201.

**Corrispondenza:** [giovannitaveggia@habilitasarnico.it](mailto:giovannitaveggia@habilitasarnico.it)



Cinzia Amici<sup>1</sup>, Alberto Borboni<sup>1</sup>, Giovanni Taveggia<sup>2,3</sup>, Giovanni Legnani<sup>1</sup>

## **Bioelectric prostheses: review of classifications and control strategies**

<sup>1</sup> Università degli Studi di Brescia, Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale (DIMI)

<sup>2</sup> Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals - High Complexity Rehabilitation, Zingonia (BG)

<sup>3</sup> Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals - Faccanoni Rehabilitation Hospital, Sarnico (BG)

**RIASSUNTO.** Per protesi bioelettriche si intendono quei dispositivi meccatronici in grado di sostituire la perdita completa o parziale di arto o sistema, controllati dal paziente mediante segnali bioelettrici volontari, quali ad esempio contrazioni muscolari (segnali elettromiografici, EMG), o attivazione di specifiche aree dell'encefalo (rilevabili mediante elettroencefalogramma, EEG).

Al termine di un'analisi dei dispositivi presenti in letteratura e sul mercato, il presente articolo raccoglie e sintetizza le possibili strategie di classificazione di questi dispositivi protesici, dedicando particolare attenzione anche alle classificazioni ottenibili analizzando le possibili strategie di controllo delle protesi.

Tale sintesi si pone l'obiettivo di affiancare ed assistere medici e pazienti nell'identificazione della protesi più appropriata per lo specifico soggetto; la scelta del dispositivo "ottimale", infatti, deve tener conto di esigenze e aspettative del paziente, possibili vincoli patologici e complessità tecnologica del sistema. L'articolo presenta, dopo una breve introduzione teorica del background, una sintetica descrizione dei materiali e metodi adottati per l'identificazione delle tipologie di classificazione; i principali risultati, raccolti in due tabelle, verranno poi descritti, e commentati evidenziando vantaggi e limiti delle classificazioni proposte.

**Parole chiave:** protesi bioelettriche, controllo, segnali bioelettrici.

**ABSTRACT.** *Bioelectric prosthesis are those mechatronical devices able to substitute the total or partial loss of a limb or a system, and controlled by the patient thanks to wilful bioelectric signals, such as muscular contractions (electromyographic signals, EMG) or activation of specific encephalic areas (which can be revealed by encephalogram, EEG).*

*At the end of an analysis of the devices currently in literature and on the market, the present paper collects and synthesizes the possible classification strategies of these prosthetic devices, paying particular attention also to the classification obtained by possible control strategies of the prosthesis.*

*This summary aims to support and sustain physicians and patients along the identification of the most appropriate prosthesis, for the specific subject; the choice of the "optimal" device, must consider also patient needs and expectations, possible pathological constraints and technological complexity of the system.*

*This paper presents, after a brief theoretical introduction about the background, a short description of materials and methods implemented in order to identify classification typologies; the main results, collected in 2 tables, will be then described, and commented highlighting advantages and limits of the proposed classifications.*

**Key words:** *bioelectric prosthesis, control, bioelectric signals.*

### **Introduzione**

Con il termine protesi si intende un dispositivo artificiale in grado di sostituire, anche parzialmente, una funzione biologica, compensando ad esempio le funzionalità di arti o strutture non più efficienti o non più presenti nel corpo.

Dati ufficiali del Ministero di Sanità fotografano la situazione Italiana aggiornata all'Aprile 2015 riportando una media di 3600 amputazioni del solo arto superiore ogni anno, delle quali ben l'80% riguarda la mano. Tra le cause di amputazione più frequenti si riscontrano complicanze patologiche (si pensi all'esempio emblematico del diabete (1)) ed eventi traumatici, quali incidenti stradali e sul luogo di lavoro (2); al contrario di altre nazioni quali gli USA, si mantengono invece marginali i casi di amputazione dovuti ad armi da fuoco (3).

Negli ultimi anni l'interesse del mondo della ricerca si è spostato sugli aspetti relativi al miglioramento della funzionalità delle protesi (4), applicando processi di ottimizzazione continua del dispositivo in fase di progettazione (5) e sviluppando tecniche di controllo più robuste (6), nell'ottica di migliorare l'efficienza complessiva dei sistemi. Accanto a questo, riveste particolare interesse lo studio di possibili strategie di comunicazione uomo-macchina che permettano al paziente di interagire e controllare il dispositivo protesico in maniera semplice, intuitiva ed il più possibile naturale (7, 8); da qui la grande attenzione all'analisi dei segnali bioelettrici generati o ancora generabili dall'amputato (9, 10).

In questo articolo verranno proposte le possibili strategie di classificazione dei dispositivi protesici emerse a conclusione dell'analisi dello stato dell'arte e della tecnica delle protesi bioelettriche attualmente presenti sul mercato e in letteratura: data la vastità dell'argomento, in questa prima indagine lo studio è stato circoscritto alle protesi d'arto, le più diffuse.

Obiettivo del lavoro è quindi offrire un quadro complessivo dello stato dell'arte delle protesi d'arto bioelettriche, fornendo così un possibile strumento aggiuntivo a supporto di paziente e medico nell'identificazione del dispositivo protesico più appropriato per le esigenze dello specifico soggetto.

## Materiali e metodi

L'analisi letteraria è stata condotta mediante ricerca a chiave libera: a titolo esemplificativo, sono state usate come chiavi sia *amputati e arto*, che *protesi, controllo e bioelettrico*, in lingua italiana e inglese.

Particolare attenzione è stata dedicata ai lavori di revisione presenti in letteratura, soprattutto relativi alla descrizione funzionale delle protesi e alle possibili tecniche di controllo.

All'interno del materiale emerso sono stati estratti i lavori di revisione ritenuti più significativi perché più aggiornati ed esaustivi.

## Risultati

La protesi d'arto ottimale deve garantire al paziente che la indossa il raggiungimento di due obiettivi primari: da un lato autonomia operativa, ossia il ritorno alla funzionalità e ad un opportuno livello di autosufficienza, e dall'altro livelli cosmetici adeguati, limitando gli inevitabili impatti emotivi generati nel paziente stesso dalla presenza della protesi.

Dal punto di vista progettuale, tuttavia, oltre ad assicurare una buona funzionalità e comfort per il paziente, un dispositivo protesico deve garantire anche il rispetto di molteplici vincoli. Deve dimostrarsi affidabile e sicuro, sia meccanicamente, ad esempio bloccandosi in configurazioni di sicurezza in caso di avaria, sia elettronicamente, assicurando al paziente livelli di prestazione costanti nel tempo. A questo si aggiunge la necessità che la protesi sia disponibile all'uso per una durata temporale ragionevole (convenzionalmente stimata in 6000 h/anno), e che quindi tempo di ricarica e durata dell'eventuale batteria siano opportunamente bilanciati. Un buona protesi d'arto, inoltre,

deve garantire al paziente bassi livelli di manutenzione, ed elevata modularità e intercambiabilità dei componenti (soprattutto per il possibile materiale di consumo). Infine, aspetti chiave della progettazione di un nuovo dispositivo protesico devono essere la facilità di controllo da parte del soggetto ed il rispetto degli equilibri corporei, ottenuto mantenendo dimensioni e peso della protesi comparabili con quelli offerti dall'arto umano.

Accanto a queste specifiche di buon progetto si pongono poi le esigenze personali del singolo paziente: età, condizione patologica ed esigenze lavorative, ma anche contesto culturale e disponibilità economica del soggetto influenzano profondamente la scelta di un dispositivo protesico a favore di altri.

In Tabella I sono raccolte e schematizzate le tipologie di classificazione di protesi d'arto individuate al termine dell'analisi letteraria condotta, di seguito brevemente sintetizzate.

Accanto alla tradizionale classificazione tra protesi d'arto superiore ed inferiore, naturalmente legata al tipo di arto sostituito dal dispositivo protesico, possiamo effettuare una prima distinzione sulla base dei diversi livelli di prossimalità dell'amputazione del paziente. Sebbene questa distinzione non possa definirsi a rigore una classificazione di dispositivi protesici, è opportuno ricordare come l'identificazione della protesi più opportuna per un paziente spesso non possa prescindere dal grado di amputazione dello stesso, basti pensare ad esempio all'attuale mancanza di dispositivi in grado di compensare una parziale mancanza di mano (7); in altre parole, questo elemento risulta un potenziale criterio di esclusione di alcune protesi in fase di scelta.

Una possibile ulteriore classificazione è poi fornita dall'analisi cinematico/funzionale dei dispositivi protesici: la struttura cinematica della protesi, mediante i gradi di libertà introdotti, può infatti permettere al paziente di recuperare specifici livelli di mobilità. Questo tipo di clas-

**Tabella I. Protesi d'arto: possibili classificazioni**

1. Tipo di arto sostituito	Arto superiore		Arto inferiore	
<b>1A. Livello di prossimalità dell'amputazione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amputazione carpale</li> <li>• Disarticolazione del polso</li> <li>• Amputazione transradiale</li> <li>• Disarticolazione del gomito</li> <li>• Amputazione transomerale</li> <li>• Disarticolazione della spalla</li> <li>• Amputazione interscapolotoracica</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amputazione di Syme</li> <li>• Amputazione transtibiale</li> <li>• Disarticolazione del ginocchio</li> <li>• Amputazione transcondiloidea</li> <li>• Amputazione transfemorale</li> <li>• Amputazione sottotrocanterica</li> <li>• Disarticolazione dell'anca</li> </ul>	
	<b>1B. Numero di gradi di libertà</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• ... (4)</li> </ul>	<b>1C. Posizione del centro di istantanea rotazione del ginocchio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protesi monocentrica</li> <li>• Protesi policentrica</li> </ul>
<b>2. Presenza di un sistema di attuazione</b>	Protesi attiva		Protesi passiva	
	<b>2A. Tipo di azionamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia corporea</li> <li>• Energia extracorporea</li> <li>• Ibrida</li> </ul>	<b>2B. Funzionalità</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protesi cosmetica</li> <li>• Protesi lavorativa</li> </ul>

sificazione si dimostra particolarmente significativa nel caso di protesi d'arto superiore (11), nelle quali il recupero funzionale risulta più delicato (si pensi ad esempio alle pinze primaria e secondaria nei gesti di prensione) e fondamentale ai fini del miglioramento della qualità di vita del paziente, anche solo in termini di autonomia. Sebbene sul piano teorico non sia possibile definire un valore massimo di gradi di libertà (gdl) raggiungibili da un generico dispositivo (potenzialmente infinito), ad oggi solo lo Utah Arm, protesi per amputazioni interscapolotoraciche, raggiunge i 4 gdl; questo limite è legato a vincoli costruttivi (ogni nuovo motore introduce ingombri e peso) e di controllo (il paziente deve poter comandare in maniera ragionevolmente agevole i gdl presenti nel sistema).

Per protesi di arto inferiore, la classificazione per gdl introdotti si dimostra poco efficace, e non viene pertanto utilizzata; al contrario, risulta particolarmente significativa la distinzione tra protesi monocentriche e policentriche, la cui discriminante è la posizione del centro di istantanea rotazione del ginocchio durante il passo, rispettivamente fissa e mobile nel tempo. Come è facilmente intuibile, i dispositivi policentrici permettono al paziente un cammino più naturale e fluido, ma la struttura cinematica della protesi si dimostra inevitabilmente più complessa; le protesi monocentriche, invece, si dimostrano ancor oggi la scelta più opportuna per pazienti in paesi emergenti, nelle quali le diverse condizioni medie del terreno (ad esempio strade non asfaltate) e le limitate possibilità di manutenzione favoriscono protesi semplici e robuste al posto di dispositivi più sofisticati ma delicati (12).

Accanto a questo primo set di classificazioni, possiamo definire distinzioni più tecniche, legate alle scelte progettuali alla base del dispositivo protesico. La principale discriminante, in questo caso, è data dalla presenza o meno di un attuttore esterno.

Si definiscono infatti passive le protesi prive di motori, come le protesi cosmetiche e le protesi lavorative, che di fatto compensano l'arto mancante con strutture statiche e sono pertanto volte le prime a colmare l'assenza dell'arto

dal punto di vista estetico, le seconde a favorire la realizzazione di specifici task lavorativi. All'interno della nostra tabella di classificazione, queste sono le uniche protesi d'arto sicuramente non bioelettriche.

Al contrario, il mondo delle protesi attive rappresenta il cuore del nostro interesse. In questo caso parliamo infatti di dispositivi protesici mobili e attuati, per quanto anche qui sia fondamentale una prima precisazione relativa alla natura dell'attuatore: a seconda del fatto che la protesi sia azionata sfruttando i gradi di mobilità residua del moncone, appoggiandosi ad un motore esterno al paziente o grazie ad una combinazione delle due fonti di moto, è possibile infatti distinguere tra protesi rispettivamente ad energia corporea, extracorporea o ibride.

Dal momento che le protesi ad energia corporea si basano primariamente sulla forza muscolare esercitata dal paziente e moltiplicata grazie ad opportuni meccanismi di leverage (13, 14), è di fatto possibile considerare anche questi dispositivi come protesi bioelettriche, per quanto solo in senso lato: protesi più propriamente bioelettriche sono invece i dispositivi ad energia extracorporea, alle cui strategie di classificazione è dedicata la Tabella II.

Le protesi attive ad energia extracorporea sono dispositivi mecatronici che utilizzano l'energia fornita da accumulatori per azionare uno o più motori elettrici in grado di movimentare la protesi stessa. Questi dispositivi sono tipicamente composti da cinque unità elementari:

1. un sistema di interfaccia uomo-macchina;
2. un modulo di controllo del segnale;
3. un accumulatore di energia elettrica;
4. uno o più moduli di attuazione;
5. l'organo terminale.

Elemento fondamentale per definire quali protesi attive ad energia extracorporea possano essere classificate come protesi bioelettriche è l'analisi del tipo di segnale ricevuto in input dal modulo di controllo tramite l'interfaccia tra paziente e protesi: non possono essere infatti considerate a rigore bioelettriche quelle protesi controllate

**Tabella II. *Protesi attive ad energia extracorporea: possibili classificazioni***

	<b>Segnali Biologici</b>	<b>Segnali esterni</b>
<b>2A.1 Tipo di segnale di input</b>	i. EMG (elettromiografia) ii. ENG (elettroencefalografia) iii. EEG (elettroencefalogramma) iv. ECoG (elettrocorticografia), iEEG (elettroencefalogramma intracranico) o LFPs (Potenziali di campo locale)	i. interruttori ii. sensori di pressione iii. telecamere e sistemi di visione iv. accelerometri ed inclinometri
	<b>Gestione dei segnali di input</b>	<b>Strategie di controllo dell'attuatore</b>
<b>2A.2 Tecniche di controllo</b>	i. Pattern recognition a. preprocessing b. classificazione c. postprocessing ii. Non pattern recognition a. controllo proporzionale b. controllo di soglia	i. Sistema ON-OFF ii. Sistema multicanale iii. Sistema ciclico iv. Sistema proporzionale

mediante segnali d'ingresso forniti da sensori esterni al paziente quali interruttori, sensori di pressione inseriti nella soletta delle calzature, accelerometri ed inclinometri montati a bordo della protesi, telecamere o sistemi di visione.

Segnali di riferimento utilizzabili per il controllo sono invece quelli bioelettrici, generati in seguito a movimenti volontari e trasmessi lungo gli assi neurali, a partire dai muscoli, fino ai nervi e ai neuroni (6, 7, 9, 15, 16) sintetizzano questi segnali in elettromiografici (EMG), elettroencefalografici (EEG) (8, 17) ed elettrocorticografici (ECoG) (18-20), mentre K. Onishi et al. (7) completano la classificazione aggiungendo i segnali originati da elettro-neurografia (ENG).

Principale limite di questo tipo di controllo è la soggettività delle prestazioni raggiungibili: per quanto sia possibile identificare componenti dedicati (elettrodi ed elettronica di controllo ottimali) in grado di acquisire al meglio ogni tipologia di segnale bioelettrico (21), risulta fondamentale la capacità del paziente di generare segnali adeguati in ampiezza e durata (10, 22, 23).

Proprio con l'intento di limitare questi vincoli, a partire dai primi sistemi sviluppati verso la fine degli anni '50 le tecniche di controllo per sistemi mioelettrici hanno continuato ad evolversi (24); i processi di trattamento del segnale oggi applicati dai moduli di controllo cercano infatti di compensare possibili non idealità dei segnali di input mediante processi di filtraggio, identificazione e classificazione.

Le strategie di analisi dei segnali di input possono essere distinte in tecniche di pattern e non pattern recognition (25, 26): le prime cercano di identificare nei segnali specifiche *features*, indicative della volontà del paziente di generare una determinata azione, mentre le seconde analizzano specifici parametri del segnale originato, quali valore medio o raggiungimento di una data soglia di ampiezza del segnale.

Nei processi di pattern recognition, l'identificazione di una data feature può avvenire in diversi domini (nel tempo, in frequenza, o in tempo-frequenza) ma B. Hudgins et al., F.H.Y. Chan et al, e A. J. Young et al. (27-29) indicano in particolare scarto quadratico medio, valor medio assoluto e sua pendenza, attraversamento dello zero, cambio di segno nella pendenza e lunghezza d'onda come i parametri più utilizzati.

Il processo di classificazione delle features individuate poi, avviene tipicamente in 3 fasi successive: ad una prima scrematura, in fase di preprocessing (30), segue la vera riclassificazione, generalmente mediante reti neurali artificiali (31) e sistemi basati su logica fuzzy (28, 32-34), mentre un'analisi dei pattern finale, durante la fase di postprocessing, permette un'ultima correzione della classificazione, garantendo maggiore accuratezza nell'interpretazione.

Un'ultima discriminante utilizzabile per la classificazione delle tecniche di controllo è infine legata alla traduzione del segnale di riferimento identificato dal controllore in segnale di controllo, ovvero alle possibili strategie di gestione dell'attuatore (35, 36); è opportuno tuttavia precisare come tali strategie siano fortemente di-

pendenti dalla natura fisica dell'attuatore, pertanto la scelta del metodo di controllo dell'attuatore potrebbe essere forzata.

Tra i metodi più comuni si trovano la tecnica on-off ed il controllo proporzionale; per dispositivi a più gdl, infine, qualora il sistema di controllo non permetta una gestione multicanale, la tecnica più diffusa consiste nel controllo ciclico.

---

## Discussione

L'elevato numero di possibili classificazioni rilevato nel corso dell'analisi svolta suggerisce chiaramente come, da un lato, le protesi siano sempre più dispositivi meccatronici complessi, in grado di fondere conoscenze, esigenze e tecnologie multisettoriali (37), e, dall'altro, come, anche grazie a questa complessità, il mondo dei dispositivi protesici possa essere analizzato da diverse prospettive, principalmente legate ad una visione soggettiva delle caratteristiche e delle performance ottimali desiderate.

Accanto alle esigenze patologiche dello specifico paziente, la protesi più opportuna deve essere in grado di incontrare e soddisfare le aspettative estetiche e funzionali dello specifico soggetto (38-43), pertanto vantaggi e limiti di ciascuna famiglia di protesi devono essere accuratamente pesati in fase di valutazione (4, 5, 44-47). Se le protesi d'arto passive garantiscono ad esempio cosmesi di qualità elevata, un basso peso complessivo e semplicità di vincolo al moncone con bassi costi di manutenzione, alla facilità di controllo si contrappone un numero di movimenti e prese effettuabili molto ridotto. Per quanto riguarda invece il confronto fra protesi d'arto ad energia corporea ed extracorporea (48), le prime garantiscono leggerezza, affidabilità e robustezza, bassi costi di manutenzione ed assenza di accumulatori a fronte di prestazioni limitate in termini di forza di presa e ampiezza dei movimenti, causando affaticamento, poca precisione in alcune configurazioni e un numero di movimenti e prese effettuabili molto limitato. Al contrario le protesi ad energia extracorporea permettono zone di lavoro ampie ed uniformi, non richiedono sforzi fisici e garantiscono elevata forza di presa, anche per livelli d'amputazione prossimali ma presentano costi elevati, peso consistente, un'autonomia limitata e condizioni di utilizzo soggette a vincoli ambientali (ad esempio non risultano adatte a lavorare in ambienti polverosi o umidi) (49).

In sintesi, le prestazioni garantite dalle protesi attualmente disponibili, sia in letteratura che sul mercato, non sono ancora paragonabili a quelle dell'arto umano (50), come descrive chiaramente il confronto mano vs protesi d'arto superiore sintetizzato in Tabella III.

---

## Bibliografia

- 1) Taveggia G, Villafane JH, Vavassori F, Lecchi C, Borboni A, Negri S. Multimodal treatment of distal sensorimotor polyneuropathy in diabetic patients: a randomized clinical trial. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2014; 37(4): 242-52.

**Tabella III. Arto umano e tecnologia protesica: confronto delle potenziali prestazioni (peso di mano ed avambraccio riferito ad un uomo adulto di 80 kg)**

	Arto umano	Protesi	Percentuale Artificiale/umano
Peso mano	480 g	460 g (mano) 540 g (gripper)	95,8% 112,5%
Peso avambraccio	1280 g	1020 g (Boston Elbow)	79,7%
Forza di presa	480 N	100 N (mano) 160 N (gripper)	20,8% 33,3%
Carico sollevabile attivamente	15 kg	4 kg (Boston Elbow)	26,7%

*Unità di misura e abbreviazioni*

g kg N gdl EMG ENG EEG ECoG iEEG LFPs

- 2) Global Lower Extremity Amputation Study G. Epidemiology of lower extremity amputation in centres in Europe, North America and East Asia. The Global Lower Extremity Amputation Study Group. The British journal of surgery. 2000; 87(3): 328-37.
- 3) Ziegler-Graham K, MacKenzie EJ, Ephraim PL, Trivison TG, Brookmeyer R. Estimating the prevalence of limb loss in the United States: 2005 to 2050. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2008; 89(3): 422-9.
- 4) Hafner BJ, Willingham LL, Buell NC, Allyn KJ, Smith DG. Evaluation of function, performance, and preference as transfemoral amputees transition from mechanical to microprocessor control of the prosthetic knee. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2007; 88(2): 207-17.
- 5) Theeven P, Hemmen B, Rings F, Meys G, Brink P, Smeets R, et al. Functional added value of microprocessor-controlled knee joints in daily life performance of Medicare Functional Classification Level-2 amputees. Journal of rehabilitation medicine. 2011; 43(10): 906-15.
- 6) Madusanka DGK, Wijayasingha LNS, Gopura RARC, Amarasinghe YWR, Mann GKI, editors. A review on hybrid myoelectric control systems for upper limb prosthesis. MERCon 2015 - Moratuwa Engineering Research Conference; 2015.
- 7) Ohnishi K, Weir RF, Kuiken TA. Neural machine interfaces for controlling multifunctional powered upper-limb prostheses. Expert Review of Medical Devices. 2007; 4(1): 43-53.
- 8) Schwartz AB, Cui XT, Weber DJ, Moran DW. Brain-controlled interfaces: movement restoration with neural prosthetics. Neuron. 2006; 52(1): 205-20.
- 9) Hatsopoulos NG, Donoghue JP. The science of neural interface systems. Annual review of neuroscience. 2009; 32: 249-66.
- 10) Boostani R, Moradi MH. Evaluation of the forearm EMG signal features for the control of a prosthetic hand. Physiological measurement. 2003; 24(2): 309-19.
- 11) Clement RGE, Bugler KE, Oliver CW. Bionic prosthetic hands: A review of present technology and future aspirations. The Surgeon. 2011; 9(6): 336-40.
- 12) Andrysek J. Lower-Limb Prosthetic Technologies in the Developing World: A Review of Literature from 1994-2010. Prosthetics and Orthotics International. 2010; 34(4): 378-98.
- 13) Carey SL, Lura DJ, Highsmith MJ, Cp, Faaop. Differences in myoelectric and body-powered upper-limb prostheses: Systematic literature review. Journal of rehabilitation research and development. 2015; 52(3): 247-62.
- 14) Kruger LM, Fishman S. Myoelectric and body-powered prostheses. Journal of pediatric orthopedics. 1993; 13(1): 68-75.
- 15) Schultz AE, Kuiken TA. Neural interfaces for control of upper limb prostheses: the state of the art and future possibilities. PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation. 2011; 3(1): 55-67.
- 16) Donoghue JP. Bridging the brain to the world: a perspective on neural interface systems. Neuron. 2008; 60(3): 511-21.
- 17) Muller-Putz GR, Scherer R, Pfurtscheller G, Rupp R. EEG-based neuroprosthesis control: a step towards clinical practice. Neuroscience letters. 2005; 382(1-2): 169-74.
- 18) Taylor DM, Tillery SI, Schwartz AB. Direct cortical control of 3D neuroprosthetic devices. Science. 2002; 296(5574): 1829-32.
- 19) Velliste M, Perel S, Spalding MC, Whitford AS, Schwartz AB. Cortical control of a prosthetic arm for self-feeding. Nature. 2008; 453(7198): 1098-101.
- 20) Schalk G, Miller KJ, Anderson NR, Wilson JA, Smyth MD, Ojemann JG, et al. Two-dimensional movement control using electrocorticographic signals in humans. J Neural Eng. 2008; 5(1): 75-84.
- 21) Andersen RA, Musallam S, Pesaran B. Selecting the signals for a brain-machine interface. Curr Opin Neurobiol. 2004; 14(6): 720-6.
- 22) Biddiss E, Chau T. Upper-limb prosthetics - Critical factors in device abandonment. Am J Phys Med Rehab. 2007; 86(12): 977-87.
- 23) Heldman DA, Wang W, Chan SS, Moran DW. Local field potential spectral tuning in motor cortex during reaching. Ieee T Neur Sys Reh. 2006; 14(2): 180-3.
- 24) Peerdeman B, Boere D, Witteveen H, in't Veld RH, Hermens H, Stramigioli S, et al. Myoelectric forearm prostheses: State of the art from a user-centered perspective. Journal of rehabilitation research and development. 2011; 48(6): 719-37.
- 25) Scheme E, Englehart K. Electromyogram pattern recognition for control of powered upper-limb prostheses: State of the art and challenges for clinical use. Journal of rehabilitation research and development. 2011; 48(6): 643-60.
- 26) Pistohl T, Ball T, Schulze-Bonhage A, Aertsen A, Mehring C. Prediction of arm movement trajectories from ECoG-recordings in humans. J Neurosci Meth. 2008; 167(1): 105-14.
- 27) Hudgins B, Parker P, Scott RN. A new strategy for multifunction myoelectric control. Biomedical Engineering, IEEE Transactions on. 1993; 40(1): 82-94.
- 28) Chan FHY, Yong-Sheng Y, Lam FK, Yuan-Ting Z, Parker PA. Fuzzy EMG classification for prosthesis control. Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on. 2000; 8(3): 305-11.
- 29) Young AJ, Smith LH, Rouse EJ, Hargrove LJ. Classification of Simultaneous Movements Using Surface EMG Pattern Recognition. Biomedical Engineering, IEEE Transactions on. 2013; 60(5): 1250-8.
- 30) Guanglin L, Schultz AE, Kuiken TA. Quantifying Pattern Recognition-Based Myoelectric Control of Multifunctional Transradial Prostheses. Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on. 2010; 18(2): 185-92.
- 31) Sang-Hui P, Seok-Pil L. EMG pattern recognition based on artificial intelligence techniques. Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on. 1998; 6(4): 400-5.
- 32) Kurzynski M, Krysmann M, Trajdos P, Wolcowski A, editors. Two-Stage Multiclassifier System with Correction of Competence of Base Classifiers Applied to the Control of Bioprosthetic Hand. Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), 2014 IEEE 26th International Conference on; 2014 10-12 Nov. 2014.
- 33) Ajiboye AB, Weir RF. A heuristic fuzzy logic approach to EMG pattern recognition for multifunctional prosthesis control. Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on. 2005; 13(3): 280-91.
- 34) Borboni A, editor Solution of the inverse kinematic problem of a serial manipulator by a fuzzy algorithm. IEEE International Conference on Fuzzy Systems; 2001.
- 35) Borboni A, Faglia R, editors. Characterization of a new SMA actuator. Procedia Engineering; 2014.

- 36) Borboni A, Faglia R, Palpacelli M, editors. Shape memory actuator with slider and slot layout and single fan cooling. MESA 2014 - 10th IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications, Conference Proceedings; 2014.
- 37) Bellmann M, Schmalz T, Blumentritt S. Comparative biomechanical analysis of current microprocessor-controlled prosthetic knee joints. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2010; 91(4): 644-52.
- 38) Belter JT, Segil JL, Dollar AM, Weir RF. Mechanical design and performance specifications of anthropomorphic prosthetic hands: A review. Journal of rehabilitation research and development. 2013; 50(5): 599-617.
- 39) Biddiss E, Beaton D, Chau T. Consumer design priorities for upper limb prosthetics. Disability and rehabilitation Assistive technology. 2007; 2(6): 346-57.
- 40) Kejlraa GH. Consumer concerns and the functional value of prostheses to upper limb amputees. Prosthet Orthot Int. 1993; 17(3): 157-63.
- 41) McFarland LV, Hubbard Winkler SL, Heinemann AW, Jones M, Esquenazi A. Unilateral upper-limb loss: satisfaction and prosthetic-device use in veterans and servicemembers from Vietnam and OIF/OEF conflicts. Journal of rehabilitation research and development. 2010; 47(4): 299-316.
- 42) Pylatiuk C, Schulz S, Doderlein L. Results of an Internet survey of myoelectric prosthetic hand users. Prosthet Orthot Int. 2007; 31(4): 362-70.
- 43) Theeven PJ, Hemmen B, Geers RP, Smeets RJ, Brink PR, Seelen HA. Influence of advanced prosthetic knee joints on perceived performance and everyday life activity level of low-functional persons with a transfemoral amputation or knee disarticulation. Journal of rehabilitation medicine. 2012; 44(5): 454-61.
- 44) Dudkiewicz I, Gabrielov R, Seiv-Ner I, Zelig G, Heim M. Evaluation of prosthetic usage in upper limb amputees. Disability and Rehabilitation. 2004; 26(1): 60-3.
- 45) Kannenberg A, Zacharias B, Pröbsting E. Benefits of microprocessor-controlled prosthetic knees to limited community ambulators: Systematic review. Journal of rehabilitation research and development. 2014; 51(10): 1469-96.
- 46) Nelson VS, Flood KM, Bryant PR, Huang ME, Pasquina PF, Roberts TL. Limb deficiency and prosthetic management. 1. Decision making in prosthetic prescription and management. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2006; 87(3 Suppl 1): S3-9.
- 47) Del Maschio A, Bazzoni G, Bertele V. Investigation of platelet/leukocyte interaction by whole blood aggregometry. Thrombosis and haemostasis. 1990; 64(3): 487.
- 48) Carey SL, Dubey RV, Bauer GS, Highsmith MJ. Kinematic comparison of myoelectric and body powered prostheses while performing common activities. Prosthetics and Orthotics International. 2009; 33(2): 179-86.
- 49) Miguez JM. Critical factors in electrically powered upper-extremity prosthetics. Journal of Prosthetics and Orthotics. 2002; 14(1): 36-8.
- 50) Smit G, Bongers RM, Van der Sluis CK, Plettenburg DH. Efficiency of voluntary opening hand and hook prosthetic devices: 24 years of development? Journal of rehabilitation research and development. 2012; 49(4): 523-34.

**Corrispondenza:** Cinzia Amici, Università degli Studi di Brescia, Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale (DIMI), Via Branze 38, 25123 Brescia (BS), Italy, E-mail: cinzia.amici@unibs.it

Andrea Giovanni Cutti<sup>1</sup>, Michele Raggi<sup>2</sup>, Giuseppe Andreoni<sup>2</sup>, Rinaldo Sacchetti<sup>1</sup>

## **Clinical gait analysis for amputees: innovation wishlist and the perspectives offered by the outwalk protocol**

<sup>1</sup> Centro Protesi INAIL, Vigorso di Budrio (BO)

<sup>2</sup> Politecnico di Milano, Milano

**ABSTRACT.** *Clinical gait analysis (CGA) has shown potentials for the prosthetics field and has been found effective for scientific purposes and to design general rehabilitation models. However, intrinsic limitations of the “artificial” laboratory environment usually result in recording performances not representative patients’ real-life gait. In order to promote the diffusion of CGA in the clinical decision-making process, a framework for developing novel, more ecological CGA applications is presented. Moreover, the Outwalk protocol, based on wearable sensors and developed within this framework guidelines, is described and validated for its inter-rater agreement on a population of transtibial amputees walking in a real-life scenario. Results show the possibility of drawing precise conclusions over different aspects of amputees’ gait and prostheses’ performance in every-day life conditions.*

**Key words:** *amputation, rehabilitation, gait analysis, transtibial amputees, wearable sensors.*

**Parole chiave:** *amputazione, riabilitazione, analisi del cammino, amputazione transtibiale, sensori indossabili.*

### **1. Introduction**

Clinical gait analysis (CGA), when conducted in motion analysis laboratories with optoelectronic systems and force platforms, has shown potentials for the prosthetics field. As reported in the SIAMOC Consensus Conference (Benedetti et al, 2005), CGA is effective for scientific purposes, decision making on prosthetic component analysis and to design general rehabilitation models. However, proofs still need to be collected in order to show that CGA can change the decision making on a subject-specific basis.

We think that impact of CGA in prosthetics can be improved if its limitations are clearly stated and addressed, starting from the main issue affecting CGA since its first application to the current time: the gait analysis laboratory. In fact, this environment presents non-ecological characteristics affecting the patients’ performance:

- walkway is usually limited to 10 meters, with the actual measurement area being restricted to typically 3, due to the force platforms needed for kinetic data collection;
- the floor is covered in PVC, or anti-slippery material, and it is most commonly flat;
- if a stringent control is not in place, force plates are visible to the patient, which might lead to targeting;
- the subject wears few dresses, and might feel uncomfortable;
- patients are usually asked to walk straight, by themselves, carrying no loads, which is clearly an idealization of reality.

In our opinion, it is likely that what we are able to measure in a laboratory is probably the patient’s best performance and there can be a mismatch with real-life walking.

Wearable technologies might open new perspectives and overcome some of the limitations. The first aim of this work is to present an original approach for developing applications for CGA using wearable technologies, which constitutes our framework of work or, more simply, a “wish-list” for the development of new protocols. The second aim is to report about a specific CGA approach that was developed within the framework, named Outwalk, reporting its inter-rated agreement on a population of transtibial amputees.

## 2. Methods

The “wish-list” for developing CGA applications will be presented first. Then Outwalk protocol will be briefly addressed and the methodology for assessing its inter-rater agreement will be reported.

### 2.1 Development wish-list

The framework/wish-list is graphically reported in Figure 1. Starting from top-left, it states that innovative systems should be able to measure everywhere, over hundreds of gait cycles, to make sure that data collection is closely representative of real-life conditions. The reporting should be prompt, for immediate clinical decision making and for keeping patients’ involved. Patient engagement is a key factor that should be eased to the greatest extent, to facilitate empowerment. Visual/audio/vibro-tactile/thermal biofeedbacks (e.g. exploiting augmented reality) might represent a viable solution. The innovative system should not just be conceived as an assessment tool, but as a treatment device capable of evaluating while practicing, for prompt decision making. Immediate reporting is then a key factor for acceptance within the rehabilitation experts/prosthetists and management community. The outcome of the system must be problem-specific: its paradigm should be a simple system that addresses clinically-urgent issues. This in turns lead to systems with a minimum amount of sensors which support time efficiency, affordable pricing and comfort; which in turns promote and support the representativeness of the data collected as “real-life” samples. It is remarkably reductive to think about comfort just on the patient’s side; on the contrary, comfort must be perceived by the operator using the system as first goal, otherwise the system, despite its effectiveness, will never be adopted in the clinical practice.

Finally, two extremely important keypoints of the framework:

- 1) Targeted systems should not be blind to the multi-factorial nature of rehabilitation. Therefore, systems must remain expandable.
- 2) Innovative systems must pass through a rigorous validation process. Rehabilitation must be evidence based, which means that the systems exploited for recovering patients mobility must be equally supported by evidences.

Overall, the operator and the patient must think and feel that the innovative system is “just right for their need”, which bring the developers toward the concept of “empathic design”.

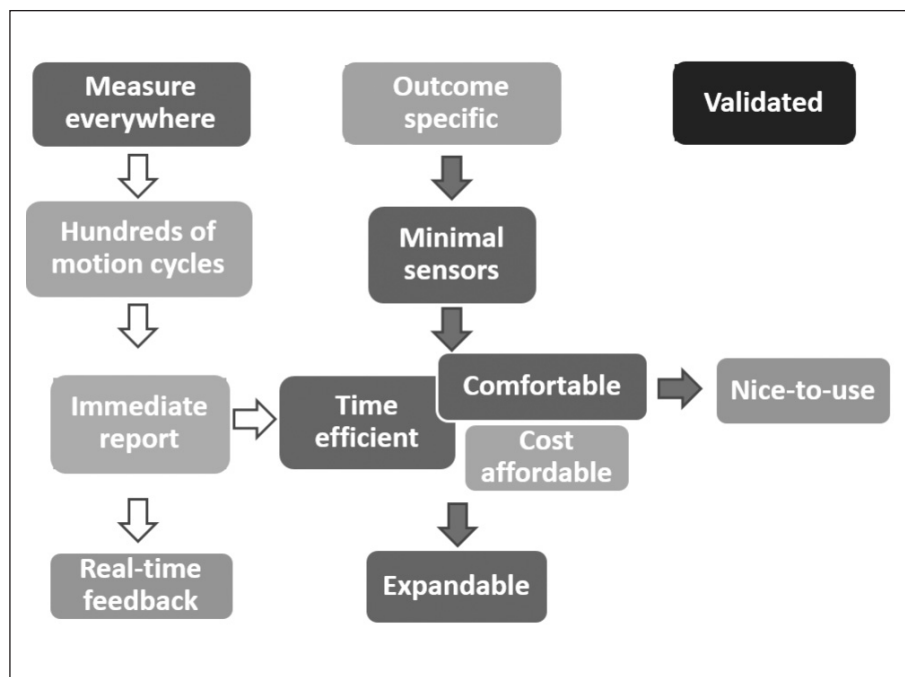


Figure 1. Development wish-list

### 2.1 Outwalk

#### 2.1.1 Concept and protocol description

Outwalk is a CGA application based on wearable technologies that was firstly proposed in (Cutti et al, 2010). The aim of the protocol is to measure trunk, pelvis and lower limb kinematics outdoor, or in a rehabilitation gym, or prosthetic workshop.

It requires from 5 to 8 Inertial and Magnetic Measurement Units, and in particular the MTx or MTw sensors of Xsens Technologies: 5 for trunk, pelvis and a single side thigh, shank and foot; 8 for both legs. These sensors combine the information of the accelerometers, gyroscopes and magnetometers through a Kalman filter in order to provide as output the orientation of the sensor chassis, with respect to a global reference system. This global reference system is Earth-based, relying on the gravity and the magnetic north; being ubiquitous, it can be measured indoor, outdoor, at the patients home. Compared to an optoelectronic system, this expands dramatically the potentials in the direction highlighted by the wish-list.

Cutti and co-workers (Cutti et al, 2010) reported on how to position the sensors on the body and provided the procedure and the mathematical details to bridge sensors’ orientation and body segment or joint axes orientation. In other terms, they defines the steps for to complete the “sensor-to-segment” calibration.

These steps are:

- 1) sensors placement in predefined positions: thorax sensor flat on the sternum, pelvis sensor with the axis between the PSIS, thigh mid posterior, shank lateral next to the bone rim, foot on top of the shoe;
- 2) static trial: the subject is required to stand still with the knee center aligned with the ASIS; also, the line from the 2<sup>nd</sup> metatarsal head to the calcaneus of the right foot parallel to the same line of the left foot;



3) pure knee flexion-extension, with the hip slightly flexed. This is required to estimate the mean axis of rotation of the knee. Motor task could be performed while seated and passively, with the help of an operator.

Once completed, the anatomical coordinate systems are computed and the system is ready for data capturing. Thanks to the particular implementation of the algorithm, kinematics data are provided as output in real-time. Outwalk software embeds SEAG (European PCT/IT2010/000490), so just after the end of a trial, the kinematics is segmented and a report is provided instantly and without interventions from the operator.

Outwalk was validated by comparison with an optoelectronic system using the CAST protocol as main reference (Cappozzo et al, 1995), on healthy controls and children with CP. The following section reports about its inter-rater validation on trans-tibial amputees.

#### 2.1.2 Inter-rater agreement

Eleven transtibial amputees (45±10 year-old, K2-K3 level) participated in the experiment after signing an informed consent, together with 2 operators (O1, O2). O1 and O2 independently applied Outwalk on each subject and acquired the amputee's gait kinematics while walking at self-selected speed in a park of our Centre along a 30 m straight path. Acquisitions by O1 and O2 were 10 min apart. Gait cycles were segmented using the algorithm described in (Raggi et al, 2007). To quantify the inter-operator reliability we computed the Standard Error of Measurement (SEM) of the 36 parameters described in (Benedetti et al, 1998), based on an ANOVA with repeated measures, as recommended in (Weir et al, 2005; McGinley et al, 2009).

### 3. Results

Table I reports SEM values for the 14 most significant parameters of the 36 examined, both for the sound and prosthetic side. The SEMs reported both consider random and systematic effects. The names used for the parameters are those reported in (Benedetti et al, 1998), to which the reader is referred for a detailed description. Here suffices to say that: 1) H, K, A refer to hip, knee and ankle; 2) parameters ending with 6 and 7 refer to the sagittal and frontal plane range of motion (ROM); 3) ending with 2 refer to the maximum flexion/plantaflexion at loading response; ending with 3 refer to the maximum extension/dorsiflexion in stance phase; ending with 5 refer to the maximum flexion/dorsiflexion in swing.

### 4. Conclusions

Results appear consistent with reports on other populations (McGinley et al, 2009; Fortin et al, 2008). In particular, the sagittal ROMs (H-K-A6) have a SEM<1.9°. Regarding the hip, H7 (useful for the analysis of hip circumduction deviations) appear particularly reliable with a worst-case SEM of 1.3°. Regarding the knee, K2 and K3 (SEM< 2°) appear reliable to draw conclusions on a flexed-knee gait, and K5 about the lack of foot clearance related to insufficient knee flexion in swing. Regarding the ankle, results for A2 and A3 (SEM< 1.8°) suggest the possibility of precise conclusions over vaulting problems, and A5 for push-off problems. SEMs for the prosthetic ankle (<1°) suggest the possibility of a detailed analysis of performance between different types of foot.

Results suggest the applicability of Outwalk for the "out-of-the-lab" gait analysis of transtibial amputees, with important implications for the diffusion of this powerful instrument to every-day-life clinical routine even in small prosthetic centers. Outwalk is proving to be a simple protocol to use, time efficient, cutting down the time for set-up and reporting. Moreover, thanks to the real-time feedback, it can be used for on-line gait training. However, we think that Outwalk now needs three further developments:

- Outwalk must be modular and more focused on single gait deviations;
- based on this modularization, it should provide an audio-biofeedback to the patient or a visual biofeedback thanks to augmented reality;
- it should be integrated with ECG and ICG parameters for endurance, like we are experimenting now.

Considering innovations for CGA in amputees, we think that that:

- out-of-the-lab is possible and very desirable
- kinetics is still very difficult but possibly the combination of kinematics and EMG might compensate
- new wearable technologies are taking two ways:
  - On one side very-simple systems that integrate with software for mobile or tables to provide quick reports to the PT and patient
  - more complex system but that want to compete with optoelectronics systems some or their limitations.

Whatever the development, 5 keywords remain essential: 1) easy, 2) specific, 3) expandable, 4) validated, and 5) "polished look" with empathic design

**Table I. SEM values for important features of the kinematic patterns of hip, knee and ankle, as defined in Benedetti et al (1998) Clin Biomech**

	H3	H5	H6	H7	K2	K3	K5	K6	K7	A2	A3	A5	A6
<b>Sound</b>	2.8	2.7	0.7	1.3	1.9	2.0	2.0	1.9	2.9	1.7	1.8	2.5	1.4
<b>Affected</b>	2.1	2.8	1.7	1.0	1.6	0.7	1.9	1.4	3.4	0.9	0.8	0.9	0.5

---

## 5. References

- Benedetti MG, et al. Data management in gait analysis for clinical applications. *Clin Biomech* 1998; 13(3) 204-215.
- Benedetti MG, Ferrarin M, Cutti AG, Beghi et al. Conferenza Nazionale di Consenso SIAMOC Appropriatelyzza clinica e metodologica dell'analisi strumentale del cammino ("Gait Analysis") con particolare riferimento alle applicazioni in Medicina Riabilitativa, *Giornale Italiano di Medicina Riabilitativa*, Vol 29. Issue 1, in press.
- Cutti AG, Ferrari A, Garofalo P, Raggi M, Cappello A, Ferrari A. 'Outwalk': a protocol for clinical gait analysis based on inertial and magnetic sensors. *Med Biol Eng Comput*. 2010 Jan; 48(1): 17-2.
- Weir JP Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res* 2005; 19(1): 231-240.
- Raggi M, et al. Wearable sensors for the real-time assessment of gait temporal symmetry in above-knee amputees: The 'SEAG' protocol. *Gait and Posture* 2008; 28(1): 26-27.
- McGinley JL, et al. The reliability of three-dimensional kinematic gait measurements: a systematic review. *Gait Posture* 2009; 29(3): 360-369.
- Fortin C, et al. Inter-trial and test-retest reliability of kinematic and kinetic gait parameters among subjects with adolescent idiopathic scoliosis. 2008; 17(2):204-216.

**Correspondence:** *Andrea Giovanni Cutti, PhD, Project manger, C/O Centro Protesi INAIL, Via Rabuina, 14, 40054 Vigorso di Budrio (BO), Italy, Tel: +39 051 6936601, mobile: +39 347 8667267, E-mail: ag.cutti@inail.it*

Franck Gardrat

## La protesi estetica di arto inferiore

Procosil srl, Fiorentino - Repubblica di San Marino

**RIASSUNTO.** L'amputazione, che sia di arto superiore o di arto inferiore, comporta delle conseguenze importanti e spesso traumatiche nel soggetto amputato da un punto di vista fisico, psicologico, interpersonale e sociale. Agisce sulla propria immagine corporea scatenando diversi disturbi psicologici e alterazioni nelle realtà sociali e professionali. La protesi estetica può essere considerata un buon ausilio per aiutare il soggetto a riappropriarsi di una nuova immagine corporea di sé, facilitando il suo percorso di rieducazione fisica e la sua integrazione sociale.

**Parole chiave:** amputazione, riabilitazione, immagine corporea, protesi estetica.

**ABSTRACT.** *The amputation, which is upper or lower limb, entails important consequences and often traumatic into subject amputee from a physical, psychological, interpersonal and social point of view. It acts on the body image unleashing different psychological disorders and alterations in the social and professional reality. The aesthetic prosthesis can be considered a good support to help the person regain a new body image of themselves, facilitating the process of physical rehabilitation and social integration.*

**Key word:** *amputation, rehabilitation, body image, aesthetic prosthesis.*

### Introduzione

“Nella società post-moderna si percepisce il corpo come parte integrante della nostra identità e come canale espressivo privilegiato. Dove corpo e mente, salute e benessere psicologico, corpo e bellezza sono connessi da un continuo gioco di rinvii. Si riconosce al corpo un proprio linguaggio, proprie esigenze espressive che dobbiamo saper ascoltare e fare esprimere” (5).

Bellezza diventa, quindi, sinonimo di corpo sano.

La bellezza, intesa come attrattività fisica, è una complessa costruzione di fattori psicologici e fisiologici (1). È il risultato di quanto le caratteristiche estetiche di una persona siano considerate piacevoli a livello sociale (8).

L'estetica è diventato un aspetto importante e determinante nella nostra società: è presente ovunque nei media, è una caratteristica spesso richiesta, anche se non esplicitata, nei rapporti professionali ed ha un ruolo importante nelle dinamiche sociali ed interpersonali (4).

L'immagine corporea è la percezione che una persona ha del proprio corpo. È il risultato di un processo dinamico multidimensionale influenzato da fattori interni come il sesso, l'età, la condizione fisica e fattori esterni, tra cui gli aspetti sociali e ambientali (12).

L'immagine corporea è il frutto di un riflesso di sé attraverso gli altri. L'alterazione di tale immagine può rivelarsi un fattore scatenante di alcune patologie somatiche e varie forme di depressione (11).

Questo concetto ci permette di capire quanto la disabilità possa turbare la mente dell'amputato e alterarne le sue capacità relazionali, peggiorando in modo significativo il rapporto che l'individuo aveva instaurato con l'ambiente esterno (10).

L'amputazione può essere vista come un segno di diversità o addirittura di fallimento. Gli amputati devono riadattarsi fisicamente, socialmente e psicologicamente alle alterazioni nella struttura, nella funzione e nell'immagine del proprio corpo (3).

L'amputazione, che sia di arto superiore o di arto inferiore, comporta diverse limitazioni nella vita quotidiana della persona sia in ambito professionale, che nel tempo libero e nelle attività sociali e sportive, a causa di una mobilità ridotta e del dolore fisico.

Attraverso la protesi estetica rispondiamo, di fatto, ad un bisogno di carattere psicologico del paziente, oltre che fisico, nell'ottica di facilitare il superamento del trauma e il passaggio ad una ulteriore fase evolutiva di accettazione di una nuova identità e della propria disabilità. La persona amputata, grazie alla protesi estetica, ritrova una nuova immagine del corpo integra permettendogli quindi di sperimentare in modo diverso nuove dinamiche fisico-spaziali, e di reinstaurare nuove interazioni sociali e professionali.

Il paziente che richiede una protesi estetica ha solitamente delle aspettative, più che delle richieste, molto alte.

Il dialogo ci consente di instaurare la fiducia necessaria per cogliere queste attese e tenerne conto, per quanto possibile, nella progettazione della protesi.

Questo ascolto nel primo approccio è quindi altrettanto importante quanto la valutazione del moncone. Perché, se la protesi dovrà essere confortevole, leggera e consentire una normale deambulazione, il suo scopo primordiale è quello di essere realistica.

Se la protesi estetica può anche ricoprire un ruolo funzionale in certi casi, la sua vera vocazione rimane quella di aiutare il paziente a ritrovare l'integrità del suo schema corporeo.

In questo senso la protesi estetica può essere considerata come uno strumento terapeutico per l'aiuto al reinserimento sociale e professionale dell'amputato.

Consapevoli, o meno, di questo valore terapeutico, i primi pionieri della tecnologia protesica, quali gli antichi egizi, fabbricarono la prima protesi di alluce a scopo estetico. L'evoluzione delle protesi estetiche è stata a dir poco lenta e irrisoria e la letteratura è alquanto carente al riguardo.

Passando attraverso protesi di legno, protesi di bronzo o di ferro, arriviamo solo verso la fine del XX secolo a sviluppare nuove tecnologie e materiali che ci consentono di raggiungere una qualità tale da poterle considerare protesi cosiddette "cosmetiche".

Tuttavia il mercato odierno offre una vasta gamma di protesi con risultati ancora discutibili dove emergono poche aziende, come ad esempio Procosil e Mac Dowell silicones che utilizzano una tecnologia fra le più evolute. Tale tecnologia consente di progettare una protesi anatomica-mimetica in silicone biocompatibile riproducendo l'arto mancante a partire dalle impronte invertite dell'arto sano controlaterale.

---

## Discussione

L'innovazione tecnologica apportata da queste due società risiede, in gran parte, nella fabbricazione di uno stampo monolitico su misura, frutto di un lavoro lungo e complesso ottenuto da un'esperienza ventennale in questo settore.

Questo stampo darà luogo ad un guanto di silicone trasparente che, a sua volta, verrà colorato prendendo il paziente come modello. Il tecnico dovrà quindi, grazie alla sua particolare tecnica di pennellatura, depositare i pigmenti di colore da lui stesso creati, per riprodurre alla perfezione il colore della cute del paziente, con tutte le sue sfumature.

Le unghie, realizzate in resina, riproducono meticolosamente quelle del paziente, sia nella colorazione che nelle dimensioni.

L'invaso a *contatto* diventa parte integrante della protesi per formare un corpo unico e aderire perfettamente al moncone. Il riempimento della parte distale può essere più o meno morbido e flessibile per garantire, oltre al comfort, una deambulazione la più naturale possibile.

L'applicazione della protesi si realizza inumidendo la pelle in modo da fare scivolare quest'ultima più facilmente fino al raggiungimento della sua sede spingendo in fuori l'aria. In tal modo la tenuta della protesi avviene per mancanza d'aria tra il moncone e l'invaso, creando un "effetto ventosa" che consente il fissaggio della stessa. Di conseguenza è buona norma non indossare la protesi per un tempo troppo prolungato (10/12 ore) onde evitare problemi cutanei o di intolleranza.

Questo tipo di protesi richiede, tuttavia, un buon appoggio distale del moncone e viene quindi indicata in modo specifico per i seguenti livelli di amputazione:

- Amputazione digitale.
- Amputazione transmetatarsale.
- Amputazione di Lisfranc.
- Amputazione di Chopart.
- Rivestimenti tibiali.

Entrando, quindi, nello specifico della tematica analizziamo il metodo di protettizzazione per ogni livello di amputazione.

### Amputazione digitale

La ricostruzione del dito mancante avviene partendo dalla presa d'impronta del moncone e del dito sano controlaterale. Attraverso un lavoro di scultura che darà luogo alla fabbricazione dello stampo monolitico viene copiato il dito controlaterale e adattato al sito anatomico da ricostruire. L'invaso viene effettuato direttamente sul paziente.

La protesi, in questo caso, sarà fissata con l'aiuto di anelli di ancoraggio sulle dita o il dito collaterale per aumentare la tenuta della stessa.

Questo tipo di protesi può anche avere un'indicazione funzionale per impedire alle dita di richiudersi nello spazio vuoto ed evitare la deformazione delle articolazioni metatarso-falangee o contenerne lo sviluppo.

### Amputazione transmetatarsale

Attraverso la fabbricazione dello stampo personalizzato, viene ricostruito l'avampiede, copiando la morfologia dell'avampiede sano. L'invaso viene effettuato direttamente sul paziente.

Solitamente questo tipo di protesi risponde ad un'esigenza del paziente di natura estetica: poter nuovamente esporre il suo piede durante i mesi estivi in ogni circostanza che sia per andare al mare o indossare le infradito più che scarpe estive aperte.

La protesi sarà, pertanto, fabbricata con l'alluce separato dal resto delle altre dita e con una colorazione estiva.

Partendo dallo stesso stampo, è altrettanto possibile realizzare una protesi monocolora da utilizzare nelle scarpe durante i mesi invernali a scopo puramente riempi-

tivo. Per questo tipo di protesi viene utilizzato, infatti, un silicone morbido per il riempimento prossimale a contatto con il moncone in modo da garantire un confort ottimale.

### Amputazione di Lisfranc/Chopart

A differenza dei precedenti livelli di amputazione, viene realizzato un positivo in gesso che viene lavorato in base alle correzioni da apportare per compensare vari scompensi dovuti allo squilibrio muscolare (equinismo, valgismo, varismo, etc...) o creare zone di scarico.

L'invaso viene quindi eseguito sul gesso modificato e i vari riempimenti effettuati con materiali siliconici più o meno morbidi, rigidi e elastici (silicone di diversi shors) in base alla necessità.

La protesi estetica, in tal caso, oltre a ridare un aspetto "normale e realistico", funge da vero e proprio plantare integrato, rivestendo un ruolo anche funzionale.

L'amputazione di Chopart può rappresentare il limite di tale tecnologia e la protesi in silicone viene indicata soltanto laddove il paziente abbia un appoggio distale corretto e stabile ottenuto anche grazie ad un'artrodesi tibioastraglica o altrimenti richiede il supporto di una scarpa ortopedica.

La protesi totale di piede può essere leggermente più corta e meno larga del piede sano controlaterale per consentire di essere indossata nelle scarpe. Le dita possono allora essere tutte attaccate per risparmiare in questo modo spazio. Il taglio della protesi può essere effettuato sotto i malleoli o sopra, nel caso in cui si necessitasse di aumentare la tenuta della protesi a causa di monconi troppo corti.

### Rivestimenti tibiali

Nel caso dei rivestimenti tibiali non si tratta più di una protesi vera e propria ma di guaine di silicone che rivestono la sagoma delle protesi transtibiali.

Tali rivestimenti possono essere più o meno personalizzati e quindi riprodurre esattamente l'anatomia della gamba sana controlaterale con colorazione personalizzata e unghie in resina.

### Conclusioni

Nella società post-moderna l'estetica ha un ruolo sempre più importante nelle esperienze professionali e nelle dinamiche interpersonali e sociali.

L'immagine corporea che un soggetto ha di sé è il risultato di una dinamica multidimensionale tra aspetti interni ed esterni ed è il frutto di un riflesso di sé attraverso gli altri.

L'amputazione di un arto altera significativamente il concetto di immagine del proprio corpo e comporta delle conseguenze spesso traumatiche su come la persona si percepisce e quindi sulla propria esperienza sensoriale col mondo esterno, sulle relazioni con gli altri e sulle dinamiche professionali.

La protesi cosmetica aiuta la persona amputata a ritrovare una nuova estetica della parte menomata, supportandola, oltre che da un punto di vista fisico, anche da un punto di vista psicologico nel riappropriarsi della propria immagine corporea nuovamente integra.

Questo ausilio protesico può quindi essere considerato come uno strumento terapeutico nel processo di rieducazione fisica del neo-amputato e di reinserimento nella vita sociale e lavorativa (2).

Alcuni studi presenti in letteratura hanno mostrato come l'amputazione influenzi in modo significativamente negativo la propria immagine corporea e abbia delle correlazioni con la propria auto-stima (9). L'utilizzo della protesi di arto inferiore aiuta il paziente da un punto di vista fisico a ritrovare un appoggio, una maggiore stabilità e una migliore deambulazione e aumenta le sue relazioni a livello sociale e professionale favorendo la sua reintegrazione (6).

### Bibliografia

- 1) Adamson PA, Doud Galli SK. Modern concept of beauty. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 2003.
- 2) Atherton R, Robertson N. Psychological adjustment to lower limb amputation amongst prosthesis users. *Disabil Rehabil*, 2006.
- 3) Breakey JW. Body Image: The Lower-Limb Amputee. *J Prosthet Orthot*, 1997.
- 4) Etcoff N. *Survival of the prettiest: The science of beauty*. New York, Anchor Books, 1999.
- 5) Fabius G. *Il nuovo consumatore: verso il postmoderno*. Milano, Franco Agnelli, 2003.
- 6) Fisher K, Hanspal R. Body image and patients with amputation: Does the prosthesis maintain the balance?. *Int J Rehabil Res*, 1998.
- 7) Gardrat F, Frontini L, La protesi, in Budano V. (a cura di). *Io sono nato così! Come imparare per guardare oltre la "differenza"*. Franco Angeli, 2012.
- 8) Geertzen JHB, Van Es, Dijkstra PU. Sexuality and amputation: a systematic literature review. *Disabil Rehabil*, 2009.
- 9) Holzer LA, Selveda F, Fraberger G, Bluder O, Kicking W, Holzer G. *Body Image and Self-Esteem in Lower-Limb Amputees*. Andrea Serino Editor, 2014.
- 10) Mayer A, Kudar K, Bretz K, Tihanyi J. Body schema and body awareness of amputees. *Prosthet Orthot Int*, 2008.
- 11) Mian E. Immagine corporea e attenzione spaziale indagate mediante l'uso di uno strumento digitale. Università degli Studi di Trieste, Anno Accademico 2009/2010.
- 12) Thompson JK, Heinberg LJ, Altabe M, Tantleff-Dunn S. *Exacting beauty: theory, assessment and treatment of body image disturbance*. Washington: American Psychological Association, 1999.

**Corrispondenza:** Franck Gardrat, Procosil srl, Managing director, Via XXI Settembre, 78, 47897 Fiorentino - Repubblica di San Marino, Tel: (00378)0549 87 82 86, Fax: (00378) 0549 87 89 42, E-mail: [procosil@procosil.com](mailto:procosil@procosil.com), sito: [www.procosil.com](http://www.procosil.com)

Roberto Casale<sup>1</sup>, Anna Furnari<sup>1</sup>, Raul Coelho Lambert<sup>1,2</sup>, Efthimios Kouloulas<sup>3</sup>, Annegret Hagenberg<sup>4</sup>, Maryam Mallik<sup>5</sup>

## Specchio, specchio delle mie brame: la “terapia dello specchio” nel trattamento dell’arto fantasma e del dolore

<sup>1</sup> Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals - High Complexity Rehabilitation, Zingonia (BG), Italy

<sup>2</sup> Dept of Physical Medicine & Rehabilitation, University of Ribeirão Preto, USP, Sao Paulo, Brasil

<sup>3</sup> Department of Neurosurgery, Attikon University Hospital, University of Athens Medical School, Athens, Grece

<sup>4</sup> University of Leicester, Centre for Medical Humanities, Room 201, 7 Salisbury Road, Leicester, LE1 7QR, UK

<sup>5</sup> WHO Office National Institute for Health, Park Road, Chak Shahzad Islamabad, Pakistan

**RIASSUNTO.** L’Arto Fantasma e il controllo del dolore dell’arto fantasma sono punti cardine nella sequenza di interventi per portare l’amputato al raggiungimento di una autonomia funzionale. Le alterazioni della sensibilità, gli aspetti cognitivi e propriocettivi, il dolore del moncone e l’arto fantasma sono dunque aspetti della perdita di un arto che dovrebbero essere presi in considerazione nelle “*prise en charge*” di questi pazienti. Nell’ambito delle terapie fisiche più avanzate per controllare l’arto fantasma e l’arto fantasma doloroso vi è l’uso di specchi (terapia dello specchio o mirror therapy). Questo articolo si concentrerà sul suo utilizzo e sui possibili effetti collaterali indotti dalla mancanza di selezione dei pazienti e dall’uso parallelo di un approccio riabilitativo convenzionale mirato all’utilizzo di una protesi. Nell’articolo verrà posta enfasi sulla necessità di una corretta selezione dei pazienti che tenga conto del loro profilo psicologico, dell’anzianità di amputazione nonché del contesto clinico. Necessario anche che l’operatore sia a conoscenza dei possibili effetti negativi che la contemporanea applicazione della mirror therapy e di un approccio convenzionale possono portare. Una sequenza coordinata di procedure diagnostiche, prognostiche e terapeutiche effettuate da un team riabilitativo interdisciplinare, che operi a livello globale su tutti i problemi del paziente è quindi fondamentale nella gestione dell’arto fantasma e del dolore dell’arto fantasma. Viene infine sottolineata la necessità di ulteriori studi e lo sviluppo di una rete multidisciplinare per studiare questa e altre applicazioni della terapia specchio.

**Parole chiave:** terapia dello specchio, arto fantasma, amputazione arto inferiore, riabilitazione.

**ABSTRACT.** *MIRROR, MIRROR OF THE WALL: MIRROR THERAPY IN THE TREATMENT OF PHANTOM LIMBS AND PHANTOM LIMB PAIN. Phantom limb and phantom limb pain control are pivotal points in the sequence of intervention to bring the amputee to functional autonomy. The alterations of perception and sensation, the pain of the residual limb and the phantom limb are therefore aspects of amputation that should be taken into account in the “prise en charge” of these patients. Within the more advanced physical therapies to control phantom and phantom limb pain there is the use of mirrors (mirror therapy). This article will focus on its use and on the possible side effects induced by the lack of patient selection and a conflict of body schema restoration through mirror therapy with concurrent prosthetic training and trauma acceptance. Advice on the need to select patients before treatment decisions, with regard to their psychological as well as clinical profile (including time since amputation and clinical setting), and the need to be aware of the possible adverse effects matching different and somehow conflicting therapeutic approaches, are put forward. Thus a coordinated sequence of diagnostic, prognostic and therapeutic procedures carried out by an interdisciplinary rehabilitation team that works globally on all patients’ problems is fundamental in the management of amputees and phantom limb pain. Further studies and the development of a multidisciplinary network to study this and other applications of mirror therapy are needed.*

**Key words:** mirror therapy, phantom limb, lower limb amputation, rehabilitation.

### Lo specchio delle mie brame

Di recente è stato introdotto in medicina l’utilizzo dello specchio come possibilità terapeutica per una vasta serie di patologie riabilitative, la cosiddetta “mirror therapy”. In questo articolo ci occuperemo solo dell’utilizzo della terapia dello specchio, nella riabilitazione del paziente amputato e, nello specifico, del controllo dell’arto fantasma e del dolore che molti pazienti amputati avvertono proprio là dove l’arto non c’è più.

In verità da quando questa terapia è stata proposta, è diventata oggetto di brame da parte di molti medici che, affascinati dalle basi teoriche del suo possibile funzionamento, ne hanno fatto largo e qualche volta improprio uso.

L’interesse per questa forma di terapia è attestato anche dal tentativo di creazione a livello europeo una rete di specialisti provenienti da differenti specialità con lo scopo di mettere chiarezza sulle vere indicazioni e quindi porre anche limiti al suo utilizzo.

Per questo motivo, e per le specifiche competenze degli autori, in questo articolo tratteremo prima dei meccanismi che possono generare il fantasma e il suo dolore e solo successivamente di quelle che possono essere le indicazioni e i limiti dell’utilizzo della “mirror therapy” nel soggetto amputato.

### Dimensione e importanza del problema riabilitativo

La riabilitazione del paziente amputato in presenza di arto fantasma e di arto fantasma doloroso è spesso costellata di insuccessi. Essa si dovrebbe basare “su una sequenza coordinata di interventi diagnostici, prognostici e terapeutici che, come per le altre patologie complesse di competenza riabilitativa, deve far riferimento al concetto di globalità dell’approccio al paziente attraverso, un impegno interdisciplinare degli operatori coinvolti nel trattamento” (1).

L’epidemiologia delle amputazioni è oggetto di un articolo di questo stesso supplemento a cui si rimanda (Tavaglia et al). Tuttavia ci preme notare due dati. Il primo riguarda un dato epidemiologico italiano riferibile alle sole Lombardia e Emilia Romagna (2) ed il secondo relativo all’aumento della incidenza del dolore riportata nelle pubblicazioni più recenti (1).

Il dato epidemiologico induce ad una riflessione preliminare sulla necessità di ripensare le strategie riabilitative: in Lombardia vi sono 172 nuovi casi/milione/anno, e 154 casi/milione/anno in Emilia Romagna di cui la stragrande maggioranza per patologie traumatiche all'arto superiore e di tipo vascolare all'arto inferiore nella popolazione di età superiore a 45 anni con una importante aspettativa di qualità e durata della vita.

Per quanto riguarda l'incidenza dell'arto fantasma e del dolore da arto fantasma i dati della letteratura meno recente sembrano aver sostanzialmente sottostimato il problema riportando una incidenza attorno allo 0.5-10%, mentre studi più recenti indicano come il fenomeno sia nettamente più importante e che possa arrivare ad interessare fino all'80% dei soggetti nelle varie fasi. Ciò è verosimilmente dovuto ai progressi nella fisiopatologia del dolore che hanno portato ad una nuova considerazione di tale disturbo, ora universalmente riconosciuto come la risposta adattativa incongrua del sistema nervoso al cui interno viene generato il fantasma ed il dolore da arto fantasma e come tale oggetto di trattamento riabilitativo (3).

Ancora oggi, di fronte ad un paziente amputato, si è indotti a pensare che il problema sia legato solo alla perdita di capacità motorie, dimenticandoci che assieme alla capacità motoria, l'amputazione ha modificato l'assetto sensoriale. Oltre al problema motorio, vi è quindi la necessità di affrontare, anche dal punto di vista riabilitativo, il problema dei disturbi della sensibilità e dello schema corporeo. La sensazione di arto fantasma e il dolore da arto fantasma rappresentano infatti i motivi più frequenti di insuccesso riabilitativo.

### La sensazione di arto fantasma e l'arto fantasma doloroso

Nel tentativo di sistemizzare queste sensazioni è stata prodotta una classificazione tassonomica in grado di aiutare il clinico nel difficile compito di riabilitare il paziente amputato.

- 1) Una delle classificazioni tassonomica del dolore nell'amputato più accreditate, ed utilizzate distingue almeno tre differenti situazioni cliniche (4) Sensazione di arto fantasma: ogni sensazione riferita all'arto amputato mancante che non sia dolore.
- 2) Dolore da arto fantasma: dolore riferito topograficamente all'arto mancante
- 3) Dolore del moncone (stump pain o residual limb pain): è quel dolore percepito al moncone.

Per quanto riguarda l'arto fantasma vanno poi distinte a) la consapevolezza del arto considerato un elemento positivo (dimensioni, posizione e distorsione come l'effetto "telescopio"); b) le sensazioni dell'arto fantasma di carattere spiacevole, disturbante ma non doloroso (senso di compressione, gonfiore, caldo e freddo, "pins and needles"); c) movimenti dell'arto fantasma (sensazione di rigidità, senso di sforzo o addirittura di movimenti involontari).

Tuttavia nonostante una chiara distinzione tassonomica, il trattamento del dolore e del fantasma doloroso negli amputati è ben lontano dall'aver fornito risultati apprezzabili se ancora nel 1983 Sherman & Sherman in uno studio epidemiologico su 1200 veterani di guerra ameri-

cani affermavano come 85% dei soggetti rispondenti avesse dolore da arto fantasma ma che solo a pochi di essi era stato offerto un adeguato trattamento (5).

Benché la sensazione di arto fantasma sia per la maggior parte dei casi legata ad una amputazione di un arto, esso può apparire in ogni altra parte del corpo. Dopo avulsione dentale sono stati descritti casi di dolore (6), di dente fantasma (7), così come dopo mastectomia (8) modificazione dei genitali nei transgender (9), rimozione degli organi interni come nel caso della vescica (10). Tutte queste sensazioni, che ora vanno sotto il nome di sensazioni fantasma (phantom sensations), sono state per lungo tempo confinate nel dominio della psicopatologia e considerate stranezze psicologiche.

Nel passato descrizioni accurate di questa sensazione ci sono state fornite da René Descarte, Albrecht Haller e Ambrosie Paré. Tra queste, quelle di Ambrosie Paré, il famoso barbiere chirurgo, meritano una citazione particolare perché sintetizzano l'incapacità per i medici di allora di accettarne la reale esistenza. Agli inizi del 1500 egli descrisse tali sensazioni definendole "meravigliosamente strane e prodigiose.. difficili da credere se uno non le avesse viste con i propri occhi e sentite con le proprie orecchie" (11). È facile comprendere come la reazione generale a queste descrizioni fosse quella, come detto, di relegarle nell'angolo delle stranezze della mente e dell'anima umana. Il termine di "phantom limb pain" compare solo 300 anni dopo la descrizione di Ambrosie Paré, ad opera di Weir Mitchell che però pubblica un articolo intitolato "Il caso del Signor George Dedlow" non in una rivista medica ma in un periodico divulgativo, l'Atlantic Monthly (12) per l'ovvio timore di passare per visionario di fronte all'establishment medico.

La sensazione di "fantasma" è descritta sempre in situazioni molto meno drammatiche di una amputazione. È riscontro comune avvertire una sensazione del genere quando un nervo viene bloccato con anestetico locale. Anche nella nostra esperienza personale (RC) a seguito di un blocco anestetico all'arto superiore per un intervento di chirurgia alla mano, la sensazione avvertita ad anestesia avvenuta fu quella di avere il braccio, gonfio ed in una posizione che non corrispondeva a quella effettiva dell'arto stesso. Queste sensazioni di fantasma non sono quindi vaghe e difficili da descrivere, al contrario esse sono estremamente vivide, percepite e descritte come reali e per tale motivo possono creare situazioni di difficile gestione durante il processo di riabilitazione e di protesizzazione.

Pochissimi pazienti riferiscono di aver percepito la mancanza dell'arto immediatamente dopo il risveglio dalla anestesia per interventi chirurgici di amputazione. La maggior parte di pazienti riferisce invece come la sensazione di arto fantasma sia comparsa immediatamente. In alcuni casi, in presenza di un dolore preamputazione, il dolore avvertito al fantasma sembra "mimare" dolori avvertiti dal paziente prima della operazione stessa per la presenza per esempio di ulcere o di un dolore ischemico.

Il dolore è descritto accessuale con variazioni durante la giornata, con inizio al risveglio anche se sono stati descritti casi con dolore continuo e casi di arto fantasma e di dolore con variazioni non solo di intensità ma anche di

sede di percezione, configurando un fenomeno descritto come “effetto telescopio”.

La sensazione del fantasma può rappresentare un ostacolo alla protesizzazione, anche se è stato documentato come la protesizzazione stessa possa in qualche modo concorrere a ridurre tale fenomeno (13).

### Eziopatogenesi

La rapidità con cui queste manifestazioni di distorta sensibilità (non quindi quelle di assenza di sensibilità) intervengono, non consente di ipotizzare un meccanismo di trasporto periferico, lasciando come unica ipotesi quella che la sensazione di arto fantasma sia generata a livello centrale dalla improvvisa perdita di informazioni dalla periferia. Il fantasma è quindi da considerarsi un fenomeno nervoso centrale positivo (ovvero eccitatorio) causato dalla momentanea o definitiva perdita di impulsi nervosi dalla periferia (14). Quali siano le fibre e le strutture che generano questo fenomeno è ancora elemento di ricerca. Una ipotesi afferma che un ruolo pivotale nella sua genesi sia quello delle strutture spinali che, private dalla inibizione indotta dalle afferenze periferiche produrrebbero un barrage riconosciuto e decrittato in modo anomalo dalle strutture corticali. Queste ultime diverrebbero quindi il generatore di una rappresentazione distorta dell'arto mancante.

Per quanto riguarda l'eziopatogenesi del dolore dell'arto fantasma, numerose teorie si sono succedute negli ultimi anni (15). In generale oggi si ammette che la presenza di un barrage continuo dal neuroma di amputazione possa rappresentare un elemento importante nella genesi-mantenimento del dolore anche se il blocco anestetico del neuroma doloroso non sempre riesce a far scomparire il dolore fantasma. Melzack per primo iniziò a portare l'attenzione dei ricercatori a livello centrale ipotizzando un disturbo della neuromatrice deprivata del suo normale input sensoriale (16). Attualmente l'ipotesi più accreditata, e sulla quale si basano alcune delle più innovatrici tecniche di riabilitazione, è quella di una riorganizzazione funzionale della corteccia a seguito della massiccia deafferentazione post amputazione (17). Recentemente sempre da Ramachandran è stata messa in luce la possibilità di trattamento di questi pazienti non solo mediante l'utilizzo dello specchi (mirror therapy) ma anche mediante l'attivazione dei neuroni a specchio (mirror neurones) mediante l'osservazione di un soggetto sano mentre si tocca l'arto (18).

Flor e collaboratori (19) hanno poi trovato una diretta correlazione tra il grado di riorganizzazione corticale e il dolore da arto fantasma. La stessa correlazione è stata trovata anche per il fenomeno di telescopio (20). Un tale riconoscimento sottintende quindi una capacità plastica del sistema nervoso centrale che se genera in alcuni casi può generare una patologia, dall'altra può essere sfruttato a fini terapeutici riabilitativi (21). Queste possibilità di manipolare la plasticità del sistema nervoso rappresentano forse la nuova frontiera per la riabilitazione del paziente amputato con arto fantasma doloroso (22).

### Prospettive di cambiamento. La riabilitazione del dolore cronico invalidante

Nel corso degli ultimi anni il problema dell'amputato e dell'arto fantasma doloroso è andato ampliandosi dal punto di vista eziopatogenetico anche attraverso un differente approccio riabilitativo che tenga nel dovuto conto tutta una serie di fattori quali le modificazioni somatosensoriali e psicologiche post amputazione e proponendo la possibilità di formulare ipotesi predittive di recupero funzionale attraverso procedure e valutazioni psicosociali. (23). Questo argomento è trattato da Giorgi in un articolo di questo stesso supplemento.

Come detto, il completo sovvertimento degli schemi motori legati alla nuova situazione biomeccanica che si viene a creare nell'amputato è chiaramente documentato. Dal punto di vista riabilitativo questo sottolinea l'importanza pivotale di una maggiore applicazione di metodiche di rieducazione propriocettiva nel paziente amputato. Nessun dato è presente nella letteratura riabilitativa sulla influenza che l'arto fantasma ha sulla difficoltà del soggetto ad abituarsi alla protesi. Dal punto di vista neurofisiologico infatti si potrebbe generare una situazione in cui il paziente viene messo in condizioni di conflitto sensoriale tra ciò che vede (protesi = nuovo arto) e ciò che sente (arto fantasma spesso in posizioni erratiche) con ovvie ripercussioni sulla possibilità di cadute.

L'importanza della riabilitazione della disabilità indotta da dolore cronico, per l'outcome finale, è sottolineato in studi nei quali si evidenzia che i più importanti fattori influenti sulla qualità di vita percepita dall'amputato sono la distanza di cammino percorribile ed il controllo del dolore (24).

La frequenza con la quale si manifesta il sintomo dolore in questi pazienti è assai elevata; alcuni studi riportano valori di prevalenza del 48.1% per il dolore del moncone e del 62.9% per il dolore da arto fantasma (25); secondo altri Autori si riscontra la presenza di dolore del moncone nel 74% degli amputati, e di dolore da arto fantasma nel 72% (26). Per contrastare l'insorgenza del fantasma e del dolore da arto fantasma sono state proposte differenti tecniche preventive o molto precoci come a pre-emptive analgesia, il blocco nervoso precoce. Nessuna di queste con risultati definitivi (27).

Anche la presenza di dolore del moncone causato ad esempio da neuromi può rappresentare un elemento determinante l'insorgenza del dolore nell'arto fantasma, anche se non tutti i pazienti con neuroma hanno il fantasma doloroso e viceversa. Tuttavia il suo controllo è ritenuto pivotale nel processo di protesizzazione. Non si affrontano in questa sede i trattamenti farmacologici utilizzati per contrastare il dolore del moncone. Si fa cenno solamente alla recente possibilità di intervenire sul neuroma doloroso come dolore neuropatico localizzato (28) per mezzo di patch di lidocaina 5% (29) sia per il suo effetto sul neuroma che per l'azione protettiva del patch stesso che si interpone tra neuroma e invasore (30). Maggiori incertezze e proposte terapeutiche sono riscontrabili per il dolore da arto fantasma. Sono stati descritti in passato da Sherman



(31) più di 60 diversi trattamenti per il dolore da arto fantasma; la stessa numerosità delle proposte, cui fa riscontro la mancanza di linee guida unanimemente accettate, è indicativa della difficoltà, tuttora riscontrabile, di instaurare un trattamento efficace per questo tipo di dolore, nonostante i numerosi studi condotti.

Se il dolore del moncone può essere controllabile, ad esempio con patch di lidocaina al 5%, quello del dolore da arto fantasma non lo è. Recentemente tuttavia sono comparsi una serie di lavori che sembrano poter condurre ad un maggior controllo del dolore. La prima linea di trattamento è quella che indica come essenziale che il paziente da sottoporre a intervento di amputazione riceva per quanto possibile un trattamento riabilitativo intensivo (1) anche perioperatorio.

Qual'ora nonostante il corretto approccio riabilitativo preoperatorio si sviluppasse un arto fantasma doloroso, sono state attualmente proposte tecniche cognitivo-comportamentali in grado di modificare sia il fantasma che il dolore. In studi di particolare rilevanza clinico-riabilitativa è stato dimostrato che: a) esiste una forte correlazione fra riorganizzazione della corteccia motoria e comparsa di dolore da arto fantasma; b) la percentuale maggiore dei processi di riorganizzazione della corteccia motoria è legata allo scarso uso di protesi sull'arto amputato; c) l'uso di protesi che permettano al paziente di attuare schemi motori il più possibile corretti durante la deambulazione, induce fenomeni di regressione della riorganizzazione corticale cui consegue riduzione del dolore da arto fantasma (32).

## Lo specchio

In questi ultimi anni sono apparsi in letteratura numerosi articoli che attestano l'interesse di vari e sempre crescenti gruppi di lavoro, in tutto il mondo e di cui si citano solo alcune revisioni (33-37), nell'utilizzo di questa metodica sia nel paziente ospedalizzato che come trattamento domiciliare (38). Dal gennaio 2007 abbiamo introdotto la Mirror Therapy nel percorso terapeutico del paziente amputato. Il dato più interessante che è emerso dallo studio di questi pazienti è che la così detta mirror therapy ha come ogni tecnica dei limiti precisi e alcune controindicazioni (39). In un gruppo non selezionato di 34 pazienti, di età compresa tra i 18 e i 90 anni, ambo sessi, amputati a diversi livelli (piede, gamba o coscia), destra o sinistra, in esito a traumi, arteriopatia obliterante, neoplasia e processi infettivi abbiamo applicato accanto alla tradizionale riabilitazione anche sedute giornaliere di mirror therapy ed abbiamo osservato che la gran parte dei pazienti rifiutava la metodica con lo specchio, manifestando sentimenti di confusione, irritazione, insofferenza al trattamento. Questo dato non è mai stato segnalato se non aneddoticamente ed è, ad oggi, tra i pochi lavori scientifici che sottolinei come anche per la applicazione della mirror therapy esistano dei meccanismi fisiopatogenetici di plasticità neuronale da cui discendono delle regole che vanno conosciute e rispettate (40-41).

La Mirror therapy basa il suo utilizzo sul principio che il sistema nervoso privato dell'input sensoriale che gli arrivava dall'arto amputato sia in grado di ricostruire uno schema cor-

poreo "quo ante" attraverso stimoli che gli pervengono da altre vie sensoriali come quella visiva. In altri termini lo specchio riflettendo l'immagine dell'arto sano nella posizione dell'arto mancante crea una immagine virtuale che "inganna" il sistema nervoso a credere che l'arto sia ancora parte del Se.

Nella riabilitazione classica dell'amputato uno dei punti fondamentali è la elaborazione del trauma e della menomazione patita e quindi l'accettazione della protesi e la sua "in-corporazione" nello schema corporeo. La nostra ipotesi è che il confronto con lo specchio confligga con l'elaborazione del trauma subito, creando la sovrapposizione di istanze psichiche che, in alcuni pazienti, rallentano più che facilitare il processo riabilitativo. In altri termini l'applicazione di una protesi e della sua "in-corporazione" nello schema corporeo del soggetto e il contemporaneo trattamento con MT creino una "confusione se non un vero conflitto sensoriale che può rallentare e ostacolare la protesizzazione stessa (38).

Nell'amputazione, la percezione del Sé si altera a causa della frammentazione-sovrapposizione del Se ideale (immagine somatopsichica interiore immutata e rinforzata dalla presenza dell'arto fantasma), del Sé reale (immagine somatopsichica acquisita con l'amputazione) e del Sé non autenticamente ricostruito (immagine somatopsichica ricostruita con l'ausilio di protesi). L'esistenza del disturbo della percezione della propria immagine e la sua entità è stato indagato attraverso colloqui individuali e somministrazione di test finalizzati.

Questa ipotesi è stata formulata dopo aver ascoltato a lungo i nostri pazienti amputati all'interno di un gruppo di ascolto psicologico a loro dedicato. Durante questi incontri di gruppo che si è evidenziata l'incongruenza della MT con l'elaborazione del lutto conseguente al trauma subito.

Durante la seduta di MT il paziente deve eseguire degli esercizi attivi con l'arto e osservarli attraverso lo specchio con l'illusione di avere due arti completi in movimento sinergico, questo viene vissuto come confondente ed in contrasto con la richiesta di elaborazione del lutto. Pertanto se parallelamente a tale elaborazione si sovrappone la metodica dello specchio in qualsiasi stadio, non è possibile garantire un percorso riabilitativo congruo.

In conclusione a nostro parere occorre valutare con molta attenzione l'offerta di MT ai pazienti amputati, inserendola solo dopo una attenta valutazione psicologica.

Quello che tuttavia è ancora carente sono gli strumenti idonei ad una selezione mirata di questi pazienti in cui motivazione, patologie coesistenti, aspettative di vita sesso ed età concorrono a rendere ancora più complessa.

Il modello riabilitativo dell'arto fantasma ha concorso a sviluppare un nuovo e più completo approccio della riabilitazione al paziente neurologico, basato sul concetto di plasticità e di plasticità maladattativa. (42).

Quello che è ancora carente è la mancanza di linee guida per l'uso della mirror therapy nelle varie patologie. I primi passi sono stati intrapresi per ciò che concerne l'arto fantasma e il dolore dell'arto fantasma (41-43) e ci sono protocolli iniziali per stroke (44-45) e per la Complex Regional Syndrome (46-47), tuttavia sono ancora carenti le linee guida specifiche per queste patologie di grandissimo interesse riabilitativo e di enorme impatto epidemiologico.

## Bibliografia

- 1) Casale R, Maini M, Bettinardi O, Labeeb A, Rosati V, Damiani C, Mallik M. Motor and sensory rehabilitation after lower limb amputation: state of art and perspective of change. *G Ital Med Lav Ergon* 2013; 35(1): 51-60.
- 2) Catalano M. Epidemiology of critical limb ischaemia: north Italian data. *Eur J Med* 1993, 2 (1): 11-14; 35(1): 51-60.
- 3) Casale R, Alaa L, Mallik M, Ring H. Phantom limb related phenomena and their rehabilitation after lower limb amputation *Eur J Phys Rehab Med* 2009; 45: 559-66
- 4) Jensen TS, Rasmussen P. Phantom limb and related phenomena in patients with amputated extremities. *Ugeskr Laeger* 1986; 148(9): 506-9.
- 5) Sherman RA, Sherman CJ. Prevalence and characteristics of chronic phantom limb pain among American veterans. Results of a trial survey. *Am J Phys Med* 1983; 62(5): 227-38.
- 6) Tarce M, Barbieri C, Sardella A. Atypical odontalgia: an up-to-date view. *Minerva Stomatol* 2013; 62(5): 163-81.
- 7) Tassinari G, Migliorini A, Girardini F, Luzzani A. Reference fields in phantom tooth pain as a marker for remapping in the facial territory. *Funct Neurol* 2002; 17(3): 121-7.
- 8) Ahmed A, Bhatnagar S, Rana SP, Ahmad SM, Joshi S, Mishra S. Prevalence of phantom breast pain and sensation among postmastectomy patients suffering from breast cancer: a prospective study. *Pain Pract* 2014; 14(2): E17-28.
- 9) Ramachandran VS, McGeoch PD Occurrence of phantom genitalia after gender reassignment surgery. *Med Hypotheses* 2007; 69(5): 1001-3.
- 10) Biley FC. Phantom bladder sensations: a new concern for stoma care workers. *Br J Nurs* 2001; 10(19): 1290-6.
- 11) Keines G. The apology and treatise of Ambroise Parre\_. Chicago: University of Chicago Press; 1952.
- 12) Mitchel SW The case of george Dedlow, *Atlantic Montly* 1886; 18: 1-11.
- 13) Dietrich C, Walter-Walsh K, Preissler S, Hofmann GO, Witte OW, Miltner WH, Weiss T. Sensory feedback prosthesis reduces phantom limb pain: proof of a principle. *Neurosci Lett* 2012; 507(2): 97-100.
- 14) Wall PD On the origin of pain associated with amputation. In: Siegfried J & Zimmermann M. Eds. *Phantom and stump pain*. Berlin Springer Verlag; 1981, 2-14.
- 15) Ramachandran VS. Plasticity and functional recovery in neurology. *Clin Med* 2005; 5(4): 368-73.
- 16) Melzack R. Phantom limbs and the concept of neuromatrix. *Trends Neurosci*. 1990; 13: 88-92.
- 17) Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D Phantom limbs and neural plasticity. *Arch Neurol* 2000; 57(3): 317-20.
- 18) Ramachandran VS, Brang D. Sensations evoked in patients with amputation from watching an individual whose corresponding intact limb is being touched. *Arch Neurol* 2009; 66(10): 1281-4.
- 19) Flor H, Elbert T, Knecht S, Wienbruch C, Pantev C, Birbaumer N, Larbig W, Taub E. Phantom-limb pain as a perceptual correlate of cortical reorganization following arm amputation. *Nature* 1995; 375(6531): 482-4.
- 20) Grusser SM, Winter C, Muhlneckel W, Denke C, Karl A, Villringer K, Flor H. The relationship of perceptual phenomena and cortical reorganization in upper extremity amputees. *Neuroscience* 2001; 102(2): 263-72.
- 21) Casale R, Ceccherelli F, Labeeb AA, Biella GE. Phantom limb pain relief by contralateral myofascial injection with local anaesthetic in a placebo-controlled study: preliminary results. *J Rehabil Med* 2009; 41(6): 418-22.
- 22) Foell J, Bekrater Brodman, R, Diers, M, Flor H 2014. Mirror therapy for phantom limb pain: Brain changes and the role of body representation *European Journal of Pain*, 18, 729-739.
- 23) Horgan O, MacLachlan M. Psychosocial adjustment to lower-limb amputation: a review. *Disabil Rehabil* 2004; 26(14-15): 837-50.
- 24) van der Schans CP, Geertzen JH, Schoppen T, Dijkstra PU. Phantom pain and health-related quality of life in lower limb amputees. *J Pain Symptom Manage* 2002; 24(4): 429-36.
- 25) Borsje S, Bosmans JC, van der Schans CP, Geertzen JH, Dijkstra PU Phantom pain: a sensitivity analysis. *Disabil Rehabil* 2004; 26: 905-10.
- 26) Gallagher P, Allen D, Maclachlan M. Phantom limb pain and residual limb pain following lower limb amputation: a descriptive analysis. *Disabil Rehabil* 2001; 23(12): 522-30.
- 27) Halbert J, Crotty M, Cameron ID. Evidence for the optimal management of acute and chronic phantom pain: a systematic review. *Clin J Pain* 2002; 18(2): 84-92).
- 28) Casale R, Mattia C. Building a diagnostic algorithm on localized neuropathic pain (LNP) and targeted topical treatment: focus on 5% lidocaine-medicated plaster. *Ther Clin Risk Manag* 2014; 10: 259-68.
- 29) Casale R, Di Matteo M, Minella CE, Fanelli G, Allegrì M. Reduction of painful area as new possible therapeutic target in post-herpetic neuropathic pain treated with 5% lidocaine medicated plaster: a case series. *J Pain Res* 2014 Jun 23; 7: 353-7.
- 30) Casale R, Romanenko Y, Allegrì M. 5% lidocaine medicated plaster double effect in a case of orofacial localized neuropathic pain. *J Pain Res* 2014; 7: 639-43.
- 31) Sherman RA, Sherman CJ, Gall NG. A survey of current phantom limb pain treatment in the United States. *Pain* 1980; 8(1): 85-99.
- 32) Pirowska A, Wloch T, Nowobilski R, Plaszcowski M, Hocini A, Ménéager D. Phantom phenomena and body scheme after limb amputation: a literature review. *Neurol Neurochir Pol* 2014; 48(1): 52-9.
- 33) Rothgangel AS, Braun SM, Beurskens AJ, Seitz RJ, Wade DT. The clinical aspects of mirror therapy in rehabilitation: a systematic review of the literature. *Int J Rehabil Res* 2011; 34(1): 1-13.
- 34) Ramachandran VS, Altschuler EL. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain* 2009; 132(Pt 7): 1693-710.
- 35) Moseley GL, Gallace A, Spence C. Is mirror therapy all it is cracked up to be? Current evidence and future directions. *Pain* 2008; 138(1): 7-10.
- 36) Giummarra MJ, Gibson SJ, Georgiou-Karistianis N, Bradshaw JL. Central mechanisms in phantom limb perception: the past, present and future. *Brain Res Rev* 2007; 54(1): 219-32.
- 37) Ramachandran VS. Plasticity and functional recovery in neurology. *Clin Med* 2005; 5(4): 368-73.
- 38) Gover-Chamlou A, Tsao JW. Telepain Management of Phantom Limb Pain Using Mirror Therapy. *Telemed J E Health* 2015. [Epub ahead of print].
- 39) Casale R, Damiani C, Rosati V. Mirror therapy in the rehabilitation of lower-limb amputation: are there any contraindications? *Am J Phys Med Rehabil* 2009; 88(10): 837-42.
- 40) Rothgangel A, Braun S, de Witte L, Beurskens A, Smeets R. Development of a Clinical Framework for Mirror Therapy in Patients with Phantom Limb Pain: An Evidence-based Practice Approach. *Pain Pract* 2015 [Epub ahead of print].
- 41) Hagenberg A, Carpenter C. Mirror visual feedback for phantom pain: international experience on modalities and adverse effects discussed by an expert panel: a delphi study. *PM R* 2014; 6(8): 708-15.
- 42) Flor H. Cortical reorganization and chronic pain: implications for rehabilitation. *J Rehabil Med* 2003; (41 Suppl): 66-72.
- 43) Rothgangel AS, DeWitte L, Beurskens A, Smeets R. Development of a Clinical Framework for Mirror Therapy in Patients with Phantom Limb Pain: An Evidence-based Practice Approach. *Pain Practice* 2015 [Epub ahead of print].
- 44) Rothgangel AS. Mirror Therapy. *Practical Protocol for Stroke Rehabilitation*. Pflaum Verlag 2013
- 45) Bieniok A, Spiegeltherapie in der Neurorehabilitation, Idstein, Schulz-Kirchner Verlag, 2011.
- 46) Grunert-Pluss N, Hufschmid U, Santschi L, Grunert J. Mirror therapy in hand rehabilitation: a review of the literature, the St Gallen Protocol for Mirror Therapy and evaluation of a case series of 52 patients. *British Journal of Hand Therapy* 2008; 13(1): 4-11.
- 47) McCabe C. Mirror visual feedback therapy. A practical approach. *Journal of Hand Therapy* 2011; 24(2): 170-9.

Ines Giorgi, Omar Gobba, Marina Manera

## La riorganizzazione dello schema e dell'immagine corporea della persona amputata

Servizio di Psicologia, Fondazione S. Maugeri Clinica del Lavoro e della Riabilitazione IRCCS, Istituto di Pavia

**RIASSUNTO.** Il lavoro affronta le problematiche psicologiche correlate all'esperienza del paziente amputato. Sono descritti gli stadi della riorganizzazione dell'immagine corporea e delle criticità che possono insorgere. In questo processo la sindrome dell'arto fantasma rappresenta un importante paradigma di studio e riflessione.

**Parole chiave:** amputazione, riabilitazione, schema corporeo, immagine corporea, arto fantasma.

**ABSTRACT.** The paper deals with the psychological problems related to the amputee's experience. The stages of the reorganization of the body image and the problems that may arise, are described. In this process the phantom limb syndrome represents an important paradigm for study and reflection.

**Key words:** amputation, rehabilitation, body scheme, body image, phantom limb.

Le problematiche dei pazienti che hanno affrontato l'esperienza dell'amputazione di un arto, oggetto di attenzione e studio della comunità scientifica, hanno avuto anche una risonanza mediatica, come documentato dal seguente brano tratto dalle serie televisive Gray's Anatomy (1); l'autrice Shonda Rhymes fa esprimere a Meredith le seguenti riflessioni:

*"I pazienti dopo l'amputazione hanno spesso la sensazione della presenza dell'arto amputato, come se fosse ancora lì. Si chiama sindrome dell'arto fantasma. È come se il corpo non potesse accettare il terribile trauma subito. La mente cerca di avere di nuovo il corpo tutto intero. I pazienti con la sindrome dell'arto fantasma riferiscono diverse sensazioni, ma la più comune è il dolore. Il corpo può essere testardo quando si devono accettare cambiamenti. La mente non abbandona la speranza che il corpo possa tornare a essere intero. E la mente lotterà sempre per la speranza, con le unghie e con i denti. Finché non elabora un modo per comprendere questa nuova realtà, e accettare che quello che non c'è più, non ci sarà più".*

Come ben espresso, il paziente deve affrontare una serie di processi di riorganizzazione relativi a un corpo traumatizzato e a una mente che deve elaborare il trauma e ricostruire un nuovo schema corporeo e una nuova immagine di sé.

### Schema corporeo

Definiamo schema corporeo la rappresentazione integrale del nostro corpo ottenuta dall'integrazione neurale delle esperienze sensoriali.

Già alla fine dell'800 si ipotizzava che ci fosse uno schema costruito a partire dalle varie sensazioni cinestetiche e tattili, per ottenere una rappresentazione unitaria del nostro corpo (2). La ricerca scientifica si è pertanto concentrata sull'analisi dei singoli componenti che contribuiscono all'integrazione corporea.

Head e Holmes (3) definiscono lo schema corporeo come il *modello organizzativo di noi stessi*, un modello di riferimento unitario del corpo che ci permette l'organizzazione spaziale dell'azione inserita in uno spazio, senza che vi sia un controllo cosciente per ogni singola modificazione corporea. Questa rappresentazione è continuamente aggiornata per tener conto della posizione degli arti e delle sensazioni derivanti la loro alterazione.

Haggard e Wolpert (4), hanno ipotizzato sette principali caratteristiche dello schema corporeo:

- È codificato in termini spaziali; grazie all'integrazione dell'informazione tattile con quella propriocettiva lo schema ci permette sia di localizzare stimoli sulla superficie corporea, sia di avere una rappresentazione tridimensionale del corpo inserita nello spazio.
- È uno schema modulare: le relative informazioni agli arti e alle varie parti del corpo sono codificate tramite moduli neurali differenti, ma interconnessi.
- È aggiornato momento per momento per favorire il controllo posturale e del movimento.
- Ha adattabilità e plasticità.
- È sovra modale.
- È coerente e rimane stabile nel tempo.
- È interpersonale.

---

### Immagine corporea

L'immagine corporea può essere definita come la rappresentazione interna del nostro corpo e dei suoi vissuti emotivo-affettivi. Secondo Costa (5, 6) rappresenta "L'immagine mentale personale della forma, della dimensione e della taglia del corpo e dei sentimenti che proviamo rispetto a queste caratteristiche e alle singole parti fisiche". Tuttavia non si tratta di una sorta di figura interna e innata che l'individuo si crea nella mente, ma di una rappresentazione mentale che elabora l'esperienza corporea non solo da un punto di vista percettivo, ma soprattutto affettivo e meta-cognitivo e che può determinare l'autostima della persona (7,8). Non esiste una definizione d'immagine corporea uniformemente accettata e condivisa dalla comunità scientifica, il costrutto presenta una molteplicità di interpretazioni a secondo dei modelli teorici di riferimento. Alcune teorizzazioni mettono l'accento soprattutto sullo sviluppo dell'immagine corporea nelle varie fasi di crescita (9,10); questi studi concordano sul fatto che il terzo anno di vita rappresenta il periodo in cui il bambino riconosce la propria immagine allo specchio, ma è l'adolescenza, con le sue fisiologiche trasformazioni, la fase più ricca e critica per la definizione dell'immagine corporea adulta.

Studi legati ai disturbi del comportamento alimentare hanno evidenziato diversi fattori che contribuiscono allo sviluppo dell'immagine corporea (2):

- Fattori psicosociali legati alle relazioni parentali e al rapporto con il gruppo dei pari.
- Fattori psicologici interni quali sicurezza di sé, autoefficacia ed autostima.
- Consapevolezza del proprio sviluppo fisico e dei relativi cambiamenti del corpo fisiologici e/o connessi a eventi traumatici quali la malattia e i suoi trattamenti.

Entrambe le dimensioni schema corporeo e immagine corporea entrano in gioco nella condizione in cui un paziente va incontro a un'amputazione per ragioni traumatiche o di malattia cronica. Lo sviluppo della sindrome dell'arto fantasma rappresenta una condizione in cui l'adattamento del paziente avviene attraverso forme insolite e ricche di suggestioni.

Nel 1872 Mitchel (11) ha introdotto il termine "Phanton limb" per descrivere le allucinazioni sensoriali nelle persone mutilate in seguito al conflitto bellico. La percentuale di comparsa di tale sindrome è stata stimata fra il 50 e l'80% dei casi con sintomi più o meno gravi e disturbanti (12).

---

### Adattamento psicologico

L'adattamento alla condizione clinica per la persona amputata si configura come una vera e propria sfida che coinvolge anche la sua famiglia. Diversi fattori psicologici modulano tale adattamento (13). Il paziente deve affrontare il lutto della perdita dell'arto e deve confrontarsi con una nuova e differente immagine del proprio corpo. Questo processo porterà a una nuova immagine di sé e della propria identità. John e collaboratori propongono una suddivisione in fasi del percorso di adattamento (14):

- nella prima fase preoperatoria, il paziente deve accettare la necessità dell'intervento chirurgico, tuttavia in molti casi le amputazioni non sono programmate, specie quelle dovute a eventi improvvisi e a lesioni traumatiche incidentali. Un'adeguata preparazione preoperatoria, che coinvolga anche i familiari, si correla a una migliore aderenza al percorso riabilitativo in quanto permette di elicitare un coping proattivo.
- La reazione più frequente e fisiologica all'amputazione è quella del lutto. Tale reazione è presente frequentemente nel periodo che va dall'amputazione all'inserimento della protesi. Tale fase è spesso caratterizzata da un conflitto fra la consapevolezza di una perdita e la presenza sovrapposta di una immagine corporea intatta (15). Ritiro sociale e isolamento, introversione, sentimenti di sfiducia, irritabilità e catastrofismo sono i sintomi più frequentemente esperiti dai pazienti in questa fase. È emerso come questi stati d'animo siano più ricorrenti negli amputati agli arti inferiori (16) poiché la visibilità della menomazione è maggiore e l'autonomia è ridotta rispetto a chi ha subito un'amputazione agli arti superiori. Può verificarsi uno stato di depressione reattiva e di "pining" come descritto da Parkers (17).
- Con l'inserimento della protesi il paziente incomincia a integrare la presenza dell'arto protesico nell'immagine di sé. Secondo Damiani (16) il livello di soddisfazione per la protesi influisce sul disturbo dell'immagine corporea. Un miglior adattamento sociale ha inoltre un'influenza positiva sulla percezione della propria immagine e contribuisce al mantenimento della propria autostima. Sono state inoltre rilevate alcune differenze di genere: i maschi tendono a preoccuparsi maggiormente del recupero sociale e lavorativo, mentre le femmine si focalizzano maggiormente sulla sfera estetica e sulla funzionalità nella vita quotidiana.
- Il reinserimento nel proprio contesto, dopo le dimissioni dalla struttura riabilitativa, rappresenta un ulteriore test per l'autonomia personale e la verifica del proprio ruolo familiare, sociale e lavorativo. Il sup-

porto sociale, soprattutto dei familiari, modula il reinserimento sociale e la capacità di programmare e reinvestire sul futuro (18).

La sindrome da arto fantasma comporta talvolta anche anomale percezioni dell'arto amputato e sensazioni dolorose croniche. L'intensità del dolore è spesso correlata a una flessione del tono dell'umore, ansia, fatica e insonnia (12,19,20). Tali sintomi possono configurarsi come specifici disturbi psichici: una percentuale di sintomi depressivi che varia dal 20 al 60% è stata diagnosticata a carico delle persone amputate con sintomi algici (21, 22).

L'intensità, la persistenza e l'estensione delle sensazioni dell'arto fantasma sono direttamente proporzionali alla presenza di Disturbi D'Ansia (23,24).

Kern et al. (25) hanno rilevato che nel 60% dei casi si manifestavano disturbi del sonno, strettamente correlati ai sintomi algici, in un campione di soggetti amputati.

Infine, in base all'eziologia dell'amputazione in caso di lesioni successive a eventi traumatici, i pazienti possono sviluppare un disturbo postraumatico da stress (26).

In conclusione possiamo affermare che l'adattamento è un processo complesso e modulato da molteplici variabili in quanto, come afferma Sacks (27) "Ognuno di noi ha una storia del proprio vissuto, un racconto interiore, la cui continuità, il cui senso è la nostra vita. Si potrebbe dire che ognuno di noi costruisce un racconto e che questo racconto è noi stessi, la nostra identità. Ognuno di noi è un racconto peculiare, costruito di continuo, inconsciamente da noi, in noi e attraverso di noi - attraverso le nostre percezioni, i nostri sentimenti, i nostri pensieri, le nostre azioni; e non ultimo il nostro discorso. L'uomo ha bisogno di questo racconto interiore continuo, per conservare la sua dignità e il suo sé".

## Bibliografia

- 1) Rhymes S. Gray's Anatomy, Ep 12.9 "Camminare su un sogno", 2013.
- 2) Lalli N. Lo spazio della mente - Saggi di psicosomatica, 2°. Napoli, Liguori Editore. 1997.
- 3) Head H, Holmes G. Sensory disturbances from cerebral lesions. Brain, 1912, 4: 102-254.
- 4) Haggard P, Wolpert DM. Disorder of body scheme. Higher-Order Motor Disorders, Oxford University Press, 2005.
- 5) Costa M, Corazza L. Psicologia della bellezza. Firenze, Giunti editrice. 2004.
- 6) Mian E, Gerbino W. Body image assessment in eating disorders patients: testing a new digital method. Paper presented at the International Congress on Eating Disorders, Barcelona, 2006.
- 7) Strauss RS. Self reported weight status and dieting in a cross-sectional sample of young adolescents. National Health and Nutrition Examination survey III. Arch. Pediat. Adolesc Med, 1999, 153: 741-747.
- 8) Posovac SS, Posovac HD. Predictors of women's concern with body weight: the roles of perceived self-media ideal discrepancies and self-esteem. Eat Disord, 2002; 10: 153-160.
- 9) Piaget J. Lo sviluppo mentale del bambino e altri studi di psicologia. Torino, Einaudi Editore. 1967.
- 10) Mahler M. La nascita psicologica del bambino. Simbiosi e individuazione. Torino, Bollati Boringhieri editore. 1978.
- 11) Mitchell SW. Neural maladies of stumps. Injuries of nerves and their consequences. Philadelphia J.B. Lippincott. 1872.
- 12) Sherman RA, Sherman CJ, Bruno GM. Psychological factors influencing phantom limb pain. Pain, 1987; 29: 285-295.
- 13) Niraj S, Niraj G Phantom MD. Limb Pain and it's Psychologic Management: a critical review. Pain Management Nursing 2012; 15: 349-364.
- 14) John K Bradway MD, James M Malone MD, John Racy MD, Joseph M Leal CP, Jana Poole. Psychological Adaptation to Amputation: An Overview. Orthotics and prosthetics 1984; 38: 46-50.
- 15) Macbride A, Rogers J, Whyllie B, Greeman SJJ. Psychosocial factors in the rehabilitation of elderly amputees, Psychosom 1980; 12(3): 258-264.
- 16) Damiani C. Studio sull'impatto riabilitativo dell'alterata percezione dell'immagine corporea nel paziente amputato agli arti inferiori. Eur Med Phys 2008; 44, Suppl. 1,3.
- 17) Parkers CM. Factors determining the persistence of phantom pain in the amputee. Journal of psychosomatic research, 1973; 17: 97-108.
- 18) Pell JP, Donnan PT, Fowkes FGR, Ruckley CV. Quality of life following lower limb amputation for peripheral arterial disease. European Journal of Vascular Surgery, 1993; 7: 448-451.
- 19) Arena JG, Sherman RA, Bruno GM, Smith JD. The relationship between situational stress and phantom limb pain: Cross-lagged correlation data from six-month pain logs. Journal of Psychosomatic Medicine, 1990; 34: 71-77.
- 20) Giunmarra MJ, Mosely GL. Phantom limb pain and bodily awareness: current concepts and future directions. Current Options in Anaesthesiology, 2011; 24: 524-531.
- 21) Shukla GD, Sahu C, Tripathi RP, Gupta D. Phantom limbs: A phenomenological study. British journal of psychiatry, 1982; 141: 54-58.
- 22) Whyte AN, Niven CA. Psychological distress in amputees with phantom limb pain. Journal of pain and Symptom Management, 2001; 22: 938-946.
- 23) Frederiks E. Occurrence and nature of phantom limb phenomena following amputation of body parts and following lesions of the central and peripheral nervous system. Psych. Neuro. Neurochir 1963; 163: 73-97.
- 24) Melzack R, Loeser J. Phantom body pain in paraplegics: evidence for a central "pattern generating mechanism" for pain. Pain, 1978; 4: 192-210.
- 25) Kern U, Busch V, Rockland M, Kohl M, Birklein F. Prevalence and risk factors of phantom limb pain and phantom limb sensation in Germany. A national wide field survey. Schmerz, 2009; 23: 479-88.
- 26) Cheung E, Alvaro R, Colotta VA. Psychological distress in workers with traumatic upper- or lower-limb amputations following industrial injuries. Rehab. Psychol, 2003; 48: 109-112.
- 27) Sacks O. L'uomo che scambiò sua moglie per un cappello. Milano. Adelphi editore, 1986.

**Corrispondenza:** Ines Giorgi, Servizio di Psicologia, Fondazione S. Maugeri, via S. Maugeri, 10, 27100 Pavia, Italy, E-mail: ines.giorgi@fsm.it

Mauro Zampolini

## La funzione, l'attività e la partecipazione: il reinserimento lavorativo

Dipartimento di Riabilitazione USL Umbria 2, Ospedale di Foligno, Perugia

**RIASSUNTO.** Il ritorno al lavoro è un esito rilevante dopo amputazione. A questo fine occorre misurare in modo appropriato questo processo. Purtroppo, nel caso dell'amputato abbiamo diverse scale ma spesso focalizzate su specifici gruppi di problemi. L'International Classification of Functioning (ICF) può costituire lo schema di riferimento dove far convergere le scale disponibili e secondo il quale definire i problemi correlati alla disabilità. Nel caso della persona amputata il tema del ritorno al lavoro si pone in maniera differente per le condizioni traumatiche e quelle non traumatiche. Per le prime il ritorno al lavoro risulta prioritario vista l'età tendenzialmente più giovane. Per le seconde, vista l'età avanzata, il ritorno al lavoro rischia di essere una misura del successo della riabilitazione non particolarmente rilevante.

**Parole chiave:** amputazione, riabilitazione, protesi, ritorno al lavoro, ICF, risultato.

**ABSTRACT.** The return to work is a significant outcome after amputation. To reach this goal it is necessary to measure properly this process. Unfortunately, for amputee, we have different scales but often focused on specific groups of problems. The International Classification of functioning (ICF) can constitute the frame of reference where to converge scales available and according to which define problems related to disability.

For the person amputated the theme of the return to work arises differently for the conditions traumatic and non-traumatic. For the first return to work is a priority given the younger age. For the latter, given the advanced age, the return to work is likely to be a measure of the success of rehabilitation is not particularly relevant.

**Key words:** amputation, rehabilitation, prosthesis, return to work, ICF, outcome.

### Introduzione

La misurazione degli esiti è essenziale in riabilitazione per valutare l'efficacia e indirizzare il programma riabilitativo. Tuttavia, la mancanza di consenso sui criteri di valutazione dell'outcome per l'amputazione degli arti inferiori limita la capacità di trasferire i risultati della ricerca alla pratica clinica (1).

Diversi autori hanno notato che la stragrande maggioranza delle amputazioni nella popolazione generale sono dovute a cause vascolari (82-90%), con pazienti spesso anziani, fragili e con comorbilità cardiache, respiratorie, neurologiche ed endocrine con conseguente ridotta aspettativa di vita. Il 45% muore entro 2 anni e il 75% entro 4 anni dall'amputazione (2). Tuttavia, se si esamina la prevalenza studiando i pazienti ambulatoriali o amputati residenti in comunità, l'eziologia ha un carattere bimodale. L'uso di protesi di arto inferiore studiato attraverso un uno studio osservazionale su 270 residenti in comunità con protesi ha riferito le cause di amputazione secondo la seguente distribuzione: 3% ereditarietà; 51% traumi e il 46% da cause non traumatiche (3).

Nelle condizioni non traumatiche le persone con amputazione post traumatica tendono ad essere più giovani, con meno comorbilità, e generalmente con una migliore forma fisica. Questi pazienti hanno elevate aspettative di recupero funzionale e la possibilità di tornare al lavoro.

Uno studio recente su militari amputati dimostra che nel 98% dei casi raggiungono una capacità funzionale sia fisica che mentale paragonabile a giovani della stessa età (4).

I deficit cognitivi, in particolare i deficit di memoria e delle funzioni esecutive può condizionare negativamente l'outcome misurato come mobilità a 6 mesi (5).

I pazienti con amputazione hanno una maggior incidenza di ansia e depressione (6).

Per quanto riguarda gli strumenti di outcome solo pochi sono testati specificatamente nel campo della riabilitazione dopo amputazione degli arti inferiori, quindi non è sorprendente che ci sia una scarsità relativa di strumenti adeguatamente validati e ben evidenziati per questa popolazione.

## International Classification of Functioning and Disability

Per facilitare questo processo, gli strumenti specifici possono essere classificati in base al quadro stabilito nella Classificazione internazionale del funzionamento, della disabilità e della salute (ICF) dell'Organizzazione mondiale della sanità (7). Questo schema di classificazione dello stato di salute alterato è costituito da componenti separati di funzione del corpo e struttura, attività e partecipazione.

Misure di outcome clinici basate sull'ICF possono migliorare la capacità di registrare, monitorare i risultati del trattamento permettendo confronti nazionali e internazionali. Un lavoro relativamente recente affronta la fattibilità dell'utilizzo di categorie ICF, con i qualificatori che identificano l'entità del problema, e indica che l'ulteriore sviluppo e l'analisi delle proprietà psicometriche di tali misure è giustificata (8).

L'ICF non si occupa solo delle funzioni del corpo ma anche dell'attività e della partecipazione, vale a dire che classifica le componenti che sono alla base delle attività della vita quotidiana e di quella sociale. In queste componenti si identifica quanto la persona può fare da sola (Capacità) e come la condizione migliora in presenza di facilitatori ambientali (Performance).

I Fattori Contestuali sono suddivisi nelle componenti dei Fattori Ambientali (organizzati dall'ambiente più vicino alla persona a quello generale) e dei Fattori Personali (non ancora classificati).

L'individuazione dei fattori ambientali permette di identificare se le componenti sia fisiche che relazionali costituiscono barriere o facilitatori.

Nel caso degli amputati le protesi rappresentano un tipico fattore ambientale che facilita il recupero dell'autonomia e il reinserimento sociale ricostituendo la possibilità di spostamento.

Nella Tabella I si possono vedere le componenti classificate dall'ICF rispetto al tema lavoro.

L'ICF può diventare quindi un linguaggio comune in grado di identificare i problemi in modo standardizzato, quantificarne la gravità sia in termini di capacità della persona che in termini di performance nel mondo reale. Questa quantificazione può essere fatta utilizzando le scale già disponibili e inserendole nello schema ICF.

**Tabella I. Codici ICF per quanto riguarda il lavoro (Attività e Partecipazione)**

Lavoro e impiego (d840-d859)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apprendistato (addestramento al lavoro)</li> <li>• Acquisire, conservare e lasciare un lavoro</li> <li>• Cercare un lavoro</li> <li>• Mantenere un lavoro</li> <li>• Lasciare un lavoro</li> <li>• Lavoro retribuito</li> <li>• Lavoro autonomo</li> <li>• Lavoro part-time</li> <li>• Lavoro a tempo pieno</li> </ul>

## Ritorno al Lavoro

L'amputazione degli arti inferiori è considerato un evento che induce notevoli cambiamenti di vita e può comportare gravi problemi di mobilità, compromettendo il ritorno alle normali attività della vita quotidiana come il lavoro. Poca ricerca è stata intrapresa per esplorare i fattori associati al ritorno al lavoro. In 46 pazienti trans-tibiali maschi post-traumatici, 16 dei 27 (59%) che erano eligibili, sono stati in grado di tornare al lavoro (9). In un altro studio hanno trovato che il 74% dei loro pazienti erano in grado di tornare al lavoro, ma il campione era composto solo da traumi da lavoro e più della metà di questa popolazione erano pazienti con protesi degli arti superiori; il 75% hanno cambiato il tipo di lavoro. I fattori determinati reimpiego, erano le protesi utilizzate, la disponibilità di servizi professionali e la più giovane l'età al momento dell'amputazione. I fattori che sono stati negativamente correlati al reimpiego sono il dolore da arto fantasma e amputazioni multiple degli arti (10). Un altro studio descrive la situazione del lavoro delle persone con amputazioni degli arti inferiori nel Paesi Bassi, il 64% dei 652 pazienti inclusi nel campione rientrava al lavoro 2 anni o più dopo l'amputazione, ma i soggetti trovarono eccessivo il tempo richiesto tra amputazione e reimpiego (11).

Analizzando i fattori che facilitano il ritorno al lavoro la mobilità è, non sorprendentemente, un fattore rilevante, la mancanza di relazione con il livello di amputazione, altri problemi medici, il comfort della protesi o il tipo di lavoro precedente è contrario, invece, alle aspettative. In effetti, un numero maggiore di trans-tibiali rispetto ai pazienti trans-femorali amputato è rimasto nel gruppo dei disoccupati ma non ha raggiunto la significatività statistica. Questi risultati suggeriscono che fattori diversi dallo stato fisico del paziente in sé possono influenzare il ritorno al lavoro. Pensione d'invalidità, i sistemi per l'acquisto di veicoli opportunamente adattati, erano a disposizione di tutti i pazienti e, anche se sette pazienti hanno riportato problemi di trasporto, questi erano tutti nel gruppo impiegato. La mancanza di mezzi di trasporto idonei non è stata una ragione per non ritorno al lavoro. Nessun tentativo è stato fatto per valutare le variabili quali la "personalità" con strumenti psicometrici, e fattori quali la motivazione, la soddisfazione sul lavoro e le relazioni interpersonali nel posto di lavoro dovrebbero essere alla base dei futuri studi (12).

Sebbene circa i due terzi dei pazienti dello studio pazienti sono stati in grado di tornare al lavoro, l'inclusione del servizio a consulenza professionale, come raccomandato dalla Società Britannica di Medicina Riabilitativa potrebbe aver aumentato la percentuale di reinserimento. Tali servizi possono svolgere un ruolo fondamentale nell'influencare i fattori che facilitano il ritorno al lavoro. Altri autori hanno trovato che i programmi di riabilitazione medica vocationalmente orientati, erano in grado di ridurre lo stress fisico e mentale, anche se non erano in grado di ridurre l'assenteismo nelle diverse categorie professionali (13).

Un modello particolare è rappresentato da militari inglesi che ritornano ai loro compiti dopo amputazione. Negli anni si è passati dal 2,3% al 16,5% sia per il miglio-

ramento del trattamento anche attraverso l'istituzione di un centro amputati con specifica esperienza (14).

## Discussione

Per definire gli esiti di salute della persona amputata occorre partire dalle scale disponibili e inserirle all'interno dello schema ICF come riferimento principale della definizione della condizione di disabilità.

L'ICF risponde al bisogno di affrontare i temi della disabilità con linguaggi e strumenti appropriati, specifici e adeguati alle complesse problematiche assistenziali, riabilitative e sociali che pongono. La limitazione delle attività e la restrizione della partecipazione vengono così considerati come un insieme complesso di condizioni che, spesso, si producono e si rafforzano nell'ambiente sociale di appartenenza. L'ICF è soprattutto linguaggio standardizzato e condiviso, con strumenti in grado di rilevare in modo uniforme e omogeneo, gli esiti di specifiche condizioni di salute.

I problemi, in questo modo identificati, possono costituire il riferimento degli obiettivi del progetto riabilitativo condiviso con gli aspetti più sociali che riguarda più specificamente i servizi sociali. Si sviluppa così una sinergia tra la componente medica e quella sociale identificando i problemi secondo un linguaggio comune.

Nel caso della persona amputata il tema del ritorno al lavoro si pone in maniera differente per le condizioni traumatiche e quelle non traumatiche. Per le prime il ritorno al lavoro risulta prioritario vista l'età tendenzialmente più giovane. Per le seconde, vista l'età avanzata, il ritorno al lavoro rischia di essere una misura del successo della riabilitazione non particolarmente rilevante.

Negli studi futuri occorrerà tener conto del complesso di queste condizioni per definire misure di esito significative, magari facendo riferimento alle aspirazioni e desideri della persona amputata.

## Bibliografia

- 1) Deathe AB, Wolfe DL, Devlin M, Hebert JS, Miller WC, Pallaveshi L: Selection of outcome measures in lower extremity amputation

- rehabilitation. ICF activities. Disability and rehabilitation 2009, 31(18): 1455-1473.
- 2) Collin C, Collin J. Mobility after lower-limb amputation. The British journal of surgery 1995, 82(8): 1010-1011.
- 3) Buijk CA. Use and usefulness of lower limb prostheses. International journal of rehabilitation research Internationale Zeitschrift fur Rehabilitationsforschung Revue internationale de recherches de readaptation 1988, 11(4): 361-367.
- 4) Ladlow P, Phillip R, Etherington J, Coppack R, Bilzon J, McGuigan MP, Bennett AN. Functional and Mental Health Status of United Kingdom Military Amputees Postrehabilitation. Archives of physical medicine and rehabilitation 2015.
- 5) O'Neill BF, Evans JJ. Memory and executive function predict mobility rehabilitation outcome after lower-limb amputation. Disability and rehabilitation 2009, 31(13): 1083-1091.
- 6) McKechnie PS, John A. Anxiety and depression following traumatic limb amputation: a systematic review. Injury 2014, 45(12): 1859-1866.
- 7) WHO. International classification of functioning, disability and health: Children & Youth Version; 2007.
- 8) Kohler F, Cieza A, Stucki G, Geertzen J, Burger H, Dillon MP, Schiappacasse C, Esquenazi A, Kistenberg RS, Kostanjsek N. Developing Core Sets for persons following amputation based on the International Classification of Functioning, Disability and Health as a way to specify functioning. Prosthetics and orthotics international 2009, 33(2): 117-129.
- 9) Dasgupta AK, McCluskie PJ, Patel VS, Robins L. The performance of the ICEROSS prostheses amongst transtibial amputees with a special reference to the workplace—a preliminary study. Icelandic Roll on Silicone Socket. Occup Med (Lond) 1997, 47(4): 228-236.
- 10) Millstein S, Bain D, GA H. A review of employment patterns of industrial amputees: factors influencing rehabilitation. Prosthetics and Orthotics International 1985, 9: 69-78.
- 11) Schoppen T, Boonstra A, Groothoff JW, de Vries J, Goeken LN, Eisma WH. Employment status, job characteristics, and work-related health experience of people with a lower limb amputation in The Netherlands. Archives of physical medicine and rehabilitation 2001, 82(2): 239-245.
- 12) Fisher K, Hanspal RS, Marks L. Return to work after lower limb amputation. International journal of rehabilitation research Internationale Zeitschrift fur Rehabilitationsforschung Revue internationale de recherches de readaptation 2003, 26(1): 51-56.
- 13) Arokoski JP, Juntunen M, Luikku J. Use of health-care services, work absenteeism, leisure-time physical activity, musculoskeletal symptoms and physical performance after vocationally oriented medical rehabilitation—description of the courses and a one-and-a-half-year follow-up study with farmers, loggers, police officers and hairdressers. International journal of rehabilitation research Internationale Zeitschrift fur Rehabilitationsforschung Revue internationale de recherches de readaptation 2002, 25(2): 119-131.
- 14) Stinner DJ, Burns TC, Kirk KL, Ficke JR. Return to duty rate of amputee soldiers in the current conflicts in Afghanistan and Iraq. The Journal of trauma 2010, 68(6): 1476-1479.

**Corrispondenza:** Mauro Zampolini, Via Altolina 17, 06034 Foligno (Perugia), Italy, Tel: 3398501025, E-mail: mzampolini@gmail.com









# GIORNALE ITALIANO DI MEDICINA DEL LAVORO ED ERGONOMIA

VOLUME XXXVII  
SUPPLEMENTO AL N. 3

LUGLIO-SETTEMBRE 2015

## Atti del Congresso LA RIABILITAZIONE INTEGRATA DELLA PERSONA AMPUTATA

*Gruppo di Studio SIMFER Dolore  
Congresso Regionale SIMFER*

Sabato 21 Novembre 2015  
Centro Congressi "Giovanni XXIII" Bergamo

**Guest Editor: Roberto Casale**

*Direttore Scientifico  
Habilita Care & Research Rehabilitation Hospitals  
High Complexity Rehabilitation, Zingonia (BG), Italy*

**R. RUSCONI**

**Habilita e la sua mission  
Habilita and its mission**

**G.A. CHECCHIA, C. LENTINO, S. VILLELLA,  
N. CAMUZZINI, G. CORVAGLIA, A. AMATO**  
**Early and long term outcome in older  
dysvascular amputees**

**G. TAVEGGIA, A. BORBONI**

**Epidemiologia delle amputazioni: dalle cause  
mediche a quelle traumatiche e sul lavoro**

**C. DAMIANI**

**Il percorso riabilitativo del paziente  
amputato: presa in carico, valutazione  
funzionale e definizione degli obiettivi**

**R. MEZZETTI**

**Quale chirurgia nella amputazione  
di arto inferiore**

**U. PANI**

**Ossigeno terapia iperbarica coadiuvante nella  
risoluzione delle ferite chirurgiche del moncone**

**A. MAFFI, C. MULÈ, G. TAVEGGIA**

**Fase pre protesica: ruolo del fisioterapista  
nel trattamento del moncone e preparazione  
della persona alla protesizzazione**

**E. DI STANISLAO, R. PELLEGRINI,**

**D. ZENARDI, F. MATTOGNO**

**Fase protesica: la protesi, le protesi**

**S. FOGLIARESI, C. MULÈ, A. BORBONI, G. TAVEGGIA**

**Il percorso protesico personalizzato:  
ruolo del T.O. nel recupero dell'autonomia**

**C. AMICI, A. BORBONI, G. TAVEGGIA,**

**G. LEGNANI**

**Bioelectric prostheses: review of  
classifications and control strategies**

**A.G. CUTTI, M. RAGGI, G. ANDREONI,**

**R. SACCHETTI**

**Clinical gait analysis for amputees:  
innovation wishlist and the perspectives  
offered by the outwalk protocol**

**F. GARDRAT**

**La protesi estetica di arto inferiore**

**R. CASALE, A. FURNARI, R. COELHO LAMBERTI,**

**E. KOULOULAS, A. HAGENBERG, M. MALLIK**

**Specchio, specchio delle mie brame:  
la "terapia dello specchio" nel trattamento  
dell'arto fantasma e del dolore**

**I. GIORGI, O. GOBBA, M. MANERA**

**La riorganizzazione dello schema  
e dell'immagine corporea  
della persona amputata**

**M. ZAMPOLINI**

**La funzione, l'attività e la partecipazione:  
il reinserimento lavorativo**