

# Benefici dell'attività motoria, dell'esercizio fisico e dello sport nei bambini con "impairment"

Alessandro Rosponi<sup>1</sup> e Marco Bernardi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Medicina dello Sport A.P.S.S. Provincia Autonoma di Trento

<sup>2</sup> Scuola di Specializzazione in Medicina dello Sport e dell'Esercizio Fisico; Dipartimento di Fisiologia e Farmacologia "V. Erspamer"; Università di Roma "Sapienza".

Gli individui con *impairment* fisico, sensoriale ed intellettuale hanno un rischio maggiore, rispetto alla popolazione generale di sviluppare patologie cardiache, obesità e ipertensione (Malone et al, 2019). L'esercizio fisico (Martin Ginis et al., 2018) e lo sport (Bhambhani, 2002) in questi individui determinano miglioramenti della salute talmente eclatanti (Bernardi et al., 2003b; Palmieri et al., 2010; Bernardi et al., 2010; Malone et al, 2019; Bernardi et al., 2020) da indurre per esempio in quelli con mielolesione una aspettanza di vita che si avvicina a quella dei cosiddetti normodotati (De Vivo et al., 1999; McGrath et al., 2019). Per questo motivo l'attività motoria<sup>1</sup>, soprattutto quella di natura ludica e sportiva deve essere parte integrante non solo del percorso terapeutico-riabilitativo ma deve diventare parte integrante dello sviluppo psicofisico ed è quindi fondamentale nell'età evolutiva (O'Brien et al., 2016). Le macroaree di *impairment*<sup>2</sup> che influiscono sull'esecuzione del gesto motorio durante lo svolgimento di una attività fisica sono: a) intellettuale, b) motoria (anche detta fisica), e c) sensoriale (WHO, 2001; Tweedy SM, Vanlandewick, 2011). Questa suddivisione, mutuata dall'International Paralympic Committee, verrà utilizzata in questa breve revisione della Letteratura sul tema. In ciascuna macroarea è fondamentale prendere in considerazione che adeguata prescrizione di attività motoria e gioco sportivo dovrebbe basarsi su una previa valutazione dello stato di salute (Corrado et al., 2003; Pelliccia et al., 2016; COCIS, 2017) e dello stato di fitness (Bernardi et al., 2012; Balemans et al., 2013).

## ***Impairment Intellettuale.***

Nonostante il grande impatto positivo che un programma di attività fisica può avere nei confronti di questa tipologia di pazienti, il loro livello di partecipazione in attività motorie/sportive è ancora molto basso, se comparato con quello dei bambini coetanei normodotati (Roberston et al., 2018). La complessità di redigere un adeguato programma di allenamento per queste popolazioni di bambini deriva dalla scarsità di studi esistenti in letteratura (Frey et al., 2017), ma l'importanza di promuovere ed effettuare interventi basati sull'esercizio fisico è fondamentale in queste popolazioni

---

<sup>1</sup> Con questo termine, o in maniera interscambiabile con quello di attività fisica, intendiamo qualunque movimento determinato da contrazioni dei muscoli scheletrici in grado di incrementare il dispendio energetico rispetto alla condizione di riposo. L'attività motoria include: a. muovere i propri arti e spostare il proprio corpo per le attività della vita quotidiana e qualunque gioco in cui sia previsto movimento; b. l'esercizio fisico, strutturato secondo tipologia di attività, frequenza, intensità, durata, da cui l'acronimo anglosassone FITT (frequency, intensity, type and time) utile per prescrivere adeguatamente esercizio fisico; c. lo sport in cui il movimento è finalizzato, sulla base di precise regole, al conseguimento di un risultato agonistico.

<sup>2</sup> Con il termine *impairment* si definisce la conseguenza di una condizione di salute, ad esempio la lesione del midollo spinale, che è alla base della differenza rispetto ad una persona normale. *Impairment* viene a volte tradotto con danno, menomazione, ecc. ma ha insito il concetto di "imparità" rispetto al normale. La disabilità deriva dalla interazione con l'ambiente di una persona con *impairment*.

(Frey et al., 2008; Frey et al., 2017). In generale le indicazioni su tipologia e modalità di esercizio fisico non divergono molto da quelle valide per la popolazione generale di pari età, se consideriamo bambini e giovani senza deficit motori:

- minimo 3 sedute settimanali di allenamento aerobico di 30-60 minuti ciascuna ad una intensità iniziale del 40% della frequenza cardiaca di riserva (heart rate reserve – HRR<sup>3</sup>) e possibilità di incremento fino all'80% della stessa;
- 2-3 sedute alla settimana di allenamento della forza muscolare;
- un obiettivo di spesa energetica complessiva legata all'esercizio fisico  $\geq 2000$  kcal a settimana.

Secondo un approccio multidimensionale la partecipazione all'attività fisica descrive esperienze in movimenti, sport, giochi o giochi ricreativi fisicamente impegnativi che si traducono sia in dispendio energetico che in coinvolgimento sociale rappresentando quindi una più ampia esperienza di salute associata all'interazione dinamica bambino-ambiente (Ross et al., 2016). All'interno dell'attività scolastica appropriati interventi di attività fisica dovrebbero essere sempre proposti non solo perché realizzabili ma per i numerosi effetti benefici che da questi derivano (Bellamy et al., 2020). Le giovani popolazioni affette da **Sindrome di Down (SD)** mostrano i più bassi livelli di fitness aerobica fra quelli con impairment intellettivo e quindi hanno un maggior bisogno di attività fisica (Seron e Greguol, 2014). I bambini affetti da SD inoltre presentano appiattimento delle fisiologiche curve del rachide sul piano sagittale, andrà quindi incentivata un'attività che permetta di accentuarle (i.e., nuoto a stile libero o a delfino) dopo opportuna valutazione della eventuale lassità a livello dell'articolazione atlanto-epistrofea (Palmieri et al., 2010).

### ***Impairment Motorio***

Un **impairment motorio** può essere dovuto a varie “condizioni di salute” (che includono sia patologie che lesioni - ad esempio di tipo traumatico). Tali condizioni di salute, insieme alle conseguenze fisiche e psicologiche portano a possibili restrizioni della partecipazione sociale (Malone et al., 2019) indipendentemente dal tipo di *impairment* che implicano. Le condizioni di salute (o cliniche) che prenderemo in considerazione sono le cerebrolesioni, le amputazioni/amlie, le lesioni del midollo spinale e la sclerosi multipla. In ciascuna condizione di salute i benefici dell'attività fisica sono eclatanti ma la partecipazione a programmi motori è ridotta e deve essere incentivata.

La **paralisi cerebrale infantile (PCI)** è una condizione patologica derivante da lesioni cerebrali, ad eziologia multifattoriale, che si verificano prima, al momento o subito dopo la nascita e che determina 3 tipi di *impairment* motorio conseguenti alla cosiddetta **cerebrolesione**: ipertono (spasticità), atassia e discinesie - soprattutto la atetosi - (Malone et al., 2019). Questi 3 diversi *impairment*, di cui il più prevalente è la spasticità, possono essere associati fra loro e presentarsi con differenti gradi di gravità e possono essere anche associati a epilessia (Christensen et al., 2014). Se i vari *impairment* sono associati è limitata la capacità di raggiungere alte intensità di esercizio aerobico, indipendentemente

---

<sup>3</sup> HRR= Heart rate reserve, cioè il valore massimo della frequenza cardiaca – heart rate, HR- misurato o stimato, sottratto del valore di HR a riposo. HRR quindi costituisce l'ambito funzionale di lavoro del cuore.

dalla capacità del sistema cardiorespiratorio. Quindi, prima di ogni prescrizione di un programma di attività fisica adattata (AFA) nei bambini affetti da PCI, dovrebbe essere effettuata una attenta valutazione funzionale del tronco e degli arti superiori ed inferiori (Balemans et al., 2013). A fronte dei sicuri effetti benefici in queste popolazioni (Malone et al., 2019), l'attività fisica è senza dubbio ridotta (Carlon et al., 2013). L'attività fisica deve mirare a migliorare la fitness cardiovascolare e la forza soprattutto nei distretti muscolari degli arti inferiori (Verschuren et al., 2008).

- in individui con grave compromissione funzionale (classe 1-2 della CP-ISRA<sup>4</sup>) sedute di allenamento aerobico di moderata intensità (40-50% della HRR) e breve durata (per un massimo di 20 minuti), preferibilmente con esercizi a catena cinetica chiusa (ad esempio utilizzando ergometri a manovella per arti superiori o cicloergometri); in quelli con minore compromissione neuromotoria sedute di allenamento aerobico di maggiore intensità (fino all'85% della HRR);
- allenamento della forza per i comparti muscolari ipotonici, in genere gli antagonisti dei muscoli affetti da spasticità.
- rilassamento muscolare e *stretching*, in particolare quello dinamico.

L'attività sportiva da consigliare andrà adattata all'*impairment* ed alla sua gravità; pertanto, bambini con deficit motori minimi, con o senza eventuale *impairment* cognitivo, potranno praticare una vasta gamma di sport (nuoto, atletica leggera, pallacanestro, calcio, ecc.), mentre nei bambini con gravi deficit motori andranno valutate discipline sportive come la boccia, l'"Electric wheelchair hockey", la vela o, nel caso in cui gli arti superiori abbiano una valida motricità (classe CP-ISRA 4 cioè solo con *impairment* agli arti inferiori), attività sportive su sedia a ruote quali il tennis tavolo, la scherma, il tennis, la pallacanestro, l'atletica leggera, ed anche lo sci di fondo seduti o l'handbike avendo cura di rispettare sempre una gradualità dell'impegno cardiovascolare e metabolico. Gli atleti con emiparesi (classe CP-ISRA 7) possono anche partecipare con successo ad attività sportive quali il ciclismo gareggiando su tricicli. Queste modalità sportive sono proponibili a bambini con CPI con vari gradi di *impairment*. Di particolare importanza, infine, la valutazione funzionale e la prescrizione da parte del medico fisiatra di ausili di mobilità adeguati (deambulatori, sedie a ruote, ortesi, ecc.) alla attività prescelta.

Le **amputazioni/amielie** a causa del conseguente *impairment*, determineranno alterazioni della propriocezione e della massa muscolare correlate all'arto mancante e cambiamenti del centro di gravità del corpo (Malone et al., 2019). L'esercizio fisico indicato in bambini ed adolescenti è analogo a quello consigliato agli amputati adulti, e mira a migliorare la forza e la resistenza muscolare, l'equilibrio e la propriocezione (esercizi di spostamento del peso come movimenti laterali, avanti-indietro e diagonali etc.) (Malone et al., 2019). Inoltre, altamente consigliata sarà la pratica sportiva per migliorare fitness cardiorespiratoria, flessibilità e composizione corporea, come pure agilità, potenza, velocità e tempi di reazione (Malone et al., 2019). Lo sport dovrà essere proposto, pur

---

<sup>4</sup> Viene utilizzata a titolo esemplificativo la classificazione della Cerebral Palsy International Sport and Recreation Association (CP-ISRA, 2006) che suddivide gli atleti in 8 gruppi di cui i primi 4, in ordine di gravità, sono incapaci di deambulare autonomamente mentre i gruppi da 5 a 8 hanno differenti tipologie di *impairment* (ad esempio nella CP-ISRA 6 è prevalente l'atetosi) e possono camminare e correre.

rispettando la gradualità dell'impegno cardiovascolare e metabolico, nel tentativo di sviluppare il maggior numero possibile di componenti della fitness legate alla salute ed alle abilità motorie. Sport di squadra, ed in particolare la pallacanestro su sedia a ruote, sono altamente consigliate per gli effetti terapeutici nella sfera sociale e psichica.

Cause frequenti di *impairment* in età infantile sono rappresentate dalle **disfunzioni del midollo spinale**, acquisite, generalmente di natura traumatica o conseguenti a lesioni iatrogene di tipo vascolare o **conseguenti a tumori**, o congeniti, come **la spina bifida**. La **lesione trasversa del midollo spinale** determina perdita, completa o incompleta, delle funzioni motorie, sensitive ed autonome riguardanti i distretti corporei sottostanti il livello della lesione, esitando in tetraplegia (compromissione a livello di tutti gli arti, superiori ed inferiori) o in paraplegia (compromissione a livello degli arti inferiori con o senza compromissione del tronco). Insieme con le lesioni traumatiche del midollo spinale (Parent et al., 2011), i difetti congeniti dello sviluppo del tubo neurale (che include la spina bifida) rappresentano le condizioni patologiche maggiormente responsabili di lesioni midollari in età pediatrica (Kirby, 2017). I pazienti con mielolesione, quando costretti a vivere su una sedia a ruote, possono entrare in un circolo vizioso indotto dalla forzata sedentarietà che perpetua ed incrementa il rischio di incorrere nel corso degli anni in patologie cardiovascolari di tipo aterosclerotico, obesità, diabete mellito tipo 2 ed osteoporosi (Jacobs e Nash, 2004). Queste persone inoltre hanno una elevata probabilità di sviluppare diverse complicanze nel corso degli anni (ACSM, 2017). Programmi di attività fisica adattata (AFA) si sono dimostrati capaci di ridurre il rischio di tali patologie e complicanze migliorando la qualità di vita (Liusuwan et al., 2007; Nash et al., 2001; Ordonez et al., 2013; Rosety-Rodriguez et al., 2014; Malone et al., 2019). Alla stessa stregua gli sport di resistenza e quelli intermittenti (di circostanza) con metabolismo aerobico-anaerobico alternato di elevata intensità, sono potenzialmente in grado di determinare adattamenti cardiovascolari salutari (Bernardi et al., 2003b; Bernardi et al., 2010; Bernardi et al., 2020). La prescrizione di attività motoria ed esercizio fisico degli adolescenti affetti da disfunzione del midollo spinale non può prescindere dalla considerazione che un dato livello di danno midollare può avere un impatto diverso in termini di risposta metabolica e cardiovascolare all'esercizio fisico (Ditor et al., 2005; Thijssen et al., 2006; Theisen, 2012). Nelle lesioni midollari complete alte, al livello o al di sopra di T1, a causa della compromissione dell'azione delle fibre simpatiche che innervano il cuore (Williams et al., 2019) la frequenza cardiaca salirà fino ad un massimo compreso tra 110 e 120 battiti al minuto (Palmieri et al., 2010). Nei tetraplegici con lesioni midollari incomplete e paraplegici, il ridotto ritorno venoso può essere compensato da un incremento della frequenza cardiaca per raggiungere, a parità di consumo di ossigeno, la stessa gettata cardiaca (Hopman, 1994), tale circolazione isocinetica si oppone allo scarso compenso tipico delle persone non allenate (circolazione ipocinetica). Gli atleti riusciranno meglio ad adattare i determinanti della gettata cardiaca alle richieste dell'attività fisica che stanno svolgendo, con un compenso della frequenza cardiaca al ridotto volume di scarica sistolica (inclusi nell'attività massimale) legato al livello di fitness aerobica raggiunta (Bernardi et al., 2020). Il ridotto ritorno venoso sarà comunque alla base di una riduzione della massa cardiaca in queste persone come anche

negli atleti rispetto a quelli con altre condizioni cliniche, quali amputazioni degli arti inferiori (Pelliccia et al., 2020). La partecipazione precoce all'attività sportiva di bambini con lesione del midollo spinale è fondamentale per contrastare tale decadimento funzionale cardiaco. Altre variabili da considerare sono l'alterata termoregolazione, l'ipotensione ortostatica, e la disriflessia autonoma (Palmieri et al., 2010). L'iniziale programma di allenamento dovrebbe includere:

- sessioni di allenamento aerobico e di forza (ACSM, 2017; Martin Ginis et al., 2018). L'allenamento aerobico dovrebbe comprendere cicli di esercizio fisico composti da serie di brevi sedute (5-10 minuti) effettuate all'ergometro a manovella o su sedia a ruote, di moderata intensità (40-60% HRR), intervallate da periodi di pausa, al fine di evitare l'insorgenza precoce del senso di fatica.
- Sessioni più prolungate e di intensità maggiore possono essere effettuate quando si raggiunga un miglioramento della massima potenza aerobica.
- elettrostimolazione funzionale degli arti inferiori con esercizio mediante ergometri adattati (Mayson & Harris, 2014).
- allenamento contro resistenza (allenamento della forza) a cadenza bi-trisettimanale (Martin Ginis et al., 2018).

Riguardo le attività sportive da consigliare a tale categoria di *impairment*, numerose e varie sono le possibilità tra cui scegliere, sia per quanto riguarda sport individuali (come le gare su campo e su pista dell'atletica leggera, l'handbike, la scherma o il tennis su sedia a ruote), che di squadra (come pallacanestro su sedia a ruote e para hockey su ghiaccio) (Bernardi et al., 2003a). È fondamentale considerare che la Storia dello sport Paralimpico nasce con la Riabilitazione dei Veterani della II guerra Mondiale con mielolesione, fra cui caposaldi vi era la gradualità dell'impegno motorio e cardiometabolico grazie alla individuazione di sport con graduale impegno. Tale storia è in effetti anche la storia della Sport-Terapia (Egidi et al., 2009). Questi concetti indubbiamente vanno mutuati nell'offerta sportiva e nella diversificazione di questa ai bambini con mielolesione.

Nei pazienti più giovani affetti da **Sclerosi multipla (SM)** l'accentuata plasticità del sistema nervoso centrale (Steele, 2018) associata ad un inizio precoce dell'esercizio fisico può contribuire a limitare notevolmente la progressione della malattia (Moghaddasi, 2014; Ekmekci, 2017) soprattutto se l'attività fisica svolta è vigorosa (Kinnett-Hopkins et al, 2016) pur se di durata ridotta (Grover et al., 2015). Tuttavia anche la partecipazione all'attività fisica (soprattutto quella vigorosa - Grover et al., 2016) degli individui affetti da SM risulta decisamente inferiore rispetto alla popolazione sana (Toussaint-Duyster et al., 2018; Grover et al., 2015 Symposium; Grover et al., 2016), pur non essendo ancora del tutto chiari i motivi di questa scarsa partecipazione all'attività fisica (Yeh et al., 2015). Al fine di promuovere un maggiore livello di attività fisica è necessario che i bambini e i ragazzi affetti da SM vengano resi consapevoli dell'efficacia dell'attività fisica. Dal loro punto di vista è fondamentale proporre attività motoria, esercizio fisico e sport adeguati al loro livello di preparazione e che quindi non li faccia incorrere in infortuni (Sikes et al 2019) o affaticamento eccessivo o a "stress termico". I bambini e i ragazzi affetti da SM vogliono inoltre sapere come comportarsi in caso di esacerbazione dei sintomi (soprattutto fatica e disturbi sensitivi) e si sentono più invogliati se l'attività fisica viene

proposta all'interno di gruppi con lo stesso livello di abilità. Superate le barriere all'attività fisica e compresa l'importanza di un avvio precoce ad essa dei pazienti giovani o pediatrici affetti da SM, è necessario promuovere specifici programmi di attività fisica adattata le cui caratteristiche sono ancora in discussione (Yeh et al., 2015). Prima di proporre programmi organizzati di attività fisica tutti i pazienti dovrebbero essere sottoposti a valutazione clinico-funzionale (Rietberg et al., 2004) o altri test (ACSM, 2017), per valutare la capacità di esercizio fisico e classificare il paziente dal punto di vista funzionale e per mettere in evidenza la possibile presenza di dis-autonomia cardiovascolare che si può associare a disturbi del comportamento pressorio e aritmie (Findling et al. 2020). Per i pazienti con minor grado di compromissione delle abilità motorie, i principi della prescrizione dell'esercizio ricalcano quelli riservati agli adulti sani. Man mano che la SM progredisce, in generale obiettivo primario del trattamento diviene quello di contrastare il progressivo decondizionamento fisico preservare forza e resistenza muscolare e mantenere l'escursione articolare. Attività come equitazione, bowling, golf e tennis tavolo sono indicati a patto di rispettare, come detto, opportuni tempi di recupero. L'attività in acqua dovrebbe essere incoraggiata; tuttavia essa risente purtroppo della suscettibilità di questi pazienti alla temperatura (in: Adapted Physical education and sport, 2011). Infine, recentemente è stata messa in evidenza l'importanza della pratica dell'arrampicata sportiva (Steimer e Weissert, 2017) come mezzo efficace per migliorare il funzionamento fisico e mentale dei pazienti affetti da SM.

### ***Impairment sensoriale***

Gli ***impairment sensoriali*** includono quelli visivi e quelli uditivi (Malone et al., 2019). Come i bambini affetti da impairment fisico o mentale, anche quelli affetti da *impairment* visivo presentano livelli di partecipazione all'attività motoria ed all'esercizio fisico inferiore rispetto ai bambini senza *impairment* (Houwen et al., 2009), specialmente in quelli con grave impairment visivo dove una più prevalente scarsa salute (9,3%) si è rilevata rispetto ai coetanei senza impairment (prevalenza del 3,4%) (Haeghele et al., 2019). Inoltre i bambini affetti da *impairment* visivo hanno livelli di sedentarietà paragonabili alle gravi forme di *impairment* neuromotorio, come la PCI o le distrofie (Longmuir et al., 2000). In generale anche nei bambini con impairment sensoriale possono essere applicate le linee guida di prescrizione di esercizio per i bambini/adolescenti normodotati (ACSM, 2017) ma deve essere riservato particolare riguardo all'allenamento dell'equilibrio (Fernandes et al., 2015; Malone et al., 2019). In questi individui, uno degli ostacoli maggiori all'inizio e al perseguimento di un programma di esercizio fisico è rappresentato dalla percezione di "barriere" da parte dei genitori (paura che i figli possano subire infortuni) sia nella mancanza di opportunità nel contesto scolastico ed extrascolastico (Haeghele & Porretta, 2015).

### ***Sintesi e Conclusioni***

La partecipazione a programmi di attività motoria, esercizio fisico e gioco sportivo è vitale nei bambini non solo per mantenere e migliorare la salute e la fitness fisica ma anche per lo sviluppo cognitivo ed emotivo (WHO, 2011). Nei bambini, negli adolescenti e nei giovani con impairment ed in particolare

quelli che usano la sedia a ruote nelle loro attività della vita quotidiana l'attività fisica ed il gioco sportivo sono ancor più fondamentali per la salute e lo sviluppo (O'Brien et al., 2016) anche per il maggior rischio delle persone con impairment di andare incontro a rischi di natura cardiometabolica e trombotica rispetto ai loro coetanei senza impairment (Malone et al., 2019) tuttavia la partecipazione dei bambini e dei giovani con impairment all'attività fisica è scarsa così come elevate sono le barriere a tale partecipazione. La letteratura scientifica d'altra parte mostra che gli studi d'intervento basati sull'esercizio fisico si sono dimostrati sicuri in queste popolazioni, in particolare in quelli che fra queste popolazioni usano la sedia a ruote nella vita quotidiana, e sono sempre associati a benefici (O'Brien et al., 2016). In conclusione programmi che promuovono attività motoria, esercizio fisico e sport, devono essere promossi ed incentivati nella nostra Società non solo per gli enormi effetti benefici che questi determinano ma anche per garantire pari diritti ed integrazione sociale (Blauwet e Willick, 2012).

## BIBLIOGRAFIA

- Adapted Physical education and sport JP Winnick ed.. Human Kinetics 2011, 5th ed
- American College of Sport Medicine (ACSM) – *Guidelines for Exercise Testing and Prescription 10th Edition*. Wolters Kluwer Publisher; Copyright 2017 American College of Sports Medicine. ISBN 9781496339065.
- Balemans AC, Van Wely L, De Heer SJ, Van den Brink J, De Koning JJ, Becher JG, Dallmeijer AJ. *Maximal aerobic and anaerobic exercise responses in children with cerebral palsy*. Med Sci Sports Exerc. 2013 Mar;45(3):561-8.
- Bellamy J, Broderick C, Hardy LL, Simar D, Puusepp-Benazzouz H, Ong N, Silove N. *Feasibility of a school-based exercise intervention for children with intellectual disability to reduce cardio-metabolic risk*. J Intellect Disabil Res. 2020 Jan;64(1):7-17.
- Bernardi M, Carucci S., Faiola F., Egidi F., Marini C., Castellano V., Faina M. *Physical Fitness Evaluation of Paralympic Winter Sports Sitting Athletes*. Clin J Sport Med 2012;22(1):26-30.
- Bernardi M, Di Giacinto B, Pisicchio C, Quattrini F. *Are sports practiced by athletes with locomotor disabilities effective in determining health benefits?* Med Sport 2003b; 56(4): 277-286.
- Bernardi M, Guerra E, Di Giacinto B, Di Cesare A, Castellano V, Bhambhani Y. *Field Evaluation of Paralympic Athletes in Selected Sports: Implications for Training*. Med. Sci. Sports Exerc 2010;42(6):1200-1208.
- Bernardi M, Guerra E, Marchettoni P, Marchetti M. *Paralympic Sports*. Med. Sport, 2003a 56 (3): 201-226.
- Bernardi M, Guerra E, Rodio A, Dante D, Castellano V, Peluso I, Schena F and Bhambhani Y. *Assessment of exercise stroke volume and its prediction from oxygen pulse in Paralympic Athletes with locomotor impairments: cardiac long-term adaptations are possible*. Front. Physiol. 2020 | doi: 10.3389/fphys.2019.01451.
- Bhambhani Y. (2002). *Physiology of wheelchair racing in athletes with spinal cord injury*. Sports Medicine, 32:23-51.
- Blauwet C., Willick SE. *The Paralympic Movement: Using Sports to Promote Health, Disability Rights, and Social Integration for Athletes With Disabilities*. PM R 2012;4:851-856.
- Carlon S, Shields N, Dodd K, Taylor N. *Differences in habitual physical activity levels of young people with cerebral palsy and their typically developing peers: a systematic review*. Disabil Rehabil. 2013;35:647–55.

- Christensen D, Van Naarden Braun K, Doernberg NS, Maenner MJ, Arneson CL, Durkin MS, Benedict RE, Kirby RS, Wingate MS, Fitzgerald R, Yeargin-Allsopp M. *Prevalence of cerebral palsy, co-occurring autism spectrum disorders, and motor functioning – Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, USA, 2008*. Dev Med Child Neurol. 2014;56:59-65.
- Corrado D, Basso C, Rizzoli G, Schiavon M, Thiene G. *Does sport activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults?* J American Coll Cardiology 2003;42(11):1959-1963.
- CP-ISRA, Cerebral Palsy International Sport and Recreation Association. *Classification and Sports Rules Manual*. 9th ed. Nottingham, England: CPISRA; 2006.
- De Vivo MJ, Krause JS, Lammertse DP. *Recent trends in mortality and causes of death among persons with spinal cord injury*. Arch Phys Med Rehabil. 1999 Nov;80(11):1411-9.
- Ditor DS et al. *The effects of body-weight supported treadmill training on cardiovascular regulation in individuals with motor-complete SCI*. Spinal Cord. 2005 Nov. 43(11):664-73.
- Egidi F, Faiola F., Guerra E., Marini C., Sardella F. e Bernardi M. *Sport for disabled individuals: from rehabilitation to Paralympic Games*. Med Sport 2009; 62(4):597-601.
- Ekmekci, O. Pediatric Multiple Sclerosis and Cognition: A Review of Clinical, Neuropsychologic, and Neuroradiologic Features. BehavNeurol 2017;ArticleID 1463570 | 11 pages| <https://doi.org/10.1155/2017/1463570>.
- Fernandes R, Hariprasad S, Kumar VK. *Physical therapy management for balance deficits in children with hearing impairments: A systematic review*. J Paediatr Child Health. 2015 Aug;51(8):753-8.
- Findling O., Hauer L., Pezawas T., Rommer P.S., Struhal W., Sellner J. *Cardiac autonomic disfunction in multiple sclerosis: a sistematic review of current knowlodge and impact of immunotherapies* 2020; feb; 9(2): 335.
- Frey G, Stanish HI, Temple VA. *Physical activity of youth with intellectual disability: review and research agenda*. Adapt Phys Activ Q. 2008;25:95–117.
- Frey GC, Temple VA, Stanish HI. *Interventions to promote physical activity for youth with intellectual disabilities*. Salud Publica Mex 2017;59:437-445.
- Grover SA, Sawicki CP, Kinnett-Hopkins D, et al. *Physical activity and its correlates in youth with multiple sclerosis*. J Pediatr. 2016;179: 197–203
- Grover, S, Aubert-Broche, B, Fetco, D. *Lower physical activity is associated with higher disease burden in pediatric multiple sclerosis*. Neurology 2015 Nov 10; 85(19): 1663–1669.
- Grover, SA, Kinnette-Hopkins, D, Sawicki, C. *Low levels of participation in vigorous physical activity in youth with ms and the association with fatigue and depression*. MS Ontario-Manitoba RRTC Neuroinflammatory Symposium and ECTRIMS. 2015.
- Haegele JA, Aigner CJ, Healy S. Physical activity, body mass index, and health status among youth with severe visual impairments aged 13–17 years in the United States. Disability and Health Journal, Volume 12, Issue 1, January 2019, Pages 24-28.
- Haegele JA, Porretta D. *Physical Activity and School-Age in Individuals With Visual Impairments: A Literature Review*. Adapted Physical Activity Quarterly, 2015, 32, 68-82.
- Hopman M. T. (1994). *Circulatory responses during arm exercise in individuals with paraplegia*. Int. J. Sports Med. 15, 126–131. 10.1055/s-2007-1021033.
- Houwen S., Hartman E, Visscher C. *Physical activity and motor skills in children with and without visual impairments*. Med Sci Sports Exerc. 2009 Jan;41(1):103-9.
- Jacobs PL, Nash MS. *Exercise recommendations for individuals with spinal cord injury*. Sports Med. 2004; 34, 727–751. 10.2165/00007256-200434110-00003.

- Kinnett-Hopkins D, Grover SA, Yeh EA, Motl RW, *Physical activity in pediatric onset multiple sclerosis: validating a questionnaire for clinical practice and research*. Mult Scler Relat Disord 2016; Nov. 10: 26-29.
- Kirby RS, *The prevalence of selected major birth defects in the United States*. Semin Perinatol. 2017 Oct;41(6):338-344.
- Liusuwan RA, Widman LM, Abresch RT, Johnson AJ, McDonald CM. *Behavioral intervention, exercise, and nutrition education to improve health and fitness (BENEFIT) in adolescents with mobility impairment due to spinal cord dysfunction*. J Spinal Cord Med. 2007;30 Suppl 1:S119-26.
- Longmuir PE et al. *Factors influencing physical activity levels of youth with physical and sensory disabilities*. Adapted Physical Activity Quarterly, 2000;17(1),40–53.
- Malone LA, Barfield JP, Agiovlasitis S, de Groot S, Bickel CS, Winckler C, Bernardi M. *Chapter 12: Physical, Sensory, and Intellectual Impairments*. p: 531-557. In ACSM's Clinical Exercise Physiology. Editor WR Thompson; Wolters Kluwer Publisher; Copyright 2019 American College of Sports Medicine. ISBN 978-1-4963-8780-6.
- Martin Ginis KA, van der Scheer JW, Latimer-Cheung AE, Barrow A, Bourne C, Carruthers P, Bernardi M, Ditor DS, Gaudet S, de Groot S, Hayes KC, Hicks AL, Leicht CA, Lexell J, Macaluso S, Manns PJ, McBride CB, Noonan VK, Pomerleau P, Rimmer JH, Shaw RB, Smith B, Smith KM, Steeves JD, Tussler D, West CR, Wolfe DL, Goosey-Tolfrey VL. *Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: an update and a new guideline*. Spinal Cord 2018; 56 (4): 308-321. doi: 10.1038/s41393-017-0017-3.
- Mayson TA, Harris SR. *Functional electrical stimulation cycling in youth with spinal cord injury: A review of intervention studies*. J Spinal Cord Med. 2014 May;37(3):266-77.
- McGrath R, Hall O, Peterson M, DeVivo M, Heinemann A, Kalpakjian C. *The association between the etiology of a spinal cord injury and time to mortality in the United States: A 44-year investigation*. J Spinal Cord Med. 2019 Jul;42(4):444-452.
- Moghaddasi N.A. *Neuroplasticity in Early Onset Multiple Sclerosis*. Iran J Child Neurol. 2014 Autumn; 8(4): 80-81.
- Nash MS, Jacobs PL, Mendez AJ, Goldberg RB. *Circuit resistance training improve the atherogenic lipid profiles of persons with chronic paraplegia*. J Spinal Cord Med. 2001. 24(1):2-9.
- O'Brien TD, Noyes J, Spencer LH, Kubis HP, Hastings RP, Whitaker R. *Systematic review of physical activity and exercise interventions to improve health, fitness and well-being of children and young people who use wheelchairs*. BMJ Open Sport Exerc Med. 2016 Nov 15;2(1):e000109.
- Ordonez FJ, Rosety MA, Camacho A, Rosety I, Diaz AJ, Fornieles G, et al. *Arm-cranking exercise reduced oxidative damage in adults with chronic spinal cord injury*. Arch. Phys. Med. Rehabil. 2013; 94, 2336–2341. 10.1016/j.apmr.2013.05.029.
- Palmieri V., Spataro A., Bernardi M. *Cardiovascular eligibility in specific conditions: the paralympic athlete*. Med Sport 2010; 63(1):95-101.
- Parent S, Mac-Thiong JM, Roy-Beaudry M, Sosa JF, Labelle H. *Spinal cord injury in the pediatric population: a systematic review of the literature*. J Neurotrauma 2011; 28(8):1515–24.
- Pelliccia A, F.M. Quattrini, E. Cavarretta, M.R. Squeo, P.E. Adami, F.M. Di Paolo, A. Spataro, M. Bernardi. *Physiologic and Clinical Features of the Paralympic Athlete's Heart*. JAMA Cardiol. doi:10.1001/jamacardio.2020.4306 - Published online September 23, 2020.
- Pelliccia A, Quattrini FM, Squeo MR, Caselli S, Culasso F, Link MS, Spataro A, Bernardi M. *Cardiovascular diseases in Paralympic athletes*. Br J Sports Med. 2016 Sep;50(17):1075-80. doi: 10.1136/bjsports-2015-095867.
- Rietberg MB, Brooks D, Uitdehaag BM, et al. *Exercise therapy for multiple sclerosis*. Cochrane Database Syst Rev 2004;(3): CD003980.

- Roberston J, Emerson E, Baines S, Hatton C. *Self-Reported Participation in Sport/Exercise Among Adolescents and Young Adults with and without Mild to Moderate Intellectual Disability*. – J Phys Act Health 2018 Apr 1; 15(4):247-254.
- Rosety-Rodriguez M, Camacho A, Rosety I, Fornieles G, Rosety MA, Diaz AJ, et al. *Low-grade systemic inflammation and leptin levels were improved by arm cranking exercise in adults with chronic spinal cord injury*. Arch. Phys. Med. Rehabil. 2014; 95, 297–302. 10.1016/j.apmr.2013.08.246.
- Ross SM, Bogart KR, Logan SW, Case L, Fine J, Thompson H. *Physical Activity Participation of Disabled Children: A Systematic Review of Conceptual and Methodological Approaches in Health Research*. Front Public Health. 2016 Sep 5;4:187. doi: 10.3389/fpubh.2016.00187.
- Seron BB, Greguol M. *Assessment protocols of maximum oxygen consumption in young people with Down syndrome--a review*. Res Dev Disabil. 2014 Mar;35(3):676-85.
- Sikes M.E., Richardson E.V., *A Qualitative Study of Exercise and Physical Activity in Adolescents with Pediatric-Onset Multiple Sclerosis* Article in: International Journal of MS Care · March 2019 DOI: 10.7224/1537-2073.2018-033
- Steele, CJ, Zatorre, RJ. Practice makes plasticity. Nat Neurosci 2018; 21(12): 1645–1646.
- Steimer J and Weissert J. Effect of sport climbing on multiple sclerosis. Frontiers in Physiology Front. Physiol., 19 December 2017 Review article DOI: 10.3389/fphys.2017.01021
- Theisen D. (2012). *Cardiovascular determinants of exercise capacity in the Paralympic athlete with spinal cord injury*. Exp. Physiol. 2012; 97, 319–324. 10.1113/expphysiol.2011.063016
- Thijssen DH, Ellenkamp R, Smits P, Hopman MT. *Rapid vascular adaptations to training and de training in persons with spinal cord injury*. Arch Phys Med Rehabil. 2006 Apr;87(4):474-81.
- Toussaint-Duyster LCC, Wong YYM, Van der Cammen-van Zijp MH, Van Pelt-Gravesteijn D, Catsman-Berrevoets CE, Hintzen RQ, Neuteboom RF. *Fatigue and physical functioning in children with multiple sclerosis and acute disseminated encephalomyelitis* Mult Scler. 2018; 24(7) 982-990.
- Tweedy SM, Vanlandewick YC. *International Paralympic Committee position stand background and scientific principles of classification in Paralympic sport*. British Journal Sports Medicine 2011; 45:259-269.
- Verschuren O, Ketelaar M, Takken T, Helders PJ, Gorter JW. *Exercise programs for children with cerebral palsy: a systematic review of the literature*. Am J Phys Med Rehabil. 2008 May;87(5):404-17.
- Webborn N., Van De Vliet P. *Paralympic Medicine*. The Lancet 2012; 379: 65–71.
- World Health Organisation. *Global recommendations on physical activity for health; 5–17 years old*. 2011. <http://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/en/> (accessed Aug 2015).
- World Health Organization. *International Classification of Functioning, Disability and Health*. Geneva, 2001.
- Yeh E.A., Kinneth-Hopkins D., Grover S.A., Motl R.W., *Physical activity and pediatric multiple sclerosis: developing a research agenda* Mult. Scler. 2015 Nov 21(13): 1618-25