



**Università degli Studi di Genova**

**Dipartimento di Neuroscienze Riabilitazione, Oftamologia, Genetica e Scienze  
Materno-Infantili**

**TESI DI DOTTORATO**

**Scuola di dottorato di ricerca in neuroscienze**

**Curriculum: scienze delle attività motorie e sportive**

**Ciclo: XXXII**

Titolo:

**“Le risposte psicofisiche di atleti disabili alla pratica del nuoto agonistico”**

Direttore della scuola: Prof. Angelo Schenone

Tutor: Prof. Carlo Trompetto

Dottorando Dott. Luca Puce

Ci si può drogare di cose  
buone... e una di queste è  
certamente lo sport.

*Alex Zanardi*

## Ringraziamenti

È difficile esprimere in parole dei ringraziamenti che siano all'altezza di rispecchiare il riconoscimento verso le persone che mi hanno accompagnato in questo percorso di tre anni. Desidero ringraziare il mio supervisore di Dottorato, il Professore Carlo Trompetto per avermi indirizzato e accompagnato in questo percorso di ricerca con infinita pazienza e professionalità. Un grazie speciale a tutti i docenti e colleghi che hanno partecipato alla sperimentazione del Tutorato Formativo, senza di loro non sarebbe stato possibile realizzare questa Tesi. Ringrazio tutti gli esperti esterni che hanno partecipato al progetto e che mi hanno fornito consulenza da più prospettive. Un ringraziamento doveroso e sentito alla mia famiglia, ai miei genitori, alla mia compagna, ai miei amici di sempre e a tutti coloro che mi hanno supportato e "sopportato" incondizionatamente.

Ringrazio tutti coloro che in questi anni mi hanno dato la possibilità di esprimermi, di dar libero sfogo alla mia creatività e alle mie idee. Ringrazio chi mi ha offerto l'occasione di mettermi in gioco, di provare a superare i miei limiti, di imparare molte cose, da più prospettive e verso nuovi cammini e orizzonti. Ringrazio tutti voi che mi avete dato l'opportunità di affacciarmi sul mondo della ricerca: un ambito affascinante, stimolante, sorprendente, spesso stancante, impegnativo, ma sempre e comunque, per me, il più bel lavoro del mondo. La strada percorsa durante questi tre anni mi ha dato la possibilità di crescere come persona e come professionista.

A tutti voi, grazie di cuore!

Luca

Genova, Gennaio 2020

**“Le risposte psicofisiche di atleti disabili alla pratica del nuoto agonistico”**

**INDICE GENERALE**

<b>Ringraziamenti.....</b>	<b>3</b>
<b>Indice generale.....</b>	<b>4</b>
<b>Prefazione.....</b>	<b>7</b>
<b>Introduzione.....</b>	<b>8</b>
<b>Riassunto.....</b>	<b>12</b>
<b>Abstract dei Capitoli.....</b>	<b>13</b>

**CAPITOLO 1. L’impatto della World Para Swimming classification revision 2018 sui risultati di gara in eventi internazionali di nuoto paralimpico.....17**

1. Introduzione .....	17
2. Metodi .....	21
3. Risultati .....	24
4. Discussione .....	31
5. Conclusioni.....	34
6. Referenze.....	35
7. Materiale supplementare.....	39

**CAPITOLO 2. Il benessere psicofisico autopercepito da giovani nuotatori agonisti con  
disabilità fisica ed intellettuale.....46**

1. Introduzione .....	46
2. Metodi .....	49
3. Risultati .....	52
4. Discussione .....	59
5. Conclusioni .....	63
6. Riferenze.....	64

**CAPITOLO 3. Metodologie di allenamento e analisi gara di un atleta paralimpico...71**

1. Introduzione .....	72
2. Metodi .....	74
3. Risultati .....	77
4. Discussione .....	86
5. Conclusioni.....	90
6. Riferenze.....	91

**CAPITOLO 4. Gli effetti del Kinesio Taping sulla spasticità: studio randomizzato in doppio cieco su atleti paralimpici.....93**

1. Introduzione .....	93
2. Metodi .....	96
3. Risultati .....	101
4. Discussione .....	108
5. Conclusioni.....	111
6. Referenze.....	112

## **Prefazione**

L'idea e il progetto di ricerca "Le risposte psicofisiche di atleti disabili alla pratica del nuoto agonistico" sono sorti da una mia grande passione per lo sport agonistico in particolare dello sport paralimpico e dalla constatazione delle carenze nella letteratura scientifica riguardo gli aspetti psicofisici di questo mondo ormai in piena espansione, affascinante, complesso, impossibile da ignorare e ricco di aspetti da studiare nel dettaglio. Durante lo svolgimento del dottorato di ricerca si è poi concretizzata un'ulteriore motivazione importante: l'opportunità di conoscere e studiare i meccanismi fisiopatologici dell'ipertono spastico ha suggerito di sfruttare le competenze acquisite nella ricerca medica scientifica per sviluppare nuovi approcci metodologici nell'ambito sportivo.

## Introduzione

L'equilibrio dinamico tra bisogni personali e potenzialità da un lato e l'ambiente esterno dall'altro definisce il benessere psicofisico di un individuo (Dodge R, et al., 2012). Il raggiungimento di un alto livello di benessere psicofisico è un obiettivo primario per qualsiasi essere umano. Nel quadro delle attuali teorie scientifiche, il benessere psicofisico può essere visto come un insieme dinamico di elementi, in quanto una varietà di aspetti può contribuire alla sua valorizzazione (Felce D, et al., 1995; Pollard E, et al., 2003; Ryff C, et al., 1995; Garcia D, et al., 2014). Tra questi, l'indipendenza, l'auto accettazione, i vincoli forti e duraturi, sono chiaramente cruciali, ma altrettanto importante è la volontà di plasmare la nostra vita come una crescita costante verso la realizzazione di obiettivi che possono aggiungere valore alla nostra stessa esistenza. Nel caso delle persone con disabilità, il naturale squilibrio tra bisogni / potenzialità e ambiente rende ancor più necessario e urgente il miglioramento del benessere psicofisico, affrontando l'integrazione in un contesto positivo e gratificante che potrebbe promuovere l'evoluzione personale. Le attività sportive, specialmente a livello agonistico, sono probabilmente i mezzi più efficaci per la realizzazione pratica di questa strategia (Scully D, et al., 1998; Chawla JC. 1994). Lo sport agonistico aiuta le persone disabili a crescere, assumersi responsabilità, avere successo e fallire, in altre parole insegna ad affrontare le sfide della vita. Inoltre sul piano prettamente fisico lo sport agonistico aumenta la forza e la resistenza muscolare, la capacità di equilibrio, la coordinazione motoria, lo sviluppo dell'intelligenza corporeo-cinestetica attraverso la presa di coscienza del proprio corpo e massimizza le capacità motorie residue e sviluppa nuove abilità. Tutto ciò è particolarmente cruciale in una fase della vita - adolescenza e giovane età adulta - quando si verificano importanti cambiamenti mentali e fisici, rendendo ancora più critico l'effetto degli input esterni positivi e negativi. (Dykens EM, et al., 1998; Wilson PE, et al., 2010).

Grazie a questi effetti benefici sulla salute psicofisica, si può prevedere che a medio e lungo termine la promozione dell'attività sportiva agonistica tra soggetti disabili abbia anche un impatto economico-sanitario, in quanto potrebbe consentire un abbattimento dei costi sanitari dei programmi riabilitativi.

Lo sport Paralimpico si sta diffondendo sempre più negli ultimi anni, a livello mondiale, catalizzando l'attenzione di un numero sempre più vasto di spettatori e con un sempre maggior numero di atleti partecipanti. Nelle ultime tre edizioni delle Paralimpiadi, la

copertura mediatica e il numero di spettatori sono aumentati fino a diventare quasi paragonabile a quelli delle Olimpiadi per atleti normodotati.

Alcuni campioni paralimpici partecipano e conducono trasmissioni televisive, pubblicità e reality, aumentando la visibilità del movimento e trasmettendo l'idea di uno sport potenziato piuttosto che di uno sport di livello inferiore.

Nei Giochi Paralimpici di Rio 2016, l'Italia si è classificata al nono posto nel medagliere per nazione, risultato che comporta un avanzamento di quattro posizioni rispetto alle precedenti Paralimpiadi di Londra 2012. Questo dimostra un potenziale da dispiegare che nasce dal crescente interesse e sensibilità della società italiana per lo sport paralimpico.

In letteratura, pochi studi affrontano gli aspetti psicofisici del mondo paralimpico, esistono studi che indagano su questi argomenti, ma sono limitati e circoscritti a concetti specifici, in termine di tipo di sindrome [Weiss J, et al., 2003; Dykens EM, et al., 1996] di tipo di sport praticato [Giacobbi PRJ, et al., 2008, Pack S, et al., 2016; Kokaridas D, et al., 2009, Martin JJ, et al., 2009; Martin JJ, et al., 1995], di origine geografica e numero limitatissimo di soggetti in esame (Giacobbi PRJ, et al., 2008, Pack S, et al., 2016; Kokaridas D, et al., 2009).

Il Comitato Paralimpico Internazionale (IPC) è responsabile dell'organizzazione, del coordinamento e della supervisione degli eventi sportivi internazionali e la sua missione è offrire agli atleti disabili di qualsiasi livello l'opportunità di raggiungere l'eccellenza nello sport, promuovendo allo stesso tempo valori quali coraggio, determinazione, motivazione, uguaglianza e benessere fisico (IPC strategic plan 2015-2018). Se questa missione sia effettivamente trasferita o meno in fatti concreti, il raggiungimento di un reale miglioramento del benessere psicofisico degli atleti disabili, non è stato ancora studiato finora, su un gran numero di soggetti e con un approccio scientifico. Quindi può esistere un divario tra l'astrattezza programmatica dei valori promossi dall'IPC e l'effettiva efficacia, valutata con opportuni parametri quantitativi, delle attività sportive organizzate e gestite dall'IPC stesso, in termini di benessere psicofisico generale.

Per questo motivo, questa Tesi di dottorato si pone come obiettivo principale quello di indagare se la missione dell'IPC sia realmente raggiunta, misurando oggettivamente quanto lo sport agonistico incida sul benessere psicofisico.

Al fine di contribuire alla crescita scientifica dello sport paralimpico, rendendolo sempre più simile a quello dei normo atleti, l'obiettivo secondario di questa Tesi, è stato quello di strutturare una nuova metodologia di allenamento per la preparazione a competizioni internazionali, appoggiandosi a nuove tecniche sperimentali come l'applicazione del

Kinesio Taping. Gli allenamenti sono stati adattati nel corso degli studi, in base alle risposte fisiopatologiche della patologia degli atleti, indotte dallo stress psicofisico.

### Referenze introduzione:

- Dodge R, Daly A, Huyton J, Sanders L. The challenge of defining wellbeing. *Int J Wellbeing*. 2012;2(3):222–35. doi:10.5502/ijw.v2i3.4.CrossRefGoogle Scholar
- Felce D, Perry J. Quality of life: its definition and measurement. *Res Dev Disabil*. 1995;16(1):51–74. doi:10.1016/0891-4222(94)00028-8.CrossRefPubMedGoogle Scholar
- Pollard E, Lee P. Child well-being: a systematic review of the literature. *Soc Indic Res*. 2003;61(1):59–78. doi:10.1023/A:1021284215801.CrossRefGoogle Scholar
- Ryff C, Keyes C. The structure of psychological well-being revisited. *J Pers Soc Psychol*. 1995;69(4):719–27. doi:10.1037/0022-3514.69.4.719.CrossRefPubMedGoogle Scholar
- Garcia D, Nima AA, Kjell ONE. The affective profiles, psychological well-being, and harmony: environmental mastery and self-acceptance predict the sense of a harmonious life. *PeerJ*. 2014;2:e259. doi:10.7717/peerj.259.CrossRefPubMedPubMedCentralGoogle Scholar
- Scully D, Kremer J, Meade MM, Graham R, Dudgeon K. Physical exercise and psychological well being: a critical review. *Br J Sport Med*. 1998;32(2):111–20.CrossRefGoogle Scholar
- Chawla JC. ABC of sports medicine: sport for people with disability. *BMJ*. 1994;308:1500.doi:10.1136/bmj.308.6942.1500.CrossRefPubMedPubMedCentralGoogle Scholar
- Dykens EM, Rosner BA, Butterbaugh G. Exercise and sports in children and adolescents with developmental disabilities. Positive physical and psychosocial effects. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am*. 1998;7(4):757–71.PubMedGoogle Scholar
- Wilson PE, Clayton GH. Sports and disability. *PM&R*. 2010;2(3):S46–54. doi:10.1016/j.pmrj.2010.02.002.CrossRefGoogle Scholar
- Weiss J, Diamond T, Demark J, Lovald B. Involvement in Special Olympics and its relations to self-concept and actual competency in participants with developmental disabilities. *Res Dev Disabil*. 2003;24(4):281–305. doi:10.1016/S0891-4222(03)00043-X.CrossRefPubMedGoogle Scholar
- Dykens EM, Cohen DJ. Effects of Special Olympics international on social competence in persons with mental retardation. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*.

1996;35(2):223–9. doi:10.1097/00004583-199602000-00016.CrossRefPubMedGoogle Scholar

Giacobbi PRJ, Stancil M, Hardin B, Bryant L. Physical activity and quality of life experienced by highly active individuals with physical disabilities. *Adapt Phys Act Q.* 2008;25(3):189–207.CrossRefGoogle Scholar

Pack S, Kelly S, Arvinen-Barrow M. “I think I became a swimmer rather than just someone with a disability swimming up and down:” paralympic athletes perceptions of self and identity development. *Disabil Rehabil.* 2016;Sep 27:1–8. doi: <https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1217074>.

Kokaridas D, Perkios S, Harbalis T, Koltsidas E. Sport orientation and athletic identity of Greek wheelchair basketball players. *Percept Mot Skills.* 2009;109(3):887–98. doi:10.2466/pms.109.3.887-898.CrossRefPubMedGoogle Scholar

Martin JJ, Eklund RC, Mushet CA. Factor structure of the athletic identity measurement scale with athletes with disabilities. *Adapt Phys Act Q.* 1997;14(1):74–82. doi:10.1123/apaq.14.1.74.CrossRefGoogle Scholar

Martin JJ, Adams-Mushett C, Smith KL. Athletic identity and sport orientation of adolescent swimmers with disabilities. *Adapt Phys Act Q.* 1995;12(2):113–23.CrossRefGoogle Scholar

## **Riassunto**

Dopo un'ampia e dettagliata descrizione del mondo del nuoto paralimpico e dei protocolli di classificazione degli atleti per valutare attraverso test fisici e tecnici il grado di funzionalità fisica (Capitolo 1), si indagherà sul ruolo della pratica sportiva agonistica nel migliorare il benessere psicofisico percepito di atleti disabili (Capitolo 2).

Successivamente si svilupperà un metodo di allenamento per atleti con sindrome del motoneurone superiore per la preparazione fisica di tre eventi internazionali di nuoto paralimpico. Nel corso della strutturazione dell'allenamento si è studiato e preso in considerazione le risposte fisiopatologiche all'allenamento tipiche di questa sindrome (Capitolo 3).

Avendo chiarito nel precedente Capitolo le risposte fisiche indotte dal nuoto agonistico negli atleti affetti da sindrome del primo moto neurone, si sperimenterà una strategia per migliorare la performance di nuoto in atleti paralimpici riducendo spasticità, clono, e dolore attraverso l'applicazione del Kinesio Taping che è una tecnica di taping innovativa basata sull'uso di un sottile nastro elastico incollato sulla pelle (Capitolo 4).

## **Abstract dei Capitoli**

La parte sperimentale della tesi è costituita da 4 capitoli indipendenti, ogni capitolo è autonomo e segue le norme generali degli articoli scientifici.

### **Capitolo 1**

#### **L'impatto della World Para Swimming classification revision 2018 sui risultati di gara in eventi internazionali di nuoto paralimpico.**

I nuotatori paralimpici competono in differenti classi, in base alle loro capacità funzionali nel nuoto. Il protocollo di classificazione dei test fisici e tecnici effettuato per assegnare una classe ha subito nel corso del tempo diverse revisioni, l'ultima nel 2018. Di conseguenza, la maggior parte degli atleti con disabilità fisiche sono stati tenuti a partecipare a una sessione di rivalutazione. In questo studio monitoriamo l'impatto di quest'ultima revisione sui risultati cronometrici. Confrontiamo i risultati delle gare in due competizioni internazionali di nuoto paralimpico che hanno avuto luogo prima e subito dopo l'implementazione delle revisioni sulle classificazioni. Non si osservano cambiamenti significativi nelle prestazioni complessive della classe e nella variabilità delle prestazioni all'interno della classe, tuttavia i tempi di gara degli atleti che hanno cambiato la loro classe sono più in tendenza con i tempi medi delle nuove classi assegnate, ma questo vale molto più per i decrementi di classe e per le classi più alte che per gli incrementi di classe e per le classi inferiori. Ulteriori indagini potrebbero chiarire questo risultato e possibilmente indirizzare ulteriori miglioramenti nei sistemi di classificazione.

## Capitolo 2

### **Il benessere psicofisico autopercepito da giovani nuotatori agonisti con disabilità fisica ed intellettuale.**

La pratica regolare delle attività sportive produce benefici psicofisici sia per la popolazione generale che per le persone affette da disabilità fisiche o intellettive. Praticare lo sport agonistico può aggiungere ulteriore valore a questi benefici. L'obiettivo di questo studio osservazionale trasversale è stato di indagare il ruolo della pratica sportiva agonistica nel migliorare il benessere psicofisico percepito di atleti disabili, usando l'indice psicologico di benessere generale PGWBI e gli indici Short Form-12. Abbiamo reclutato 100 giovani nuotatori paralimpici italiani affetti da disabilità fisiche o intellettiva in occasione di due eventi nazionali. I punteggi di questi partecipanti sono stati confrontati con quelli di un gruppo di controllo di 100 partecipanti italiani che non praticavano sport agonistico ma che erano anch'essi affetti da disabilità fisiche o intellettiva, scelti con criterio di casualità tra cliniche di riabilitazione e comunità di giovani con disabilità. I punteggi di benessere psicologico ed emotivo sono risultati più alti del 40% per i praticanti di sport agonistico ( $p < .0001$ ; parametro di Cohen per la dimensione dell'effetto  $d \geq 1.3$ ). I risultati del nostro studio suggeriscono possibili benefici psicofisici per la pratica dello sport agonistico per giovani affetti da disabilità fisiche o intellettiva.

## Capitolo 3

### **Metodologie di allenamento e analisi gara di un atleta paralimpico.**

Le metodologie di allenamento per i nuotatori paralimpici devono tenere conto di diverse patologie, classi di competizione, circostanze individuali dell'atleta e meccanismi peculiari di adattamento fisico, pertanto non è possibile trovare linee guida generali in letteratura. In questo studio presentiamo un programma di allenamento, strutturato per la preparazione fisica di un nuotatore paralimpico di alto livello. L'atleta in esame, affetto da paralisi cerebrale infantile in un quadro clinico di tetraparesi spastica, detentore di titoli italiani, europei, mondiali e paralimpici nella competizione 400 m stile libero, classe S6. Il

macrociclo di allenamento è stato strutturato secondo una triplice periodizzazione (tre mesocicli), in vista della preparazione a tre competizioni internazionali. I mesocicli di allenamento di 4 mesi antecedenti ad ogni competizione differivano sostanzialmente in termini di carico chilometrico, intensità e tempi di recupero. Il primo mesociclo era caratterizzato da un notevole chilometraggio a bassa intensità, il secondo è stato spostato su un medio chilometraggio, effettuato a livelli di intensità medio-alti, il terzo ha comportato una maggiore intensità di sforzo, controbilanciato da un minor chilometraggio. In tutti i casi, i tempi di recupero sono stati bilanciati per ottenere prestazioni ottimizzate sulla base dell'adattamento fisico agli stimoli dell'allenamento, studiando e tenendo in considerazione le risposte fisiopatologiche al carico di allenamento. Le fasi di Tapering sono state adattate per massimizzare le prestazioni in gara. Come valutazione dell'efficacia del metodo di allenamento, è stata trovata la corrispondenza tra i parametri cronometrici e tecnici nelle tre competizioni e i rispettivi programmi di allenamento dei mesocicli. I risultati del presente studio possono supportare lo sviluppo di linee guida di allenamento per gli atleti affetti da lesioni dei motoneuroni superiori.

## Capitolo 4

### **Gli effetti del Kinesio Taping sulla spasticità: studio randomizzato in doppio cieco su atleti paralimpici.**

Il Kinesio Taping (KT) è una tecnica di taping innovativa basata sull'uso di un sottile nastro elastico che imita le qualità della pelle. Secondo i suoi produttori, il KT produce numerosi effetti clinici, tra cui il sollievo dal dolore, l'assorbimento dell'edema e il miglioramento delle prestazioni muscolari. Quando il nastro viene applicato dall'inserzione all'origine del muscolo usando il 15-25% della tensione disponibile (modalità inibitoria), si pensa che il KT inibisca le contrazioni muscolari indesiderate. Pertanto, da un punto di vista teorico, questa modalità di applicazione del KT potrebbe essere adatta a ridurre la contrazione riflessa esagerata dei muscoli spastici. Poiché nessuno studio ha mostrato un effetto negativo del KT sulla forza muscolare, questo metodo potrebbe essere adatto per gli atleti paralimpici, in cui la perdita di forza indotta dai trattamenti per la spasticità è un grosso problema.

Lo scopo di questo studio è stato quello di studiare l'effetto del KT, applicato nella sua modalità inibitoria, sulla spasticità dell'estensore del ginocchio di 7 nuotatori paralimpici usando come misura di outcome primario il riflesso da stiramento, comparato la valutazione clinica della spasticità mediante la scala modificata di Ashworth (MAS) e la spasticità auto-percepita mediante la Numeric Rating Scale (NRS). Gli outcome secondari sono stati la forza dei muscoli estensori del ginocchio valutata con il Medical Research Council (MRC) e la prestazione cronometrica nel nuoto a stile libero su una distanza di 100 m.

Il principale risultato del presente studio è che il KT ha ridotto significativamente l'ampiezza del riflesso da stiramento in tutti i soggetti, mentre il trattamento con placebo non ha prodotto effetti significativi in nessuno di essi. Allo stesso tempo, mentre i punteggi della MAS non sono cambiati in nessuno dei 7 soggetti dopo il KT, i punteggi NRS per la spasticità sono diminuiti in 6 soggetti. Inoltre, non abbiamo riscontrato alcuna modifica dei punteggi MRC dopo il KT. Le prestazioni cronometriche di nuoto sono migliorate dopo il trattamento con KT rispetto alla prestazione di base per tutti i partecipanti. Questo studio esplorativo condotto su atleti paralimpici suggerisce che il KT potrebbe ridurre la spasticità.

---

## CAPITOLO 1

### **L'impatto della World Para Swimming classification revision 2018 sui risultati di gara in eventi internazionali di nuoto paralimpico.**

#### **1. Introduzione**

Il nuoto paralimpico è una variante del nuoto tradizionale che viene praticato da atleti disabili. Le competizioni a livello internazionale, inclusi i Giochi Paralimpici, sono organizzate dalla IPC Swimming (Comitato Paralimpico Internazionale), mentre l'organizzazione e la regolamentazione dell'attività natatoria paralimpica italiana è stata demandata alla FINP (Federazione Italiana Nuoto Paralimpico) per quanto concerne la disabilità fisica. Per quanto riguarda la disabilità intellettiva relazionale è preposta la FISDIR (Federazione italiana sport paralimpici degli intellettivo relazionali). Gli eventi internazionali di nuoto paralimpico sono organizzati secondo la classificazione del World Para Swimming, che mira a raggruppare gli atleti in categorie sportive per ridurre al minimo l'impatto della disabilità, permettendo all'atleta di competere in condizione di equità.

Gli atleti con diversi tipi di disabilità possono competere all'interno della stessa classe. L'adeguatezza delle procedure di classificazione è una questione importante e ampiamente dibattuta, le norme e le regolamentazioni hanno subito nel tempo costanti modifiche. In effetti, metodologie e criteri di classificazione non equi potrebbero minare i valori promossi dall'IPC (IPC, 2015), determinando un impatto psicologico negativo sulla fiducia, sulla qualità auto percepita della vita degli atleti (Blauwet & Willick, 2012), scoraggiandone la partecipazione, minandone la legittimità del successo e trasmettendo al pubblico una percezione negativa dello sport paralimpico.

Il sistema di classificazione attualmente in corso, introdotto nel 1990, è dettagliato nel documento "World Para Swimming Classification Rules and Regulations". Secondo questo sistema, a ogni atleta è richiesto la partecipazione a una sessione di valutazione, in base alla quale viene assegnata una classe specifica, composta da prefissi "S", "SB" o "SM", che

indica lo stile di nuoto (S= stile libero, SB= rana, SM= misti) e da numeri, che vanno da 1 (bassa funzionalità) a 10 (alta funzionalità).

In vista di un miglioramento nei criteri di valutazione, è stato esaminato in diversi studi l'impatto di specifiche disabilità sui determinanti biomeccanici e fisiologici della prestazione nel nuoto (Bentley, Phillips, McNaughton e Batterham, 2002; Burkett, Mellifont, & Mason, 2010; Burd, 2014, Ped; , Frazer, Mellifont e Burkett, 2012; Oh, Burkett, Osborough, Formosa e Payton, 2013; Pelayo, Sidney, Moretto, Wille e Chollet, 1999; Schega, Kunze, & Daly, 2006). Come conseguenza di tali studi e delle analisi dei risultati delle gare, i precedenti metodi di classificazione hanno sollevato alcune preoccupazioni (Burkett et al., 2018; Daly & Vanlandewijck, 1999; Evershed et al., 2012; Oh et al., 2013; Payton, 2013; Tweedy & Vanlandewijck, 2011). Secondo Oh et al. (2013) e Payton (2013), poiché la velocità dei nuotatori è determinata in gran parte dalla capacità di generare propulsione si ha una tendenza a minimizzare l'importanza del drag (la resistenza che esercita in acqua il nuotatore nell'avanzamento), un sistema di classificazione equo dovrebbe valutare entrambi i fattori, mentre i sistemi precedenti ponevano troppa enfasi sulla propulsione e attribuivano un'importanza insufficiente alla valutazione della resistenza.

Un ulteriore accorgimento nel miglioramento dei metodi di classificazione, sarebbe quello di implementare solo i criteri che misurano l'effettivo ostacolo delle capacità funzionali nel nuoto legate al tipo di menomazione. Al contrario, le misurazioni delle prestazioni che possono essere migliorate con l'allenamento (ad es. forza, propulsione, parametri del nuoto, tecnica di nuoto) possono essere prese in considerazione durante lo studio sulle funzionalità globali dell'atleta, ma non possono essere utilizzate direttamente per calcolare i punteggi di classificazione (Tweedy & Vanlandewijck, 2011).

Sono necessari test basati su prove empiriche per un metodo di valutazione oggettivo, affidabile e standardizzato relativo sia al tipo di disabilità che alla limitazione di attività (Tweedy & Vanlandewijck, 2011; Vanlandewijck & Thompson, 2016; Tweedy, Beckman e Connick, 2014). L'impegno per questa causa è indicato nel codice di classificazione IPC, pubblicato nel 2007 (International ParalympicComm Committee, 2007). Dal punto di vista morale, i metodi di classificazione dovrebbero sviluppare modelli teorici e misure valide di compromissione e di prestazioni sportive; successivamente, l'associazione tra tali misure di compromissione e prestazioni sportive dovrebbe consentire l'identificazione dei criteri minimi di compromissione e il numero di classi (Tweedy et al., 2014; Vanlandewijck & Thompson, 2016). Si raccomanda che le misure di valutazione siano quantitative, affidabili, precise, parsimoniose, resistenti all'allenamento e specifiche al tipo di disabilità

(Vanlandewijck & Thompson, 2016). I test che utilizzano la strumentazione, piuttosto che i test manuali, dovrebbero essere preferiti (Burkett et al., 2018; Evershed et al., 2012).

Nell'ambito dei 3 anni (2016-2018) World Para Swimming Classification Review Project (IPC, 2016), è stato nominato un gruppo di ricerca con l'obiettivo di comprendere l'effetto di un danno fisico sulla capacità di nuotare e utilizzare queste informazioni per rivedere il sistema di classificazione dei nuotatori paralimpici. In questo progetto, sono stati esplorati più test basati su prove standardizzate. Diverse pubblicazioni recenti hanno riportato i risultati di questa ricerca (Hogarth et al., 2018; Nicholson et al., 2018). I risultati finali del World Class Para Swimming Classification Review Project verranno utilizzati nei prossimi cambiamenti nel sistema di classificazione attualmente in vigore.

Recentemente, le modifiche sono state introdotte nella versione riveduta del documento "World Para Swimming Classification Rules and Regulations" pubblicato a gennaio 2018, con l'obiettivo di ottenere la standardizzazione delle procedure, punteggi obiettivi e trasparenti, maggiore considerazione dell'impatto del drag sulle prestazioni di nuoto. In particolare, a parte alcuni cambiamenti nei criteri di punteggio (Hislop, Avers e Brown, 2013), i principali aggiornamenti della metodologia di classificazione applicata alla valutazione tecnica in acqua, sono l'assegnazione di punteggi sulla base di test più validi e standardizzati in cui sia la propulsione che il drag vengono valutati in modo più oggettivo. In particolare, il protocollo del test in acqua include la valutazione della compromissione dell'atleta in condizioni standardizzate, riguardante la sua abilità di generare propulsione, di modificare il ritmo di bracciata, controllare e bilanciare l'assetto in acqua, eseguire le fasi di partenza e di virata. Anche le informazioni cliniche più dettagliate dalle relazioni mediche sono prese in considerazione nella classificazione rivista.

Come conseguenza di questi aggiornamenti, a tutti gli atleti con disabilità fisiche (ad eccezione di quelli con bassa statura, amputati e con deficit agli arti) è stato assegnato lo status di classe sportiva "Review", il che significava che erano tenuti a partecipare a una sessione di valutazione al più presto possibile, a partire da gennaio 2018, e in ogni caso in anticipo per partecipare a qualsiasi competizione internazionale. Nel complesso, vale a dire in tutto il mondo, 50 atleti hanno partecipato a una sessione di riclassificazione nel periodo da metà gennaio a agosto 2018, ovvero al momento del Campionato europeo di Dublino. Una parte considerevole del 32% di questi atleti ha cambiato la propria classe (al 17% è stata assegnata una classe superiore, il 15% a una classe inferiore), al termine della quale sono stati accolti 43 ricorsi sulla nuova assegnazione di classe, che alla fine si sono conclusi con la conferma o la revisione dell'esito della valutazione.

Il nostro lavoro si concentra sulla classificazione delle menomazioni fisiche (non

consideriamo le menomazioni visive e intellettive). Presentiamo confronti e variabilità dei tempi gara di ogni classe e all'interno delle classi in due eventi internazionali, ai Campionati europei di nuoto di Funchal 2016 (prima delle ultime revisioni dei criteri di valutazione) e ai Campionati del mondo di Dublino 2018 (subito dopo la rivalutazione della maggior parte degli atleti, secondo le nuove indicazioni di classificazione). Il nostro principale obiettivo è quello di analizzare l'impatto delle ultime revisioni sul sistema di classificazione sui tempi di gara degli atleti che hanno cambiato classe, rispettando i tempi medi nella loro classe. Infatti, poichè il test standardizzato delle classificazioni dovrebbe essere predittivo delle prestazioni sportive, sensibile al livello di compromissione e minimamente influenzato da fattori esterni (Vanlandewijck & Thompson, 2016), l'analisi dei risultati di gara nelle competizioni internazionali (Wu & Williams, 1999) dovrebbe fornire un indicatore dell'efficacia di affidabilità.

Le nostre ipotesi sono:

H.1. La revisione avrebbe dovuto migliorare il sistema di classificazione, attraverso una tendenza generale di una più uniforme separazione dei risultati cronometrici medi tra le classi adiacenti e una più uniforme variabilità dei tempi di gara per tutte le classi.

H.2. I cambi di classe avrebbero dovuto comportare tempi di gara più in linea con i tempi di gara medi della nuova classe rispetto alle classi precedenti.

## 2. Metodi

Abbiamo esaminato i risultati delle gare in due eventi internazionali, vale a dire Funchal 2016 (348 paralimpici con handicap fisici) e Dublino 2018 (282 paralimpici con handicap fisici), disponibili sul sito ufficiale del World Paralympic Swimming (<https://www.paralympic.org/swimming>). Per ogni finale, abbiamo calcolato i tempi di gara medi  $t_{mean}$  e le deviazioni standard  $\Delta t$ . Abbiamo anche calcolato i rapporti tra le deviazioni standard per i tempi medi  $\Delta t / t_{mean}$ , chiamati anche coefficienti di variabilità, che sono la misura della variabilità all'interno della classe, indipendente dalla distanza di gara. Abbiamo incluso l'analisi di tutte le finali con un numero di partecipanti  $\geq 2$ .

Noi consideriamo le finali e non le batterie preliminari per molteplici ragioni:

- (i) considerare anche le batterie si tradurrebbe in un conteggio doppio degli atleti durante le finali;
- (ii) in finale è stato probabilmente previsto uno screening degli atleti più esperti, che ha ridotto la possibilità di tempi anomali;
- (iii) in genere nelle qualificazioni del mattino, gli atleti di alto livello nuotano con un tempo inferiore al proprio personale per risparmiare le energie per la finale del pomeriggio, il tempo nelle batterie potrebbe dipendere fortemente dal fatto che un atleta stia gareggiando nella batteria più lenta o più veloce perché meno o più stimolato visivamente dagli avversari.

Abbiamo effettuato un'indagine sulle tendenze generali di  $t_{mean}$  e  $\Delta t / t_{mean}$  rispetto al numero di classe per rilevare eventuali cambiamenti evidenti da Funchal 2016 a Dublino 2018. Successivamente, abbiamo identificato il set di singoli atleti che hanno cambiato la loro classe nella sessione del 2018, che hanno gareggiato in diverse classi nelle due manifestazioni internazionali.

Ognuno di questi atleti è stato identificato in questo lavoro da un codice, formato dalle lettere AM per atleti di sesso maschile e AF per atleti di sesso femminile, oltre a un numero incrementale che parte dalla classe più bassa. Abbiamo prima limitato la nostra analisi ai gruppi di atleti direttamente comparabili che hanno preso parte alla stessa finale a Funchal 2016 e Dublino 2018, ma in due diverse classi, rispettivamente, e abbiamo esaminato le variazioni di classe in termini di classi inferiori / superiori, genere, e incremento / decremento della classe.

Più quantitativamente abbiamo valutato i tempi gara di ogni atleta di Funchal e di Dublino con i tempi medi  $t_{mean}$  degli stessi eventi, sia a Funchal nella prima classe e in Dublino nella nuova classe escludendo il tempo di gara per l'atleta la cui classe è stata modificata.

Abbiamo espresso la differenza dei tempi gara dell'atleta dai valori  $t_{mean}$  in unità di deviazioni standard  $\Delta t$ , in modo che i parametri estratti  $(t-t_{mean}) / \Delta t$  per Funchal 2016 e per Dublin 2018 indichino che il tempo di gara dell'atleta di Funchal o Dublino era più in tendenza con il rispettivo tempo medio della classe. Notiamo che i parametri  $(t-t_{mean}) / \Delta t$  possono essere confrontati direttamente tra diversi eventi e classi perché sono di dimensioni inferiori e tengono conto del fatto che i tempi di gara nelle classi inferiori e nelle gare più lunghe sono generalmente più alti ( $\Delta t$  più grande). Per questa ragione noi possiamo eseguire un'analisi statistica delle due serie di valori assoluti  $|t - t_{mean}| / \Delta t$  per finali a Funchal e Dublino; abbiamo calcolato i valori medi  $\langle |t - t_{mean}| / \Delta t \rangle$  e deviazioni standard  $\Delta (|t - t_{mean}| / \Delta t)$  di questi insiemi; abbiamo verificato con il test Shapiro - Wilk che non erano normalmente distribuiti e abbiamo calcolato la significatività statistica della loro differenza usando il Mann-Whitney test. Questa analisi è stata effettuata per la prima volta considerando solo le finali direttamente comparabili eseguiti dallo stesso atleta nelle due classi sia in Funchal e Dublin. Quindi è stato esteso a tutte le finali che presentavano uno o più atleti con classe modificata. Come informazione complementare, abbiamo confrontato i tempi gara di Funchal e Dublino degli atleti con classe cambiata con i loro migliori tempi personali nei rispettivi anni 2016 e 2018, al fine di verificare se gli atleti hanno gareggiato al massimo della performance. Per quanto riguarda le prestazioni degli atleti, abbiamo calcolato il parametro  $(100 - 100 \times [t-t_{best}] / t_{best})$ , dove il 100% indica che il tempo di gara di Funchal / Dublino è stato solo il migliore personale dell'anno, mentre una percentuale inferiore indica una prestazione peggiore in Funchal / Dublino. Infine, abbiamo calcolato la variazione percentuale dei migliori tempi personali da 2016 a 2018,  $100 \times (t_{Funchal} - t_{Dublin} / t_{Dublin})$  che potrebbe indicare:

- (i) se l'atleta aveva significativamente ridotto la sua prestazioni dovuto all'invecchiamento o allo sviluppo progressivo della sua patologia (che è un problema importante, perché in tal caso il cambio di classe non era dovuto al sistema di classificazione rivisto ma piuttosto al deterioramento delle funzionalità dell'atleta).

- (ii) se l'atleta ha significativamente migliorato le sue prestazioni a causa dell'inesperienza nel precedente evento. Anche gli anni di nascita di ciascun atleta sono stati raccolti come possibili indicatori del livello di esperienza dell'atleta. In effetti, lo sport paralimpico non è ancora a livello professionale paragonabile allo sport olimpico, il che si traduce nel fatto che un atleta potrebbe essere solo più lento a causa dell'inesperienza, non a causa di una menomazione più grave o di una cattiva assegnazione di classe.

### 3. Risultati

Presentiamo i risultati della gara dei Campionati europei di nuoto Funchal 2016. Nella Figura 1, i grafici del tempo medio (in alto a sinistra per gli uomini, in basso a sinistra per le donne) mostrano che il tempo che passa tra le classi adiacenti è più grande tra le classi basse rispetto alle classi superiori.

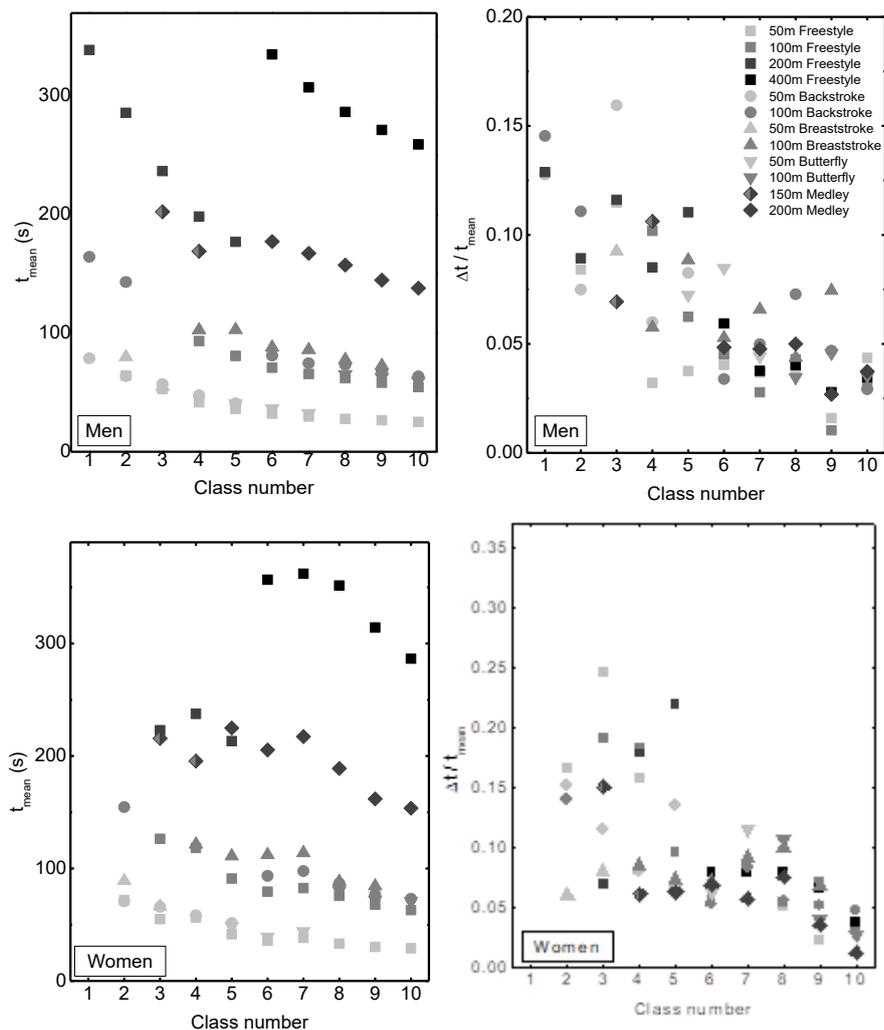


Fig. 1: Pannelli a sinistra: tempi medi di gara degli atleti finalisti nel Campionato Europeo di nuoto IPC 2016 di Funchal (in alto a sinistra per gli uomini, in basso a sinistra per le donne). Pannelli a destra: coefficienti di variabilità dei tempi di gara (in alto a destra per gli uomini, in basso a destra per le donne). Le forme dei simboli identificano lo stile del nuoto (quadrati per lo stile libero, cerchi per il dorso, triangoli verso il basso per la rana, triangoli verso l'alto per la farfalla, diamanti per i misti), mentre il simbolo in scala di grigi identifica la distanza di gara (da chiaro a scuro per aumentare la distanza da 50 ma 200 m).

In effetti, gli insiemi di dati mostrano un comportamento superlineare, mentre uno spazio più uniforme tra le classi adiacenti dovrebbe produrre una relazione più vicina al lineare tra tempi medi e livello di classe.

Figura 1 *b*, (in alto a destra per gli uomini, in basso a destra per le donne) tracciamo  $\Delta t / t_{\text{mean}}$ , si può vedere che c'è una maggiore variabilità all'interno della classe nelle classi più basse. Come visualizzato in Figura 2.

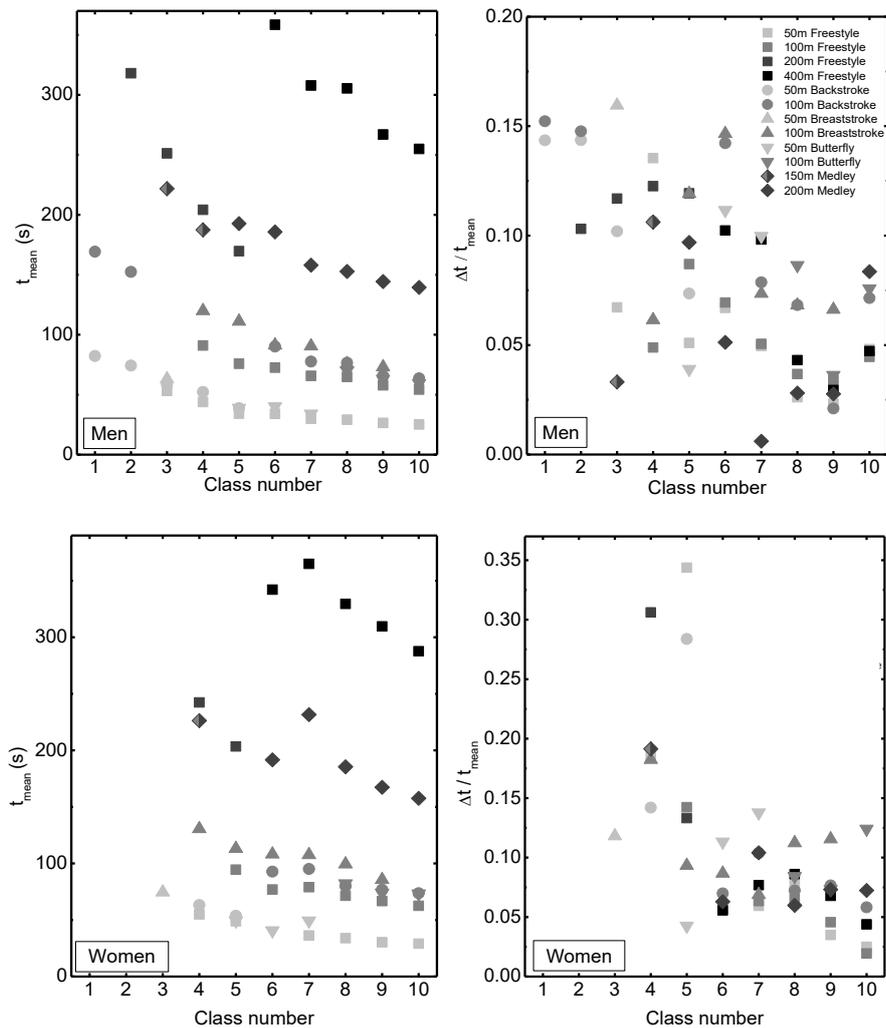


Fig. 2: Pannelli a sinistra: tempi di gara medi degli atleti finalisti nel Campionato europeo di nuoto IPC di Dublino 2018 (in alto a sinistra per gli uomini, in basso a sinistra per le donne). Pannelli a destra: coefficienti di variabilità dei tempi di gara (in alto a destra per gli uomini, in basso a destra per le donne). Le forme dei simboli e la scala di grigi sono definite come in Fig. 1. Le scale degli assi sono impostate come in Fig. 1, per un facile confronto.

Risultati qualitativamente simili si trovano per i risultati dei Campionati europei di Dublino 2018. Sfortunatamente, a Dublino, le gare femminili subirono una mancanza di dati per le classi più basse, che erano per lo più sotto controllo nella revisione delle classificazioni, a causa del più ampio spettro di sindromi e tipi di menomazione in queste classi. A questo proposito, menzioniamo che il numero di tempi di gara considerati in Figura 1 e 2 sono 448 e 408 per uomini e donne in Funchal e 339 e 336 per uomini e donne a Dublino. Gli stessi numeri per le classi 1-3 sono 88 e 47 in Funchal e 54 e 6 in Dublino, mentre per le classi 8-10 sono 614 e 445 in Funchal, 912 e 762 in Dublino.

Nell'ambito di Figura 1 e 2, ora affrontiamo più da vicino l'effetto delle variazioni di classe sui tempi di gara.

La tabella 1 riporta l'elenco dei cambi di classe avvenuti da Funchal 2016 a Dublino 2018. Complessivamente, 35 atleti partecipanti in entrambe le competizioni hanno cambiato classe (23 maschi e 12 femmine). Alcuni di questi atleti hanno cambiato classe in più di uno stile (S-, SM-, SB-). I decrementi di classe sono stati più frequenti che gli incrementi di classe, 30 rispetto i 19. C'era una tendenza evidente di incrementi di classe tra le classi inferiori e decrementi di classe tra le classi superiori. In 7 casi, principalmente per le classi SB e SM, la classe è stata cambiata di 2 unità.

La tabella 1 riporta anche l'anno di nascita di ciascun atleta. Si può vedere che 6 atleti avevano meno di 18 anni a Funchal, quindi probabilmente inesperti. D'altra parte, 3 atleti avevano più di 40 anni a Dublino, ciò potrebbe anche aver avuto un ruolo nei tempi di gara.

Athlete ID	Former class	New class	Class change	Year of birth
AM1	S1	S2	+1	1989
AM2	S1	S2	+1	1972
AM3	S2	S3	+1	1977
AM4	S2	S3	+1	1989
AM5	SB2	SB4	+2	1985
AM5	S3	S4	+1	1985
AM5	SM3	SM4	+1	1985
AM6	SB3	SB4	+1	1976
AM6	SM4	SM6	+2	1976
AM7	SB4	SB5	+1	1994
AM8	S5	S4	-1	1993
AM9	S5	S4	-1	1998
AM10	SB5	SB7	+2	1996
AM10	S6	S7	+1	1996
AM11	S6	S5	-1	1994
AM12	S6	S5	-1	1989
AM13	SB6	SB7	+1	1989
AM14	SB6	SB5	-1	1989
AM14	SM7	SM5	-2	1989
AM14	S7	S5	-2	1987
AM15	SM7	SM6	-1	1992
AM15	S7	S6	-1	1992
AM16	SB7	SB6	-1	2000
AM17	SB7	SB6	-1	1995
AM17	S8	S7	-1	1995
AM18	S8	S7	-1	2000
AM19	S8	S9	+1	1994
AM19	SM8	SM9	+1	1994
AM20	S9	S8	-1	1998
AM20	SM9	SM8	-1	1998
AM21	S10	S9	-1	1994
AM22	S10	S9	-1	2002
AM23	SM10	SM9	-1	2002
AF1	S3	S4	+1	1986
AF2	S3	S4	+1	1989
AF3	S5	S4	-1	1995
AF3	SB4	SB3	-1	1995
AF4	SB5	SB4	-1	1992
AF5	SB5	SB7	+2	1979
AF5	S6	S7	+1	1979
AF6	S6	S5	-1	1999
AF6	SB6	SB5	-1	1999
AF7	SB6	SB5	-1	1994
AF8	S7	S6	-1	1989
AF9	S7	S5	-2	1994
AF9	SM7	SM6	-1	1994
AF10	S8	S7	-1	1998
AF11	SB8	SB7	-1	1995
AF12	S10	S9	-1	1996

Tabella 1

Nella Tabella 2, riportiamo i tempi di gara di un sottoinsieme degli atleti presenti in Tabella 1, ovvero quelli che hanno partecipato nella stessa finale, sia a Funchal che a Dublino, ma in due diverse classi. Segnaliamo anche  $t_{mean}$  e  $\Delta t$  in queste finali a Funchal (per la prima classe) e a Dublino (per la nuova classe).

Athlete ID	Event	Race time in Funchal 2016 (mm:ss.cc)	Race time in Dublin 2018 (mm:ss.cc)	t <sub>mean</sub> in Funchal 2016	Δt in Funchal 2016	t <sub>mean</sub> in Dublin 2018	Δt in Dublin 2018	Class change	More in-trend with mean times of the same class in Funchal/Dublin?	Percent indicator of performance in Funchal with respect to the personal best in 2016	Percent indicator of performance in Dublin with respect to the personal best in 2018	Percent variation of the personal bests from 2016 to 2018
AM1	Men's 100m Backstroke	02:26.63	02:30.44	168.82	25.11	154.89	29.70	+1	in Dublin	100.0	100.0	-2.6
	Men's 200m Freestyle	05:05.70	05:11.15	345.44	45.29	319.76	37.59	+1	in Dublin	100.0	100.0	-1.8
	Men's 50m Backstroke	01:11.27	01:10.53	80.30	10.47	75.21	12.08	+1	in Dublin	100.0	100.0	1.0
AM2	Men's 100m Backstroke	03:14.14	03:17.73	156.94	19.82	143.07	9.52	+1	in Funchal	94.4	100.5	-8.1
	Men's 50m Backstroke	01:32.01	01:29.30	76.16	8.61	70.52	7.59	+1	in Funchal	100.0	100.0	2.9
AM5	Men's 200m Freestyle	03:21.30	03:17.35	241.80	25.34	205.17	26.87	+1	in Dublin	93.9	98.9	-2.9
	Men's 150m Individual Medley	02:59.61	02:48.54	208.04	6.86	190.16	19.85	+1	in Dublin	50.9	100.0	-4.8
AM8	Men's 200m Freestyle	03:36.56	03:27.69	171.42	12.18	199.76	10.09	-1	in Dublin	98.4	99.8	2.7
AM10	Men's 100m Breaststroke	01:34.17	01:35.92	104.11	9.07	89.69	6.78	+2	in Dublin	99.2	100.0	-2.7
AM11	Men's 100m Freestyle	01:09.93	01:08.78	70.96	3.44	76.87	6.42	-1	in Funchal	98.1	100.0	-0.2
	Men's 50m Freestyle	00:32.94	00:32.95	31.99	1.35	34.35	1.80	-1	in Funchal	99.5	100.0	-0.5
AM14	Men's 100m Breaststroke	01:30.68	01:29.85	87.65	4.89	114.12	10.89	-1	in Funchal	99.2	98.1	2.0
AM13	Men's 100m Breaststroke	01:23.77	01:27.00	88.64	4.67	90.47	6.65	+1	in Dublin	98.7	100.0	-5.2
AM15	Men's 100m Backstroke	01:15.81	01:16.08	74.43	3.98	92.17	12.41	-1	in Funchal	98.2	100.0	-2.1
AM18	Men's 100m Breaststroke	01:32.94	01:24.67	84.98	5.30	92.18	14.15	-1	in Dublin	99.6	100.0	8.5
	Men's 100m Backstroke	01:21.47	01:13.98	72.29	4.59	78.34	6.53	-1	in Dublin	96.6	100.0	6.1
AM17	Men's 100m Freestyle	01:00.19	01:04.44	62.22	2.77	65.86	3.55	-1	in Dublin	99.2	100.0	-7.9
AM19	Men's 100m Backstroke	01:06.56	01:05.76	74.42	4.93	65.67	1.38	+1	in Dublin	96.7	99.9	-2.0
AM20	Men's 100m Butterfly	01:00.16	01:03.60	63.26	2.88	70.85	5.91	-1	in Funchal	98.5	100.0	-7.3
AF1	Women's 50m Backstroke	01:01.15	00:53.29	66.68	7.95	64.66	8.67	+1	in Funchal	94.8	100.0	8.3
AF2	Women's 50m Backstroke	00:56.03	00:56.37	67.53	6.76	64.22	9.22	+1	in Dublin	96.3	98.7	-3.0
AF3	Women's 200m Freestyle	05:09.48	05:27.69	199.48	27.74	242.40	74.21	-1	in Dublin	100.0	99.2	-5.1
AF4	Women's 100m Breaststroke	01:48.66	01:51.13	111.34	8.71	134.48	24.40	-1	in Funchal	98.5	100.0	-3.8
AF5	Women's 50m Freestyle	00:36.76	00:35.20	35.58	2.06	36.47	2.28	+1	in Dublin	100.0	100.0	4.2
AF6	Women's 100m Breaststroke	01:56.58	02:00.25	111.54	8.42	112.01	11.05	-1	in Funchal	100.0	100.0	-3.1
AF9	Women's 100m Breaststroke	01:51.73	01:54.00	112.23	8.63	113.05	11.56	-1	in Funchal	100.0	90.4	6.9
AF8	Women's 100m Backstroke	01:28.14	01:25.06	99.06	7.66	93.86	6.15	-1	in Funchal	100.0	100.0	3.5
	Women's 100m Freestyle	01:19.30	01:19.27	82.99	7.18	76.64	4.56	-1	in Funchal	99.1	100.0	-0.9
	Women's 400m Freestyle	05:40.59	05:43.50	365.13	29.54	341.94	20.57	-1	in Dublin	100.0	100.0	-0.9
AF10	Women's 100m Backstroke	01:32.92	01:30.47	85.91	4.46	95.78	10.47	-1	in Dublin	99.0	100.0	1.6
	Women's 400m Freestyle	06:30.86	06:01.23	345.92	24.78	365.45	30.25	-1	in Dublin	96.6	100.0	4.5
AF11	Women's 100m Breaststroke	01:45.37	01:45.33	85.90	5.96	108.02	8.03	-1	in Dublin	100.0	100.0	0.0
AF12	Women's 100m Backstroke	01:13.62	01:14.27	72.98	3.72	77.33	6.43	-1	in Funchal	99.3	100.0	-1.6
	Women's 100m Butterfly	01:12.76	01:19.11	70.82	1.95	73.19	5.40	-1	in Funchal	100.0	100.0	-8.7
	Women's 100m Freestyle	01:05.41	01:09.23	62.65	1.88	66.37	3.10	-1	in Dublin	99.6	97.7	-3.9
	Women's 50m Freestyle	00:29.72	00:30.86	28.91	1.01	30.18	1.14	-1	in Dublin	97.3	100.0	-6.7

Tabella 2

Nella Figura 3, visualizziamo il calcolato  $(t-t_{\text{mean}}) / \Delta t$  per questi finali elencati in Tabella 2.

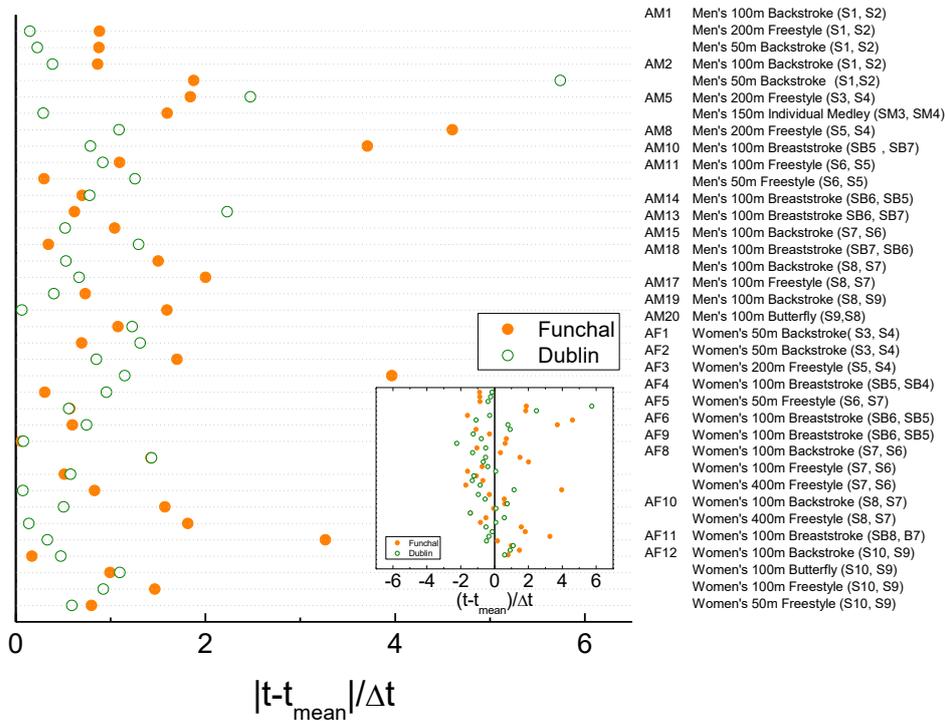


Fig. 3: Lungo l'asse orizzontale il parametro  $(t-t_{\text{mean}}) / \Delta t$  è tracciato per le finali di Funchal e Dublino elencate nella Tabella 2. Si noti che in questo diagramma solo l'asse orizzontale rappresenta una scala quantitativa, mentre lungo l'asse verticale i dati sono semplicemente impilati, secondo la legenda sul lato destro. Nel pannello principale, il parametro è preso in valore assoluto, per evidenziare se la sua grandezza fosse minore per Funchal o Dublino, mentre nel riquadro è riportato con il suo segno, per evidenziare se i tempi di gara erano più grandi o più piccoli dei tempi medi della stessa classe. Le linee della griglia tratteggiate orizzontali sono una guida per collegare voci della legenda e rispettivi punti dati.

Chiaramente, i valori si raggruppano intorno a zero, su entrambi i lati. Tuttavia, finché siamo interessati a identificare solo il più piccolo  $(t-t_{\text{mean}}) / \Delta t$  di importanza tra Funchal e Dublino per ogni finale, tracciamo il parametro  $(t-t_{\text{mean}}) / \Delta t$  in valore assoluto nel pannello principale. Più piccolo è il parametro  $|t-t_{\text{mean}}| / \Delta t$ , più in tendenza il tempo dell'atleta è con il tempo della sua classe. Nella tabella 2 si riporta i risultati di questo

confronto e, in una colonna adiacente, le unità di classe cambiano. In 21 casi (12 per uomini e 9 per donne), il tempo dell'atleta era più in tendenza con la nuova classe a Dublino, mentre in 15 casi (7 per uomini e 8 per donne) era più in tendenza con la precedente classe in Funchal.

È evidente che per incrementi di classe i tempi dell'atleta di Dublino erano più in tendenza con i tempi di classe rispetto ai tempi di Funchal (10 contro 3), mentre per i decrementi di classe c'erano numeri comparabili ai tempi di gara di Funchal e Dublino (12 contro 11).

Le medie e le deviazioni standard dei parametri  $|t - t_{mean}| / \Delta t$  riportati in Tabella 2 risultano rispettivamente di  $1,33 \pm 0,91$  e  $1,06 \pm 0,99$  a Funchal e Dublino. Il valore medio più piccolo per Dublino indicava che nel complesso i tempi degli atleti erano più in tendenza con le classi appena assegnate a Dublino. Questo risultato era statisticamente significativo ( $U = 443$ ,  $p = 0,0214$ ). L'analisi statistica effettuata su incrementi / decrementi di classe, separatamente, ha indicato che solo per gli incrementi di classe i tempi di Dublino erano significativamente più in linea con i tempi di classe ( $U = 45$ ,  $p = 0,0455$ ).

L'analisi statistica di cui sopra, limitata alle finali che sono stati eseguiti in entrambi i campionati dallo stesso atleta, può essere estesa a tutte le finali che presentavano uno o più atleti con classe cambiata. In questo caso, i dati calcolati  $|t - t_{mean}| / \Delta t$ , riportati nella Tabella 3 (materiale supplementare), hanno prodotto rispettivamente  $1,20 \pm 0,91$  e  $1,17 \pm 2,61$  a Funchal e Dublino. Il valore medio più piccolo a Dublino conferma che nel complesso i tempi degli atleti erano più in tendenza con i tempi delle nuove classi, con significati statistici ( $U = 1876$ ,  $p = 0,0033$ ).

Nella tabella 2, il confronto delle prestazioni di Funchal e Dublino con le migliori prestazioni personali nei rispettivi anni 2016 e 2018 mostra che gli atleti hanno nuotato al massimo o quasi al massimo in quasi tutti i casi, con indicatori  $(100 - 100 \times [t - t_{best}] / t_{best})$  uguale o vicino al 100%. Infine, nell'ultima colonna di Tabella 2, riportiamo la variazione percentuale dei migliori tempi personali dal 2016 al 2018. Scopriamo che in tutti i casi, la variazione percentuale era inferiore al 9%, con solo 4 casi superiori all'8%. Di questi 4, il decremento del -8,1% dell'atleta AM2 potrebbe essere probabilmente correlato all'età avanzata (anno di nascita 1972), mentre il + 8,5% dell'atleta AM18 potrebbe essere ricondotto alla giovane età (anno di nascita 2000) e all'inesperienza nella gara di Funchal.

Citiamo infine che nei campionati di Funchal e Dublino, 18 e 10 record mondiali sono stati battuti, rispettivamente, in classi di disabilità fisiche. Tra i record di Funchal, due sono stati battuti dagli atleti AM5 (classe cambiata da S6 a S5) e AF2 (classe cambiata da S3 a S4),

mentre tra i record di Dublino, due sono stati battuti dagli atleti AM11 (classe cambiata da S6 a S5) e AF8 (classe modificata da S7 a S6).

#### 4. Discussione

I nostri risultati tendenzialmente simili nei tempi gara e la variabilità degli eventi prima e dopo la revisione non supporta la nostra prima ipotesi che la revisione avrebbe potuto produrre una tendenza generale visivamente apprezzabile di una separazione più uniforme del tempo tra classi adiacenti e un  $\Delta t / t_{\text{mean}}$  approssimativamente costante per tutte le classi. Il fatto che il campionato di Funchal fosse aperto a partecipanti extraeuropei avrebbe potuto essere la causa di alcune differenze in gare specifiche, che avrebbero potuto nascondere completamente qualsiasi effetto del numero relativamente piccolo di cambi di classe.

Abbiamo quindi tenuto conto dei risultati delle Figure 1 e 2 allo scopo di verificare l'effetto dei cambi di classe individuali in relazione ai tempi di gara medi delle classi precedenti e nuove. I nostri risultati hanno confermato la nostra seconda e principale ipotesi che i cambi di classe avrebbero dovuto comportare tempi di gara più in tendenza con i tempi delle nuove classi. Infatti, la media  $|t - t_{\text{mean}}| / \Delta t$  era significativamente più piccola a Dublino che a Funchal. Tra le finali omologhe eseguite sia a Dublino che a Funchal (Tabella 2),  $|t - t_{\text{mean}}| / \Delta t$  era più piccolo a Dublino per 21 finali su 36 esaminate. Tuttavia, concentrandosi esclusivamente su incrementi e decrementi di classe, la significatività statistica è stata trovata solo per incrementi di classe. Negli eventi analizzati in questo lavoro, sia prima che dopo la revisione, vi è una maggiore variabilità di classe nelle classi più basse; inoltre, i tempi di gara hanno avuto una variabilità maggiore tra le classi inferiori adiacenti rispetto alle classi superiori adiacenti. Su queste tendenze generali, la revisione sembra aver avuto un effetto limitato. Tuttavia, per le classi medie la revisione sembra aver prodotto tempi di gara meno legati alla nuova classe assegnata. Questi risultati suggeriscono che il protocollo di classificazione era ugualmente efficace sia tra le classi, sia per incrementi e decrementi delle classi. La maggiore variabilità nelle classi inferiori è certamente in parte correlata al minor numero di partecipanti a queste classi, probabilmente a causa di maggiori difficoltà incontrate da individui con gravi disabilità nel prendere parte a competizione. Inoltre, è stato segnalato che la variabilità gara-gara tra nuotatori può essere leggermente più ampia nelle classi inferiori (S2-S4) (Fulton, Pyne, Hopkins e Burkett, 2009). Tuttavia, dovrebbero essere considerati anche i problemi con il sistema di classificazione. La grande eterogeneità delle condizioni di salute e dei tipi di disabilità

fisica, in particolare all' interno delle classi inferiori, richiede che le procedure di classificazione tengano conto delle specificità, anche in una prospettiva di standardizzazione. Diventa estremamente difficile spiegare perché i cambiamenti di revisione abbiano prodotto tempi di gara più in trend con i tempi di gara medi della nuova classe molto più per gli incrementi di classe e non omogeneamente tra le classi.

Probabilmente per studiare la complessa interazione tra propulsione e resistenza ogni singolo caso dovrebbe essere analizzato utilizzando un approccio più specifico sulla patologia, piuttosto che un approccio riferito alla classe sportiva. Inoltre, l'introduzione di test strumentali oggettivi nelle revisioni future anziché test soggettivi che dipendono dal giudizio dei classificatori, certamente farebbero fare un passo avanti sull'affidabilità (Burkett et al., 2018; Evershed et al., 2012).

Le revisioni del 2018 riguardo la valutazione tecnica in acqua avrebbero dovuto essere conformi alla visione di Payton (Oh et al., 2013; Oh, 2015; Payton, 2013), secondo cui i problemi del sistema di classificazione nell' assegnazione del numero di classe potrebbero essere superati ponendo maggiore attenzione sul drag passivo o sul drag attivo rispetto al rapporto tra la massa corporea. Quindi, ulteriori revisioni in questa direzione considererebbero lo svantaggio sofferto da quegli atleti che hanno difficoltà a raggiungere la posizione corretta in acqua, come gli atleti con una gamma limitata di movimenti articolari e gli atleti con amputazione gravi delle gambe, così come gli atleti di bassa statura. La maggior parte di questi atleti appartiene alle classi inferiori e medie.

Un altro possibile problema legato alla specificità della menomazione è che le procedure di classificazione trascurano ampiamente la risposta allo sforzo e allo stress muscolare negli atleti con danni al sistema nervoso centrale, che costituiscono una parte considerevole della popolazione dei nuotatori paralimpici, circa il 40% degli atleti che appartengono alla classe media e bassa. In particolare, come conseguenza dello sforzo e dello stress vissuto durante una gara, la sindrome del moto neurone centrale (UMNS) produce un numero di effetti che sono dannosi per la mobilità del corpo e l'assetto del corpo in acqua durante il nuoto, causando anche dolore (Lance, 1980; Puce et al., 2018; Trompetto et al., 2014).

Quindi, gli atleti interessati da questa sindrome incontrano un peggioramento costante della loro prestazione durante la gara, mentre la loro prestazione nei test brevi utilizzati in precedenza come metodo di valutazione al fine della classificazione, si rivela fuorviante. Nel metodo di classificazione modificato, i test di classificazione sono progettati per includere distanze multiple a vari stimoli e a diversi stili, il che rende i test più equivalenti alle gare, ma ulteriori revisione in questa direzione dovrebbero essere fatte preempio con test in acqua più lunghi e più faticosi.

In vista di possibili ulteriori miglioramenti sulle procedure di classificazione, lo sviluppo delle sessioni di classificazione, che deve essere effettuato tra le prove di valutazione fisica, la valutazione tecnica in acqua e l'osservazione in competizione è a sola discrezione del gruppo di classificatori che decide in base al tipo di disabilità e al tipo di patologia. Tuttavia, è importante valutare la coordinazione, la forza e la resistenza dell'atleta, in quanto uno scenario completo dell'effetto dei danni specifici della patologia sulle prestazioni in acqua può essere valutato correttamente solo se si considerano tutti questi aspetti. In effetti, i problemi con l'aggregazione di diversi test e la ponderazione dei loro punteggi, derivanti da una mancanza di comprensione della relazione tra compromissione e prestazioni di nuoto, sono stati indicati come preoccupazioni principali con l'attuale sistema di classificazione (Burkett et al., 2018; Tweedy et al., 2014). L'introduzione di test strumentali specifici per ogni patologia al fine di quantificare forza, resistenza (Hogarth et al., 2018) e gradi articolari di movimento (Nicholson et al., 2018) fornirebbero un notevole miglioramento nella valutazione dell'atleta.

Limitazioni importanti di questo studio:

- L'ipotesi che la somiglianza dei tempi di gara all'interno di ciascuna classe sia un buon parametro per valutare la validità della classificazione è valida solo in parte, poiché l'eccellenza individuale, l'allenamento, stato di performance in un determinato momento, possono influenzare fortemente i singoli tempi di gara. Questa analisi dovrebbe essere presa in considerazione per la visione globale di grandi numeri.
- Tra i cambi di classe da Funchal 2016 a Dublino 2018, potrebbero esserci casi di patologie degenerative che hanno portato una degenerazione delle funzionalità, non correlate alle revisioni di classificazione. Al fine di monitorare questa possibilità, abbiamo riportato variazioni percentuali dei migliori tempi personali nei due anni. Sono stati identificati tre casi con una performance deteriorata intorno all'8%
- La possibile inesperienza dell'atleta paralimpico dovrebbe essere preso in considerazione. Abbiamo riportato l'anno di nascita come parametro per il livello di inesperienza. Anche un significativo miglioramento dei migliori tempi personali nei due anni rilevanti potrebbe suggerire cautela nel fare affidamento sul tempo di gara di Funchal.

## 5. Conclusioni

Riassumendo, abbiamo confrontato i tempi medi di gara per le diverse classi, la variabilità dei tempi di gara all'interno della classe e l'effetto dei cambiamenti di classe, in due eventi sportivi internazionali che hanno avuto luogo prima e appena dopo l'implementazione dei nuovi aggiornamenti nel sistema di classificazione del nuoto paralimpico mondiale. Non siamo riusciti a trovare alcun evidente effetto complessivo sull'impatto delle nuove procedure di classificazione sui tempi di gara medi e sulla variabilità dei tempi di gara all'interno della classe, a causa del numero limitato di cambi di classe. Tuttavia, concentrandoci sui tempi di gara degli atleti che hanno cambiato classe, abbiamo scoperto che erano significativamente più vicini con i tempi di gara medi delle nuove classi, anche se si consideravano incrementi / decrementi di classe separatamente. Sebbene non siamo stati in grado di affermare che questi risultati siano da collegare alle nuove procedure di classificazione utilizzate, suggeriamo che il sistema di classificazione potrebbe essere ulteriormente vantaggioso se incrementato da un approccio specifico strettamente collegato alla patologia, introducendo in futuro i cambiamenti segnalati dal World Para Swimming Classification Review Project.

## 6. Referenze

- Bentley, D. J., Phillips, G., McNaughton, L. R., & Batterham, A. M. (2002). Blood lactate and stroke parameters during front crawl in elite swimmers with disability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *16*(1), 97–102.
- Blauwet, C., & Willick, S. E. (2012). The Paralympic Movement: using sports to promote health, disability rights, and social integration for athletes with disabilities. *PM & R : The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, *4*(11), 851–856. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2012.08.015>
- Burkett, B., Mellifont, R., & Mason, B. (2010). The influence of swimming start components for selected Olympic and Paralympic swimmers. *Journal of Applied Biomechanics*, *26*(2), 134–141.
- Burkett, B., Payton, C., Van de Vliet, P., Jarvis, H., Daly, D., Mehrkuehler, C., ... Hogarth, L. (2018). Performance Characteristics of Para Swimmers: How Effective Is the Swimming Classification System? *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, *29*(2), 333–346. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2018.01.011>
- Chatard, J. C., Lavoie, J. M., Ottoz, H., Randaxhe, P., Cazorla, G., & Lacour, J. R. (1992). Physiological aspects of swimming performance for persons with disabilities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *24*(11), 1276–1282.
- Daly, D. J., & Vanlandewijck, Y. (1999). Some criteria for evaluating the “fairness” of swimming classification. *Adapted Physical Activity Quarterly*, *16*, 271–289.
- Dingley, A. A., Pyne, D., & Burkett, B. (2014). Dry-land bilateral hand-force production and swimming performance in Paralympic swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, *35*, 949–953.
- Evershed, J.-A., Frazer, S., Mellifont, R., & Burkett, B. (2012). Sports technology provides an objective assessment of the Paralympic swimming classification system. *Sports Technology*, *5*(1–2), 49–55. <https://doi.org/10.1080/19346182.2012.704924>
- Fulton, S. K., Pyne, D., Hopkins, W., & Burkett, B. (2009). Variability and progression in competitive performance of Paralympic swimmers. *Journal of Sports Sciences*, *27*(5), 535–539. <https://doi.org/10.1080/02640410802641418>

- Hislop, H., Avers, D., & Brown, M. (2013). *Daniels and Worthingham's Muscle Testing - 9th Edition - Techniques of Manual Examination and Performance Testing*. Elsevier.
- Hogarth, L., Nicholson, V., Spathis, J., Tweedy, S., Beckman, E., Connick, M., ... Burkett, B. (2018). A battery of strength tests for evidence-based classification in Para swimming. *Journal of Sports Sciences*.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1504606>
- International Paralympic Committee. (2007). International Paralympic Committee Classification Code and International Standards. Retrieved from  
<http://www.paralympic.org/classification-code>
- IPC strategic plan 2015-2018. (n.d.). Retrieved from  
[https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/150916131143110\\_2015\\_09](https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/150916131143110_2015_09)
- IPC Swimming launches classification review. (n.d.). Retrieved from  
<https://www.paralympic.org/news/ipc-swimming-launches-classification-review>
- Lance, J. W. (1980). Spasticity: Disordered control. In R. G. Feldman, R. R. Young, & W. P. Koella (Eds.), *Chicago: Yearbook Medical* (pp. 485–494).
- Nicholson, V., Spathis, J., Hogarth, L. W., Connick, M. J., Beckman, E. M., Tweedy, S. M., ... Burkett, B. (2018). Establishing the reliability of a novel battery of range of motion tests to enable evidence-based classification in Para Swimming. *Physical Therapy in Sport*, 32, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.04.021>
- Oh, Y.-T. (2015). *Passive and active drag of Paralympic swimmers*. Manchester Metropolitan University.
- Oh, Y.-T., Brendan, B., Osborough, C., Formosa, D., & Payton, C. (2013). London 2012 Paralympic swimming: passive drag and the classification system. *Br J Sports Med.*, 47(13), 838–843. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092192>
- Oh, Y.-T., Burkett, B., Osborough, C., Formosa, D., & Payton, C. (2013). London 2012 Paralympic swimming: passive drag and the classification system. *British Journal of Sports Medicine*, 47(13), 838–843. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092192>
- Payton, C. (2013). Relationship between Passive Drag and IPC Swimming Class. In *Presentation at the conference "Equipment and Technology in Paralympic Sports", VISTA 1-4 May, 2013, Gustav-Stresemann Institute in Bonn, Germany*.
- Pelayo, P., Sidney, M., Moretto, P., Wille, F., & Chollet, D. (1999). Stroking parameters in

- top level swimmers with a disability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(12), 1839–1843.
- Puce, L., Marinelli, L., Pierantozzi, E., Mori, L., Pallecchi, I., Bonifazi, M., ... Trompetto, C. (2018). Training methods and analysis of races of a top level Paralympic swimming athlete. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(4), 612–620.  
<https://doi.org/10.12965/jer.1836254.127>
- Runciman, P., Tucker, R., Ferreira, S., Albertus-Kajee, Y., & Derman, W. (2016). Paralympic athletes with cerebral palsy display altered pacing strategies in distance-deceived shuttle running trials. *Scand J Med Sci Sports*, 26(10), 1239–1248.  
<https://doi.org/10.1111/sms.12575>
- Schega, L., Kunze, K., & Daly, D. (2006). Simulation of functional restrictions in swimmers with disabilities. In *Proceeding of the First International Symposium Sciences and Practices in Swimming, Paris: Atlantica*.
- Trompetto, C., Marinelli, L., Mori, L., Pelosin, E., Currà, A., Molfetta, L., & Abbruzzese, G. (2014). Pathophysiology of Spasticity: Implications for Neurorehabilitation. *BioMed Research International*, 2014, ID 354906.  
<https://doi.org/10.1155/2014/354906>
- Tweedy, S. M., Beckman, E. M., & Connick, M. J. (2014). Paralympic classification: conceptual basis, current methods, and research update. *PM&R*, 6(8), S11–S17.  
<https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2014.04.013>
- Tweedy, S. M., & Vanlandewijck, Y. C. (2011). International Paralympic Committee position stand--background and scientific principles of classification in Paralympic sport. *Br J Sports Med.*, 45(4), 259–69. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.065060>
- Vanlandewijck, Y. C., & Thompson, W. R. (2016). Research needs for the development of evidence-based systems of classification for physical, vision, and intellectual impairments. In *Training and Coaching the Paralympic Athlete: Handbook of Sports Medicine and Science* (First, pp. 122–149). John Wiley & Sons, Ltd.  
<https://doi.org/10.1002/9781119045144.ch7>
- World Para Swimming Classification Rules and Regulations (2018). Retrieved from [https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/171220150814237\\_2017\\_12%2BWorld%2BPara%2Bswimming\\_Classification%2BRules%2Band%2BRegulations\\_FINAL.pdf](https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/171220150814237_2017_12%2BWorld%2BPara%2Bswimming_Classification%2BRules%2Band%2BRegulations_FINAL.pdf)

- World Para Swimming Classification Rules and Regulations. Revision March-September 2017 – effective 01 January 2018. Retrieved from [https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/170929154434340\\_2017\\_09\\_26%2BWPS\\_Revision%2BClassification%2BRules%2Band%2BRegulations\\_Summary\\_FinalV2.pdf](https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/170929154434340_2017_09_26%2BWPS_Revision%2BClassification%2BRules%2Band%2BRegulations_Summary_FinalV2.pdf)
- Wu, S., & Williams, T. (1999). Paralympic swimming performance, impairment, and the functional classification system. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 16(3), 251–270.

## 7. Materiale supplementare

Tabella S1: numeri dei tempi di gara considerati nelle Figure 1 e 2 del testo principale.

Class Number	Number of race times in the finals			
	Funchal 2016		Dublin 2018	
	Men	Women	Men	Women
1	17	0	6	0
2	35	16	15	0
3	36	31	33	6
4	45	38	48	30
5	48	56	51	41
6	53	56	50	56
7	55	54	46	55
8	56	54	52	55
9	56	56	55	48
10	47	47	43	45

Tabella S2: tempi di gara medi e deviazioni standard delle Figure 1 e 2 del testo principale.

Event	Funchal				Dublin			
	Men		Women		Men		Women	
	t <sub>mean</sub> (s)	Δt (s)						
50m Freestyle S2	64.18	5.40	71.99	11.93				
50m Freestyle S3	52.79	6.07	54.94	13.47	53.16	3.57		
50m Freestyle S4	41.62	1.34	56.22	8.86	43.87	5.94	54.98	10.22
50m Freestyle S5	36.15	1.36	41.45	2.83	34.18	1.74	36.15	12.43
50m Freestyle S6	32.11	1.30	35.73	1.95	33.99	2.28	36.32	2.16
50m Freestyle S7	29.70	1.09	38.31	3.21	30.01	1.49		
50m Freestyle S8	27.64	1.06	33.14	1.67	29.07	0.76	33.97	2.68
50m Freestyle S9	26.54	0.42	30.23	0.68	26.44	0.62	30.30	1.06
50m Freestyle S10	25.15	1.10	29.01	0.98	25.19	1.21	29.04	0.73
100m Freestyle S4	93.36	9.51	118.26	21.52	91.02	4.45		
100m Freestyle S5	80.83	5.05	91.07	8.65	75.86	6.60	94.47	13.45
100m Freestyle S6	70.83	3.20	79.38	4.53	72.56	5.04	76.97	4.32
100m Freestyle S7	65.60	1.82	82.53	6.77	65.68	3.32	79.02	5.01
100m Freestyle S8	61.96	2.66	75.68	4.13	64.80	2.38	71.41	4.64
100m Freestyle S9	58.24	0.60	67.92	4.79	57.80	1.96	66.72	3.05
100m Freestyle S10	54.52	1.66	63.00	2.00	54.30	2.42	62.57	1.21
200m Freestyle S1	338.81	43.64						
200m Freestyle S2	285.83	25.51			318.04	32.78		
200m Freestyle S3	236.74	27.48	222.92	15.46	251.25	29.37		
200m Freestyle S4	198.33	16.87	237.45	42.29	204.19	25.03	242.40	74.21
200m Freestyle S5	177.06	19.54	213.23	46.61	169.71	20.25	203.45	27.09
400m Freestyle S6	335.18	19.90	356.65	28.11	358.49	36.69	342.14	19.05
400m Freestyle S7	307.35	11.57	362.07	28.70	307.87	30.24	364.93	28.05
400m Freestyle S8	286.60	11.53	351.54	27.91	305.41	13.16	329.58	28.39
400m Freestyle S9	271.39	7.56	314.24	20.68	266.97	7.86	309.60	20.99
400m Freestyle S10	259.20	8.99	286.57	10.77	254.96	12.05	287.59	12.61
50m Backstroke S1	78.80	10.06			82.26	11.81		
50m Backstroke S2	63.82	4.78	70.81	10.75	74.27	10.67		
50m Backstroke S3	57.03	9.09	65.89	7.55	58.31	5.95		
50m Backstroke S4	47.69	2.86	58.39	4.59	52.26	5.57	63.24	8.98
50m Backstroke S5	40.80	3.37	51.49	6.92	38.75	2.85	53.78	15.26
100m Backstroke S1	164.38	23.91			169.28	25.77		
100m Backstroke S2	143.14	15.86	154.61	21.59	152.43	22.51		
100m Backstroke S6	81.18	2.75	93.37	4.88	90.16	12.82	92.76	6.49
100m Backstroke S7	74.61	3.72	97.70	8.08	77.61	6.10	95.11	9.88
100m Backstroke S8	73.44	5.35	86.78	4.81	76.61	5.23	79.97	5.78
100m Backstroke S9	67.87	3.18	76.56	3.96	65.67	1.38	76.82	5.88
100m Backstroke S10	63.53	1.85	73.06	3.45	63.66	4.55	73.63	4.29
50m Breaststroke SB2	80.01	26.89	89.09	5.34				
50m Breaststroke SB3	54.95	5.08	66.38	5.27	63.15	10.07	74.58	8.81
100m Breaststroke SB4	102.68	5.91	121.46	10.37	119.92	7.38	130.59	23.81
100m Breaststroke SB5	102.87	9.10	111.00	8.12	111.09	13.24	113.18	10.56
100m Breaststroke SB6	88.03	4.65	112.17	7.99	91.24	13.37	108.15	9.38
100m Breaststroke SB7	85.97	5.65	113.89	10.48	90.47	6.65	107.63	7.40
100m Breaststroke SB8	77.58	3.39	88.34	8.82	75.74	5.17	99.34	11.16
100m Breaststroke SB9	72.62	5.41	84.31	5.67	73.05	4.84	85.62	9.89
50m Butterfly S5	40.73	2.95	48.68	3.12	38.85	1.52	49.44	2.11
50m Butterfly S6	36.44	3.09	39.17	2.44	40.09	4.47	40.64	4.60
50m Butterfly S7	32.49	1.43	44.00	5.03	33.99	3.39	49.37	6.80
100m Butterfly S8	65.35	2.26	80.34	8.52	69.95	6.05	82.14	6.92
100m Butterfly S9	62.87	2.88	72.12	2.90	63.01	2.29	73.93	5.42
100m Butterfly S10	59.56	2.10	71.07	1.93	59.39	4.50	73.25	9.09
150m Medley SM3	202.36	14.03	215.69	32.41	221.81	7.35		
150m Medley SM4	169.08	17.95	195.52	11.89	187.46	19.90	226.24	43.30
200m Medley SM5			224.93	14.07	192.71	18.68		
200m Medley SM6	177.34	8.59	205.33	14.08	185.75	9.52	191.60	12.07
200m Medley SM7	167.37	7.97	217.22	12.39	158.01	0.96	231.59	24.10
200m Medley SM8	157.49	7.87	188.92	14.27	152.75	4.29	185.42	11.09
200m Medley SM9	144.77	3.88	161.84	5.68	144.37	4.00	167.32	12.24
200m Medley SM10	137.98	5.16	153.60	1.80	139.46	11.65	157.53	11.41

Analisi statistica di tutti gli eventi finali con uno o più atleti che hanno cambiato classe

Nella tabella S3 riportiamo i valori assoluti  $| (t-t_{\text{mean}}) / \Delta t |$  per tutte le finali di Funchal e Dublino a cui hanno preso parte uno degli altri atleti che hanno cambiato classe. L'entità di questo parametro è un indicatore di quanto il tempo di gara era in tendenza con il rispettivo tempo medio di classe (più piccolo è il parametro in valore assoluto, più è in tendenza il dato). Purchè sia un parametro senza dimensioni, consente un confronto diretto anche tra eventi diversi. Abbiamo quindi calcolato i valori medi e le deviazioni standard per i gruppi di Funchal e Dublino, nonché il significato statistico della loro differenza. Le medie e le deviazioni standard di  $| t-t_{\text{mean}} | / \Delta t$  a Funchal e Dublino si sono rivelate rispettivamente  $(1,20 \pm 0,91)$  e  $(1,17 \pm 2,61)$ . Il valore medio più piccolo per l'evento di Dublino indica che i tempi di gara a Dublino erano più in tendenza con il tempo medio della stessa classe rispetto ai tempi di gara a Funchal. Questo risultato è statisticamente significativo ( $U = 1876$ ,  $p = 0,0033$ ).

Tabella S3: elenco di tutte le finali di Funchal e Dublino a cui hanno preso parte uno o più atleti che hanno cambiato classe. Le colonne riportano il codice dell'atleta, l'evento, i tempi di gara di Funchal e Dublino, il tempo medio e le deviazioni standard dei tempi di gara degli altri atleti nella stessa finale a Funchal e Dublino, i parametri  $| t-t_{\text{mean}} | / \Delta t$  in valore assoluto per Funchal e Dublino.

Athlete ID	Race in Funchal	Race in Dublin	Race time in Funchal	Race time in Dublin	$t_{\text{mean}}$ in Funchal (s)	$\Delta t$ in Funchal (s)	$t_{\text{mean}}$ in Dublin (s)	$\Delta t$ in Dublin (s)	$ t-t_{\text{mean}} /\Delta t$ in Funchal	$ t-t_{\text{mean}} /\Delta t$ in Dublin
AM1	Men's 200m Freestyle S1	Men's 200m Freestyle S2	05:05.70	05:11.15	311.15	45.29	319.76	37.59	0.88	0.23
	Men's 50m Backstroke S1	Men's 50m Backstroke S2	01:11.27	01:10.53	70.53	10.47	75.21	12.08	0.86	0.39
	Men's 100m Backstroke S1	Men's 100m Backstroke S2	02:26.63	02:30.44	150.44	25.11	154.89	29.70	0.88	0.15
	Men's 200m Freestyle S1		06:32.04			39.12			1.63	
AM2	Men's 50m Backstroke S1	Men's 50m Backstroke S2	01:32.01	01:29.30	89.30	8.61	70.52	7.59	1.84	2.47
	Men's 100m Backstroke S1	Men's 100m Backstroke S2	03:14.14	03:17.73	197.73	19.82	143.07	9.52	1.88	5.74
	Men's 50m Freestyle S2	Men's 50m Freestyle S3								
	Men's 200m Freestyle S2	Men's 200m Freestyle S3								
AM3	Men's 50m Backstroke S2	Men's 50m Backstroke S3								
	Men's 100m Backstroke S2		02:45.02			15.86			1.38	
	Men's 50m Freestyle S2	Men's 50m Freestyle S3								
	Men's 200m Freestyle S2	Men's 200m Freestyle S3								
AM4	Men's 50m Freestyle S2	Men's 50m Freestyle S3	01:00.17			5.58			0.84	

	Men's 200m Freestyle S2	Men's 200m Freestyle S3	04:21.76	04:23.92	263.92	25.47	249.44	31.24	1.08	0.46
	Men's 50m Backstroke S2	Men's 50m Backstroke S3	00:58.52	00:58.51	58.51	4.62	58.28	7.83	1.31	0.03
	Men's 100m Backstroke S2		02:06.47			15.51			1.23	
AM5	Men's 50m Breaststroke SB2		01:00.89			29.00			0.88	
AM5	Men's 50m Freestyle S3	Men's 50m Freestyle S4	00:45.43			5.71			1.47	
		Men's 100m Freestyle S4		01:32.79	92.79		90.72	4.79		0.43
	Men's 200m Freestyle S3	Men's 200m Freestyle S4	03:21.30	03:17.35	197.35	25.34	205.17	26.87	1.60	0.29
	Men's 50m Backstroke S3	Men's 50m Backstroke S4	DQ	00:49.30	49.30		52.69	5.88		0.58
AM5	Men's 150m Individual Medley SM3	Men's 150m Individual Medley SM4	02:59.61	02:48.54	168.54	6.86	190.16	19.85	4.60	1.09
AM6	Men's 50m Breaststroke SB3		00:50.21			5.09			1.06	
		Men's 100m Breaststroke SB4		01:57.13	117.13		120.32	7.87		0.41
AM6	Men's 150m Individual Medley SM4		02:46.07			19.35			0.18	
AM7	Men's 100m Breaststroke SB4	Men's 200m Individual Medley SM6	01:51.32			4.95			2.04	
AM8		Men's 100m Breaststroke SB5								
	Men's 100m Freestyle S5	Men's 100m Freestyle S4		01:38.66	98.66		89.74	3.18		2.81
	Men's 200m Freestyle S5	Men's 200m Freestyle S4	03:36.56	03:27.69	207.69	12.18	199.76	10.09	3.71	0.79
	Men's 50m Butterfly S5									
AM9	Men's 50m Freestyle S5	Men's 50m Freestyle S4		00:43.8	43.80		43.87	6.35		0.01
	Men's 100m Freestyle S5									
	Men's 50m Butterfly S5									
	Men's 50m Backstroke S5	Men's 50m Backstroke S4		00:45.46	45.46		53.24	5.23		1.49
AM10	Men's 100m Breaststroke SB5	Men's 100m Breaststroke SB7	01:34.17	01:35.92	95.92	9.07	89.69	6.78	1.10	0.92
AM10	Men's 50m Freestyle S6									
	Men's 100m Freestyle S6									
		Men's 400m Freestyle S7		06:13.86	373.86		298.44	15.40		4.90
AM11	Men's 50m Freestyle S6	Men's 50m Freestyle S5	00:32.94	00:32.95	32.95	1.35	34.35	1.80	0.70	0.78
	Men's 100m Freestyle S6	Men's 100m Freestyle S5	01:09.93	01:08.78	68.78	3.44	76.87	6.42	0.30	1.26
		Men's 200m Freestyle S5		02:23.65	143.65		173.43	18.68		1.59
		Men's 50m Butterfly S5		00:39.11	39.11		38.82	1.63		0.18
	Men's 400m Freestyle S6		05:03.02			16.28			2.26	
		Men's 50m Backstroke S5		00:39.72	39.72		38.61	3.05		0.36
	Men's 100m Backstroke S6		01:21.86			3.00			0.26	
AM12	Men's 50m Freestyle S6									
	Men's 100m Freestyle S6									
		Men's 200m Freestyle S5		03:11.97	191.97		166.53	19.59		1.30
	Men's 400m Freestyle S6									

		Men's 50m Butterfly S5 Men's 50m Backstroke S5								
	Men's 100m Backstroke S6									
AM13	Men's 100m Breaststroke SB6	Men's 100m Breaststroke SB7	01:23.77	01:27.00	87.00	4.67	90.47	6.65	1.04	0.52
AM14	Men's 100m Breaststroke SB6	Men's 100m Breaststroke SB5	01:30.68	01:29.85	89.85	4.89	114.12	10.89	0.62	2.23
AM14	Men's 200m Individual Medley SM7	Men's 200m Individual Medley SM5		02:51.18	171.18		203.48	1.46		22.17
AM14		Men's 50m Freestyle S5		00:35.86	35.86		33.94	1.73		1.11
		Men's 100m Freestyle S5		01:13.22	73.22		76.23	7.03		0.43
		Men's 200m Freestyle S5		02:34.18	154.18		171.93	20.79		0.85
	Men's 400m Freestyle S7		05:17.47			11.69			0.99	
	Men's 50m Butterfly S7	Men's 50m Butterfly S5		00:39.99	39.99		38.69	1.56		0.83
		Men's 50m Backstroke S5		00:38.08	38.08		38.85	3.07		0.25
	Men's 100m Backstroke S7									
AM15	Men's 200m Individual Medley SM7									
AM15		Men's 50m Freestyle S6		00:32.95	32.95		34.13	2.71		0.44
	Men's 400m Freestyle S7									
	Men's 50m Butterfly S7									
	Men's 100m Backstroke S7	Men's 100m Backstroke S6	01:15.81	01:16.08	76.08	3.98	92.17	12.41	0.35	1.30
AM16	Men's 100m Breaststroke SB7	Men's 100m Breaststroke SB6	01:32.94	01:24.67	84.67	5.30	92.18	14.15	1.50	0.53
AM17	Men's 100m Breaststroke SB7	Men's 100m Breaststroke SB6	01:21.66			5.81			0.85	
AM17	Men's 50m Freestyle S8	Men's 50m Freestyle S7	00:26.92			1.10			0.74	
	Men's 100m Freestyle S8	Men's 100m Freestyle S7	01:00.19	01:04.44	64.44	2.77	65.86	3.55	0.73	0.40
	Men's 400m Freestyle S8		04:43.76			12.39			0.26	
		Men's 100m Backstroke S7		DQ	DQ					
AM18	Men's 400m Freestyle S8	Men's 400m Freestyle S7		04:48.69	288.69		310.61	31.57		0.69
	Men's 100m Backstroke S8	Men's 100m Backstroke S7	01:21.47	01:13.98	73.98	4.59	78.34	6.53	2.00	0.67
AM19	Men's 100m Freestyle S8	Men's 100m Freestyle S9	00:59.88			2.73			0.87	
	Men's 400m Freestyle S8	Men's 400m Freestyle S9	04:24.77			8.02			3.11	
	Men's 100m Backstroke S8	Men's 100m Backstroke S9	01:06.56	01:05.76	65.76	4.93	65.67	1.38	1.59	0.07
AM19	Men's 200m Individual Medley SM8	Men's 200m Individual Medley SM9	02:25.60			6.73			2.02	
AM20	Men's 50m Freestyle S9									
	Men's 100m Butterfly S9	Men's 100m Butterfly S8	01:00.16	01:03.60	63.60	2.88	70.85	5.91	1.08	1.23
AM20	Men's 200m Individual Medley SM9	Men's 200m Individual Medley SM8	02:27.89	02:25.42	145.42	3.97	154.22	2.63	0.90	3.35
AM21	Men's 50m Freestyle S10	Men's 50m Freestyle S9								
	Men's 100m Freestyle S10	Men's 100m Freestyle S9		00:59.03	59.03		57.62	2.05		0.69
	Men's 400m Freestyle S10	Men's 400m Freestyle S9								
	Men's 100m Backstroke S10	Men's 100m Backstroke S9								

AM22	Men's 400m Freestyle S10	Men's 400m Freestyle S9	04:23.70	263.70	267.44	8.37	0.45			
	Men's 100m Butterfly S10	Men's 100m Butterfly S9	01:04.24	64.24	62.84	2.41	0.58			
AM23	Men's 200m Individual Medley SM10	Men's 200m Individual Medley SM9	02:26.41	146.41	144.08	4.22	0.55			
AF1	Women's 50m Freestyle S3	Women's 50m Freestyle S4	00:47.89		14.56		0.58			
	Women's 100m Freestyle S3	Women's 100m Freestyle S4	01:51.53		27.33		0.57			
	Women's 50m Backstroke S3	Women's 50m Backstroke S4	01:01.15	00:53.29	53.29	7.95	64.66	8.67	0.70	1.31
AF2	Women's 50m Freestyle S3	Women's 50m Freestyle S4	00:46.6	00:48.05	48.05	14.36	55.97	10.62	0.69	0.75
	Women's 100m Freestyle S3		01:39.97		23.28				1.29	
	Women's 50m Backstroke S3	Women's 50m Backstroke S4	00:56.03	00:56.37	56.37	6.76	64.22	9.22	1.70	0.85
AF3	Women's 50m Freestyle S5	Women's 50m Freestyle S4		01:07.82	67.82		53.15	9.51		1.54
	Women's 100m Freestyle S5	Women's 100m Freestyle S4								
	Women's 200m Freestyle S5	Women's 200m Freestyle S4	05:09.48	05:27.69	327.69	27.74	242.40	74.21	3.97	1.15
	Women's 50m Backstroke S5	Women's 50m Backstroke S4		01:12.52	72.52		61.92	8.81		1.20
AF3	Women's 100m Breaststroke SB4	Women's 100m Breaststroke SB3		01:07.89	67.89		75.91	9.14		0.88
AF4	Women's 100m Breaststroke SB5	Women's 100m Breaststroke SB4	01:48.66	01:51.13	111.13	8.71	134.48	24.40	0.31	0.96
AF5	Women's 100m Breaststroke SB5	Women's 100m Breaststroke SB6		01:58.75	118.75		106.63	9.01		1.35
AF5	Women's 50m Freestyle S6	Women's 50m Freestyle S7	00:36.76	00:35.20	35.20	2.06	36.47	2.28	0.57	0.56
	Women's 100m Freestyle S6	Women's 100m Freestyle S7		01:26.49	86.49		77.95	4.32		1.97
AF6	Women's 50m Freestyle S6	Women's 50m Freestyle S5		00:43.96	43.96		49.71	18.25		0.32
	Women's 100m Freestyle S6	Women's 100m Freestyle S5		01:36.93	96.93		94.12	14.48		0.19
		Women's 200m Freestyle S5		03:29.89	209.89		201.84	31.01		0.26
		Women's 50m Butterfly S5		00:50.22	50.22		49.29	2.32		0.40
		Women's 50m Backstroke S5		00:56.06	56.06		53.45	16.45		0.16
AF6	Women's 100m Backstroke S6	Women's 100m Breaststroke SB5	01:56.58	02:00.25	120.25	8.42	112.01	11.05	0.60	0.75
AF7	Women's 100m	Women's 100m	01:51.73	01:54.00	114.00	8.63	113.05	11.56	0.06	0.08

AF8	Breaststroke SB6	Breaststroke SB5								
		Women's 50m Freestyle S6	00:36.50	36.50		35.46	2.54		0.41	
	Women's 100m Freestyle S7	Women's 100m Freestyle S6	01:19.30	01:19.27	79.27	7.18	76.64	4.56	0.51	0.58
	Women's 400m Freestyle S7	Women's 400m Freestyle S6	05:40.59	05:43.50	343.50	29.54	341.94	20.57	0.83	0.08
AF9	Women's 100m Backstroke S7	Women's 100m Backstroke S6	01:28.14	01:25.06	85.06	7.66	93.86	6.15	1.42	1.43
	Women's 50m Freestyle S7	Women's 50m Freestyle S5	00:38.37			3.47			0.02	
	Women's 100m Freestyle S7	Women's 100m Freestyle S5	01:20.17			7.24			0.37	
	Women's 400m Freestyle S7	Women's 400m Freestyle S5	05:41.46			29.66			0.79	
AF9	Women's 50m Butterfly S7	Women's 50m Butterfly S5	00:45.68			5.38			0.36	
	Women's 100m Backstroke S7	Women's 100m Backstroke S5	01:32.79			8.46			0.66	
	Women's 200m Individual Medley SM7	Women's 200m Individual Medley SM5	03:19.76			10.02			2.09	
	AF10	Women's 50m Freestyle S8	Women's 50m Freestyle S7	00:35.30	35.30		36.46	2.29		0.51
Women's 100m Freestyle S8		Women's 100m Freestyle S7	01:17.96	77.96		79.17	5.39		0.22	
Women's 400m Freestyle S8		Women's 400m Freestyle S7	06:30.86	06:01.23	361.23	24.78	365.45	30.25	1.81	0.14
Women's 100m Backstroke S8		Women's 100m Backstroke S7	01:32.92	01:30.47	90.47	4.46	95.78	10.47	1.57	0.51
AF11	Women's 100m Breaststroke SB8	Women's 100m Breaststroke SB7	01:45.37	01:45.33	105.33	5.96	108.02	8.03	3.26	0.33
AF12	Women's 50m Freestyle S10	Women's 50m Freestyle S9	00:29.72	00:30.86	30.86	1.01	30.18	1.14	0.80	0.59
	Women's 100m Freestyle S10	Women's 100m Freestyle S9	01:05.41	01:09.23	69.23	1.88	66.37	3.10	1.47	0.92
	Women's 400m Freestyle S10	Women's 400m Freestyle S9	04:54.22			11.15			0.78	
	Women's 100m Butterfly S10	Women's 100m Butterfly S9	01:12.76	01:19.11	79.11	1.95	73.19	5.40	0.99	1.10
Women's 100m Backstroke S10	Women's 100m Backstroke S9	01:13.62	01:14.27	74.27	3.72	77.33	6.43	0.17	0.48	

## CAPITOLO 2

### **Il benessere psicofisico auto percepito di giovani nuotatori agonisti con disabilità fisica o intellettiva.**

#### **1.Introduzione**

Gli effetti benefici delle attività sportive amatoriali sulla salute, sul benessere psicofisico e sulla prevenzione delle malattie sono promosse e pubblicizzate dalla società moderna. Allo stato attuale, questi benefici sono ampiamente affermati e condivisi dall'opinione pubblica e dalla comunità scientifica internazionale (Eime, Young, Harvey, Charity, & Payne, 2013; Rasciute & Downward, 2010; Scully, Kremer, Meade, Graham e Dudgeon, 1998) e dalle linee guida sullo stile di vita sano (Janssen, 2007; Dipartimento di salute e servizi umani degli Stati Uniti, 2008). Allo stesso modo, o forse in misura ancora maggiore, le persone affette da menomazione fisica o intellettiva possono ottenere benefici psicofisici e sociali dalla partecipazione allo sport agonistico (Chawla, 1994; Giacobbi, Stancil, Hardin e Bryant, 2008; Martin Ginis, Jetha, Mack e Hetz, 2010; Rogers, Furler, Brinks e Darrah, 2008; Verschuren et al., 2007).

Anche se il benessere fisico è strettamente correlato al tipo e alla gravità della compromissione fisica dell'individuo, il benessere psicologico potrebbe non essere così correlato, poichè il contesto sportivo può offrire benefici che superano le implicazioni psicologiche del danno fisico.

Il benessere psicologico è definito come l'equilibrio dinamico tra i bisogni personali e le potenzialità da una parte e le caratteristiche dell'ambiente esterno d'altra parte (Dodge, Daly, Huyton e Sanders, 2012; Felce & Perry, 1995; Garcia, Nima, & Kjell, 2014; Ryff & Keyes, 1995). Se le attività sportive sono praticate a livello agonistico, le caratteristiche emotive, motivazionali e sociali di tale ambiente possono

fornire un prezioso contributo al benessere psicologico individuale delle persone affette da menomazione fisica o intellettiva, aiutandole a modellare la propria vita attraverso una costante realizzazione di obiettivi personali, favorendo l'accettazione della patologia e curando il naturale squilibrio tra i bisogni / potenzialità e richieste ambientali (Ryff & Keyes, 1995). Secondo la letteratura, la forza del proprio benessere, tra cui la crescita personale, l'ottimismo e le forti reti di sostegno sociale, aumentano quando gli atleti con disabilità incrementano il loro livello di competizione (Macdougall, O'Halloran, Sherry e Shields, 2016).

Studi di ricerca hanno indagato sull'effetto della pratica dello sport agonistico sul concetto di sè (Dykens & Cohen, 1996; Weiss, Diamond, Demark e Lovald, 2003) e sulla competenza sociale (Dykens & Cohen, 1996) tra gli individui affetti da menomazione intellettiva. Le interviste condotte con cinque nuotatori paralimpici britannici di età compresa tra 20 e 24 anni hanno rivelato che il nuoto agonistico facilita l'accettazione di sè e della società, lo sviluppo dell'identità e crea un senso di normalizzazione (Brewer, Boin, Petitpas, Van Raalte, & Mahar, 1994). Uno studio su 26 giocatori di basket in carrozzina ha mostrato che l'attività fisica competitiva sembrava potenziare l'autoefficacia di questi giocatori, alimentando la loro motivazione nelle attività quotidiane (Giacobbi et al., 2008). Numerosi studi hanno affrontato l'identità atletica negli atleti con disabilità (Kokaridas, Perkos, Harbalis, & Koltsidas, 2009; Martin, Adams-Mushett e Smith, 1995; Martin, Eklund e Mushet, 1997; Pack, Kelly e Arvinen-Barrow, 2017). L'identità atletica è la misura in cui gli individui si identificano con il ruolo di atleta e, in base a questo in ricerche precedenti, è stato associato all'auto-percezione dell'individuo, al comportamento e all'impegno nel perseguire i propri ideali. Balestruccio et al. (1995, 1997) hanno sottolineato che l'identità atletica comporta non solo aspetti positivi come motivazione, determinazione nel raggiungimento di obiettivi e senso di responsabilizzazione ma può portare anche aspetti negativi come l'esclusività (ovvero l'incapacità di identificarsi con altri ruoli) e affettività negativa (ovvero, risposte emotive negative al fallimento di un obiettivo).

Le indagini sul benessere psicofisico di soggetti affetti da menomazione fisica o intellettiva attraverso la pratica di attività sportiva a livello agonistico dovrebbero essere estesa in contesti e popolazioni diverse (ad es. paese, tipo di sport praticato, fascia di età, metodo di indagine, ecc.) per avere un quadro più ampio e più preciso della situazione. L'interesse e il potenziale impatto di questo ambito vanno ben oltre il campo medico e riguardano anche aspetti etici, economici e sociali della nostra società a livello globale. In effetti, da un lato, il benessere degli individui affetti da menomazioni sono una misura della civiltà e

inclusività di un paese e, d'altra parte, più pragmaticamente ma altrettanto importante, il benessere di questa popolazione può comportare una significativa riduzione dei costi sanitari, ai quali contribuiscono notevolmente i programmi di riabilitazione.

Il nostro obiettivo nel presente studio è stato quello di valutare l'ipotesi specifica che la pratica del nuoto agonistico avrebbe un ruolo positivo nel benessere psicofisico ed emotivo percepito dai giovani partecipanti affetti da menomazione intellettiva o fisica.

In questo articolo, presentiamo i risultati di uno studio trasversale sul benessere psicofisico ed emotivo percepito di 100 giovani atleti paralimpici che hanno preso parte a due eventi nazionali di nuoto paralimpico, vale a dire al Campionato Italiano Giovanile, 29-30 aprile, 2017, Fabriano (An), e al Campionato Italiano di Società, 20-21 maggio 2017, Lignano Sabbiadoro (Ud).

Abbiamo confrontato questi risultati del sondaggio con quelli di un gruppo di controllo compreso di 100 giovani partecipanti che erano anch'essi colpiti da problemi fisici o intellettivi ma che non hanno praticato sport a livello agonistico. In questo studio, sono stati utilizzati due questionari scientificamente convalidati, vale a dire il

Psychological Well Being Index (Dupuy, 1984) e lo Short-Form Health Survey (SF12; Ware, Kosinski e Keller, 1996), al fine di fornire una valutazione quantitativa del benessere psicofisico percepito in termini di diversi domini di benessere. La nostra principale variabile indipendente era la pratica dello sport agonistico, ma abbiamo anche esaminato sesso, età, patologie acquisite o congenite, tipo di patologia dei partecipanti e modalità di somministrazione del sondaggio.

## **2. Metodi e strumenti**

### **2.1 Partecipanti**

- (a) diagnosi di disabilità fisica o intellettiva,
  - (b) età compresa tra gli 11 e i 23 anni,
  - (c) capacità di rispondere ai questionari con o senza assistenza,
  - (d) detenere una licenza rilasciata dal Comitato Paralimpico Internazionale,
- Abbiamo valutato il criterio (c) con l'aiuto di parenti e allenatori, che hanno aiutato i partecipanti a compilare i questionari. Abbiamo applicato il criterio d) solo al campione di popolazione oggetto di studio e non a quello del campione di controllo, vale a dire nessuna pratica sportiva a livello agonistico.

### **2.2 Procedure di somministrazione del sondaggio.**

I partecipanti sportivi erano giovani atleti paralimpici che hanno partecipato ai Campionati Italiani Promozionali Giovanili, 29-30 aprile 2017, Fabriano (AN), Italia e ai Campionati italiani societari di nuoto paralimpico, 20-21 maggio 2017, Lignano Sabbiadoro (UD), Italia.

Nel briefing prima dell'inizio di entrambi gli eventi, abbiamo descritto questo studio e fornito istruzioni dettagliate per la somministrazione dei questionari, secondo le raccomandazioni raccomandate in letteratura (Apolone et al., 2005). Ai briefing hanno partecipato dirigenti, allenatori, atleti e parenti della FINP. Durante le competizioni, abbiamo distribuito i questionari in forma cartacea a tutti i partecipanti. Inoltre, abbiamo reso disponibili gli stessi questionari in modalità online tramite un link pubblicato sul sito Web ufficiale della FINP (<http://www.finp.it>) utilizzando il software Google Drive e, sottolineando l'importanza del progetto per favorire la partecipazione.

Abbiamo raccolto 195 questionari dai partecipanti alle competizioni; fuori da questi, 92 sono stati respinti perché non soddisfacevano il criterio della fascia di età 11-23 anni e 7 sono stati respinti perché i partecipanti non sono stati in grado di rispondere correttamente, nonostante l'assistenza dei loro allenatori perché affetti da gravi forme di autismo. Abbiamo anche reclutato altri quattro atleti che praticavano triathlon affetti da sclerosi multipla (SM) per ottenere specifiche informazioni comparative sui partecipanti che sono stati colpiti da gravi patologie di carattere progressivo. In totale abbiamo ricevuto 100 questionari compilati e idonei all'analisi dati, 58 in forma cartacea e 42 online. Abbiamo anche reclutato un numero uguale (N 100) di giovani partecipanti affetti

dalle stesse menomazioni e di età comparabile che non praticavano sport agonistico da usare come gruppo di controllo.

Quarantasette di questi sono stati scelti casualmente dalle cliniche di riabilitazione locali, mentre i rimanenti 53 sono stati reclutati tra i partecipanti di un seminario promozionale intitolato "Sport e disabilità nei bambini e negli adolescenti" che si è svolto 10 giugno 2017, allo Sport Festival, Genova, Italia.

### **2.3 Questionari e metodi di somministrazione.**

Per questa ricerca, abbiamo utilizzato due indici di indagine scientifica: lo Psychological Well being Index (PGWBI; Dupuy, 1984) e lo SF12 (Ware et al., 1996; Ware, Kosinski e Keller, 1998) - la cui validità e affidabilità sono dimostrati in letteratura (Gandek et al., 1998; Lundgren-Nilsson, Jonsdottir, Ahlborg, & Tennant, 2013; Ware et al., 1996).

Ognuno di questi questionari non è sindrome specifico ma possiede caratteristiche generiche e si concentra sulla psicologia degli intervistati e sul benessere emotivo piuttosto che sul loro benessere fisico. Questo è un requisito importante per strumenti che indagano campioni di partecipanti molto eterogenei tra loro che hanno diversi tipi di condizioni di salute o menomazioni. Entrambi gli indici sono divisi in più domini che indirizzano su diversi aspetti del benessere psicologico, consentendo un'analisi accurata per descrivere il profilo psicofisico di una persona. I due questionari richiedono non più di 30 minuti per il completamento e possono essere auto-somministrati o compilati con modalità di intervista faccia a faccia (utile per i partecipanti con deficit visivi o menomazioni intellettive). L'uso diffuso di questi e altri indici simili è stato ben documentato nella letteratura precedente (Becker et al., 1997; Boman, Bryman, & Mo'ller, 2004; Wiklund e Karlberg, 1991).

Il questionario PGWBI (Lundgren-Nilsson et al., 2013) è composto da 22 items, ciascuno con sei possibili risposte, il cui punteggio è proporzionale al livello di benessere psicologico e generale, valutato dagli intervistati utilizzando una scala a 6 punti da 0 a 5. I 22 items sono ordinati in sei diversi domini: ansia, umore depressione, positività, autocontrollo, salute generale e vitalità.

L'indice SF12 (Gandek et al., 1998) ha un duplice carattere, in quanto affronta la salute fisica e mentale misurata da due indici separati, il primo indaga sulla componente fisica (PCS-12) il secondo su quella mentale (MCS-12). Questo questionario analizza le funzioni fisiche e mentali, il grado di menomazione sia su base sociale che individuale e la salute generale percepita personalmente. Attraverso questo strumento, eravamo principalmente interessati alla salute mentale dell'intervistato, mentre abbiamo trattato la salute fisica come informazioni accessorie nella nostra analisi dei dati. Questo

questionario è composto da 12 items e valuta otto domini: funzionamento fisico, la salute fisica, la salute mentale, il benessere emotivo, il dolore fisico, la vitalità, la salute generale. L'uso combinato del PGWBI e SF12 sono stati già utilizzati in letteratura scientifica. (Grossi, Mosconi, Groth, Niero e Apolone, 2005).

Insieme ai due precedenti questionari, abbiamo utilizzato un ulteriore questionario che chiedeva ai partecipanti di fornire ulteriori dati e dettagli personali. In particolare, abbiamo cercato di conoscere l'età, il sesso, il livello di istruzione dei partecipanti, tipo di compromissione, metodo di somministrazione dei questionari (auto-somministrato, somministrato con l'assistenza di qualcun altro, somministrato come colloquio diretto) e luogo di somministrazione dei questionari (ad es a casa, in una clinica, anche nel luogo di una competizione sportiva, ecc.). Abbiamo fornito ai partecipanti anche una nota esplicativa sul progetto e sul suo obiettivo scientifico. In un documento separato (Puce, Marinelli, Mori, Pallecchi e Trompetto, 2017), abbiamo riportato ulteriori dettagli sugli strumenti utilizzati in questo studio.

#### **2.4 Analisi statistica**

Per l'analisi statistica, abbiamo usato il test Shapiro – Wilk per studiare la normalità della distribuzione dei dati di tutti i parametri (età, PGWBI22, SF12-MCS, SF12-PCS). Abbiamo usato il test di Mann-Whitney per confrontare i parametri tra le due popolazioni. Abbiamo fissato un livello di significatività statistica su  $p < .05$  per tutti i test. Abbiamo anche calcolato il Cohen's effect size d values per le differenze medie tra le due popolazioni.

## 3. Risultati

<b>Sample of Paralympic athletes</b>							
<b>Sample</b>	<b>N</b>	<b>PGWBI</b>		<b>SF12-PCS</b>		<b>SF12-MCS</b>	
		<b>average score</b>	<b>standard deviation</b>	<b>average score</b>	<b>standard deviation</b>	<b>average score</b>	<b>standard deviation</b>
<b>whole population</b>	100	83.3	13.7	47.9	8.4	50.5	9.5
<b>female subjects</b>	49	78.7	13.1	46.7	8.8	48.9	9.9
<b>male subjects</b>	51	86.7	12.8	49.1	7.9	52.0	9.0
<b>subjects aged 11-17</b>	58	85.8	13.5	47.8	8.6	52.0	9.0
<b>subjects aged 18-23</b>	42	79.7	13.3	48.0	8.2	48.3	9.9
<b>questionnaire filled with assistance</b>	30	87.5	13.1	49.6	7.2	52.5	6.9
<b>questionnaire filled without assistance</b>	70	81.5	13.6	47.2	8.8	49.6	10.4
<b>acquired impairment</b>	24	83.0	14.2	46.9	8.8	50.8	10.4
<b>congenital impairment</b>	76	83.4	13.6	48.2	8.3	50.4	9.3
<b>Control sample of subjects affected by impairment, which do not practice competitive sport</b>							
<b>Sample</b>	<b>N</b>	<b>PGWBI</b>		<b>SF12-PCS</b>		<b>SF12-MCS</b>	
		<b>average score</b>	<b>standard deviation</b>	<b>average score</b>	<b>standard deviation</b>	<b>average score</b>	<b>standard deviation</b>
<b>whole population</b>	100	57.5	20.8	43.8	14.8	36.1	12.8
<b>female subjects</b>	58	56.0	21.3	43.1	14.5	34.5	13.1
<b>male subjects</b>	42	59.6	20.2	44.8	15.4	38.2	12.2
<b>subjects aged 11-17</b>	58	64.0	17.9	45.1	14.4	39.4	12.9
<b>subjects aged 18-23</b>	42	48.5	21.5	42.0	15.4	31.4	11.1
<b>questionnaire filled with assistance</b>	65	55.0	20.7	43.9	15.5	33.0	12.6
<b>questionnaire filled without assistance</b>	35	62.1	20.6	43.6	13.8	41.7	11.3
<b>acquired impairment</b>	27	42.4	20.9	37.0	13.9	29.0	9.3
<b>congenital impairment</b>	73	63.1	18.0	46.3	14.5	38.7	13.0

Tabella 1: punteggio dei questionari dei Paralimpici e del gruppo controllo.

La tabella I illustra i punteggi dei partecipanti dei questionari somministrati, raggruppati nei due campioni di popolazione di atleti paralimpici e partecipanti al controllo, differenziati per genere, età, modalità di completamento del sondaggio (con o senza assistenza) e per disabilità acquisita rispetto a quella congenita.

Gli stessi risultati vengono visualizzati anche nella Figura 1, per un facile confronto visivo.

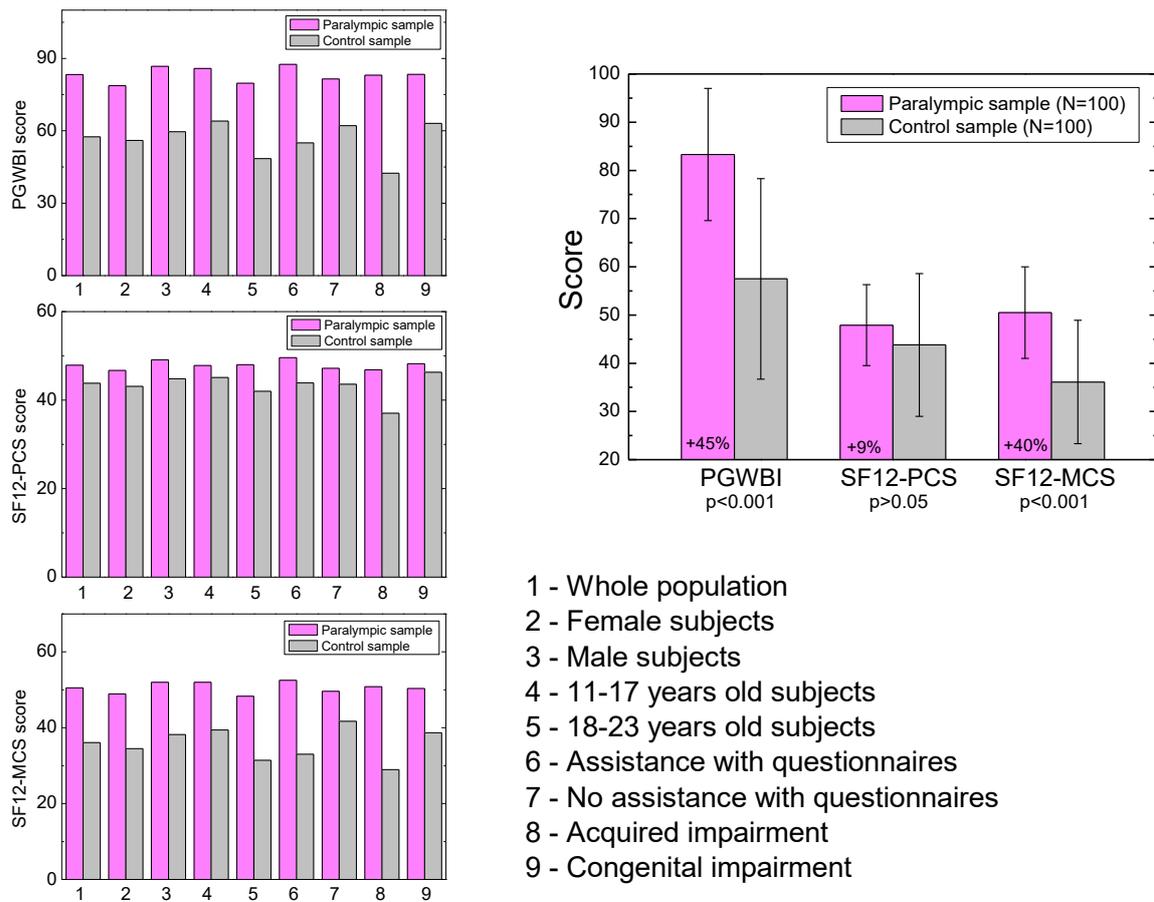


Figura 1. Punteggi degli indici di benessere di tutte le popolazioni differenziati per genere, età, modalità di compilazione e compromissione acquisita / congenita. Le barre di errore indicano le deviazioni standard dei punteggi di tutte le popolazioni.

Nel test Shapiro – Wilk, abbiamo scoperto che gli unici set di dati che mostravano distribuzioni normali erano i punteggi PGWBI sia per i gruppi paralimpici che per quelli di controllo.

Gli istogrammi hanno mostrato chiaramente che i dati raccolti dal campione di presentava una varianza maggiore rispetto a quelli del campione paralimpico. Infatti, nella tabella 1, le

deviazioni standard sono quasi il doppio rispetto al controllo campione. Tuttavia, nessuno dei dati ha deviato da più di tre deviazioni standard dal valore medio in entrambe le popolazioni.

Per i dati raccolti dai questionari aggiuntivi, abbiamo esaminato la possibilità che i nostri risultati potessero essere distorti a causa di distribuzioni irregolari dei dati personali degli intervistati o dalla zona di provenienza nei due campioni. Abbiamo verificato che le due popolazioni erano simili per quanto riguarda il genere (49 femmine e 51 maschi nel campione paralimpico, rispetto a 58 femmine e 42 maschi nel campione di controllo), età livello di istruzione e condizioni di salute. Abbiamo registrato uno squilibrio per la modalità di somministrazione del questionario (con il 70% auto-somministrato e il 30% somministrato) con assistenza nel campione paralimpico e auto-somministrato al 35% e 65% somministrato con assistenza nel campione di controllo) e per la zona in cui i partecipanti vivono (79% urbano e 21% rurale nel campione paralimpico, rispetto al 55% urbano e 45% rurale nel campione di controllo), quest' ultimo risultato probabilmente a causa del fatto che praticare sport su base giornaliera è logisticamente più semplice in contesti urbani. È importante sottolineare che le due popolazioni erano distribuite in modo omogeneo per tipo di disturbo, come mostrato nella Figura 2. Non c'erano statisticamente differenze nel numero di partecipanti per uno qualsiasi dei sottogruppi.

## Subject count

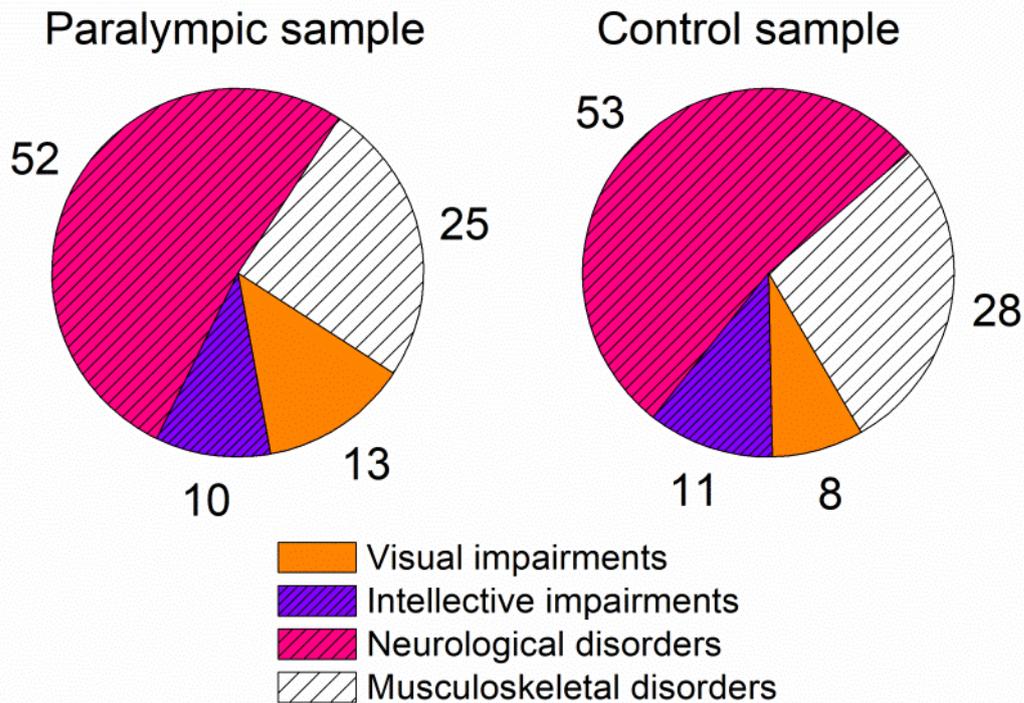


Figura 2. Grafici a torta delle distribuzioni dei disturbi nelle due popolazioni. I numeri indicano il conteggio dei soggetti in ciascun sottogruppo.

La nostra scoperta principale è stata che i punteggi del campione paralimpico su PGWBI e SF12 erano più alti (nella direzione di un maggiore benessere degli intervistati) di quanto lo fossero i punteggi su questi strumenti dal campione di controllo:

- PGWBI + 45%
-SF12-PCS: +9%
SF12-MCS: +40%

I punteggi del gruppo paralimpico erano superiori a quelli del gruppo di controllo del 45% per PGWBI, 40% per SF12-MCS e 9% per SF12-PCS. Quindi, i nostri risultati indicano che per PGWBI e indici SF12-MCS/ PCS che valutano il livello di benessere psicologico

emotivo e fisico degli intervistati, il campione degli atleti ha ottenuto punteggi più grandi con significatività statistica ( $p < .0001$ ).

Le differenze percentuali relative tra le due popolazioni sono calcolate rispetto ai valori della popolazione di controllo, mentre le differenze percentuali relative tra i sottogruppi della stessa popolazione, ad es. i soggetti di sesso maschile rispetto a quelli di sesso femminile o di età compresa tra 11 e 17 anni rispetto ai soggetti di età compresa tra 18 e 23 anni, vengono calcolati rispetto ai valori intermedi tra i due. Questi risultati indicano che per gli indici PGWBI e SF12-MCS, che valutano in modo specifico gli aspetti psicologici e benessere emotivo, il campione dell'atleta ha ottenuto punteggi maggiori del 40% o più. Degno di nota, i corrispondenti valori di dimensione  $d$  dell'effetto di Cohen 1,5 e 1,3 risultano molto grandi, secondo le regole di Sawilowsky (Sawilowsky, 2009). La maggior parte dei dati non segue una distribuzione normale, quindi abbiamo usato il test Mann Whitney per confrontare i due gruppi. Abbiamo scoperto che le differenze dei punteggi medi PGWBI e SF12-MCS nelle due popolazioni hanno un livello di significatività piuttosto elevato ( $p < .0001$ ), mentre la differenza dei punteggi medi SF12-PCS non raggiunge la significatività statistica ( $p = .69$ ). Attribuiamo questo risultato alla grande eterogeneità dei tipi di danno nelle due popolazioni, il che rende inaffidabile il confronto del benessere fisico auto percepito. In effetti, questo lavoro è piuttosto focalizzato sul benessere psicologico ed emotivo descritto dagli indici PGWBI e SF12-MCS, pur riportando tutti i risultati per completezza.

### **Analisi e confronto dei punteggi dei sottogruppi:**

1. Per entrambe le popolazioni, i soggetti maschi hanno percepito un benessere superiore del 5-10% rispetto ai soggetti femminili, vale a dire PGWBI + 10%, SF12-PCS + 5%, SF12-MCS + 6% per il campione paralimpico e PGWBI + 6%, SF12-PCS + 4%, SF12-MCS + 10% per il campione di controllo.
2. Per entrambe le popolazioni, i soggetti di età compresa tra 11 e 17 anni hanno percepito un benessere psicologico ed emotivo più elevato rispetto ai soggetti di età compresa tra 18 e 23 anni. Per il campione paralimpico, la differenza del punteggio dei soggetti di età compresa tra 11 e 17 anni rispetto ai soggetti di età compresa tra 18 e 23 anni è PGWBI + 7%, SF12-PCS -0,4%, SF12-MCS + 7%; nel caso del campione di controllo la differenza relativa è ancora maggiore e coinvolge anche l'indice di benessere fisico SF12-PCS, ovvero PGWBI + 28%, SF12-PCS + 7%, SF12-MCS + 23%.
3. L'assistenza nella compilazione dei questionari presenta una relazione diversa con i punteggi per le due popolazioni. Per il campione paralimpico, i soggetti che hanno

compilato i questionari con assistenza hanno ottenuto un punteggio del 6% circa in più rispetto ai soggetti che hanno compilato i questionari da soli (PGWBI + 7%, SF12-PCS + 5%, SF12-MCS + 6%), mentre per la popolazione di controllo è vero il contrario (PGWBI -12%, SF12-PCS + 0,7%, SF12MCS -23%).

4. Il carattere acquisito o congenito della menomazione ha avuto un effetto significativo sui punteggi nel campione di controllo, con punteggi più alti in caso di compromissione congenita. Al contrario, nel campione paralimpico, si riscontra poca differenza tra i punteggi dei soggetti con compromissione acquisita o congenita. Questa differenza nelle due popolazioni è principalmente determinata dalla differenza nei punteggi dei soggetti con compromissione acquisita (PGWBI + 96%, SF12-PCS + 27%, SF12-MCS + 75%). I punteggi parziali dei domini selezionati possono essere considerati, come mostrato nella figura 3.

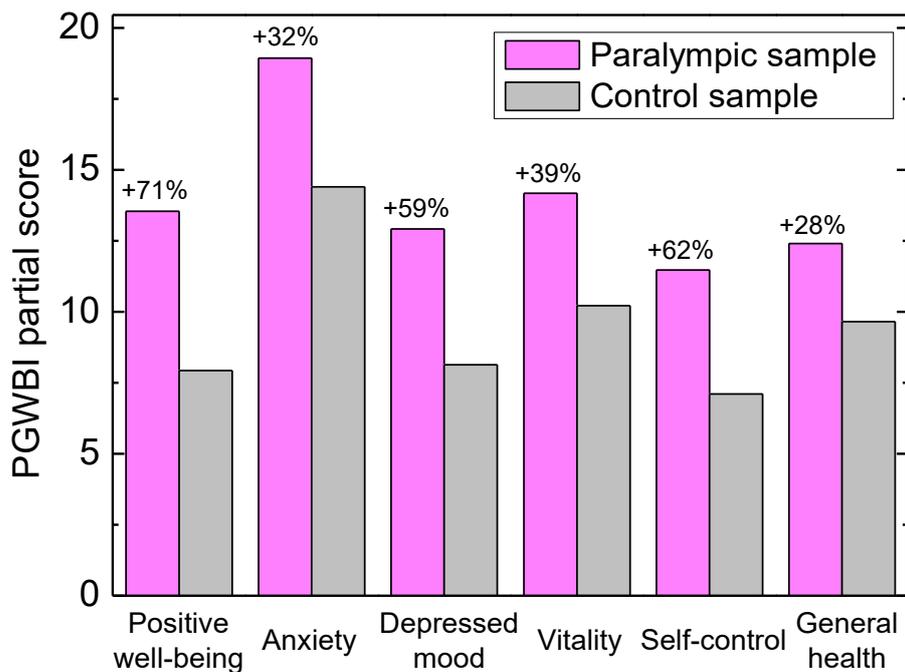


Figura 3. Punteggi parziali dei domini selezionati nelle due popolazioni.

I valori specifici per il campione paralimpico sono: benessere positivo 13,54 / 20 (13,54 su un punteggio massimo 20 per questo dominio, + 71% rispetto al campione di controllo), ansia 18,94 / 25 (+ 32%), depressione 12,92 / 15 (+ 59%), vitalità 14,18 / 20 (+ 39%), autocontrollo 11,47 / 15 (+ 62%), salute generale 12,40 / 15 (+ 28%). Se ci concentriamo su domini selezionati rilevanti per il benessere mentale, che sono particolarmente rilevanti

per la missione del Comitato Paralimpico Internazionale (IPC), vale a dire la positività (articoli PGWBI 1, 9, 15 e 20), ansia (articoli PGWBI 5, 8, 17, 19, 22), umore depresso (articoli PGWBI 3, 7, 11), vitalità (articoli PGWBI 6, 12, 16, 21), i punteggi paralimpici sono più alti del 30-70%.

Dall'esame dei risultati, risulta che nel campione paralimpico non vi è alcuna condizione di salute specifica per la quale sono registrati punteggi sistematicamente più alti o più bassi. D'altra parte, nella popolazione di controllo, i punteggi dei 6 soggetti affetti da sclerosi multipla (SM) sono sistematicamente i più bassi, in particolare i punteggi PGWBI, ma anche i punteggi SF12-MCS. Nonostante il sottogruppo di soggetti con SM sia rappresentato da un numero di soggetti troppo piccolo per qualsiasi rilevanza statistica (10 soggetti che considerano entrambe le popolazioni), riteniamo che valga la pena riportare questi risultati. Per il campione di controllo, il punteggio PGWBI medio dei soggetti con SM è inferiore di 5 volte rispetto al punteggio PGWBI medio dell'intera popolazione (-413%) e i punteggi SF12-PCS e SF12-MCS sono inferiori di -53 % e -98%, rispettivamente. Anche per il campione paralimpico i punteggi della popolazione con SM sono inferiori alla media, ma significativamente più alti rispetto ai soggetti con SM di controllo, vale a dire il punteggio PGWBI è 6,5 volte più alto (+ 84%), il punteggio SF12-PCS è + 18% più alto e il punteggio SF12-MCS è superiore del + 65%. Ulteriori indagini su un numero maggiore di soggetti affetti da sindromi gravi e progressive dovrebbero confermare se in questi casi gli effetti benefici della pratica dello sport agonistico sul benessere mentale sono efficaci.

#### 4. Discussione

Il risultato chiave di questa indagine è stato che gli indici di benessere fisico e psicologico, in particolare PGWBI e SF12-MCS relativi al benessere psicologico, erano maggiori del 40% o più per i partecipanti che praticano sport agonistico rispetto ai partecipanti che non praticano sport agonistico. Questa scoperta ha supportato la nostra ipotesi originale.

Concentrandoci in particolare sui domini che hanno valutato l'ansia, la depressione e la vitalità, abbiamo trovato i punteggi dei paralimpici più alti del 30-70%, rispetto a quelli degli altri che non praticavano sport agonistico.

Esistono numerosi meccanismi sociali e psicologici innescati dalla pratica dello sport agonistico (consideriamo il nuoto agonistico rappresentante dello sport agonistico in generale) che possono contribuire al miglioramento del benessere percepito, alla motivazione e alla riduzione dell'ansia e dei sintomi depressivi. Alcuni meccanismi sono strettamente correlati ai benefici fisici delle attività sportive. Lo sport che si adatta a una condizione fisica può essere una reale terapia che può essere prescritta su base giornaliera (Puce et al., 2018). Infatti, le sessioni di allenamento giornaliere dei paralimpici accuratamente adattate al tipo di disabilità sono svolte non solo per migliorare le prestazioni e per vincere medaglie ma anche per cure mediche, ad esempio per inibire gli effetti secondari negativi della patologia. Inoltre, l'allenamento sportivo intensivo massimizza le capacità motorie residue, sviluppa nuove abilità e migliora la percezione cinestesica individuale, tutto ciò può essere utile nelle attività quotidiane delle persone affette da varie menomazioni.

È noto che l'attività fisica regolare negli adulti, nei bambini e negli adolescenti migliora la salute e riduce i disturbi dell'umore (Eime et al., 2013). Inoltre, nelle persone colpite da menomazioni, l'attività fisica riduce l'ansia e la depressione e aumenta l'autostima e l'autoefficacia (Shephard, 1991). Tuttavia, l'attività fisica agonistica può comportare un leggero aumento dello stress e dell'ansia, se è presente nella vita del paralimpico eccessiva pressione ambientale (Nieman, 2002).

Il benessere mentale comprende diversi fattori, come l'ottimismo, l'autostima, avere uno scopo di vita, un senso di appartenenza e costruire forti e positivi relazioni con gli altri. L'autostima è un fattore chiave nel benessere psicologico, e riflette la convinzione e la fiducia nelle proprie capacità. Questo concetto è fondamentale negli atleti. In effetti, Fox e Corbin (1989) hanno descritto l'autostima indotta dallo sport come un concetto multidimensionale costituito da forza, condizionamento e competenza sportiva. Tuttavia, alcuni ricercatori suggeriscono che le persone affette da menomazioni possono avere una

minore autostima rispetto alle persone normo abili, e Bredahl (2013) ha scoperto che il 75% degli adulti con menomazione ha avuto esperienze negative nello sport. Al contrario, gli adolescenti con menomazione intellettiva che prendono parte alle gare di nuoto hanno mostrato significativi miglioramenti nella loro autostima sportiva quando erano in competizione (Wright & Cowden, 1986). Allo stesso modo, il nostro campione, ha mostrato maggiore autostima che potrebbe essere dovuta al fatto che questi individui gareggiavano con gli avversari in classi di appartenenza in base alla loro funzionalità, evidenziando l'importanza di appartenere a un gruppo di pari che condivide esperienze personali.

Negli eventi sportivi, si crea una sensazione particolare in cui lo spirito competitivo supera ogni tendenza a commiserare le condizioni fisiche o intellettive degli atleti. Questo atteggiamento agonistico può annullare gli stereotipi della patologia (Pack et al., 2017) e incoraggia il superamento dei limiti. In effetti, gli atleti con disabilità hanno livelli comparabili di identità atletica agli atleti che non hanno alcuna menomazione e competono nello sport a livelli di intensità simili (Groff & Zabriskie, 2006; Martin et al., 1995). La pratica dello sport agonistico sposta l'attenzione dalla menomazione alla funzionalità in una determinata attività (Pack et al., 2017). All'interno del mondo paralimpico, qualsiasi atleta perdente è stato battuto da un pari che è affetto da una simile compromissione; quindi, qualsiasi scusa per la sconfitta è inaccettabile e viene piuttosto sostituita dalla determinazione verso una maggiore dedizione (Giacobbi et al., 2008; Kokaridas et al., 2009; Martin et al., 1995). Sul lato opposto, tra i partecipanti che non praticano sport agonistico, le menomazioni hanno maggiori probabilità di provocare un senso di depressione. Tra i nostri partecipanti, le sindromi neurodegenerative come la SM erano fortemente associate a condizioni psicologiche di depressione.

Per quanto riguarda le possibili implicazioni mediche ed economiche dei nostri risultati sul miglioramento della forma psicofisica tra gli atleti sportivi agonisti interessati da menomazioni, l'efficacia riabilitativa delle sessioni di allenamento legate allo sport possono essere superiori alla tipica sessione di riabilitazione settimanale, non solo fisicamente (Runciman, Derman, Ferreira, Albertus-Kajee, & Tucker, 2015; Runciman, Tucker, Ferreira, Albertus-Kajee e Derman, 2016) ma anche emotivamente e psicologicamente. Ad esempio, strutturare programmi di riabilitazione secondo metodi mirati al miglioramento delle prestazioni fisiche a medio e lungo termine e programmare test di performance collettiva, come nel caso partecipare a delle gare, potrebbe avere un ruolo motivazionale enorme. L'efficacia di tali nuovi programmi di riabilitazione farebbe leva sulla capacità dei partecipanti con disabilità di prendere

vantaggio delle specificità del loro corpo e ottenere ottimi risultati perseguendo e condividendo obiettivi personali, con benefici in diversi aspetti della vita. Inoltre, trasferendo le conoscenze sui parametri del carico di allenamento come volume, intensità e i tempi di recupero, opportunamente adattati al tipo e alla gravità delle singole menomazioni, dal campo sportivo agonistico ai protocolli di riabilitazione potrebbero apportare significativi benefici al benessere psicofisico. Di conseguenza, il sistema sanitario può trarre vantaggio dalla promozione della partecipazione sportiva paralimpica non solo dal punto di vista medico, ma anche dal punto di vista economico, come è probabile un significativo risparmio in termini di costi riabilitativi.

Considerando i risultati secondari dei nostri dati, come mostrato nella Tabella 1, molto maggiore varianza delle risposte al sondaggio tra i partecipanti al nostro controllo rispetto alla popolazione paralimpica suggerisce che ci fosse una mentalità comune tra atleti paralimpici, forse legati dal fatto che condividono la stessa comunità, stili di vita e ambizioni. Forse ciò è accaduto perché 22 su 100 partecipanti paralimpici hanno completato il sondaggio presso la sede di un evento competitivo circondati da colleghi. Al contrario, tutti i partecipanti al controllo hanno completato i questionari online, probabilmente da soli. I ricercatori in passato hanno mostrato che la modalità di somministrazione del questionario può influenzare i punteggi ottenuti (Bowling, 2005; Grossi et al., 2005; Gundy & Aaronson, 2010; Hood et al., 2012; Weinberger, Oddone, Samsa e Landsman, 1996). Inoltre, come circa il 20% del gruppo paralimpico ha completato il questionario durante l'evento, le loro risposte potrebbero essere state influenzate da valori superiori a livelli normali di endorfine che sono noti per migliorare l'umore durante o dopo l'esercizio acuto (Dishman & O'Connor, 2009). Le endorfine modulano la dopamina che è un neurotrasmettitore coinvolto nella motivazione e del piacere.

Abbiamo scoperto che l'assistenza alla compilazione dei questionari ha giocato solo un ruolo minore, nelle risposte degli intervistati, in linea con i risultati di altri studi (Puhan, Ahuja, Van Natta, Ackatz e Meinert, 2011; Ramos-Jorge et al., 2012; Rutherford, Nixon, Brown, Lamping, & Cano, 2014; Tsakos, Bernabe', O'Brien, Sheiham e de Oliveira, 2008). Tra i partecipanti che hanno avuto aiuto a compilare i questionari (rispetto a coloro che hanno completato i questionari senza aiuto), i punteggi dei partecipanti paralimpici erano più alti del 6% mentre quelli dei partecipanti al controllo erano inferiori di circa il 10%. Tuttavia, vale la pena dire che esiste un interessante squilibrio nel numero tra auto-amministrato e somministrato con assistenza tra i campioni paralimpici e di controllo, in particolare una parte maggiore di questionari è stata

somministrata con assistenza nel campione di controllo. Ciò potrebbe suggerire una maggiore compromissione del gruppo di controllo, che potrebbe aver influenzato la percezione del benessere.

Per quanto riguarda il genere, abbiamo osservato che i punteggi di benessere percepiti dai maschi erano del 5-10% più alti di quelli delle femmine. Tuttavia, perchè questo risultato è stato evidente per entrambi i partecipanti paralimpici e di controllo ed era coerente con risultati passati (Gestsdottir et al., 2015; Harada et al., 2008; Li, Kao e Wu, 2015), questa osservazione va oltre lo scopo del nostro studio. Allo stesso modo, la nostra scoperta che i partecipanti più giovani, di età compresa tra 11 e 17 anni, hanno percepito un maggiore benessere psicologico ed emotivo rispetto ai partecipanti più anziani, di età compresa tra 18 e 23 anni, applicato a entrambe le popolazioni. Tuttavia, questa scoperta è stata accentuata tra i partecipanti al controllo, principalmente a causa dei partecipanti più anziani. Sembra che, con l'aumentare dell'età, c'è una più forte consapevolezza e senso del raggiungimento o della discrepanza dell'obiettivo (Cheng, 2004; Nilsson, Leppert, Simonsson e Starrin, 2010) e che ciò contribuisce a rafforzare gli aspetti negativi dovuti alla patologia.

Tra i limiti di questo studio c'erano le dimensioni e i vincoli geografici delle due popolazioni partecipanti, forse questo ha limitato la generalizzazione dello studio. Allo stesso modo, mentre il nuoto agonistico è rappresentato come sport agonistico in generale, studi futuri potrebbero studiare queste variabili tra i partecipanti ad altri sport agonistici, magari confrontando sport di squadra e sport individuali. Un'altra limitazione dello studio potrebbe essere correlata al campione; infatti, alti valori di varianza dei punteggi dei campioni possono indicare che una dimensione maggiore del campione è necessaria per migliorare il potere statistico dello studio.

In particolare per il caso di partecipanti affetti da sindromi gravi e progressive come la SM, potrebbero essere confermate ulteriori indagini su un numero maggiore di soggetti.

## 5. Conclusioni

In questo studio di 100 paralimpici e 100 non praticanti sport paralimpico con condizioni di disabilità fisica o intellettiva, il benessere psicologico ed emotivo auto-percepito era superiore di circa il 40% tra il gruppo che regolarmente praticato sport agonistico. Questa scoperta è stata particolarmente forte per la positività, ansia, umore, depressione e vitalità, per i quali i partecipanti paralimpici hanno ottenuto un punteggio superiore del 30-70%. Inoltre, in qualche modo notevole, tra i partecipanti paralimpici, c'erano simili rapporti di benessere per quelli con disabilità congenite e acquisite, mentre tra i partecipanti al controllo, il benessere percepito era inferiore tra quelli con condizioni acquisite. Pertanto, la partecipazione sportiva sembrava attenuare il negativo impatto delle menomazioni acquisite.

Suggeriamo alcuni possibili meccanismi sociali e psicologici innescati dalla pratica dello sport agonistico che possono contribuire al miglioramento del benessere percepito e atteggiamento motivato (Eime et al., 2013; Fleisher & Zames, 2001; Fox & Corbin, 1989; Giacobbi et al., 2008; Kokaridas et al., 2009; Martin et al., 1995; Pack et al., 2017; Shephard, 1991; Wright & Cowen, 1986), vale a dire motivazione verso gli obiettivi, impegno personale, rifiuto all'autocommiserazione, accettazione della sconfitta, resilienza, assistenza reciproca e sviluppo di relazioni durature.

Riteniamo che tutti questi fattori coinvolti sono un impatto diretto sul benessere psicofisico e sulla salute generale dei giovani affetti da menomazioni, rendendo il nostro risultato degno di considerazione nella progettazione di programmi di riabilitazione.

### Nota

1. Durante questo lavoro, usiamo il termine nuotatori paralimpici per indicare quegli atleti in possesso di una licenza di atleta rilasciata dall'IPC o dal FINP, valida per il stagione pertinente.

## 6. Referenze

- Apolone, G., Mosconi, P., Quattrocioni, L., Gianicolo E. A. L., Groth, N., & Ware, J. E. Jr. (2005). Questionario sullo stato di salute SF-12, Versione Italiana (Versione IRFMN Aggiornata 2005). Milan: Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri, Milano.
- Becker, N., Bondegaard Thomsen, A., Olsen, A. K., Sjøgren, P., Bech, P., & Eriksen, J. (1997). Pain epidemiology and health related quality of life in chronic non-malignant pain patients referred to a Danish multidisciplinary pain center. *Pain* 73(3), 393–400.
- Bell, C. C. (1997). Promotion of mental health through coaching competitive sports. *Journal of the National Medical Association* 89, 517–20.
- Boman, U. W., Bryman, I., & Möller, A. (2004). Psychological well-being in women with Turner syndrome: somatic and social correlates. *Journal of Psychosomatic Obstetrics & Gynecology* 25(3–4), 211–19.
- Bowling, A. (2005). Mode of questionnaire administration can have serious effects on data quality. *Journal of Public Health* 27(3), 281–91. doi:10.1093/pubmed/fdi031.
- Bredahl, A. M., (2013). Sitting and watching the others being active: the experienced difficulties in PE when having a disability. *Adapted Physical Activity Quarterly* 30(1), 40–58. doi:10.1123/apaq.30.1.40
- Brewer, B. W., Boin, P. D., Petitpas, A. J., Van Raalte, J. L., & Mahar, M. T. (1994). Dimensions of athletic identity (presented at the 101<sup>st</sup> American Psychological Association Annual Conference, Toronto, Canada). *American Psychologist* 49(7), 586-635. doi:10.1037/0003-066X.49.7.586
- Chawla, J. C. (1994). ABC of sports medicine: sport for people with disability. *BMJ* 308, 1500. doi:10.1136/bmj.308.6942.1500.
- Cheng, S.-T. (2004). Age and subjective well-being revisited: a discrepancy perspective. *Psychology and Aging* 19(3), 409–15. doi:10.1037/0882-7974.19.3.409.

- Dishman, R. K., & O'Connor, P. J. (2009). Lessons in exercise neurobiology: the case of endorphins. *Mental Health and Physical Activity* 2, 4–9. doi:10.1016/j.mhpa.2009.01.002.
- Dodge, R., Daly, A., Huyton, J., & Sanders, L. (2012). The challenge of defining wellbeing. *International Journal of Wellbeing* 2(3), 222–35. doi:10.5502/ijw.v2i3.4.
- Dupuy, H. J. (1984). The Psychological General Well-Being (PGWB) Index. In N. K. Wenger, M. E. Mattson, C. D. Furburg, & J. Elinson (Eds.), *Assessment of Quality of Life in Clinical Trials of Cardiovascular Therapies* (pp. 170-183). New York, NY: Le Jacq Publishing.
- Dykens, E. M., & Cohen, D. J. (1996). Effects of Special Olympics International on social competence in persons with mental retardation. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 35(2), 223–29. doi:10.1097/00004583-199602000-00016.
- Dykens, E. M., Rosner, B. A., & Butterbaugh, G. (1998). Exercise and sports in children and adolescents with developmental disabilities. positive physical and psychosocial effects. *Child & Adolescent Psychiatric Clinics of North America* 7(4), 757–71.
- Eime, R. M., Young, J. A., Harvey, J. T., Charity, M. J., & Payne, W. R. (2013). A systematic review of the psychological and social benefits of participation in sport for children and adolescents: informing development of a conceptual model of health through sport. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 10, 98. doi:10.1186/1479-5868-10-98.
- Felce, D., & Perry, J. (1995). Quality of life: its definition and measurement. *Research in Developmental Disabilities* 16(1), 51–74. doi:10.1016/0891-4222(94)00028-8.
- Fleisher, D. Z., & Zames, F. T. (2001). *The Disability Rights Movement: from charity to confrontation*. University Press Philadelphia.
- Fox, K. R., & Corbin, C. B. (1989). The physical self-perception profile: development and preliminary validation. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 11, 408–30. doi:10.1123/jsep.11.4.408.

- Garcia, D., Nima, A. A., & Kjell, O. N. E. (2014). The affective profiles, psychological well-being, and harmony: environmental mastery and self-acceptance predict the sense of a harmonious life. *Peer J.* 2, e259. doi:10.7717/peerj.259.
- Gestsdottir, S., Magnusson, K., Arngrimsson, S. A., Johannsson, E., Arnarsson, A., & Sveinsson, T. (2015). Gender differences in development of mental well-being from adolescence to young adulthood: an eight-year follow-up study. *Scandinavian Journal of Public Health* 43(3), 269–75. doi:10.1177/1403494815569864.
- Giacobbi, P. R. Jr., Stancil, M., Hardin, B., & Bryant, L. (2008). Physical activity and quality of life experienced by highly active individuals with physical disabilities. *Adapted Physical Activity Quarterly* 25(3), 189–207.
- Groff, D. G., & Zabriskie, R. B. (2006). An exploratory study of athletic identity among elite alpine skiers with physical disabilities: issues of measurement and design. *Journal of Sport Behavior* 29(2), 126–41.
- Grossi, E., Mosconi, P., Groth, N., Niero, M., & Apolone, G. (2005). Questionario Psychological General Well Being Index. Versione Italiana. Milan: Istituto di Ricerche Farmacologiche “Mario Negri” and Bracco Imaging SpA.
- Gundy, C. M., & Aaronson, N. K. (2010). Effects of Mode of Administration (MOA) on the measurement properties of the EORTC QLQ-C30: a randomized study. *Health and Quality of Life Outcomes* 8, 35. doi:10.1186/1477-7525-8-35.
- Harada, S., Nishiwaki, Y., Michikawa, T., Kikuchi, Y., Iwasawa, S., Nakano, M., Ishigami, A., Saito, H., & Takebayashi, T. (2008). Gender difference in the relationships between vision and hearing impairments and negative well-being. *Preventive Medicine* 47(4), 433–37. doi:10.1016/j.ypmed.2008.06.011
- Hood, K., Robling, M., Ingledew, D., Gillespie, D., Greene, G., Ivins, R., Russell, I., Sayers, A., Shaw, C., & Williams, J. (2012). Mode of data elicitation, acquisition and response to surveys: a systematic review. *Health Technology Assessment* 16(27), 1–161. doi:10.3310/hta16270.
- Janssen, I. (2007). Guidelines for physical activity in children and young people. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 32 Suppl 2, S122–35.

- Jarvinen, T. A. H., Jozsa, L., Kannus, P., Jarvinen, T. L. N., & Jarvinen, M. (2002). Organization and distribution of intramuscular connective tissue in normal and immobilized skeletal muscles. *Journal of Muscle Research and Cell Motility* 23(3), 245–254.
- Kokaridas, D., Perkos, S., Harbalis, T., & Koltsidas, E. (2009). Sport orientation and athletic identity of greek wheelchair basketball players. *Perceptual and Motor Skills* 109(3), 887–98. doi:10.2466/pms.109.3.887-898.
- Lankhorst, K., van der Ende-Kastelij, K., de Groot, J., Zwinkels, M., Verschuren, O., Backx, F., Visser-Meily, A., Takken, T., & HAYS study Group. (2015). Health in Adapted Youth Sports Study (HAYS): health effects of sports participation in children and adolescents with a chronic disease or physical disability. *SpringerPlus* 4, 796. doi:10.1186/s40064-015-1589-z.
- Li, R.-H., Kao, C.-M., & Wu, Y.-Y. (2015). Gender differences in psychological well-being: tests of factorial invariance. *Quality of Life Research* 24(11), 2577–81. doi:10.1007/s11136-015-0999-2.
- Lundgren-Nilsson, Å., Jonsdottir, I. H., Ahlborg, G. jr, & Tennant, A. (2013). Construct validity of the Psychological General Well Being Index (PGWBI) in a sample of patients undergoing treatment for stress-related exhaustion: a Rasch analysis. *Health Qual. Life Outcomes* 11, 2. doi:10.1186/1477-7525-11-2
- Maccougall, H., O'Halloran, P., Sherry, E., & Shields, N. (2016). Needs and strengths of australian para-athletes: identifying their subjective psychological, social, and physical health and well-being. *The Sport Psychologist* 30(1), 1–12. doi:10.1123/tsp.2015-0006.
- Martin, J. J., Adams-Mushett, C., & Smith, K. L. (1995). Athletic identity and sport orientation of adolescent swimmers with disabilities. *Adapted Physical Activity Quarterly* 12(2), 113–23.
- Martin, J. J., Eklund, R. C., & Mushet, C. A. (1997). Factor structure of the athletic identity measurement scale with athletes with disabilities. *Adapted Physical Activity Quarterly* 14(1), 74–82. doi:10.1123/apaq.14.1.74.

- Martin Ginis, K. A., Jetha, A., Mack, D. E., & Hetz, S. (2010). Physical activity and subjective well-being among people with spinal cord injury: a meta-analysis. *Spinal Cord* 48(1), 65–72. doi:10.1038/sc.2009.87.
- Nieman, P. (2002). Psychosocial aspects of physical activity. *Paediatrics and Child Health* 7, 309–12.
- Nilsson, K. W., Leppert, J., Simonsson, B., & Starrin, B. (2010). Sense of coherence and psychological well-being: improvement with age. *Journal of Epidemiology and Community Health* 64(4), 347–52. doi:10.1136/jech.2008.081174.
- Pack, S., Kelly, S., & Arvinen-Barrow, M. (2016). “I think i became a swimmer rather than just someone with a disability swimming up and down” Paralympic athletes perceptions of self and identity development. *Disability and Rehabilitation* Sep 27, 1–8. doi:10.1080/09638288.2016.1217074.
- Pollard, E., & Lee, P. (2003). Child well-being: a systematic review of the literature. *Social Indicators Research* 61(1), 59–78. doi:10.1023/A:1021284215801.
- Puce, L., Marinelli, L., Mori, L., Pallecchi, I., & Trompetto, C. (2017). Protocol for the study of self-perceived psychological and emotional well-being of young paralympic athletes. *Health and Quality of Life Outcomes* 15, 219. doi:10.1186/s12955-017-0798-2.
- Puce, L., Marinelli, L., Pierantozzi, E., Mori, L., Pallecchi, I., Bonifazi, M., Bove, M., Franchini, E., & Trompetto, C. (2018). Training methods and analysis of races of a top level paralympic swimming athlete. *Journal of Exercise Rehabilitation* 14(4): 612–20. doi:10.12965/jer.1836254.127.
- Puhan, M. A., Ahuja, A., Van Natta, M. L., Ackatz, L. E., & Meinert, C. (2011). Interviewer versus self-administered health-related quality of life questionnaires - Does it matter? *Health and Quality of Life Outcomes* 9, 30. doi:10.1186/1477-7525-9-30.
- Pyle, R. P., McQuivey, R. W., Brassington, G. S., & Steiner, H. (2003). High school student athletes: associations between intensity of participation and health factors. *Clinical Pediatrics (Phila)* 42, 697–701. doi:10.1177/000992280304200805.

- Ramos-Jorge, M. L., Vieira-Andrade, R. G., Martins-Júnior, P. A., Cordeiro, M. M. R., Ramos-Jorge, J., Paiva, S. M., & Marques, L. S. (2012). Agreement between self-administered and interviewer-administered CPQ 8-10 and CPQ 11-14. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 40(3), 201–9. doi:10.1111/j.1600-0528.2011.00652.x.
- Rasciute, S., & Downward, P. (2010). Health or happiness? What is the impact of physical activity on the individual? *Kyklos* 63, 256–270. doi:10.1111/j.1467-6435.2010.00472.x.
- Rogers, A., Furler, B. L., Brinks, S., & Darrah, J. (2008). A systematic review of the effectiveness of aerobic exercise interventions for children with cerebral palsy: an AACPD evidence report. *Developmental Medicine & Child Neurology* 50(11), 808–14. doi:10.1111/j.1469-8749.2008.03134.x.
- Rutherford, C., Nixon, J., Brown, J. M., Lamping, D. L., & Cano, S. J. (2014). Using mixed methods to select optimal mode of administration for a patient-reported outcome instrument for people with pressure ulcers. *BMC Medical Research Methodology* 14(1), 22. doi:10.1186/1471-2288-14-22.
- Ryff, C., & Keyes, C. (1995). The structure of psychological well-being revisited. *Journal of Personality and Social Psychology* 69(4), 719–727. doi:10.1037/0022-3514.69.4.719.
- Sawilowsky, S. S., (2009). New effect size rules of thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods* 8(2), 597 – 599. doi:10.22237/jmasm/1257035100.
- Scully, D., Kremer, J., Meade, M. M., Graham, R., & Dudgeon, K. (1998). Physical exercise and psychological well being: a critical review. *British Journal of Sports Medicine* 32(2), 111–120.
- Services, US Department of Health and Human. (2008). Physical activity guidelines advisory committee report.
- Shephard, R.J. (1991). Benefits of sport and physical activity for the disabled: implications for the individual and for society. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 23, 51–59.

- Sherrill, C., Hinson, M., Gench, B., Kennedy, S. O., & Low, L. (1990). Self-concepts of disabled youth athletes. *Perceptual and Motor Skills* 70, 1093–1109.
- Trompetto, C., Marinelli, L., Mori, L., Pelosin, E., Currà, A., Molfetta, L., & Abbruzzese, G. (2014). Pathophysiology of spasticity: implications for neurorehabilitation. *BioMed Research International* 2014, ID 354906. doi:10.1155/2014/354906.
- Tsakos, G., Bernabé, E., O'Brien, K., Sheiham, A., & de Oliveira, C. (2008). Comparison of the self-administered and interviewer-administered modes of the child-OIDP. *Health and Quality of Life Outcomes* 6, 40. doi:10.1186/1477-7525-6-40.
- Verschuren, O., Ketelaar, M., Gorter, J. W., Helders, P. J., Uiterwaal, C. S., & Takken, T. (2007). Exercise training program in children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine* 161(11), 1075–81.
- Ware, J. E., Kosinski, M., & Keller, S. D. (1996). A 12-item Short-Form health survey: construction of scales and preliminary tests of reliability and validity. *Medical Care* 34, 220–33.
- Ware, J. E., Kosinski, M. & Keller, S. D. (1998). SF-12 how to score the SF-12 physical and mental health summary scales. Boston, Mass.: Quality Metric Inc., Boston, Mass., Health Assessment Lab.
- Weinberger, M., Oddone, E. Z., Samsa, G. P., & Landsman, P. B. (1996). Are health-related quality-of-life measures affected by the mode of administration? *Journal of Clinical Epidemiology* 49(2), 135–40. doi:10.1016/0895-4356(95)00556-0.
- Weiss, J., Diamond, T., Demark, J., & Lovald, B. (2003). Involvement in Special Olympics and its relations to self-concept and actual competency in participants with developmental disabilities. *Research in Developmental Disabilities* 24(4), 281–305. doi:10.1016/S0891-4222(03)00043-X.
- Wely, L., Becher, J., Reinders-Messelink, H., Lindeman, E., Verschuren, O., Verheijden, J., & Dallmeijer, A.J. (2010). LEARN 2 MOVE 7-12 years: a randomized controlled trial on the effects of a physical activity stimulation program in children with cerebral palsy. *BMC Pediatrics* 10, 77. doi:10.1186/1471-2431-10-77.

- Wiklund, I., & Karlberg, J. (1991). Evaluation of quality of life in clinical trials: selecting quality of life measures. *Controlled Clinical Trials* 12, S204–16.
- Wilson, P. E., & Clayton, G. H. (2010). Sports and disability. *PM&R*. 2(3), S46–54. doi:10.1016/j.pmrj.2010.02.002.
- Wright, J., & Cowden, J. E. (1986). Changes in self concept and cardiovascular endurance of mentally retarded youths in Special Olympics swim training program. *Adapted Physical Activity Quarterly* 3, 177–83. doi:10.1123/apaq.3.2.177.
- Zwinkels, M., Verschuren, O., Lankhorst, K., van der Ende-Kastelijjn, K., de Groot, J., Backx, F., Visser-Meily, A., Takken, T. & Sport-2-Stay-Fit study Group. (2015). Sport-2-Stay-Fit study: health effects of after-school sport participation in children and adolescents with a chronic disease or physical disability. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* 7, 22. doi:10.1186/s13102-015-0016-7.

## CAPITOLO 3

### **Metodologie di allenamento e analisi gara di un atleta paralimpico.**

#### **1.Introduzione**

Il nuoto paralimpico è una delle discipline sportive gestite dall'International Paralympic Committee (IPC) e coinvolge un numero considerevole di atleti ben 4.337, di cui 593 nuotatori, hanno preso parte ai Giochi Paralimpici di Rio de Janeiro 2016 ([www.paralympic.org/results/historical](http://www.paralympic.org/results/historical)), attirando un'ampia copertura mediatica.

L'allenamento per i nuotatori paralimpici deve tenere conto delle diverse condizioni di salute, delle classi IPC (misurazione del grado di danno fisico e mentale, secondo il "Sistema di classificazione funzionale" internazionale [Gehlsen e Karpuk, 1992]) e delle circostanze individuali dei nuotatori paralimpici (Fulton et al., 2010).

Nel nuoto, il carico di allenamento è la quantità complessiva di lavoro richiesto da un atleta per sviluppare risposte adattive a breve e lungo termine, al fine di migliorare le prestazioni (Costill et al., 1991; Hellard et al., 2005; Mujika, 1998 ; Mujika et al., 1996b).

In qualsiasi programma di allenamento mirato a una competizione specifica, è cruciale che le massime prestazioni fisiche siano raggiunte in un preciso momento (ad es. in competizione). Infatti, la fase di Tapering prima della competizione è progettata in modo tale che l'atleta recuperi dai precedenti carichi pesanti di allenamento attraverso una riduzione progressiva del carico, senza compromettere i miglioramenti dell'adattamento fisico (Mujika e Padilla, 2003; Mujika et al. , 1996a). Questo obiettivo è ottenuto

riducendo il carico di chilometraggio, ma non l'intensità dell'allenamento (Mujika e Padilla, 2003; Neary et al., 2003b; Shepley et al., 1992). L'efficacia del metodo di Tapering dipende da una serie di fattori, vale a dire durata, quantità di riduzione del carico, tipo di riduzione del carico, dimensione del carico precedente (Kubukeli et al., 2002).

Per quanto ne sappiamo, non ci sono pubblicazioni sui metodi di allenamento per i nuotatori paralimpici e uno studio di un programma di allenamento per nuotatori paralimpici di alto livello può contribuire alla comprensione dell'adattamento all'allenamento e dei suoi effetti sulla prestazione sportiva. Pertanto, nel presente studio, presentiamo un programma di allenamento di un nuotatore italiano d'élite per la preparazione di tre gare internazionali.

## **2. Materiali e Metodi**

### **2.1 Caratteristiche del partecipante**

L'atleta studiato si chiama Francesco Bocciardo. È nato a Genova (Italia) il 18 marzo 1994, pesa 70 kg, 1,71 m di altezza, 9% di grasso corporeo, affetto da tetraparesi spastica a causa di una paralisi cerebrale infantile. Appartiene alla società sportiva civile Nuotatori Genovesi e all'istituzione militare della Guardia Forestale. Le sue categorie IPC nel periodo dello studio erano S6, SM6 e SB5. Nel 2014–2015, nel periodo antecedente allo studio, la sua patologia ha subito un grave peggioramento, comportando una riduzione della forza e della coordinazione degli arti superiori e l'accentuazione dei tipici effetti positivi della sindrome del primo motoneurone. Di conseguenza, la classe IPC è stata abbassata di un'unità. Nel 2015, ha ottenuto la sua prima medaglia d'oro internazionale ai Campionati Mondiali di nuoto IPC tenutisi a Glasgow, nella gara di 400 m stile libero. Nel 2016 ha partecipato ai Campionati Europei di nuoto IPC a Funchal, dove ha ottenuto medaglie d'oro e di bronzo. Il 13 settembre 2016 è stato medaglia d'oro ai Giochi Paralimpici di Rio de Janeiro, nella competizione dei 400m stile libero classe S6. L'atleta ha firmato un documento di consenso informato per autorizzare la pubblicazione dei suoi dati personali nel presente lavoro. Lo studio è stato condotto in conformità con il Codice Etico della World Medical Association (Dichiarazione di Helsinki) per esperimenti che coinvolgono esseri umani. Il progetto è stato approvato dal comitato etico locale CER-Liguria, data di approvazione 29 marzo 2013, protocollo numero 46/2012.

### **2.2 Progetto di studio**

In questo caso studio, condotto tra il 13 febbraio 2015 e il 7 settembre 2016, l'atleta ha eseguito un macrociclo di allenamento composto da tre mesocicli successivi (M1, M2 e M3), ciascuno della durata di quattro mesi, per la preparazione di tre gare internazionali: M1 per i Campionati Mondiali di Glasgow, 13-19 luglio 2015, (T1), M2 per i Campionati Europei di Funchal 30 aprile-7 maggio 2016 (T2), M3 per i Giochi Paralimpici di Rio de Janeiro, 7-18 settembre 2016 (T3). A sua volta, ogni mesociclo è stato suddiviso in quattro microcicli da 1 mese (Fig. 1).

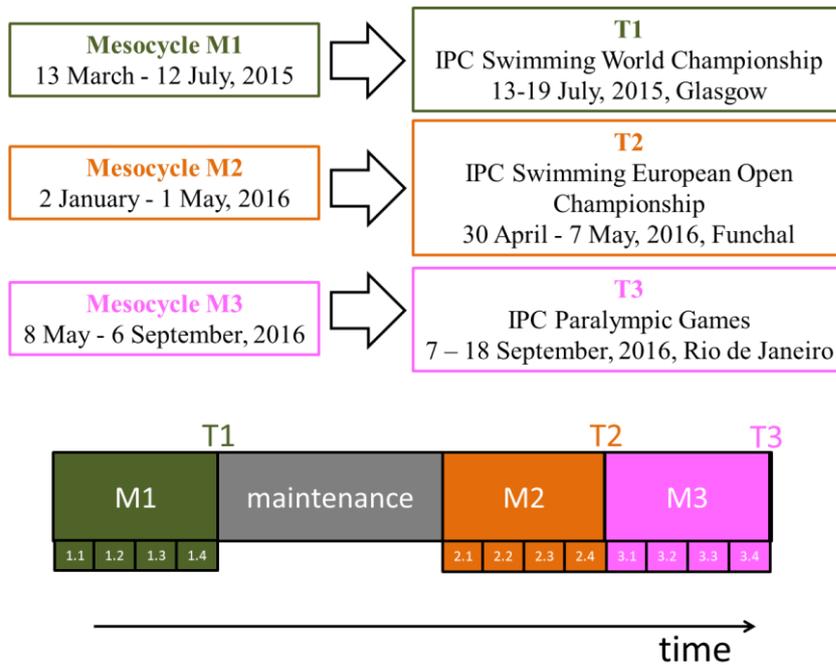


Figura 1: in alto diagramma delle competizioni e rispettivi metodi di allenamento, con date pertinenti. In basso asse temporale del macrociclo di allenamento.

Nel divario di 6 mesi tra la competizione T1 e l'inizio dell'allenamento M2, l'atleta si è stato sottoposto a un programma di allenamento di mantenimento caratterizzato da un carico a bassa intensità e a basso chilometraggio, per consentire una pausa psicofisica. Durante i quattro mesi di ciascun mesociclo di allenamento, l'atleta ha preso parte a diverse competizioni regionali e nazionali, che non hanno modificato l'allenamento pianificato, ma possono essere considerati sessioni a velocità di gara del programma di allenamento stesso.

In alcune sessioni di allenamento, la frequenza cardiaca era monitorata da un cardiofrequenzimetro a fascia (Polar V800 GPS, Polar, Kempele, Finland) che misurava anche il numero delle bracciate, la distanza percorsa e il recupero dell'atleta. Alla fine di ogni sessione di allenamento, i dati sono stati scaricati, registrati e analizzati utilizzando l'applicazione Polar Flow (Polar, Kempele, Finlandia). In determinate sessioni di allenamento, la concentrazione di lattato nel sangue [La] è stata misurata da un analizzatore di lattato (Accutrend Plus, Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Germania), prelevando una goccia di sangue dal lobo dell'orecchio pochi secondi dopo il test di allenamento; l'ipertono muscolare è stato valutato in termini di resistenza che l'esaminatore apprezza nella mobilizzazione di un segmento articolare del soggetto sulla base della scala

di Ashworth modificata (MAS); il dolore agli arti è stato valutato sulla base della scala di valutazione numerica (NRS); l'assetto, la coordinazione del corpo durante il nuoto e il clonus sono stati valutati mediante osservazione visiva. Informazioni più precise sulla disposizione del corpo in acqua, sono state ottenute posizionando dei marker adesivi sulle articolazioni degli arti inferiori e sulla testa, la cui posizione rispetto al tempo è stata registrata da quattro videocamere subacquee posizionate ad intervalli regolari lungo la piscina. L'analisi video è stata effettuata con il software gratuito "The digital coach" (Longomatch "The digital coach", Fluendo, Barcellona, Spagna).

Per quanto riguarda l'analisi delle tre gare, numerosi studi condotti su nuotatori normodotati hanno dimostrato che la lunghezza della bracciata e la frequenza della bracciata sono parametri adatti per valutare la velocità di nuoto e di conseguenza il tempo di gara (Craig e Pendergast, 1979; Craig et al., 1985). Risultati simili sono stati ottenuti su nuotatori non esperti (Pelayo et al., 1997) e nuotatori con disabilità fisiche (Pelayo et al., 1999). L'indice di bracciata (Costill et al., 1985), definito come il prodotto della velocità media e della lunghezza della bracciata, è considerato un indicatore dell'efficienza del nuoto. Nel presente studio, i parametri dei tempi parziali, della lunghezza media della bracciata, del conteggio delle bracciate, della frequenza della bracciata e dell'indice della bracciata sono stati monitorati durante le gare a intervalli regolari e successivamente analizzati.

Le misurazioni dei parametri di gara sono state effettuate utilizzando una videoregistrazione (software Windows Media Player, Microsoft, Redmond, WA, USA), attraverso tre videocamere fisse (GoPro Hero 4, GoPro, San Mateo, CA, USA), poste alle due estremità della piscina e nel punto centrale (25 ° m). I tempi intermedi sono stati acquisiti utilizzando un cronometro (cronometro Finis 3 × 300M, Finis, Livermore, CA, USA). Per quanto riguarda i parametri di bracciata, sebbene sia consuetudine valutarli dal 15 ° al 45 ° m di ogni 50 m, in modo da considerare solo i segmenti di nuoto nuotati, esenti da fasi di immersione, virata e apnea, per l'atleta in fase di studio si sono valutati i parametri della bracciata su tutta la lunghezza della piscina di 50 m in modo tale da fornire una valutazione più rappresentativa e precisa delle prestazioni di nuoto, poiché la menomazione specifica dell'atleta che colpisce principalmente gli arti inferiori non comporta l'immersione all'avvio, quasi nessuna spinta dalle pareti della piscina e segmenti di apnea molto limitati. Pertanto, il conteggio delle bracciate è stato misurato contando il numero di bracciate e la lunghezza di bracciata è stata calcolata come il rapporto tra lo spazio nuotato (50 m) e il numero corrispondente di bracciate.

### 3. Risultati

#### 3.1 Metodologia di allenamento

##### 3.1.1 Parametri del carico del macrociclo

Il programma di allenamento è di seguito descritto in termini di parametri del carico nel macrociclo (Tabella 1), il loro effetto sulle risposte fisiopatologiche dell'atleta (Tabella 2) e la relativa distribuzione nei tre mesocicli (Fig. 2). Vengono anche presentati esempi tipici di sessioni di allenamento (Fig. 3). I parametri del carico sono espressi in termini di: volume, carico di chilometraggio totale e parziale nelle sessioni di allenamento; tempo, durata totale della sessione di allenamento e densità (espressa in termini di durata dei tempi di recupero tra gli esercizi); intensità, frequenza cardiaca e [La] a ritmi diversi; frequenza delle sessioni di allenamento.

Pace		Total time	Totale mileage load (m)	Fractional distances (m)	Rest time between repetitions	Heart rate (bpm)	Blood lactate (mmol/l)
Aerobic endurance	A1	variable	2500-3500	100-150-200-300-400	10-15-20-25-25 s	120-130	≤ 2
	A2	45-60 min	2500-3000	100-150-200-300	10-15-20-25 s	<150	≤ 3
Aerobic capacity (anaerobic threshold)	B1	20-35 min	1500-2500	100-150-200-250	10-10-20-30 s	160-170	3-5
Aerobic capacity (maximum stimulus of aerobic system)	B2	10-20 min	800-1600	200 and 400 split into 25-50-100	3-5 min between 200 and 400 blocks, 3-5-10 s between fractions	>180	4-8
Anaerobic capacity	C1	≤ 8 min	≤ 600	50-100-150	44-75-120 s	maximum	8-10
Blood lactate peak	C2	3-4 min	≤ 300	50-75	2-4 min or active recovery in A1 pace	maximum	maximum
Anaerobic alactic power: maximum speed	C3	2-3 min	200-300	10-15-20	3 min or active recovery in A1 pace	below maximum threshold	≤ 3
Racing pace	D	5 mi	400	25-50-75-100-150	variable	maximum	5-8

Tabella I: Classificazione dei ritmi di allenamento, basata sulle linee guida della FIN e adattata per abbinare le caratteristiche fisiche dell'atleta paralimpico in esame.

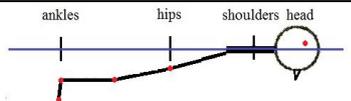
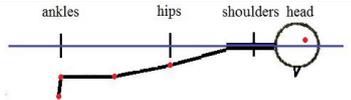
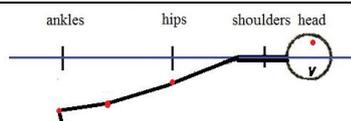
Pace	lower limb hypertonia (MAS)	lower limb pain (NRS)	Lower limb <i>clonus</i>	head coordination	Body layout
A1, A2, C3	2	0	absent	under control	
B1, B2	3	4-6	possibly present and exhaustible	under control	
C1, C2	4	9	likely present and inexhaustible	dystonic motion	

Tabella II: risposte fisiopatologiche dell'atleta nei diversi ritmi di allenamento. Negli schizzi della disposizione del corpo, i marker posizionati sulla testa e sulle articolazioni degli arti inferiori sono indicati da cerchi rossi.

<b>A1</b> 400 m + 4 x 100 m            x 1 300 m + 2 x 150 m        x 2 300 m + 2 x 150 m        x 2 200 m + 2 x 100 m        x 3	<b>C1</b> 150 m                            x 1 100 m                            x 2 50 m                              x 3
<b>A2</b> 300 m + 2 x 150 m        x 1 200 m + 2 x 100 m        x 2        } X 2	<b>C3</b> 10 m                              x 6 ~40m active recovery (A1)
	<b>B1</b> 250 m                            x 1 200 m                            x 2 150 m                            x 3 100 m                            x 6
<b>B2</b> 100 m                            x 4 ~200m (5') active recovery (A1) 50 m                              x 4 ~100m (3') active recovery (A1) 100 m                            x 4 ~200m (5') active recovery (A1) 25 m                              x 8	20 m                              x 2 ~30m active recovery (A1)
	100 m at A2 pace 50 m at D pace 50 m at A2 pace 25 m at D pace 25 m at A2 pace 15 m at D pace 35 m at A1 pace ~100-200m (3'-5') active recovery (A1)

Figura 2: Esempi di sessioni di allenamento.

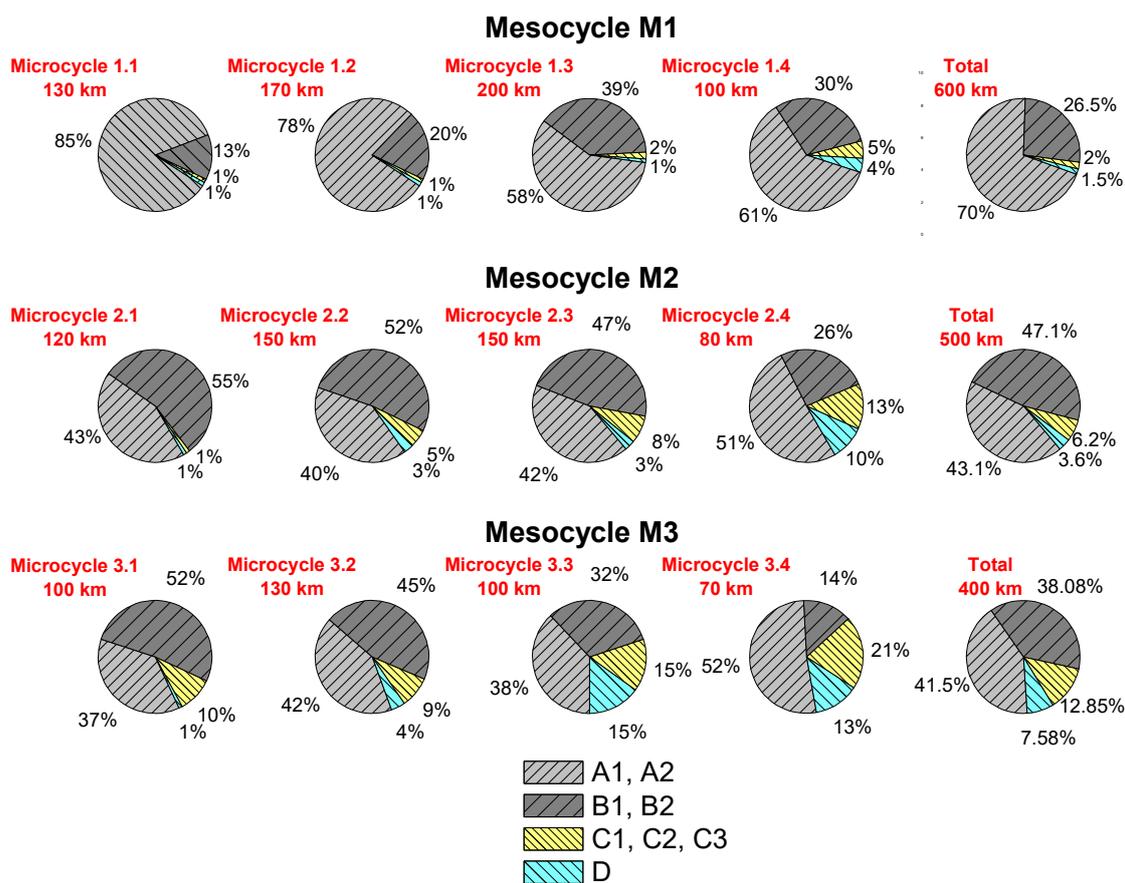


Figura III: istogrammi a torta riguardanti i chilometri nuotati nei tre mesocicli, suddivisi nei ritmi di allenamento.

I parametri del carico sono classificati in diversi regimi di passo, come riportato nella Tabella 1, che è stata strutturata adattando le linee guida della Federazione Italiana Nuoto (FIN), in modo da rispettare le caratteristiche dell'atleta paralimpico in esame. I regimi di andatura sono: resistenza aerobica (A: A1, A2), capacità aerobica (B: B1, B2), capacità anaerobica (C: C1, C2, C3), passo gara (D).

Il regime A1 era caratterizzato da ritmi lenti ed è stato utilizzato in esercizi volti a migliorare la tecnica del nuoto, nonché in fase di riscaldamento e defaticamento. Nel regime A2, i ritmi miravano a migliorare la resistenza aerobica. I livelli di lattato ematico [La] e la frequenza cardiaca in A1 e A2 erano rispettivamente  $\leq 3$  mmol / L e 120-140 bpm. In questi regimi è stato osservato un ipertono agli arti inferiori corrispondente a MAS 2, nessun dolore, corrispondente a NRS 0, assenza di clonus, coordinazione della testa sotto controllo e disposizione regolare del corpo in acqua. Il regime B1 era caratterizzato da livelli medio-alti di sforzo fisico vicino alla soglia anaerobica, mirati a migliorare tale

soglia, con [La] di 3-5 mmol / L e frequenze cardiache di 150-160 bpm. B1 era il ritmo che l'atleta era in grado di mantenere costantemente per 25-30 minuti. Nel regime B2 il sistema aerobico è stato stimolato al massimo, con [La] di 4-8 mmol / L e frequenze cardiache superiori a 160 bpm. In questo regime, l'atleta è stato in grado di mantenere una velocità di passo che era superiore alla velocità B1 del 5%, per una durata tipica di circa 7 minuti. La risposta fisiopatologica nei regimi B1 e B2 è stata caratterizzata da ipertono MAS 3, 4-6 NRS, clonus a volte presente, ma esauribile, coordinazione della testa sotto controllo e regolare assetto del corpo in acqua. I regimi C1, C2 e C3 erano caratterizzati da prestazioni fisiche di breve durata e ad alta intensità che hanno determinato la massima frequenza cardiaca e, per C1 e C2, il massimo [La]. I regimi C1 e C2 erano i più critici nell'innescare gli effetti della sua sindrome, vale a dire l'ipertono muscolare (4 MAS), comparsa di clonus inesauribile, dolore muscolare (9 NRS), movimenti distonici della testa. La disposizione del corpo è stata influenzata negativamente da tutti questi effetti, in particolare gli arti inferiori sono affondati e le caviglie sono state piegate a 90 °. Questi effetti si sono manifestati nelle ultime fasi delle sessioni di allenamento C1 e C2 e sono aumentati di intensità fino alla fine della sessione. In genere questo peggioramento si estingueva dopo circa 25-30 minuti di riposo completo. Questo studio specifico della correlazione tra [La] e tali effetti non è stato affrontato finora in letteratura. Il regime C1 è definito come capacità anaerobica, ovvero la capacità di mantenere una velocità di andatura con i muscoli in condizioni di acidosi, senza effetti negativi sulle prestazioni tecniche. Il regime C2 è definito come picco [La], che è la quantità massima di [La] che l'atleta può accumulare in una unità di tempo. Le intensità delle sessioni di allenamento al ritmo di C2 erano più elevate di quelle a C1, quindi i carichi di chilometraggio erano quasi dimezzati ( $\leq 300$  m) e le distanze di frazionamento erano ridotte (in genere 50-75 m). Per quanto riguarda il ritmo C1, il recupero tra le ripetizioni doveva essere quasi completo, possibilmente effettuato come recupero attivo nuotando a ritmo lento. Il ritmo C3 era finalizzato a perseguire il miglioramento della massima velocità di nuoto attraverso il miglioramento della meccanica del nuoto e della potenza muscolare. In questo caso, le distanze massime di frazionamento erano di 20 m, e con recupero completo tra le ripetizioni. Dal punto di vista metabolico, C3 corrisponde al sistema fosfatico, che si è rilevato meno invasivo per gli effetti delle condizioni di salute dell'atleta rispetto ai ritmi glicolitici. La risposta fisiopatologica era analoga a quella dei regimi aerobici A1 e A2. Il ritmo D, diversamente dagli altri passi, non corrispondeva a uno stimolo metabolico specifico, ma consisteva piuttosto nella simulazione di passi gara su distanze frazionate. Il ritmo D rappresenta un concetto chiave e innovativo, all'interno di una singola ripetizione l'atleta ha alternato ritmi di intensità

medio-bassa e ritmi di gara, con intervalli di riposo completi tra ripetizioni successive. Abbiamo nominato questo metodo come "allenamento a passi gara". Ad esempio, una successione tipica di passi consecutivi era A2-D-A2-D-A2-D-A1 (Tabella 1, Fig. 3). A2 serviva per pre-attivare l'atleta prima del cambio di passo in D, mentre per il recupero attivo sono stati utilizzati i passi A1. Le caratteristiche peculiari di questo metodo erano: (a) l'atleta ha iniziato a nuotare la distanza al ritmo D da una condizione di affaticamento, che è aumentata progressivamente, rendendo più difficile sostenere il ritmo richiesto; (b) l'atleta non può sfruttare appieno la sua fornitura di fosfocreatina, come che sarebbe se l'esercizio fosse alternato a intervalli di riposo anziché essere continuo. Il potenziale obiettivo del ritmo D era il miglioramento della capacità dell'atleta di eseguire diversi cambi di ritmo nella competizione dei 400 m stile libero, senza effetti negativi sulle prestazioni nelle ultime fasi della competizione. La Figura 3 presenta sessioni di allenamento tipiche associate a ciascuno di questi passi, mentre la Figura 2 descrive gli istogrammi del grafico a torta che rappresentano il carico chilometrico utilizzato nei tre mesocicli di allenamento, suddiviso in microcicli di 1 mese e in regimi di andatura.

### **3.1.2 Fase di Tapering**

In questo programma di allenamento, la fase di Tapering è durata circa 30 giorni per tutti e tre i mesocicli ed è stata visualizzata nei grafici a torta dei microcicli 1.4, 2.4 e 3.4 (quarta colonna del grafico a torta nella Figura 2). Riduzioni di chilometraggio significative dal 30% al 50% sono state applicate in questi microcicli. Contestualmente alla riduzione del carico chilometrico, l'intensità dell'allenamento a ritmo C e D è stata aumentata in tutte le fasi 1.4, 2.4 e 3.4 dal 3% all'8% rispetto ai microcicli immediatamente precedenti.

### **Riassunto delle differenze quantitative tra i mesocicli M1, M2 e M3**

Nell'ultima colonna del grafico a torte nella Fig. 2, presentiamo il carico totale di chilometraggio su tre mesocicli, suddiviso in passi. Questi dati sono riassunti di seguito per un facile confronto:

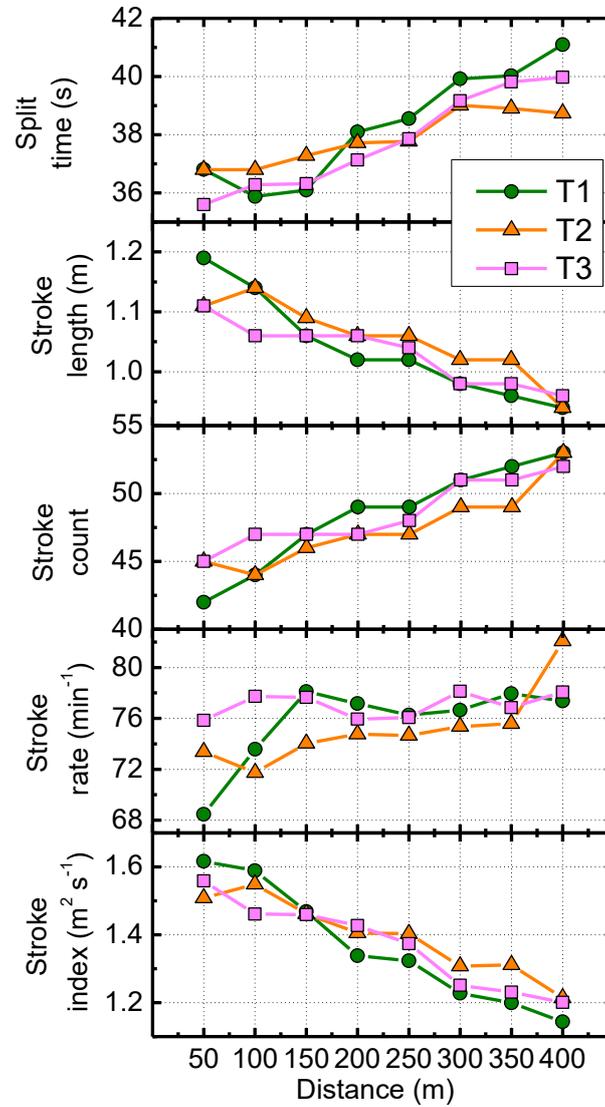
M1: carico chilometrico totale 600 km, di cui il 70% per la resistenza aerobica (A1, A2), il 26,5% per la capacità aerobica (B1, B2) e solo il 3,5% per i regimi anaerobici (C1 –3, D).

M2: carico chilometrico totale 500 km, di cui il 43,1% per la resistenza aerobica (A1, A2), il 47,1% per la capacità aerobica (B1, B2) e il 9,8% per i regimi anaerobici (C1–3, D).

M3: chilometraggio totale carico 400 km, di cui il 41,5% per la resistenza aerobica (A1, A2), il 38,1% per la capacità aerobica (B1, B2) e fino al 20,4% per i regimi anaerobici (C1–3, D), principalmente C1 e C3.

Quindi i tre mesocicli differivano l'uno dall'altro in termini di carico chilometrico totale (M1: 600 km, M2: 500 km, M3: 400 km), quantità relativa di passi di resistenza aerobica (M1: 70%, M2: 43,1%, M3: 41,5%), quantità relativa di stimoli di capacità aerobica (M1: 26,5%, M2: 47,1%, M3: 38%), quantità relativa di passi anaerobici (M1: 2%, M2: 6,2%, M3: 12,9%), quantità relativa di passi gara (M1: 1,5%, M2: 3,6%, M3: 7,6%).

### 3.2 Parametri cronometrici e tecnici delle gare T1, T2 e T3



<b>IPC Swimming World Championships Glasgow, July 13-19, 2015 T1</b>								
<b>Split distance (m)</b>	<b>0-50</b>	<b>50- 100</b>	<b>100- 150</b>	<b>150- 200</b>	<b>200- 250</b>	<b>250- 300</b>	<b>300- 350</b>	<b>350- 400</b>
<b>Split time (s)</b>	36.81	35.88	36.10	38.10	38.55	39.92	40.03	41.10
<b>Stroke length (m)</b>	1.19	1.14	1.06	1.02	1.02	0.98	0.96	0.94
<b>Stroke count</b>	42	44	47	49	49	51	52	53
<b>Stroke rate (min<sup>-1</sup>)</b>	68.46	73.58	78.12	77.17	76.26	76.65	77.94	77.37
<b>Stroke index</b>	1.62	1.59	1.47	1.34	1.32	1.23	1.20	1.14
<b>Swimming European Open Championships Funchal, April 30-May 7, 2016 T2</b>								
<b>Split distance (m)</b>	<b>0-50</b>	<b>50- 100</b>	<b>100- 150</b>	<b>150- 200</b>	<b>200- 250</b>	<b>250- 300</b>	<b>300- 350</b>	<b>350- 400</b>
<b>Split time (s)</b>	36.80	36.80	37.28	37.72	37.77	39.01	38.90	38.74
<b>Stroke length (m)</b>	1.11	1.14	1.09	1.06	1.06	1.02	1.02	0.94
<b>Stroke count</b>	45	44	46	47	47	49	49	53
<b>Stroke rate (min<sup>-1</sup>)</b>	73.37	71.74	74.03	74.76	74.66	75.37	75.58	82.09
<b>Stroke index</b>	1.51	1.55	1.46	1.41	1.40	1.31	1.31	1.21
<b>Paralympic Games Rio de Janeiro, September 7-18, 2016 T3</b>								
<b>Split distance (m)</b>	<b>0-50</b>	<b>50- 100</b>	<b>100- 150</b>	<b>150- 200</b>	<b>200- 250</b>	<b>250- 300</b>	<b>300- 350</b>	<b>350- 400</b>
<b>Split time (s)</b>	35.60	36.28	36.32	37.13	37.86	39.17	39.82	39.97
<b>Stroke length (m)</b>	1.11	1.06	1.06	1.06	1.04	0.98	0.98	0.96
<b>Stroke count</b>	45	47	47	47	48	51	51	52
<b>Stroke rate (min<sup>-1</sup>)</b>	75.84	77.73	77.64	75.95	76.07	78.12	76.85	78.06
<b>Stroke index</b>	1.56	1.46	1.46	1.43	1.37	1.25	1.23	1.20

Figura 4, Tabella 3: tempo parziale, lunghezza media della bracciata, conteggio della frequenza, frequenza della bracciata e indice di bracciata per ogni 50 m registrati nelle tre competizioni T1, T2 e T3.

La figura 4 e la tabella 3 mostra la velocità, la lunghezza media della bracciata, il numero di bracciate, l'indice di bracciata gli split time di ogni 50 m registrati nelle tre competizioni

(T1, T2 e T3). I tempi complessivi di gara e le velocità medie delle tre gare sono riassunti di seguito: ·

T1: 5 min 06.49 sec (velocità: 1,31 m / sec). ·

T2: 5 min 03.02 sec (velocità: 1.32 m / sec). ·

T3: 5 min 02.15 sec (velocità: 1,33 m / sec).

L'analisi di questi dati sono utili per testare l'efficacia dei metodi di allenamento e la strategia utilizzata durante la gara (Fig. 4). La lunghezza e il conteggio delle bracciate contribuiscono entrambi alla velocità di nuoto come la combinazione di diversi fattori. Tra questi fattori, quello predominante è l'assetto del corpo durante il nuoto, che si è rilevato estremamente sensibili alla fatica e quindi ai livelli [La] (tabelle 1, 2). Per [La] ~ 10 mmol / L, tipico delle gare, l'assetto del corpo in acqua si è allontanato dalla posizione idrodinamica, in modo che l'atleta abbia sperimentato una forza di resistenza significativamente maggiore e di conseguenza una riduzione dell'efficienza di propulsione. Infatti, si vede chiaramente (Fig. 4) che l'efficienza di propulsione della gara (vedere l'andamento della lunghezza della gara e l'indice di gara) è costantemente diminuita durante le competizioni T1, T2 e T3, come conseguenza della maggiore fatica.

## 4. Discussione

### 4.1 Valutazione della prestazione di gara

Dai risultati cronometrici presentati, risulta che il miglioramento annuale del tempo calcolato nelle tre competizioni era dell'1,2%, ben al di sopra della media dello 0,5%, risultante dall'analisi statistica condotta da Fulton et al. (2009) su 242 nuotatori paralimpici di alto livello. Inoltre, questo miglioramento dell'1,2% rientra anche nell'intervallo indicato dagli stessi autori per gli atleti che mirano ad aumentare in modo sostanziale le loro prospettive di medaglia. Pertanto, si può concludere che il metodo di allenamento è stato efficace nel migliorare le prestazioni dell'atleta. Dall'analisi della gara (Fig. 4), l'efficienza di propulsione della bracciata costantemente ridotta durante le competizioni T1, T2 e T3 era molto maggiore di quella osservata in normoatleti di alto livello (Schnitzler et al., 2009). La lunghezza della bracciata migliore è stata registrata in T2, con un valore medio di 0,11 m e una riduzione dalla prima all'ultima bracciata fino a 0,08 m. Questo miglioramento è dovuto al fatto che l'atleta ha condotto la gara con uno sviluppo più regolare e graduale del ritmo di gara, ritardando così l'accumulo di [La]. In T1 e T3, i rapidi tempi parziali nella seconda e nella prima vasca di 50 m erano responsabili dell'accumulo di [La] e della conseguente riduzione della lunghezza media della bracciata dalla prima all'ultima vasca di 0,25 m. Tuttavia, in T3, contrariamente a quanto accaduto in T1, l'atleta è riuscito a mantenere un'efficacia di propulsione abbastanza buona fino alla fine della gara (Costill stoke index), a causa di un allenamento adeguato volto a resistere ad alti [La] e ad eseguire cambi di ritmo nel mesociclo M3 (vedi C1, C2 e D in M3 Fig 2 terza colonna).

### 4.2 Confronto tra il metodo di allenamento dell'atleta in fase di studio e i metodi per normo atleti.

Con riferimento ai parametri del carico strutturati per gli atleti FIN (normo atleti), gli aspetti comuni sono: distanze divise nelle sessioni di allenamento, durata dei tempi di recupero, intensità definita da passi. Al contrario, il volume di chilometraggio totale nelle sessioni di allenamento, e di conseguenza anche le loro durate, erano diversi:

- meno 50% di chilometraggio a ritmo di A2.
- meno 36% di chilometraggio a ritmo di B1.

- meno 20% di chilometraggio a ritmo di B2 ·
- meno 40 % di chilometraggio al ritmo di C1 ·
- volume di chilometraggio simile ai passi di C2 e C3 ·
- meno 78% di chilometraggio al ritmo di D

Nei programmi di allenamento per normo atleti, la fase di carico massimo è raccomandato circa quattro settimane prima della competizione e si raccomanda l'inizio della fase di Tapering tra la terzultima e penultima settimana prima della competizione (Trappe et al., 2001), mentre per il nostro atleta la fase di carico massimo era programmata tra le 6 e le 5 settimane prima della competizione, seguita dall'inizio della fase di Tapering dalla quarta all'ultima settimana.

È stato dimostrato che per i normoatleti, i migliori risultati si ottengono con una riduzione del chilometraggio del 31% in caso di non sovraccarico precedente e del 39% in caso di sovraccarico precedente e con una durata della fase di Tapering di 14-28 giorni, a seconda delle caratteristiche della formazione precedente (Thomas e Busso, 2005). Per il nostro atleta la fase di tapering è stata di 2 giorni più lunga di quella raccomandata per gli atleti abili e la riduzione del chilometraggio è stato maggiore nei primi due mesocicli, anche di più rispetto a quello raccomandato per i nuotatori paralimpici (Fulton et al., 2010). In effetti, questa riduzione del chilometraggio extra è stato necessariamente applicarlo a causa della specificità della patologia della tetraparesi spastica. Tuttavia, in alcuni aspetti qualitativi il metodo di Tapering utilizzato era coerente con quello applicato ai normoatleti. In particolare, è stato caratterizzato da una maggiore quantità di allenamento di resistenza di base a ritmi a bassa intensità (A) e una quantità inferiore di allenamento di resistenza di base a ritmi ad alta intensità (B). In effetti, l'allenamento al ritmo A è stato il più adatto per mantenere il livello di prestazione ottimale fino al momento della gara, sfruttando l'adattamento metabolico e le proprietà contrattili delle fibre muscolari generate dai brevi allenamenti ad alta intensità tipici delle fasi di Tapering (Mujika et al., 2004; Neary et al., 2003a; Shepley et al., 1992; Trappe et al., 2001).

### **4.3 Le risposte fisiche all'allenamento di un atleta affetto da lesioni del motoneuroni superiori.**

Sebbene il macrociclo di all'allenamento presentato per un anno avesse una periodizzazione tripla mirata a tre competizioni specifiche, i tre mesocicli di 4 mesi erano interdipendenti e contribuivano al costante miglioramento complessivo della prestazione dell'atleta, culminante nel successo alla competizione T3. Infatti, a causa dell'adattamento fisico indotto dalla stimolazione del metabolismo aerobico, verificatosi durante i primi due macrocicli di allenamento (rispettivamente il 70% e il 43% dell'attività aerobica in M1 e M2), i mesocicli di allenamento M1 e M2 avrebbero potuto contribuire alla preparazione fisica dell'atleta, consentendogli di affrontare allenamenti di maggiore intensità in M3. Nel mesociclo M3, con elevato contenuto anaerobico, è stata posta particolare attenzione ai tempi di recupero e agli sforzi ad alta intensità, pianificando un adeguato equilibrio tra questi due fattori. In effetti, gli effetti positivi tipici della sua patologia si sono rivelati molto sensibili agli stress indotti dal metabolismo glicolitico, causando un aumento dell'ipertono spastico, dolore, rigidità e clono nei muscoli delle gambe. Dovrebbero essere condotti studi specifici per comprendere il ruolo dell'attività fisica intensa e prolungata nella modificazione dei meccanismi neuro-fisio-patologici della sindrome del motoneurone superiore e dei processi di adattamento. In questo lavoro, abbiamo osservato che lo sviluppo dei meccanismi di adattamento indotti dallo sforzo fisico avviene in quattro fasi (Issurin, 2009), che differiscono nei casi di un atleta abile e un atleta paralimpico spastico (Fig. 5). Il primo stadio è caratterizzato da una ridotta efficienza atletica che si verifica durante e subito dopo la sessione di allenamento; a parità di sforzo fisico e durata dell'allenamento, il decremento delle prestazioni è più evidente nell'atleta paralimpico. Nella seconda fase, a riposo, l'atleta paralimpico impiega più tempo a recuperare il livello di prestazione iniziale rispetto al normo atleta. Nella terza fase, il meccanismo di supercompensazione produce un miglioramento delle prestazioni a riposo, rispetto al livello iniziale, ma il margine di miglioramento nel paralimpico è più piccolo rispetto al normo atleta.

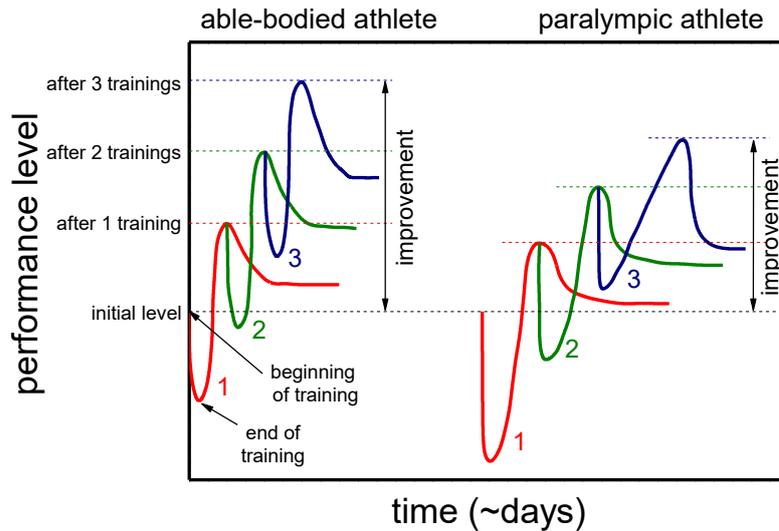


Figura 5: disegno delle curve di adattamento fisico per un normo atleta e un paralimpico affetto da tetraparesi spastica, attraverso tre cicli successivi di allenamento e fasi di riposo.

La quarta fase descrive un evento che non è stato esplorato in questo studio, vale a dire in assenza di un nuovo stimolo all'allenamento, il livello di prestazione del paralimpico o del normo atleta tende a ritornare al suo valore precedente allo stress indotto dall'allenamento fisico. Un fattore chiave per i successi osservati è stata la precisa ottimizzazione dei tempi nella seconda e terza fase della preparazione fisica (Siff, 2004). In particolare, nella seconda fase, ogni volta che il paralimpico è stato sottoposto ad un allenamento molto intenso prima del pieno recupero dalla precedente sessione di allenamento, la risposta adattativa non ha tenuto il passo con le aspettative e si è osservato un brusco calo delle prestazioni, causando un sovraccarico psicofisico. Nella terza fase, l'identificazione del picco di supercompensazione era della massima importanza, in quanto questo è lo stato fisico ottimale per il paralimpico per ottenere un nuovo stimolo di allenamento e massimizzare gli effetti cumulativi delle sessioni di allenamento successive. Le curve tracciate in Fig. 5 sono puramente qualitative, poiché i dettagli quantitativi dipendono da molteplici variabili come gli stati fisici e psicologici del paralimpico ed elementi esterni come la temperatura dell'acqua e la ventilazione dell'ambiente della piscina.

## 5. Conclusione

In conclusione, supponendo che gli eccellenti risultati ottenuti siano strettamente correlati all'efficacia del protocollo di allenamento adottato, è possibile estrarre delle linee guida per gli atleti affetti da lesione del motoneurone superiore. In un programma di allenamento di un anno, carichi elevati di chilometraggio volti a migliorare la resistenza dovrebbero essere preponderanti nel primo mesociclo di 4 mesi. In questa fase, i regimi aerobici dovrebbero essere mirati a migliorare la tecnica del nuoto. Nel seguente mesociclo di 4 mesi, il carico di chilometraggio totale dovrebbe essere ridotto di circa il 15%. In questa seconda fase, la frazione relativa del regime anaerobico dovrebbe essere aumentata, mantenendo allo stesso tempo una frazione relativamente grande del regime di resistenza. Nell'ultimo mesociclo di 4 mesi, appena prima dell'evento della competizione, il carico in chilometraggio dovrebbe essere ulteriormente ridotto del 20%, pianificando sessioni di allenamenti a distanza medio-corta, caratterizzati da velocità al ritmo di gara o maggiore e tempi di riposo più lunghi. Durante l'intero macrociclo, ma ancora più importante nell'ultima fase, le sessioni aerobiche a bassa intensità e gli intervalli di recupero passivo devono essere costantemente introdotti dopo sessioni ad alta intensità. Il sottile aggiustamento di tali tempi di recupero è la questione chiave per l'esito positivo di qualsiasi metodo di allenamento che deve tener conto delle peculiarità fisiche di qualsiasi atleta paralimpico affetto da lesione del primo motoneurone.

## 6. Referenze

- Costill DL, Kovaleski J, Porter D, Kirwan J, Fielding R, King D. Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *Int J Sports Med* 1985;6:266-270.
- Costill DL, Thomas R, Robergs RA, Pascoe D, Lambert C, Barr S, Fink WJ. Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:371-377. Craig AB Jr, Pendergast DR. Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming. *Med Sci Sports* 1979; 11:278-283. Craig AB Jr, Skehan PL, Pawelczyk JA, Boomer WL. Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17:625-634.
- Fulton SK, Pyne D, Hopkins W, Burkett B. Variability and progression in competitive performance of Paralympic swimmers. *J Sports Sci* 2009; 27:535-539. Fulton SK, Pyne DB, Hopkins WG, Burkett B. Training characteristics of paralympic swimmers. *J Strength Cond Res* 2010;24:471-478. Gehlsen GM,
- Karpuk J. Analysis of the NWAA swimming classification system. *Adapt Phys Activ Q* 1992;9:141-147.
- Hellard P, Avalos M, Millet G, Lacoste L, Barale F, Chatard JC. Modeling the residual effects and threshold saturation of training: a case study of Olympic swimmers. *J Strength Cond Res* 2005;19:67-75.
- Issurin VB. Generalized training effects induced by athletic preparation. A review. *J Sports Med Phys Fitness* 2009;49:333-345.
- Kubukeli ZN, Noakes TD, Dennis SC. Training techniques to improve endurance exercise performances. *Sports Med* 2002;32:489-509. Mujika I.
- The influence of training characteristics and tapering on the adaptation in highly trained individuals: a review. *Int J Sports Med* 1998;19:439-446. Mujika I, Busso T, Lacoste L, Barale F, Geysant A, Chatard JC.

- Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 1996a;28:251-258.
- Mujika I, Chatard JC, Busso T, Geysant A, Barale F, Lacoste L. Use of swim-training profiles and performance data to enhance training effectiveness. *J Swim Res* 1996b;11:23-29.
- Mujika I, Padilla S. Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:1182-1187.
- Mujika I, Padilla S, Pyne D, Busso T. Physiological changes associated with the pre-event taper in athletes. *Sports Med* 2004;34:891-927. Neary JP, Bhambhani YN, McKenzie DC. Effects of different stepwise reduction taper protocols on cycling performance. *Can J Appl Physiol* 2003a;28:576-587.
- Neary JP, Martin TP, Quinney HA. Effects of taper on endurance cycling capacity and single muscle fiber properties. *Med Sci Sports Exerc* 2003b; 35:1875-1881.
- Pelayo P, Sidney M, Moretto P, Wille F, Chollet D. Stroking parameters in top level swimmers with a disability. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31: 1839-1843.
- Pelayo P, Wille F, Sidney M, Berthoin S, Lavoie JM. Influence of age, sex, and anthropometric characteristics on velocity and stroking parameters in non skilled young swimmers. *J Sports Med Phys Fit* 1997;37: 187-193.
- Schnitzler C, Seifert L, Chollet D. Variability of coordination parameters at 400-m front crawl swimming pace. *J Sports Sci Med* 2009;8:203-210.
- Shepley B, MacDougall JD, Cipriano N, Sutton JR, Tarnopolsky MA, Coates G. Physiological effects of tapering in highly trained athletes. *J Appl Physiol* (1985) 1992;72:706-711. Siff MC. *Supertraining*. 6th ed. Denve (Co): Supertraining Institute; 2004; 259-262. Thomas L, Busso T. A theoretical study of taper characteristics to optimize performance. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:1615-1621.
- Trappe S, Costill D, Thomas R. Effect of swim taper on whole muscle and single muscle fiber contractile properties. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33:48-56.

## CAPITOLO 4

### **Gli effetti del Kinesio Taping sulla spasticità: studio randomizzato in doppio cieco su atleti paralimpici.**

#### **1.Introduzione**

Il tono muscolare è la resistenza avvertita dall'esaminatore quando manipola un'articolazione attraverso una serie di movimenti, mentre il soggetto è rilassato. L'ipertono muscolare, ovvero l'aumento del tono muscolare, è un riscontro comune nei pazienti con sindrome del motoneurone superiore (UMNS) a seguito di diverse malattie tra cui paralisi cerebrale, ictus, sclerosi multipla, lesione del midollo spinale e lesione cerebrale traumatica. Nei pazienti affetti da UMNS, l'ipertonia muscolare è spesso correlata alla presenza di spasticità, comunemente definita come "un disturbo motorio caratterizzato da aumento del riflesso da stiramento tonico a velocità dipendente risultante da una ipereccitabilità del riflesso da stiramento"(Lance, 1980). Esistono prove convincenti che la spasticità è dovuta a un riflesso da stiramento esagerato (Marinelli et al., 2017; Trompetto et al., 2019a; Trompetto et al., 2019b). La spasticità può contribuire alla disabilità motoria, limitando la gamma articolare di movimento e della forza muscolare. Questo è particolarmente un problema per gli atleti paralimpici affetti da UMNS, le cui prestazioni durante le competizioni possono essere significativamente influenzate dalla spasticità. Inoltre, la spasticità è anche un problema costante nelle sessioni di allenamento per questi atleti, in cui l'ipertono in condizioni di affaticamento può causare dolore e innescare cloni

inesauribili (Puce et al., 2018). L'ipertono muscolare nei pazienti con UMNS può essere diviso in due componenti: ipertono prodotto da un riflesso da stiramento esagerato, che corrisponde alla spasticità e ipertono dovuto a fibrosi muscolare e contratture muscolari, spesso definito ipertono non riflesso o rigidità intrinseca. Quest'ultimo componente offre un contributo significativo all'ipertono nei pazienti con UMNS (Dietz et al., 1983). Sia la fibrosi muscolare che l'accorciamento muscolare sono effetti secondari all'immobilizzazione muscolare, situazione dove il muscolo è tenuto in una posizione accorciata per un periodo prolungato (Gracies, 2005) e sono quindi probabilmente presenti in pazienti sedentari e non allenati, ma minimamente presenti in atleti paralimpici altamente allenati. Mentre è difficile distinguere clinicamente l'ipertono riflesso e non riflesso (Thompson et al. 2005), la valutazione del riflesso da stiramento mediante elettromiografia di superficie (sEMG) può fornire una misura selettiva della spasticità (McGibbon et al., 2013).

Kinesio Taping (KT) è una tecnica innovativa di taping (Kase et al., 2013) basata sull'uso di un sottile nastro elastico che imita le caratteristiche della pelle. KT è stato progettato per produrre micro convoluzioni o pieghe della pelle nel tentativo di promuovere il flusso di sangue e fluidi linfatici nei tessuti sottostanti. Secondo i suoi produttori, KT produce numerosi effetti clinici, tra cui il sollievo dal dolore, l'assorbimento dell'edema e il miglioramento delle prestazioni muscolari. Quando il nastro viene applicato all'origine del muscolo ed esteso alla sua inserzione usando il 25-50% della tensione disponibile, si afferma che KT facilita la contrazione muscolare. Al contrario, l'applicazione di KT dall'inserzione all'origine usando il 15-25% della tensione disponibile inibisce la funzione muscolare (Kase et al., 2013). Da un punto di vista teorico, quest'ultima modalità di applicazione KT potrebbe essere adatto a ridurre l'esagerata contrazione riflessa dei muscoli spastici.

A nostra conoscenza, ci sono solo tre articoli in cui KT è stato usato per trattare l'ipertono muscolare (Boeskov et al., 2014; Karadag-Saygi et al., 2010; Tamburella, et al., 2014). In tutti questi studi, l'ipertono muscolare è stato valutato clinicamente, usando la scala modificata di Ashworth (MAS) (Karadag-Saygi et al., 2010; Tamburella et al., 2014), la gamma passiva di movimento (p-ROM) (Karadag-Saygi et al., 2010; Tamburella et al., 2014) e la scala Tardieu (TS) (Boeskov et al., 2014). Poiché la valutazione clinica non è in grado di distinguere chiaramente tra ipertono riflesso e non riflesso (Gracies, 2005), finora nessuno è a conoscenza se KT agisce sulla spasticità o sulla componente intrinseca dell'ipertono muscolare. Sapere su quale componente dell'ipertono muscolare KT agisce consentirebbe di comprendere meglio il meccanismo d'azione di KT e di utilizzare il

trattamento in modo più appropriato nei pazienti con spasticità o in quelli con ipertono intrinseco.

Al fine di ottenere una visione più chiara degli effetti del KT sui due componenti dell'ipertono e anche di esplorare gli effetti benefici o dannosi della KT applicato in modalità inibitoria sulle prestazioni di nuoto degli atleti paralimpici, abbiamo valutato gli effetti della KT sulla spasticità dei muscoli estensori del ginocchio studiando il riflesso da stiramento valutato da sEMG. La popolazione reclutata di esperti nuotatori paralimpici è molto specifica rispetto alla popolazione tipica di pazienti non allenati di UMNS, in quanto sono caratterizzati da una maggiore elasticità muscolare e una ridotta fibrosi e dolore, grazie a un esercizio fisico costante e duraturo.

## **2. Materiali e metodi**

### **2.1 Soggetti reclutati**

Sette giovani soggetti adulti sono stati arruolati per questo studio tra i membri di un club di nuoto riconosciuto dal Comitato Paralimpico Internazionale (denominato "Nuotatori Genovesi"), secondo i seguenti criteri: 1) ipertono a velocità dipendente del muscolo quadricipite con un grado da 1-3 secondo la scala di MAS; 2) nessun dolore a livello degli arti inferiori, valutato dalla scala di valutazione numerica 1-10 (NRS) per il dolore; 3) intensità dell'eco del muscolo retto femorale, misurata mediante ecografia in fase di reclutamento (lato affetto / più interessato o lato destro in caso di ipertono simmetrico dell'estensore del ginocchio), corrispondente ai gradi I-II della scala di Heckmatt (Heckmatt et al., 1982); 4) nessun uso precedente di tossina botulinica; 5) nessuna condizione patologica che interferisce con la valutazione del riflesso da stiramento del quadricipite; 6) Sistema di classificazione delle funzioni motorie (GMFCS) livello tra II e III.

## 2.2 Progetto di studio

Il presente studio è stato progettato usando un metodo di studio randomizzato in cross-over per assegnare ai partecipanti l'intervento KT nella prima parte dello studio e il trattamento con placebo nella seconda parte o viceversa, come indicato nella Fig. 1.

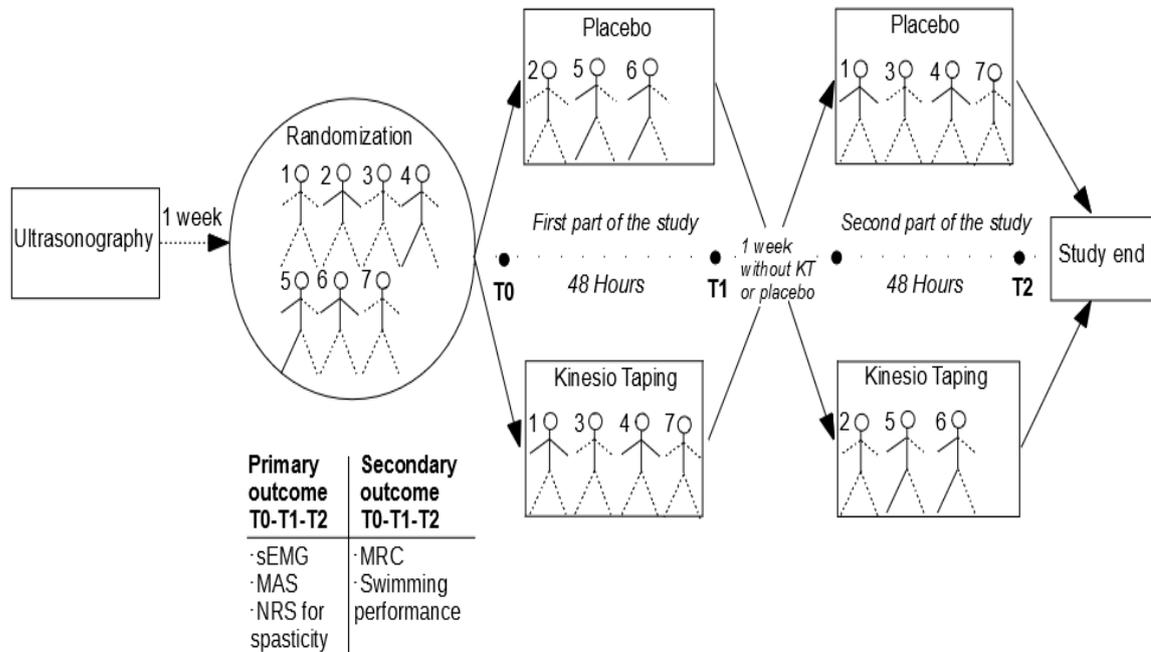


Figura 1: schema di assegnazione randomizzata in cross-over e disegno dello studio. Le linee tratteggiate e continue nelle sagome dei partecipanti indicano rispettivamente gli arti colpiti e quelli sani.

Nessuno dei partecipanti aveva mai usato alcun tipo di KT prima del presente esperimento. Durante tutto il periodo di studio, i 7 partecipanti sono stati istruiti a mantenere invariata la terapia farmacologica e la dieta. Inoltre, in questo periodo sono stati sottoposti ad un allenamento di nuoto puramente aerobico.

Le nostre ipotesi di lavoro primaria dello studio e' stata la riduzione del riflesso da stiramento dopo l'applicazione di KT, in confronto alla riduzione di MAS e NRS (per spasticità). Le nostre ipotesi secondarie sono state: nessuna variazione di MRC per i cambiamenti della forza muscolare degli estensori del ginocchio dopo l'applicazione KT e il miglioramento delle prestazioni cronometriche di nuoto dopo il trattamento KT.

Lo studio è stato condotto in conformità al Codice Etico della World Medical Association (Dichiarazione di Helsinki) per esperimenti che coinvolgono l'uomo; un consenso

informato scritto è stato firmato da tutti i partecipanti prima della partecipazione allo studio. Il progetto è stato approvato dal comitato di revisione istituzionale.

### **2.3 Trattamento con Kinesio Taping**

Nel caso della distribuzione simmetrica della spasticità dell'estensore del ginocchio, KT è stato applicato sul lato destro; in caso di distribuzione unilaterale o asimmetrica, KT è stato applicato sul lato più interessato. Tutti i partecipanti hanno ricevuto il trattamento dallo stesso fisioterapista certificato KT usando un Kinesio Tex® Gold Finger Print™ di 5 cm di larghezza. Prima dell'applicazione del nastro, la pelle veniva pulita e rasata e ricoperta da strisce di spray adesivo (Tensospray®). Il ginocchio del partecipante era tenuto in completa flessione passiva, con il resto del corpo disteso su un lettino con l'anca estesa. Una striscia "Y" è stata inizialmente applicata sopra il muscolo del retto femorale, con le due code che circondano il bordo laterale e mediale della rotula; poi due strisce "I" sono state applicate sopra il muscolo del vasto mediale e del vasto laterale. Tutte e tre le strisce sono state applicate nella modalità dall'inserzione all'origine usando circa il 20% della tensione disponibile e sono state strofinate per massimizzare la loro adesione alla pelle.

In questo studio sono stati scelti gli arti inferiori degli atleti UMNS perché spesso soggetti alla comparsa di cloni e dolore inesauroibile, in condizioni di fatica.

### **2.4 Trattamento con Placebo**

Per il placebo, sono state utilizzate e applicate strisce adesive comuni simili per forma e colore al Kinesio Tex® Gold Finger Print™ e applicate ai soggetti con la stessa procedura dell'intervento KT e dallo stesso operatore.

### **2.5 Valutazione clinica della spasticità e della forza.**

Per valutare la spasticità dell'estensore del ginocchio, è stata utilizzato la MAS. Inoltre, una scala di valutazione numerica 0-10 (NRS) è stata utilizzata da tutti i partecipanti per misurare il livello di spasticità autopercepita in un periodo di 24 ore (Farrar et al., 2008). La scala Medical Research Council (MRC) per la forza è stata utilizzata per quantificare la forza dell'estensore del ginocchio.

## 2.6 Valutazione del riflesso da stiramento.

Per eseguire la valutazione del riflesso di stiramento, i partecipanti erano seduti sul bordo di un lettino con la schiena appoggiata a un supporto e le gambe pendenti. Ai partecipanti è stato chiesto di rimanere rilassati durante la valutazione. L'esaminatore ha mobilizzato la gamba del partecipante dalla posizione estesa ( $0^\circ$  tra la gamba e la coscia) alla posizione flessa ( $90^\circ$  tra la gamba e la coscia) e viceversa continuamente, fino a quando sono stati raccolti 9 movimenti sinusoidali passivi. In ogni soggetto, è stata scelta la velocità ottimale per evocare un riflesso da stiramento, tenendo conto del fatto che valori bassi non potevano essere in grado di suscitare il riflesso o potevano suscitare un riflesso troppo piccolo per essere studiato (specialmente in soggetti con un basso grado di spasticità), mentre valori elevati potrebbero causare disagio al soggetto ed eccessiva fatica nell'esaminatore.

L'attività EMG dal muscolo retto femorale è stata registrata attraverso elettrodi preamplificati di superficie (TSD150B, Biopac Systems Inc, USA) seguendo le linee guida del SENIAM (Elettromiografia di superficie per valutazione non invasiva dei muscoli) (Hermens, 1999). Il segnale è stato acquisito da un'unità MP150 (Biopac Systems Inc, USA) con una frequenza di campionamento di 2 KHz e ha subito un filtro passa-banda Blackman -61dB 20-300 Hz per l'elaborazione off-line (software AcqKnowledge 3.8.1 di Biopac Systems Inc, STATI UNITI D'AMERICA). Per la registrazione cinematica dei movimenti passivi delle gambe, abbiamo utilizzato un goniometro elettronico biassiale TSD130B (Biopac Systems Inc, USA) collegato al sistema di acquisizione dati Biopac MP150. Il goniometro è stato posizionato sull'articolazione del ginocchio per registrare in modo ottimale l'angolo durante gli spostamenti articolari; è stata utilizzata una frequenza di campionamento di 2 KHz.

I tempi di inizio e fine di ciascun movimento di flessione sono stati rilevati visivamente sulla traccia del goniometro visualizzata sullo schermo del computer utilizzando un guadagno di visualizzazione di  $20^\circ / \text{cm}$  e una finestra temporale di  $340 \text{ ms} / \text{cm}$ .

L'ampiezza del riflesso di stiramento è stata misurata come ampiezza media dell'EMG rettificato (valore medio rettificato, ARV) durante ciascuno dei 9 movimenti di flessione (dalla posizione estesa alla posizione flessa).

Il riflesso di stiramento e la valutazione clinica sono stati eseguiti tre volte, vale a dire al basale appena prima del trattamento (T0) e 48 ore dopo l'applicazione della KT o del placebo (T1 o T2).

## **2.7 Test in acqua**

Dopo le valutazioni cliniche e sEMG al basale e il trattamento KT o placebo, e dopo un'adeguata sessione di riscaldamento, agli atleti è stato chiesto di eseguire 100 m stile libero alla massima velocità, in una piscina di 50 m. Al fine di minimizzare l'effetto del ciclo circadiano sulla spasticità, tutti i test in acqua sono stati eseguiti nella stessa parte della giornata, vale a dire nelle ore del mattino. Le prestazioni cronometriche di ciascun atleta sono state misurate da un tecnico certificato della Federazione Italiana Nuoto Paralimpico (FINP). Gli atleti al basale hanno nuotato tempi cronometrici molto simili ai loro record personali.

## **2.8 Analisi statistica**

Un ANOVA a misure ripetute con tre livelli (basale, KT e placebo) è stata eseguita tra i segnali sEMG mediati sui nove movimenti passivi raccolti. Interazioni significative nell'ANOVA sono state valutate mediante test Newman – Keuls post hoc. Allo stesso modo, test ANOVA a misure ripetute, seguiti da test Newman – Keuls post hoc, sono stati eseguiti per valutare la significatività statistica della riduzione di NRS per spasticità e tempi cronometrici nei test di 100m stile libero dopo l'applicazione di KT e placebo. Il coefficiente di Pearson  $r$  è stato calcolato per valutare le correlazioni tra il riflesso da stiramento e i punteggi NRS e tra il riflesso da stiramento e i tempi di 100 m stile libero in tutti i dati delle diverse condizioni messe insieme. Il significato statistico è stato fissato a  $p < 0,05$ .

### 3. Risultati

Tutte le variabili demografiche, correlate alla malattia e le caratteristiche atletiche dei 7 soggetti sono riportate nella Tabella 1 (età  $22,0 \pm 2,83$  anni; altezza  $164,8 \pm 6,21$  cm; peso  $64,2 \pm 3,9$  kg; GMFCS II-III).

Subject number	Age	Sex	Topography of UMNS signs	UMNS etiology	GMFCS	TS per week (number)	Single TS duration (hours)
1	19	M	Spastic tetraparesis	Cerebral palsy	III	3	1
2	23	M	Spastic paraparesis	Cerebral palsy	II	6	2
3	21	M	Spastic tetraparesis	Cerebral palsy	III	3	1
4	23	F	Spastic hemiparesis	Cerebral palsy	II	6	2
5	26	M	Spastic hemiparesis	Cerebral palsy	II	6	2
6	24	F	Spastic paraparesis	Cerebral palsy	II	5	2
7	18	M	Spastic tetraparesis	Cerebral palsy	III	3	1

Tabella 1: variabili demografiche, correlate alla malattia e le caratteristiche atletiche dei 7 soggetti inclusi nello studio. UMNS: sindrome del motoneurone superiore; GMFCS: Sistema di classificazione delle funzioni motorie; TS: sessione di allenamento.

È stato evocato un riflesso da stiramento in tutti e 7 i soggetti arruolati.

La tabella 2 riporta i risultati di EMG e valutazione clinica al basale, 48 ore dopo KT o placebo. In ciascun soggetto è stata rilevata una riduzione significativa dell'ampiezza del riflesso di stiramento dopo KT e nessuna variazione significativa dopo il placebo (vedere Fig. 2 per un'acquisizione tipica).

Subject number	Stretch reflex amplitude mean ( $\mu\text{V}$ )			MAS			NRS for spasticity		
	baseline	KT	placebo	baseline	KT	placebo	baseline	KT	placebo
1	15.36	10.63	15.06	3	3	3	7	4	7
2	9.28	5.94	9.84	1.5	1.5	1.5	4	3	4
3	12.48	9.24	11.5	2	2	2	6	4	6
4	5.33	3.86	5.29	1	1	1	4	4	4
5	7.59	5.62	7.93	1	1	1	5	4	5
6	12.06	7.44	11.94	2	2	2	6	4	6
7	17.52	7.55	16.31	3	3	3	8	5	7
mean	11.37	7.18	11.12	1.93	1.93	1.93	5.71	4	5.57
st. dev.	4.29	2.86	3.85	0.84	0.84	0.84	1.50	0.58	1.27

Tabella 2: risultati EMG e valutazione clinica al basale, dopo il trattamento con KT e dopo il trattamento con placebo. ARV = valore medio rettificato del segnale EMG relativo all'ampiezza del riflesso di stiramento;  $\mu\text{V}$  = micro-Volt; MAS: Ashworth Scale modificata; NRS: scala di valutazione numerica per la rigidità muscolare.

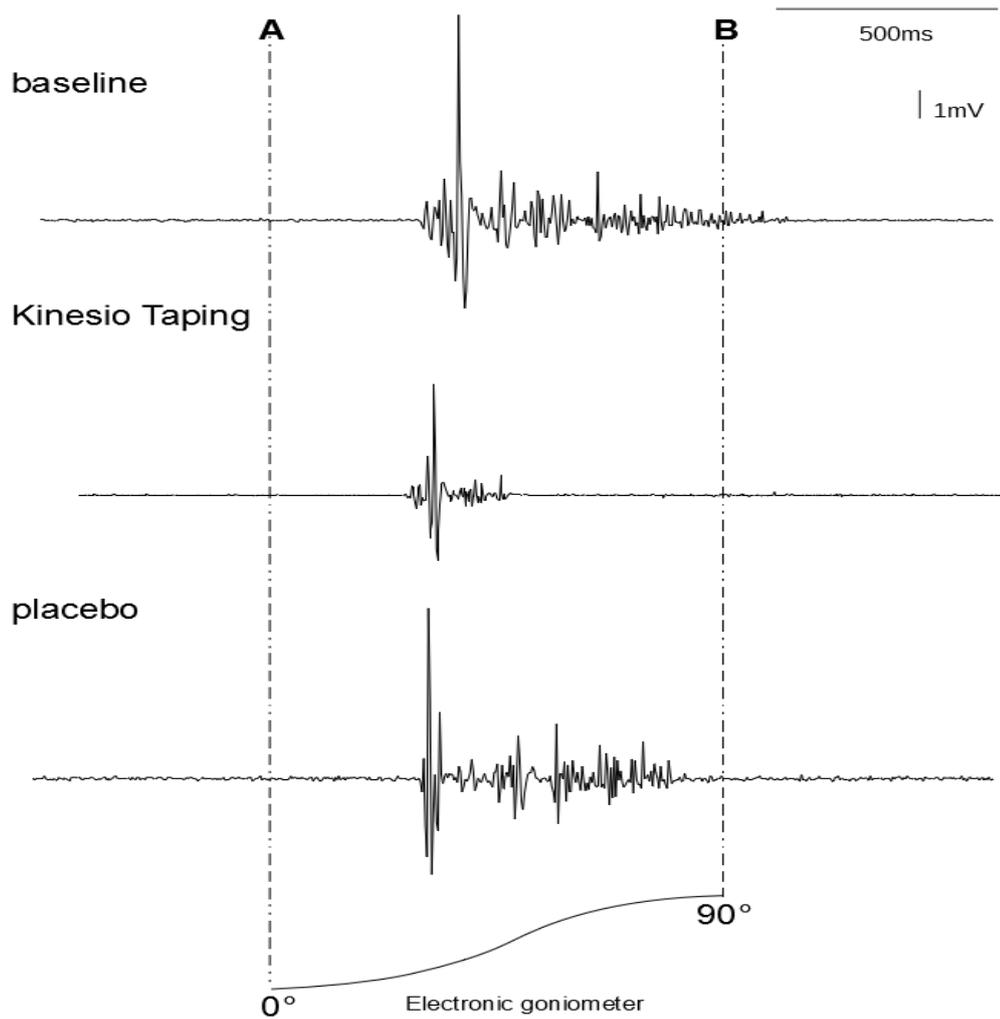


Figura 2: Acquisizioni tipiche del segnale EMG del riflesso da stiramento al basale, dopo l'applicazione del trattamento KT e dopo l'applicazione del trattamento placebo (Soggetto 6).

In Fig. 3a, sono mostrati i cambiamenti medi dell'ampiezza del riflesso di stiramento dopo le condizioni di KT e placebo. Una riduzione significativa del 36,9% è stata riscontrata nella condizione KT rispetto al basale ( $p = 0.0009$ ), così come del 35,4% nella condizione KT rispetto a quella placebo ( $p = 0,0006$ ). I punteggi di MAS e MRC per la forza non sono cambiati sensibilmente, né dopo KT o dopo il placebo, mentre i punteggi di NRS per spasticità sono diminuiti significativamente dopo KT, come mostrato in Fig. 3b. Una riduzione significativa del 30,0% è stata osservata dopo KT rispetto al basale ( $p = 0,0008$ ) e del 28,2% dopo KT rispetto al placebo ( $p = 0,0006$ ).

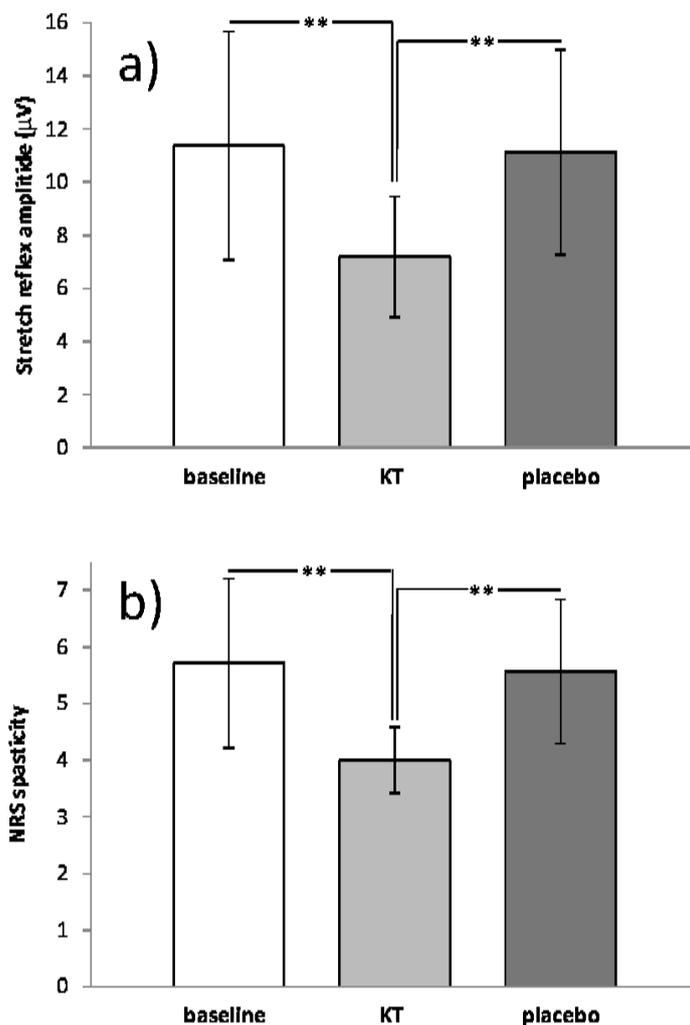


Figura 3: Valori medi dell'ampiezza del riflesso da stiramento (a) e del punteggio NRS per la spasticità (b) dei 7 partecipanti al basale e dopo le applicazioni KT e placebo. \*\*  $p < 0,001$ .

Nella Tabella 3 sono riportate le prestazioni cronometriche di nuoto di 100 m al basale, dopo KT e dopo trattamenti placebo per ciascun partecipante. Tutte le prestazioni sono migliorate dopo il trattamento con KT, nonostante l'ampio spread dei tempi cronometrici legati alla diversa compromissione funzionale dei partecipanti.

Subject number	Time (s)			Time variation (%)	
	baseline	KT	placebo	KT with respect to baseline	placebo with respect to baseline
1	175.89	167.32	175.06	-4.9	-0.5
2	71.84	69.77	72.81	-2.9	+1.4
3	215.43	211.34	215.97	-1.9	+0.3
4	84.15	82.21	83.91	-2.3	-0.3
5	103.12	102.80	104.13	-0.3	+1.0
6	106.6	103.30	105.94	-3.1	-0.6
7	152.32	147.71	151.31	-3.0	-0.7
mean	129.91	126.35	129.88	-2.74	-0.02
st. dev.	52.69	50.98	52.47		

Tabella 3: Risultati cronometrici delle prestazioni di nuoto dei 100 m stile libero al basale, dopo il trattamento KT e dopo il trattamento con placebo. Sono anche indicate le variazioni percentuali rispetto al basale.

Come mostrato in Fig. 4, il tempo cronometrico medio è diminuito del -2,7% dopo il trattamento KT rispetto al basale ( $p = 0,0017$ ), mentre il trattamento con placebo non ha indotto cambiamenti significativi.

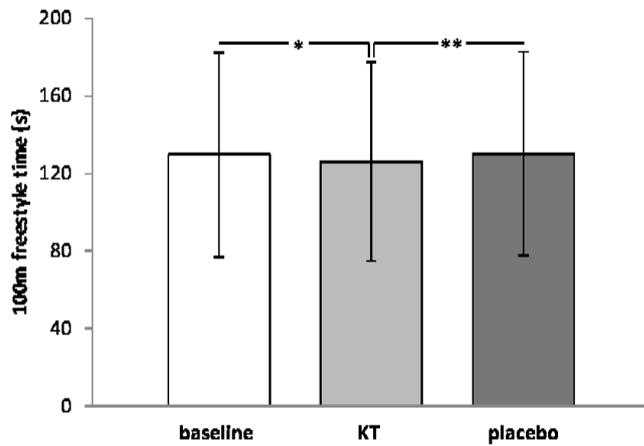


Figura 4: Valori medi e deviazioni standard delle prestazioni cronometriche dei 100 m stile libero dei 7 partecipanti al basale e dopo trattamenti KT e placebo. \*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,001$ .

Infine, in Fig. 5 sono mostrate le regressioni lineari delle ampiezze del riflesso da stiramento e dei punteggi NRS (pannello a) e delle ampiezze del riflesso da stiramento e dei tempi dei 100 m di tempo libero (pannello b), rispettivamente. In entrambi i casi, troviamo correlazioni positive e statisticamente significative tra le variabili, ovvero  $r = 0,89$ ,  $p < 0,00001$  per ampiezze del riflesso di stiramento e punteggi NRS e  $r = 0,58$ ,  $p = 0,006$  per ampiezze del riflesso da stiramento e dei tempi dei 100 m stile libero.

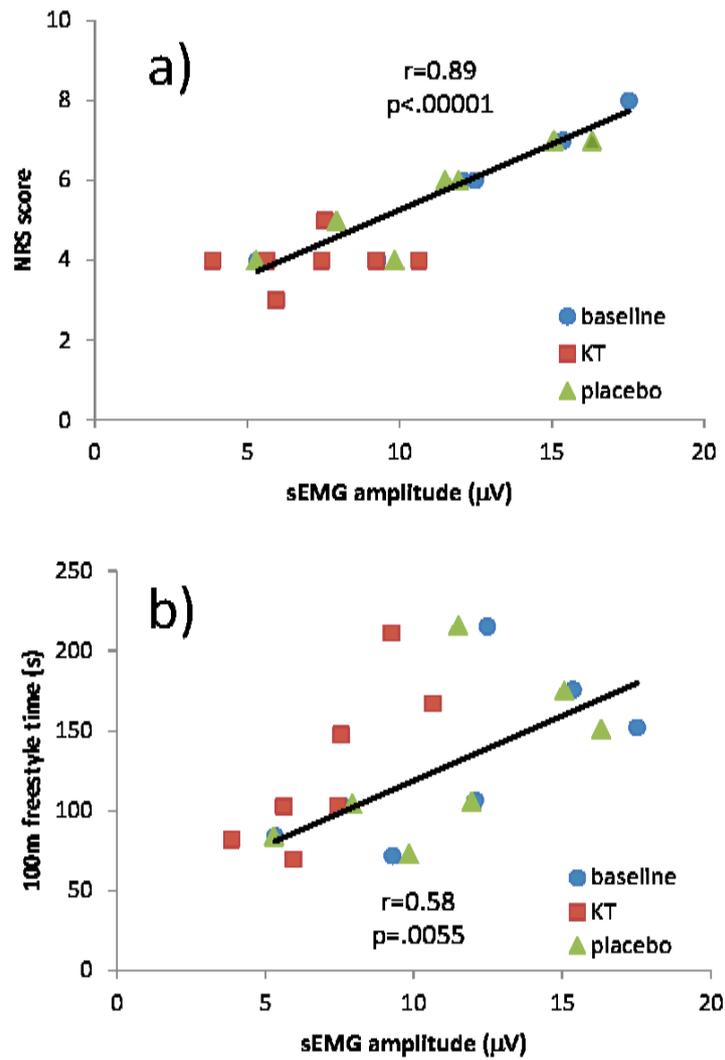


Figura 5: regressione lineare tra ampiezze EMG e punteggi NRS per spasticità (pannello a) e tra ampiezze EMG e dei tempi dei 100 m stile libero.

#### 4. Discussione

Lo scopo di questo studio era di indagare l'effetto di KT, applicato nella sua modalità inibitoria, sulla spasticità dell'estensore del ginocchio usando il riflesso da stiramento come misura di outcome, rispetto alla MAS e l'NRS per la spasticità. Gli outcome secondari erano l'MRC della forza dei muscoli estensori del ginocchio e le prestazioni cronometriche nel nuoto in un 100 m stile libero. Abbiamo studiato un gruppo altamente specifico di atleti paralimpici senza dolore e con un quadro muscolare che mostrava agli ultrasuoni assenza di fibrosi muscolare o solo lieve fibrosi muscolare.

Il principale risultato del presente studio è che KT ha ridotto significativamente l'ampiezza del riflesso da stiramento, mentre il trattamento con placebo non ha prodotto effetti significativi. A nostra conoscenza, questo è il primo studio che mostra l'effetto della KT sul riflesso da stiramento nei soggetti UMNS. Inoltre, mentre i punteggi della MAS non sono cambiati dopo KT, i punteggi dell'NRS per la spasticità sono diminuiti in modo significativo. Il nostro risultato riguardante la diminuzione dell'ampiezza del riflesso da stiramento dopo KT è particolarmente rilevante per gli atleti paralimpici. In effetti, nonostante l'uso di KT non sia consentito durante le competizioni, l'inibizione del riflesso da stiramento può essere estremamente utile nelle sessioni di allenamento, consentendo agli atleti di sostenere sessioni di allenamento prolungate e intense senza la comparsa di cloni e dolore inesauribili, indotti dall'affaticamento (Puce et al., 2018) ottenendo così probabilmente un miglioramento delle prestazioni a lungo termine.

Non abbiamo trovato variazioni nei punteggi di MRC per la forza dopo KT. Anche l'assenza di debolezza indotta da KT è una scoperta importante. In effetti, la maggior parte dei trattamenti che riducono la spasticità hanno l'effetto collaterale di ridurre la forza. Ciò si verifica non solo nel caso della tossina botulinica, considerata il gold standard terapeutico per la spasticità, ma anche nel caso di farmaci usati per trattare la spasticità, dal baclofene alle benzodiazepine. Accade spesso che la concomitante riduzione della forza muscolare limiti l'efficacia di questi trattamenti e di conseguenza la loro applicabilità clinica. Questo risultato è di nuovo particolarmente rilevante per gli atleti paralimpici. In effetti, in linea di principio, ci saremmo potuti aspettare che KT applicato in modalità inibitoria inducesse debolezza e ostacolasse le funzionalità muscolari nel nuoto, che potrebbero contrastare e infine neutralizzare l'effetto benefico della ridotta spasticità. Al contrario, i nostri risultati mostrano che l'applicazione di KT produce un chiaro e statisticamente significativo miglioramento delle prestazioni cronometriche del nuoto.

La nostra analisi di regressione, indica forti correlazioni positive tra ampiezza del riflesso di stiramento e punteggi NRS e tra ampiezze del riflesso da stiramento e il tempo sui 100 m stile libero suggerendo che sEMG, NRS e valutazione delle prestazioni potrebbero essere metodi complementari e coerenti per misurare la spasticità.

La spasticità può essere la causa diretta del dolore (Truini et al., 2013) e, a sua volta, il dolore può aumentare la spasticità, creando un aumento progressivo del dolore e della disabilità (Ward et al., 2002). Precedenti evidenze affermano che KT è un trattamento efficace per migliorare il dolore nei pazienti con malattie ortopediche e neurologiche (Castro-Sanchez et al., 2012; Kase et al., 2013; Yeung & Yeung, 2016). Pertanto, si potrebbe sostenere che KT ha un effetto indiretto sulla spasticità attraverso la sua azione sul dolore. Invece, i risultati attuali, ottenuti in soggetti senza dolore cronico, suggeriscono un effetto diretto di KT sulla spasticità, cioè non mediata dalla riduzione del dolore.

Gli effetti del trattamento KT applicato in modalità inibitoria sull'ipertono muscolare sono stati studiati in tre precedenti lavori (Boeskov et al., 2014; Karadag-Saygi et al., 2010; Tamburella et al., 2014). Karadag-Saygi et al. ha studiato l'effetto dell'uso combinato della tossina botulinica di tipo A (BoNT-A) e del trattamento KT in 20 pazienti con ictus con ipertono dei flessori plantari. Le misure outcome erano la MAS e il range della dorsiflessione passiva della caviglia (pROM) e i parametri del cammino. Solo il p-ROM è risultato significativamente più ridotto nel gruppo KT (Karadag-Saygi et al., 2010).

Tamburella et al. ha mostrato che la KT ha ridotto la scala analogica visiva (VAS) per la spasticità dei muscoli flessori plantari in 11 pazienti affetti da lesione incompleta del midollo spinale. Il punteggio della MAS non è stato significativamente ridotto dopo KT. È stato anche riportato un effetto significativo di KT su p-ROM della caviglia, clonus, dolore e su diverse andature cinematiche e dati EMG. È stata anche osservata una diminuzione dell'attività di co-contrazione dei flessori plantari da parte del trattamento KT durante la flessione dorsale del piede. Tutti questi effetti sono stati discussi in termini di modulazione sensoriale prodotta dal trattamento KT (Tamburella et al., 2014).

Boeskov et al. ha studiato la funzione di deambulazione e dell'ipertono degli estensori del ginocchio, valutati dalla scala di Tardieu, prima e dopo l'applicazione di KT al quadricipite in 32 pazienti con ictus. I risultati hanno mostrato un miglioramento immediato della funzione di deambulazione. È stata osservata solo una tendenza che indica un grado minore di ipertono muscolare. Ancora una volta, i risultati sono stati discussi in termini di modulazione degli input propriocettivi indotti dal trattamento KT (Boeskov et al., 2014).

I risultati del nostro studio confermano ed espandono i risultati dei lavori precedenti sopra citati, confermando che KT può ridurre l'ipertono muscolare senza produrre alcuna riduzione della forza. Inoltre, i nostri risultati confermano che le misure soggettive (VAS e NRS) sono più sensibili delle scale cliniche oggettive nell'individuare i cambiamenti dell'ipertono muscolare. Va detto, tuttavia, che questa elevata sensibilità delle scale NRS e VAS è bilanciata da una specificità altrettanto scarsa che fornisce una stima soggettiva di diversi segni positivi dell'UMNS oltre alla spasticità (tra cui distonia spastica, co-contrazione e spasmi muscolari), spesso anche contaminata dai segni negativi UMNS (debolezza e perdita di destrezza) (Marinelli et al., 2016). Per questo motivo, nel presente lavoro, la scala NRS era associata alla misura più specifica per la spasticità, vale a dire al riflesso di stiramento.

In due degli studi sopra menzionati che studiano il trattamento della KT applicato in modalità inibitoria nei pazienti con ipertono muscolare, l'effetto è stato documentato dalla misura di outcome che riflette sia il riflesso che i componenti intrinseci dell'ipertonìa muscolare, ovvero p-ROM (Karadag-Saygi et al., 2010) e MAS (Tamburella et al., 2014). Nell'unico studio in cui è stata utilizzata una misura specifica per la spasticità, vale a dire la scala di Tardieu, il trattamento KT non ha mostrato cambiamenti significativi (Boeskov et al., 2014). Pertanto, il nostro studio è il primo a evidenziare un effetto specifico della KT sulla componente riflessa dell'ipertono muscolare, ovvero la spasticità. Questa scoperta supporta l'idea che l'azione di KT sull'ipertonìa muscolare sia dovuta alla modulazione dell'input periferico da muscolo e pelle al midollo spinale (Boeskov et al., 2014; Tamburella et al., 2014).

I nostri risultati affermano che la valutazione del riflesso da stiramento può fornire uno strumento obiettivo per misurare i cambiamenti della spasticità indotti da KT. Pensiamo che l'integrazione dei dati del riflesso da stiramento con le misure di auto-percezione del paziente possa fornire un quadro sensibile e specifico della spasticità, in grado di rivelare piccoli cambiamenti, che potrebbe essere comunque clinicamente significativi.

Le principali limitazioni di questo studio sono legate al piccolo campione di soggetti, legato alla difficoltà oggettiva nel reclutare atleti paralimpici colpiti dalla UMNS. Un'ulteriore limitazione è che le prestazioni di nuoto possono essere un indicatore scarsamente sensibile della funzionalità degli arti, poiché una tecnica di nuoto adattata per atleti con disabilità spesso implica un sottoutilizzo degli arti colpiti, specialmente per le menomazioni più gravi.

## **5. Conclusioni**

Questo studio esplorativo condotto su atleti paralimpici suggerisce che KT potrebbe ridurre la spasticità. I nostri risultati hanno tre implicazioni per i metodi clinici, riabilitativi e sportivi. In primo luogo, lo studio suggerisce che l'uso di misure sia cliniche che neurofisiologiche può fornire una valutazione selettiva e sensibile della spasticità. In secondo luogo, i nostri risultati indicano che gli effetti benefici della KT sulla spasticità possono essere considerati nella progettazione dei protocolli di riabilitazione. In terzo luogo, KT può essere efficacemente impiegato nell'allenamento fisico del nuotatore paralimpico affetto da UMNS.

## 6. Referenze

- Boeskov B, Carver LT, von Essen-Leise A, Henriksen M. Kinesthetic taping improves walking function in patients with stroke: a pilot cohort study. *Topics in Stroke Rehabilitation* 2014;21(6):495–501. <https://doi.org/10.1310/tsr2106-495>
- Castro-Sanchez AM, Lara-Palomo IC, Mataran-Penarrocha GA, Fernandez-Sanchez M, Sanchez-Labraca N, Arroyo-Morales M. Kinesio Taping reduces disability and pain slightly in chronic non-specific low back pain: a randomised trial. *Journal of Physiotherapy*. 2012;58(2):89–95. [https://doi.org/10.1016/S1836-9553\(12\)70088-7](https://doi.org/10.1016/S1836-9553(12)70088-7)
- Dietz V, Berger W. Normal and impaired regulation of muscle stiffness in gait: a new hypothesis about muscle hypertonia. *Experimental Neurology*. 1983;79(3):680–687. [https://doi.org/10.1016/0014-4886\(83\)90032-8](https://doi.org/10.1016/0014-4886(83)90032-8)
- Farrar J T, Troxel AB., Stott C, Duncombe P, Jensen MP. Validity, reliability, and clinical importance of change in a 0-10 numeric rating scale measure of spasticity: a post hoc analysis of a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Clinical Therapeutics*. 2008;30(5):974–985. <https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2008.05.011>
- Gracies JM. Pathophysiology of spastic paresis. I: Paresis and soft tissue changes. *Muscle & Nerve*. 2005;31(5):535–551. <https://doi.org/10.1002/mus.20284>
- Heckmatt JZ., Leeman S, Dubowitz V. Ultrasound imaging in the diagnosis of muscle disease. *The Journal of Pediatrics*. 1982;101(5):656–660. [https://doi.org/10.1016/s0022-3476\(82\)80286-2](https://doi.org/10.1016/s0022-3476(82)80286-2)
- Hermens HJ. European recommendations for surface ElectroMyoGraphy: results of the SENIAM project. (H. Hermens, Ed.). Roessingh Research and Development BV, 1999.
- Karadag-Saygi E, Cubukcu-Aydoseli K, Kablan N, Ofluoglu D. The role of kinesiostaping combined with botulinum toxin to reduce plantar flexors spasticity after stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2010;17(4):318–322. <https://doi.org/10.1310/tsr1704-318>
- Kase K, Wallis J, Kase T. *Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping*

- Method. Albuquerque, NM: Kinesio Taping Association International, 2013.
- Lance JW. Symposium synopsis. In R. G. Feldman, R. R. Young, & K. P. Koella (Eds.), *Spasticity: Disorder of Motor Control* (pp. 485–494). Chicago, 1980.
- Marinelli L, Mori L, Canneva S, Colombano F, Curra A, Fattapposta F, Trompetto C. The effect of cannabinoids on the stretch reflex in multiple sclerosis spasticity. *International Clinical Psychopharmacology*. 2016;31(4):232–239. <https://doi.org/10.1097/YIC.000000000000126>
- Marinelli L, Currà A, Trompetto C, Capello E., Serrati C., Fattapposta F., Pelosin E., Phadke C, Bandini F. Spasticity and spastic dystonia: the two faces of velocity-dependent hypertonia. *J Electromyogr Kinesiol*. 2017;37:84–89.
- McGibbon CA., Sexton A, Jones M, O’Connell C. Elbow spasticity during passive stretch-reflex: clinical evaluation using a wearable sensor system. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2013;10(1):61. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-61>
- Puce L, Marinelli L, Pierantozzi E, Mori L, Pallecchi I, Trompetto C. Training methods and analysis of races of a top level Paralympic swimming athlete. *J Exerc Rehabil*. 2018;14(4):612–620. <https://doi.org/doi:10.12965/jer.1836254.127>
- Tamburella F, Scivoletto G, Molinari M. Somatosensory inputs by application of KinesioTaping: effects on spasticity, balance, and gait in chronic spinal cord injury. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014;8:367. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00367>
- Thompson AJ, Jarrett L, Lockley L, Marsden J, Stevenson VL. Clinical management of spasticity. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. England. 2005. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2004.035972>
- Trompetto C, Curra A, Puce L, Mori L, Serrati C, Fattapposta F, Marinelli L. Spastic dystonia in stroke subjects: prevalence and features of the neglected phenomenon of the upper motor neuron syndrome. *Clinical Neurophysiology : Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*. 2019a;130(4):521–527. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.01.012>
- Trompetto C, Marinelli L, Puce L, Mori L, Serrati C, Fattapposta F, Curra A. “Spastic

dystonia” or “Inability to voluntary silence EMG activity”? Time for clarifying the nomenclature. *Clinical Neurophysiology : Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*. Netherlands. 2019b.  
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.03.009>

Truini A, Barbanti P, Pozzilli C, Cruccu G. A mechanism-based classification of pain in multiple sclerosis. *Journal of Neurology*. 2013;260(2):351–367.  
<https://doi.org/10.1007/s00415-012-6579-2>

Ward AB, Kadies M. The management of pain in spasticity. *Disability and Rehabilitation*. 2002;24(8):443–453. <https://doi.org/10.1080/09638280110108878>

Yeung SS, Yeung EW. Acute Effects of Kinesio Taping on Knee Extensor Peak Torque and Stretch Reflex in Healthy Adults. *Medicine*. 2016;95(4):e2615.  
<https://doi.org/10.1097/MD.0000000000002615>

[https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/150916131143110\\_2015\\_09%2BIPC%2BStrategic%2BPlan%2B2015-2018\\_Digital\\_v2.pdf](https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/150916131143110_2015_09%2BIPC%2BStrategic%2BPlan%2B2015-2018_Digital_v2.pdf).

