



Movimento in 3S

Promozione della **SALUTE** nelle
SCUOLE attraverso lo **SPORT**



Consigli pratici per i docenti e le famiglie



2



Movimento in 3S: Promozione della SALUTE nelle SCUOLE attraverso lo SPORT

Responsabile Scientifico:

Prof. Stefano Lazzer

Corso di Laurea in Scienze Motorie, Dipartimento di Area medica, Università di Udine

Collaboratori:

Prof.ssa Maria Parpinel

Dipartimento di Area medica, Università di Udine

Dott.ssa Federica Cozzarin

Dipartimento di Area medica, Università di Udine

Dott.ssa Federica Fiori

Dipartimento di Area medica, Università di Udine

Dott. Filippo Vaccari

Dipartimento di Area medica, Università di Udine

Dott.ssa Giulia Bravo

Dipartimento di Area medica, Università di Udine

Dott. Giovanni Messina

Scuola Regionale dello Sport, CONI Friuli Venezia Giulia

Dott.ssa Rita Malavolta

CONI Friuli Venezia Giulia

Coordinamento Progettuale

CONI

Comitato Regionale Friuli Venezia Giulia

USR

Ufficio Scolastico Regionale Friuli Venezia Giulia

Regione Friuli Venezia Giulia

Un particolare ringraziamento agli Esperti in Scienze Motorie che negli anni hanno collaborato attivamente nella realizzazione del Progetto presso gli Istituti Scolastici di primo grado della Regione Friuli Venezia Giulia

Indice

Premessa e obiettivo del progetto.....	5
Parte I.....	7
Sovrappeso e obesità in età evolutiva: una visioned'insieme del problema..	7
Parte II.....	33
Il progetto “Movimento in 3S - Promozione della Sa-lute nelle Scuole attraverso lo Sport”	33
Parte III	75
Strategie volte a contrastare l'obesità infantile e raccomandazioni per la promozione dell'attività fisica nei bambini	75
Conclusioni	85
Bibliografia	87

Premessa e obiettivo del progetto

L'obesità infantile costituisce un problema prioritario di Sanità Pubblica a livello mondiale, dal momento che rappresenta un fenomeno in rapida espansione. Secondo i dati dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, dal 1975 ad oggi la prevalenza dell'obesità nella popolazione è triplicata, e per quanto riguarda la popolazione pediatrica di età compresa tra 5 e 19 anni si contano nel mondo oltre 340 milioni di bambini sovrappeso od obesi. L'eccesso ponderale e l'obesità infantile sono una causa ben identificata di diverse comorbidità, soprattutto a livello metabolico e cardiovascolare: queste ultime solitamente tendono a presentarsi in età adulta e determinano una probabilità più elevata di morte prematura e disabilità.

La prima parte della relazione è volta a fornire un quadro generale circa il problema dell'obesità infantile, con particolare attenzione ai fattori di rischio, sia individuali che ambientali, che predispongono l'individuo all'eccesso ponderale e che costituiscono le componenti di un circolo vizioso difficile da interrompere. La sorveglianza epidemiologica a livello nazionale indica che ampie fasce di popolazione hanno scorretti stili di vita caratterizzati da un'insufficiente attività fisica e da un'alimentazione non equilibrata. Si andrà quindi a focalizzare l'attenzione sull'importanza dell'attività fisica come elemento cardine per il controllo ponderale durante l'infanzia e di come questa venga implementata all'interno dei programmi scolastici di educazione fisica.

La letteratura scientifica sull'argomento è cresciuta in maniera esponenziale negli ultimi decenni, mettendo in evidenza la necessità di intraprendere urgentemente interventi volti alla prevenzione dell'eccesso ponderale fin dai primi anni di vita. Nonostante questo, le azioni e le politiche messe in atto per contrastare l'obesità nei diversi Paesi non si sono dimostrate finora sufficienti ad arrestare l'incremento nella prevalenza di tale patologia a livello globale. A livello regionale, anche il Friuli-Venezia Giulia non è esente da questa problematica. Il Progetto "Movimento in 3S – Promozione della Salute nelle Scuole attraverso lo Sport" si inserisce a pieno titolo nel panorama di strategie di Salute Pubblica volte a contrastare l'incremento dell'obesità nella popolazione pediatrica. Si tratta di un Progetto di educazione alla salute rivolto ai bambini delle scuole primarie della Regione, con l'intento di promuovere e diffondere la cultura del movimento e di favorire l'attività motoria come proposta pedagogico-didattica. Le attività progettuali si sono articolate in lezioni di educazione motoria tenute da esperti appositamente formati, nell'introduzione da parte dei docenti di concetti inerenti stili di vita sani nei programmi curriculari scolastici e nella partecipazione diretta delle famiglie a incontri di informazione tenuti da professionisti quali pediatri, psicopedagogisti, nutrizionisti e specialisti in medicina dello sport.

Nella seconda parte della relazione verranno presentati e discussi i risultati del Progetto in termini di miglioramento delle abilità motorie nei bambini che hanno partecipato all'attività fisica in compresenza dell'esperto laureato in Scienze Motorie, sottolineando

l'importanza della presenza di educatori con formazione specialistica nelle scuole. All'interno del vasto panorama di strategie di promozione dell'attività fisica e delle corrette scelte alimentari, la comunicazione si pone come un elemento cruciale, in quanto rappresenta lo strumento decisivo per veicolare informazioni corrette attraverso messaggi semplici e stimolanti la riflessione.

Nella terza parte della relazione si approfondiranno più dettagliatamente queste strategie comunicative e verrà ribadita l'importanza della partecipazione diretta delle famiglie. A conclusione della relazione sono stati prodotti degli opuscoli informativi da destinare agli insegnanti e alle famiglie dei bambini che hanno partecipato alle attività del Progetto, che riassumono i principali risultati ottenuti nel corso degli anni di attività progettuale e contengono alcuni consigli pratici riguardo alle corrette scelte alimentari e ai benefici dell'attività fisica in generale.

Parte I

Sovrappeso e obesità in età evolutiva: una visione d'insieme del problema

Il sovrappeso e l'obesità sono definiti come un eccessivo e generalizzato accumulo di grasso corporeo in grado di indurre un aumento significativo del rischio per la salute [1]. L'eccesso ponderale è correlato all'insorgenza di diverse patologie cronico-degenerative, come quelle cardiovascolari, il diabete e alcuni tipi di tumore, che complessivamente riducono l'aspettativa e la qualità di vita. A causa delle complicità per la salute ormai ampiamente dimostrate e del sostanziale aumento della prevalenza, l'obesità è diventata uno dei principali problemi di Salute Pubblica nel mondo. Come primo passo è importante definire i criteri con cui si stabilisce la presenza di eccesso ponderale nei bambini.

1 Criteri per la definizione di sovrappeso e obesità nel bambino

La quantità di grasso presente in un individuo può essere stimata con diversi metodi: le tecniche per la misurazione diretta permettono di valutare con precisione la composizione corporea e di differenziare la massa grassa dalla massa magra, in base alla diversa densità delle due componenti. Tali metodiche includono l'assorbimetria a raggi X a doppia energia (*dual energy X-ray absorptiometry*, DEXA), la tomografia computerizzata e la risonanza magnetica; benché siano tecniche più accurate, va precisato che sono però dispendiose e vengono utilizzate prevalentemente a scopo di ricerca, come *gold standard* per la validazione delle misure antropometriche indirette [2]. Le metodiche indirette si basano sulla misurazione di diverse caratteristiche antropometriche, come altezza, peso, circonferenze corporee e spessore delle pliche cutanee, che vengono poi utilizzate nel calcolo di indici specifici, come ad esempio l'indice di massa corporea, l'indice ponderale, il *waist-to-hip ratio* e altri.

L'indice di massa corporea (*body mass index*, BMI) si calcola dividendo la massa per il quadrato dell'altezza (kg/m^2) ed è un ottimo indicatore per la stima del grasso corporeo; attualmente è considerato il metodo più pratico per valutare l'adiposità [3, 4, 5], perché è affidabile, facile da calcolare, non richiede strumentazione particolare e ha una limitata variabilità intra- e inter-operatore. Tuttavia, uno degli svantaggi legati all'utilizzo del BMI è che non distingue tra massa grassa e massa magra, per cui i soggetti con una massa muscolare particolarmente sviluppata possono essere classificati erroneamente come sovrappeso od obesi.

Per gli adulti esistono dei *cut-off* ben precisi di BMI per definire il sovrappeso e l'obesità: si definisce sovrappeso un individuo con BMI compreso tra 25 e 30 kg/m^2 e obeso se il BMI supera 30 kg/m^2 . Durante la crescita non è possibile fissare un *cut-off* univoco, perché la quantità di grasso corporeo è variabile a seconda dell'età: in particolare, durante i primi mesi di vita e fino al primo anno si ha un incremento dell'adiposità, che poi si riduce fino a un valore minimo raggiunto intorno ai 5-6 anni (*adiposity rebound*), e successivamente torna ad aumentare fino ai 18-19 anni (figura 1). Di conseguenza, sovrappeso e obesità vengono definiti valutando il BMI aggiustato per l'età, confrontandolo con le curve di crescita di riferimento [6].

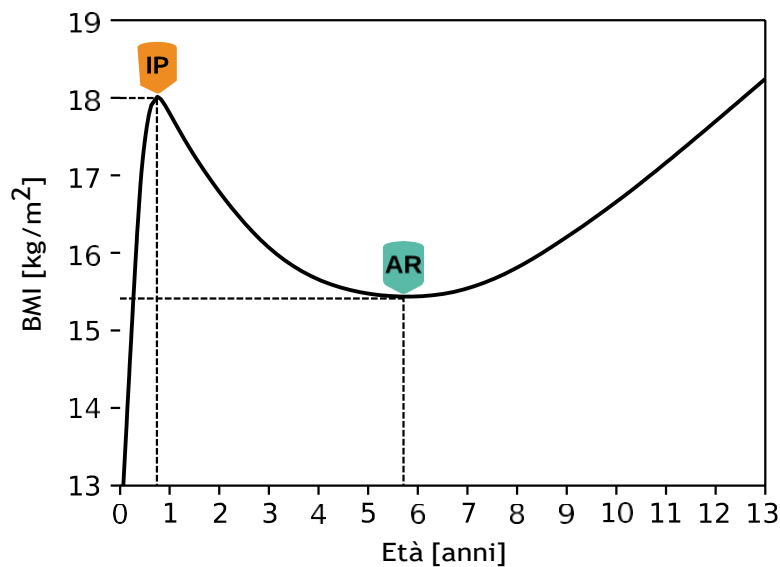


Figura 1: variazioni tipiche del valore di BMI durante la crescita: il picco di adiposità (*infancy peak*, IP) viene raggiunto intorno all'anno di età; tra i 5 e i 6 anni si raggiunge il valore minimo dell'adiposità (*adiposity rebound*, AR), dopo il quale il BMI torna ad aumentare fino ai 18-19 anni.

Al momento non esiste un unico standard universalmente condiviso per la classificazione di sovrappeso e obesità in età pediatrica [7]. Le curve di crescita maggiormente diffuse e utilizzate a livello internazionale sono quelle proposte dall'*International Obesity Task Force* (IOTF) nel 2000, poi aggiornate nel 2012 [8], e dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (*World Health Organization*, WHO) nel 2007: i cut-off da esse ricavati differiscono leggermente tra loro, a causa della diversa popolazione di riferimento da cui sono stati ricavati i dati e dell'approccio statistico utilizzato. Diversi Paesi hanno poi sviluppato delle curve di riferimento nazionali, costruite per adattarsi meglio alla propria popolazione.

Il sistema di classificazione adottato da IOTF è stato sviluppato a partire dal lavoro di Cole et al. [9], nel quale sono stati raccolti e combinati i dati di BMI ottenuti da indagini campionarie di tipo trasversale svolte in 6 Paesi (Brasile, Paesi Bassi, Regno Unito, Singapore, USA e regione di Hong Kong). Successivamente, all'interno della distribuzione di BMI ottenuta, i cut-off sono stati estrapolati considerando i due centili che intersecano i valori soglia di sovrappeso e obesità per la popolazione adulta: si considera sovrappeso un bambino con BMI corrispondente al percentile che raggiunge il BMI di 25 kg/m² a 18 anni e obeso con BMI corrispondente al percentile che raggiunge il BMI di 30 kg/m² a 18 anni. In pratica, l'approccio utilizzato da IOTF si basa sull'idea che i cut-off di BMI per sovrappeso e obesità negli adulti, così scelti in quanto associati a comprovati rischi per la salute, possano essere ricondotti a soggetti più giovani [10]. Il vantaggio del metodo proposto da IOTF è che i dati relativi al BMI sono stati ricavati da una popolazione mista, rappresentativa di diverse etnie, offrendo quindi la possibilità di fare confronti internazionali.

Lo standard di classificazione proposto dall'OMS è stato sviluppato a partire dai dati ricavati

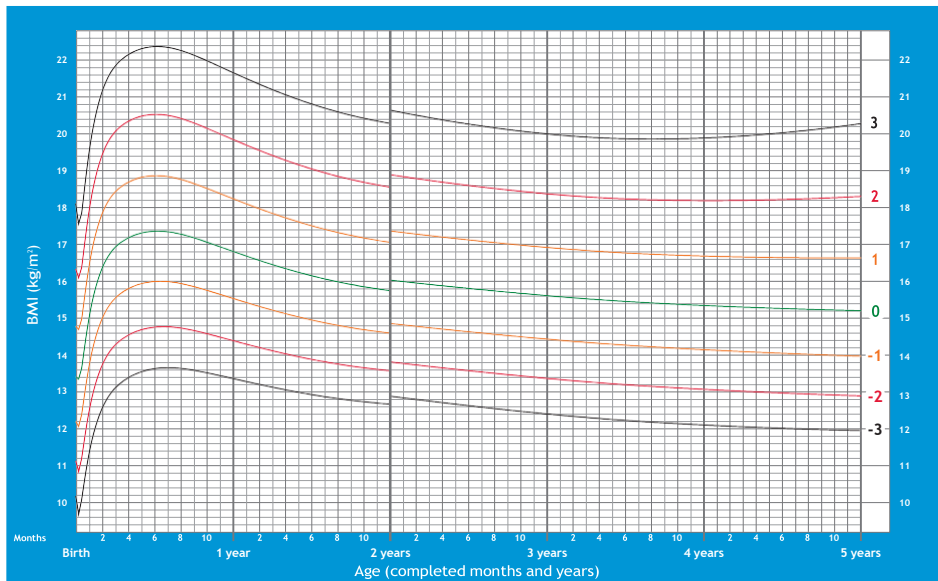
dallo studio *WHO Multicentre Growth Reference Study* (MGRS), condotto tra il 1997 e il 2003 su circa 8500 bambini di età inferiore a cinque anni provenienti da diversi Paesi (Brasile, Ghana, India, Norvegia, Oman e USA) [11]. Lo studio MGRS è stato costruito con un approccio di tipo prescrittivo, con l'obiettivo di fornire un unico riferimento internazionale che rappresentasse la migliore descrizione della crescita fisiologica per i bambini al di sotto dei cinque anni di età [11]. In altre parole, le curve di crescita proposte dall'OMS si propongono di descrivere come i bambini potrebbero e dovrebbero crescere se posti in un ambiente ideale, senza ostacoli al raggiungimento del potenziale genetico di crescita [12]. I criteri di inclusione dello studio stabilivano di arruolare solo bambini senza comorbidità, nati a termine, allattati al seno per almeno 6 mesi e svezzati in modo graduale, provenienti da un contesto socioeconomico favorevole e con facile accesso alle cure pediatriche. Le curve di crescita così ottenute sono illustrate in figura 2. Per la fascia d'età da 5 a 19 anni, data l'impossibilità di ripetere lo studio MGRS per motivi economico-politici, le curve di crescita attualmente in uso sono state ottenute combinando i dati del *National Center for Health Statistics* (NCHS) del 1976 con gli standard per i bambini sotto i cinque anni (figura 3) [13]. I cut-off per la definizione di sovrappeso e obesità nei bambini secondo l'OMS utilizzano gli *Z-scores*¹ di BMI, aggiustati per età e genere:

- da 0 a 5 anni, si definisce sovrappeso un bambino con BMI maggiore di 2 deviazioni standard (*standard deviations*, SD) sopra la mediana e obeso con BMI maggiore di 3 SD sopra la mediana;
- da 5 a 19 anni, si definisce sovrappeso un bambino con BMI maggiore di 1 SD sopra la mediana e obeso con BMI maggiore di 2 SD sopra la mediana.

¹Lo Z-score o Standard Deviation Score (SDS) è il discostamento della misura dalla mediana espresso in numero di deviazioni standard.

BMI-for-age BOYS

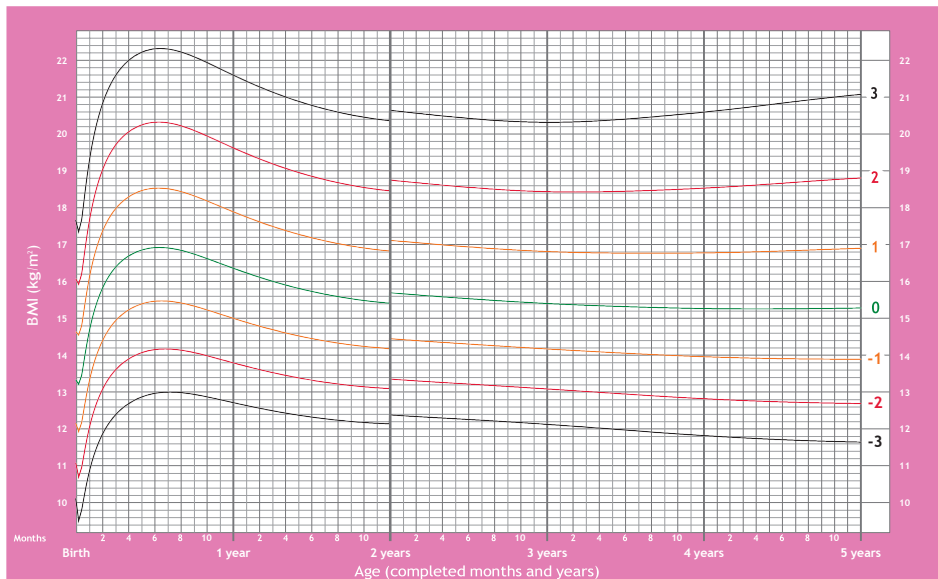
Birth to 5 years (z-scores)



WHO Child Growth Standards

BMI-for-age GIRLS

Birth to 5 years (z-scores)

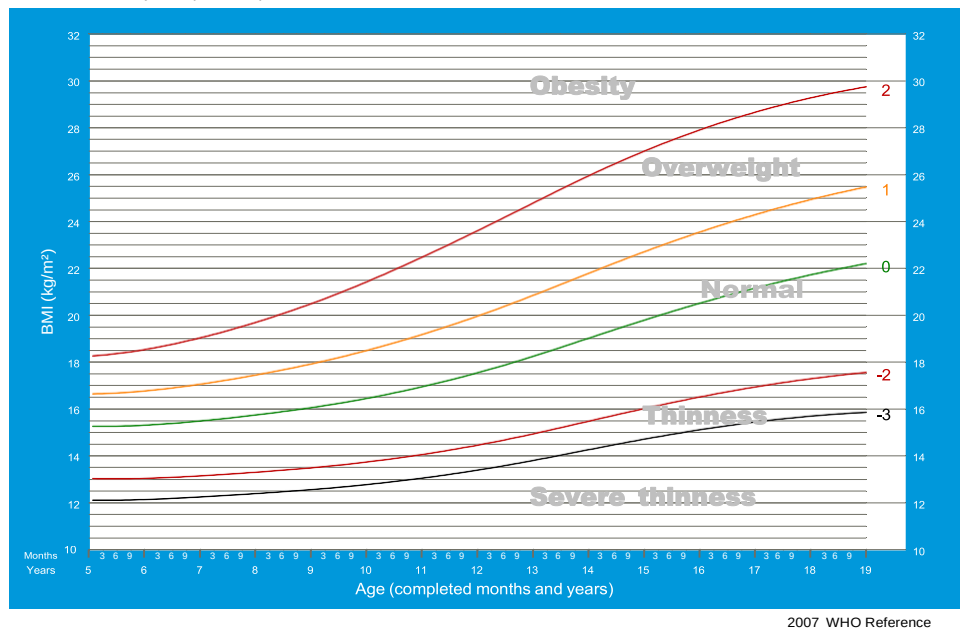


WHO Child Growth Standards

Figura 2: BMI aggiustato per l'età, nei maschi e nelle femmine, da 0 a 5 anni (da WHO Child Growth Standards, <https://www.who.int/toolkits/child-growth-standards/standards/body-mass-index-for-age-bmi-for-age>).

BMI-for-age BOYS

5 to 19 years (z-scores)



BMI-for-age GIRLS

5 to 19 years (z-scores)

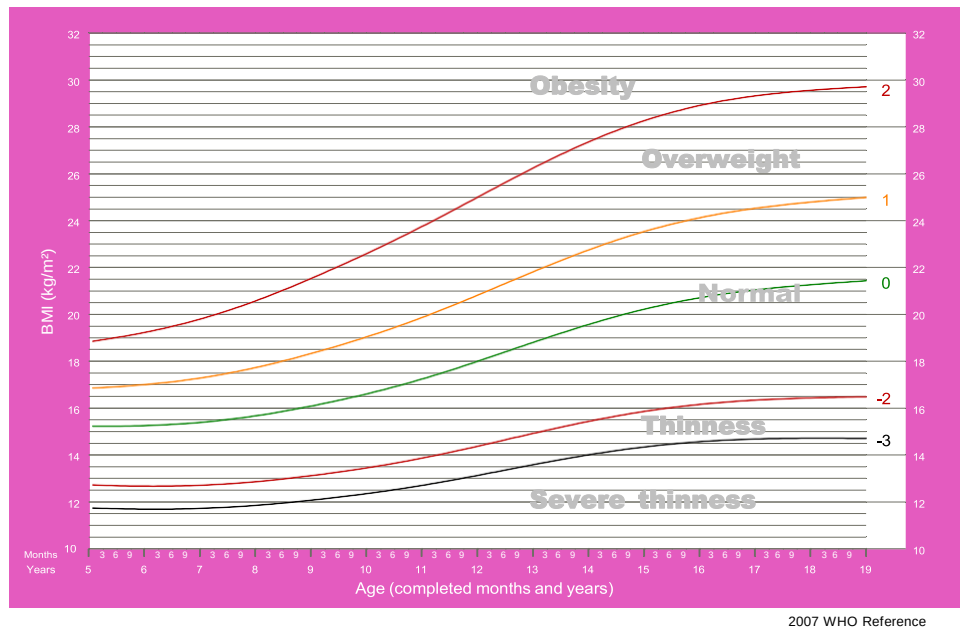


Figura 3: BMI aggiustato per l'età, nei maschi e nelle femmine, da 5 a 19 anni (da 2007 WHO Reference, <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years/indicators/bmi-for-age>).

2 Epidemiologia

A causa delle complicate per la salute ormai ampiamente dimostrate e del sostanziale aumento della prevalenza, l'obesità è diventata uno dei principali problemi di Salute Pubblica nel mondo, tanto che alcuni autori ne hanno parlato in termini di epidemia del terzo millennio. Ng et al. [14] hanno condotto una revisione sistematica dei dati relativi alla prevalenza di sovrappeso e obesità nel mondo tra il 1980 e il 2013, nell'ambito dello studio Global Burden of Disease 2013: i dati pubblicati mostrano un aumento della prevalenza di sovrappeso e obesità in età pediatrica del 47,1%, con un incremento rilevante sia nei paesi sviluppati (mediamente, dal 17% nel 1980 al 23% nel 2013), che in quelli in via di sviluppo (mediamente, dall'8% nel 1980 al 13% nel 2013), senza sostanziali differenze tra maschi e femmine (figura 4).

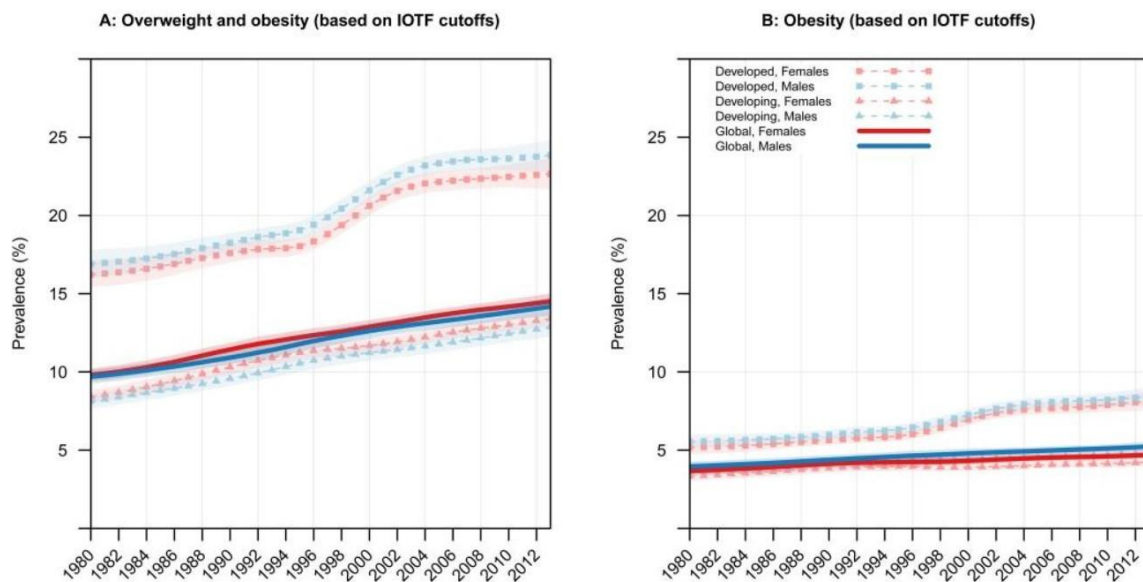


Figura 4: prevalenza standardizzata per età di sovrappeso e obesità (A) e sola obesità (B) in bambini e adolescenti, per Paesi sviluppati e in via di sviluppo (da Ng et al., *Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013*).

La prevalenza dell'obesità in età pediatrica è più alta nei Paesi sviluppati rispetto a quelli in via di sviluppo (figure 5 e 6), ma va precisato che il trend di crescita per i Paesi sviluppati ha subito un rallentamento nell'ultimo decennio, tanto che alcuni autori ritengono sia stato raggiunto un plateau [15]. Più preoccupante è la situazione che emerge dall'analisi dei dati provenienti dai Paesi in via di sviluppo, dove l'incremento dell'obesità infantile sta continuando, e dove al momento vivono circa i due terzi di tutta la popolazione obesa mondiale [14].

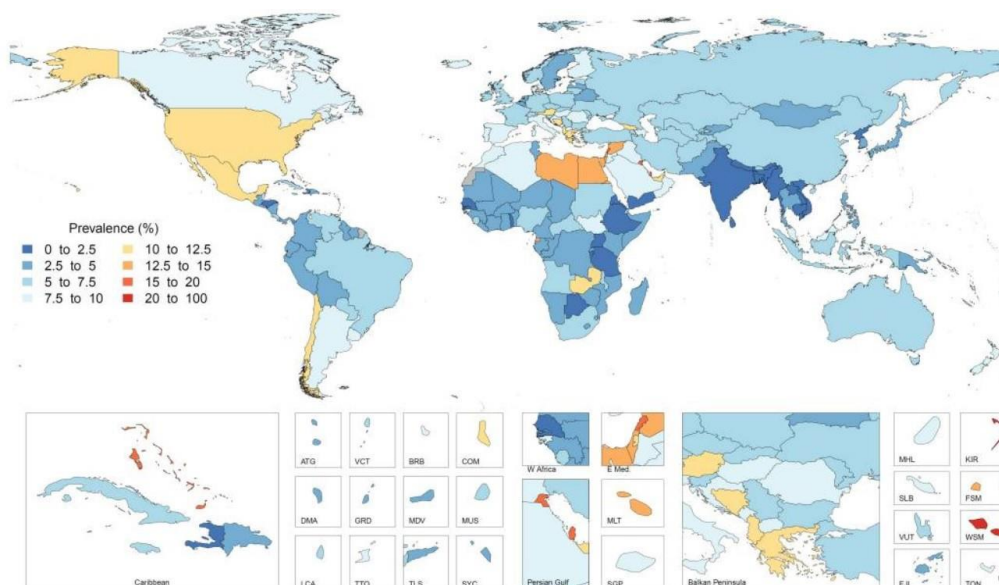


Figura 5: prevalenza standardizzata per età di obesità nel mondo, nei maschi da 2 a 19 anni (da Ng et al., *Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013*, 2014).

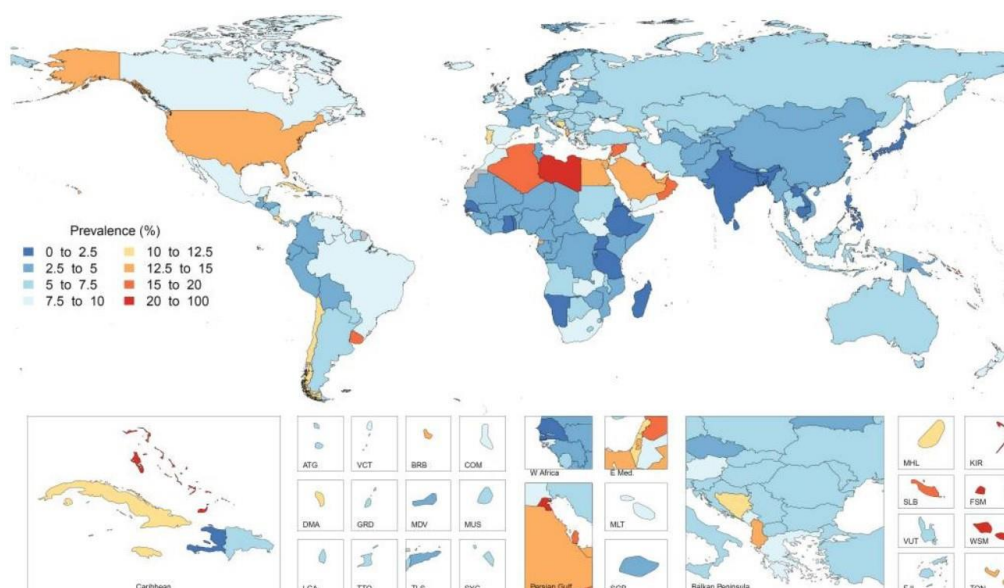


Figura 6: prevalenza standardizzata per età di obesità nel mondo, nelle femmine da 2 a 19 anni (da Ng et al., *Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013*, 2014).

A partire dal 2006, l'Ufficio Regionale Europeo dell'OMS ha proposto agli Stati membri di adottare il sistema di sorveglianza sull'obesità infantile COSI (*Childhood Obesity Surveillance Initiative*), con l'obiettivo di rilevare l'andamento nel tempo dei livelli di sovrappeso

e obesità tra i bambini della scuola primaria di età compresa tra 6 e 9 anni. La prima raccolta di dati è avvenuta durante l'anno scolastico 2007-2008 e ha coinvolto solo 13 Stati membri; con il tempo, sono seguiti altri quattro cicli di raccolta dati (2009-2010, 2012-2013, 2015-2016, 2018-2019), che hanno visto coinvolti un numero di Stati via via maggiore. Attualmente il sistema COSI è stato avviato in oltre 40 Stati membri europei ed ha coinvolto più di mezzo milione di bambini [16].

In figura 7 sono riportati i dati di prevalenza ottenuti nel corso delle varie rilevazioni COSI: i bambini che risiedono nei paesi dell'Europa meridionale mostrano la più alta prevalenza di sovrappeso e obesità. I Paesi maggiormente interessati dal problema sono Grecia, Spagna, Italia, Malta, Cipro, e in particolare alcune isole del Mediterraneo, come la Sicilia e Creta, tanto da far parlare di “problema mediterraneo” [17]. Questo è dovuto al fatto che diversi fattori di rischio, come l'insufficiente attività fisica e la mancata aderenza alla cosiddetta dieta mediterranea, sono maggiormente diffusi nelle popolazioni dell'Europa meridionale [18].

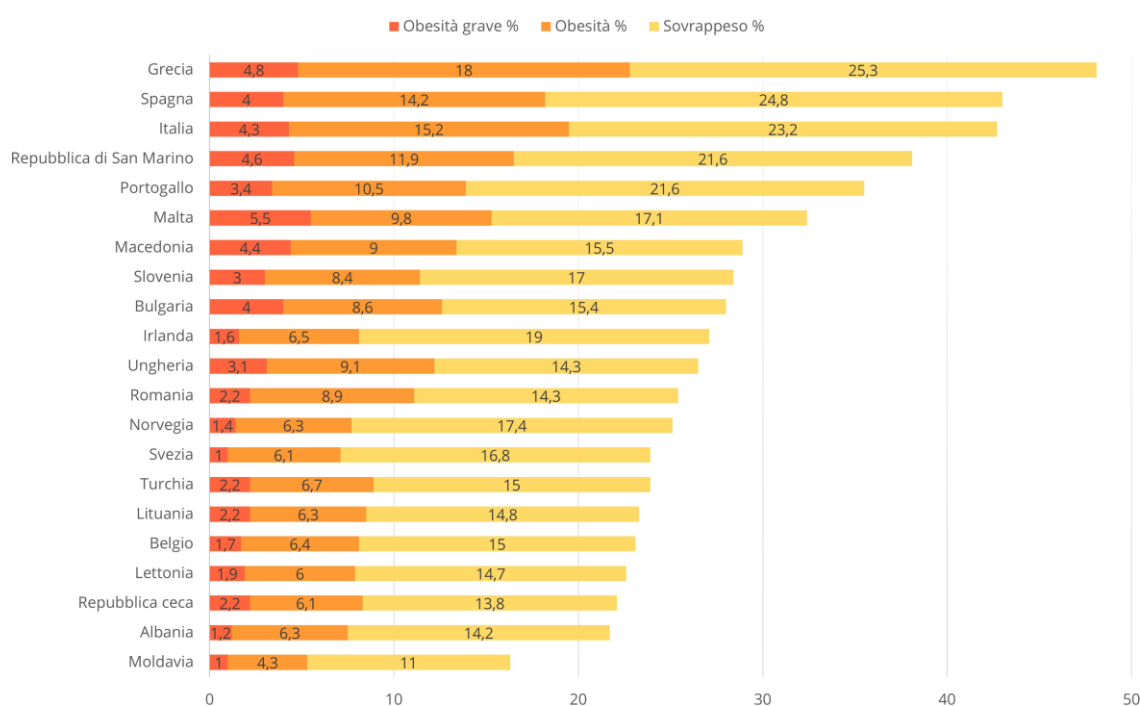


Figura 7: prevalenza di obesità grave, obesità e sovrappeso in bambini di età compresa tra 6 e 9 anni (criteri OMS) nei diversi Paesi europei. I dati sono stati ottenuti combinando rilevazioni COSI 1, 2 e 3 (modificata da Spinelli et al., *Prevalence of Severe Obesity among Primary School Children in 21 European Countries*, 2019).

In Italia, è presente un forte gradiente geografico dell'obesità sia negli adulti che nei bambini, con livelli molto più elevati nelle regioni del Sud (figura 8)[19]. OKkio alla SALUTE è un sistema di sorveglianza nazionale istituito presso l'Istituto Superiore di Sanità, che si pone come obiettivo di rilevare l'andamento di sovrappeso e obesità nelle regioni italiane.

Dal 2008 al 2016, è stata osservata una diminuzione del sovrappeso e obesità infantile [20], ma la prevalenza nazionale rimane ancora tra le più alte in Europa, ed è quindi necessario continuare a promuovere stili di vita sani.

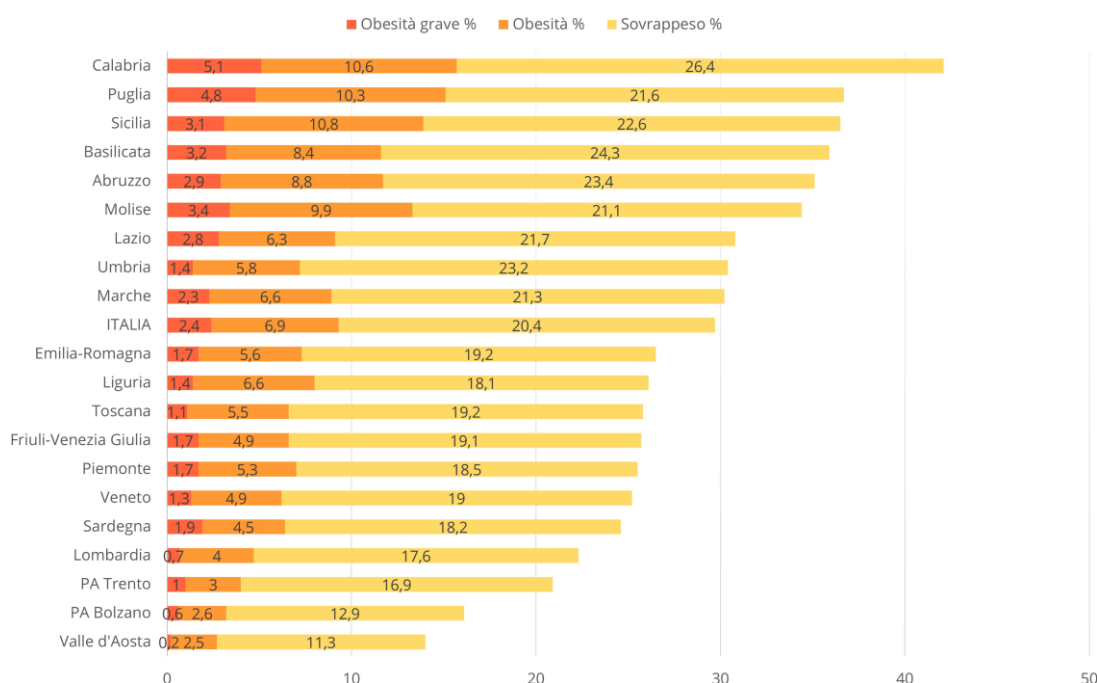


Figura 8: prevalenza di obesità grave, obesità e sovrappeso nelle regioni italiane in bambini che frequentano la III classe della scuola primaria (criteri IOTF). I dati derivano dalla sesta rilevazione nazionale dell'indagine OKkio alla SALUTE, del 2019.

3 Fattori di rischio e meccanismi eziopatogenetici

La forma più comune di obesità è quella definita primaria o essenziale, in cui non è possibile individuare una precisa causa eziologica. L'obesità è patologia multifattoriale, che dipende da una complessa interazione di numerosi fattori, sia genetici che ambientali [6]. Studi di ereditarietà, condotti perlopiù su gemelli, hanno fornito prove di un contributo genetico sostanziale al rischio di obesità, stimato tra il 40% e 70% [21]. Nonostante questo, i fattori genetici alla base dell'obesità essenziale sono in gran parte ancora sconosciuti [22]. Ad oggi, grazie a studi di associazione *genome-wide*, si conoscono più di 30 loci genetici correlati alla suscettibilità individuale a sviluppare obesità, per un totale di oltre 430 geni [22]: questo suggerisce che l'obesità comune sia una condizione poligenica, nella quale un numero variabile di alleli predisponenti concorre ad aumentare il rischio individuale [23]. I fattori ambientali che contribuiscono allo sviluppo dell'obesità sono numerosi e può essere utile suddividerli in tre categorie gerarchiche (figura 9). A livello individuale, è ormai riconosciuto che l'ambiente fetale e postnatale precoce influenzano fortemente il rischio di sviluppare l'obesità e che la regolazione epigenetica di alcuni geni specifici è centrale in questo processo [24]. Il termine epigenetica si riferisce all'insieme di processi in grado di indurre

cambiamenti nell'espressione genica, e quindi nel fenotipo dell'individuo, senza alterare la sequenza genetica. Gli effetti epigenetici sono considerati determinanti precoci dell'obesità perché svolgono un'azione di *programming* durante la vita intrauterina e nelle prime fasi del periodo neonatale [23]. Ciò che si verifica è che alcuni segnali ambientali, perlopiù di tipo nutrizionale, inducono cambiamenti a lungo termine nell'espressione genica, e portano a un'alterazione nella capacità metabolica e una suscettibilità maggiore a sviluppare obesità nel corso della vita. I meccanismi di regolazione epigenetica diventano via via meno importanti dopo la nascita: il periodo dei primi 1000 giorni, dal concepimento ai due anni di vita, fa riferimento all'arco temporale in cui sono importanti questi meccanismi, e per questo motivo è stato riconosciuto come di fondamentale importanza per lo sviluppo di sovrappeso e obesità nell'età pediatrica, e di conseguenza per la prevenzione [25].

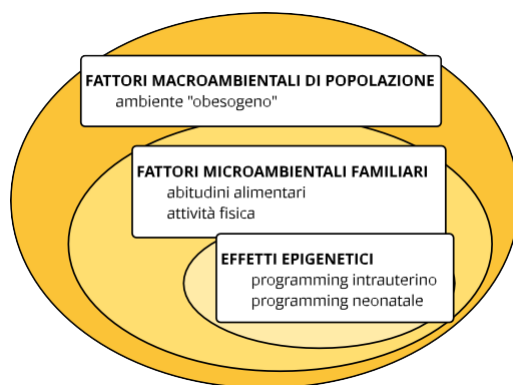


Figura 9: fattori ambientali coinvolti nello sviluppo di sovrappeso e obesità in età evolutiva (modificata da Pacifici et al., *Terapie educative dell'obesità e del sovrappeso in età evolutiva*, 2014).

Di seguito verranno esposti i vari fattori ambientali in maniera più approfondita.

3.1 I primi 1000 giorni

Woo Baidal et al. [25] hanno condotto una revisione sistematica di tutti i fattori di rischio modificabili correlati allo sviluppo di obesità, relativi al periodo dei primi 1000 giorni di vita, dal concepimento ai 2 anni d'età. Nel periodo che va dal concepimento al parto, i fattori di rischio principali individuati sono perlopiù di origine materna: numerosi studi [26, 27, 28, 29] hanno individuato una forte relazione tra un elevato BMI materno pre-gravidanza e il rischio di obesità nei figli. Anche l'eccessivo aumento di peso in gravidanza aumenta significativamente il rischio di sovrappeso e obesità in età evolutiva [27, 30, 31].

I bambini nati da madri con ridotta tolleranza al glucosio o diabete gestazionale sono a maggior rischio di eccessiva adiposità infantile [32]. Secondo la cosiddetta "ipotesi di Pedersen" [33], l'iperglicemia materna porta a un aumento della quantità di glucosio che attraversa la placenta, stimolando una maggiore secrezione di insulina da parte del feto; l'iperinsulinemia

fetale è causa di crescita accelerata e di aumento dei depositi adiposi, in particolare a livello addominale (figura 10). Nella “ipotesi di Pedersen modificata”, Freinkel [34] ha proposto che oltre al glucosio, anche altri nutrienti di origine materna fossero responsabili dell’eccessiva crescita fetale. Successivamente, diversi studi [35, 36, 37, 38, 39] hanno confermato le predette ipotesi e hanno approfondito il ruolo dell’insulina come importante fattore di crescita fetale. Secondo Plagemann et al. [36], l’alterata concentrazione di ormoni e nutrienti fetali può influire nella differenziazione e nella maturazione del sistema nervoso centrale, e può quindi indurre una sorta di “malprogrammazione” neuroendocrina dei processi che regolano il metabolismo e il controllo del peso. Durante la vita intrauterina si verificherebbe quindi un fenomeno di *imprinting* metabolico, che predisporrà il nascituro a sovrappeso e obesità nel corso della vita [40].

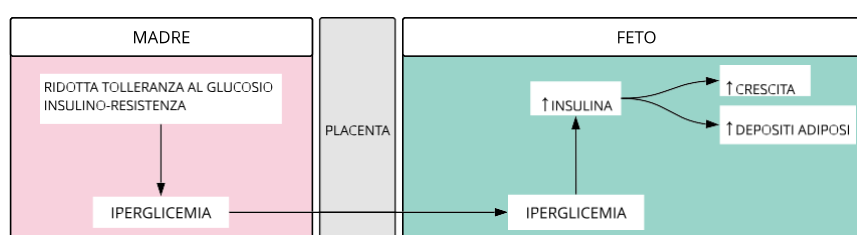


Figura 10: conseguenze del diabete gestazionale sullo sviluppo fetale, secondo l’ipotesi di Pedersen.

Dopo la nascita, i fattori di rischio più significativamente associati allo sviluppo di sovrappeso e obesità sono l’elevato peso alla nascita e il rapido aumento di peso [25]. Il peso alla nascita può essere definito in due diversi modi:

- in termini relativi, cioè in riferimento all’età gestazionale, si definiscono neonati *large for gestational age* (LGA) se peso o altezza sono ≥ 2 SD rispetto alla mediana, *small for gestational age* (SGA) se peso o altezza sono ≤ -2 SD, oppure *appropriate for gestational age* (AGA);
- in termini di misura assoluta, si definisce neonato macrosomico se il peso è ≥ 4 kg, con basso peso alla nascita se $\leq -2,5$ kg, e normopeso se il peso è compreso tra 2,5kg e 4 kg.

I neonati macrosomici presentano valori significativamente più alti di BMI, circonferenza vita e spessore delle pliche cutanee [41] e hanno un rischio quasi raddoppiato di essere sovrappeso od obesi a 4 anni d’età [42]. Uno studio di coorte condotto su più di 8000 bambini [43] ha evidenziato che la prevalenza di obesità a 7 anni è direttamente proporzionale al peso alla nascita e che l’elevato peso alla nascita è un fattore di rischio indipendente per lo sviluppo di obesità. Curiosamente, anche i neonati piccoli per l’età gestazionale hanno un rischio maggiore di sviluppare sovrappeso e obesità durante la crescita, poiché tendono ad

aumentare rapidamente di peso nei primi due anni di vita e a sviluppare una maggiore adiposità addominale [44].

Numerosi studi [45, 46, 47] hanno evidenziato come il rapido aumento di peso nel neonato (*rapid weight gain*, RWG) si associ significativamente al rischio di sviluppare sovrappeso od obesità, indipendentemente da altri potenziali fattori di confondimento. Inoltre, è possibile rilevare anomalie del pattern di crescita già dai primi mesi di vita: Gittner et al. [48] hanno osservato che i bambini obesi o gravemente obesi a 5 anni presentavano una curva di crescita diversa da quella dei bambini normopeso, e che queste differenze erano rilevabili già a partire dai 2 mesi di vita. Come visto in precedenza, la curva di crescita tipica durante l'infanzia presenta un punto in cui il BMI raggiunge un valore minimo, chiamato *adiposity rebound* (AR). Un AR precoce è associato a un aumento del rischio di sovrappeso [49]: si è visto che è inversamente proporzionale all'età ossea e che riflette una crescita accelerata. L'età media dell'AR negli obesi si verifica generalmente intorno ai 3 anni rispetto ai 5-6 anni nella popolazione di riferimento.

3.2 Fattori microambientali familiari

L'ambiente familiare è di cruciale importanza per il consolidamento delle abitudini alimentari durante l'età evolutiva. L'infanzia e l'adolescenza sono periodi importanti per la prevenzione primaria, perché i modelli comportamentali acquisiti in questi anni tendono a rimanere nell'età adulta [50]: per questo motivo, il ruolo dei genitori deve essere considerato fondamentale nelle strategie di prevenzione. È indispensabile che i genitori comprendano la rilevanza della questione e siano adeguatamente informati sui rischi che corrono i bambini sovrappeso e obesi, sia durante l'età evolutiva che in età adulta. Secondo i dati rilevati dall'indagine 2019 di OKkio alla SALUTE, il 40,3% delle madri di bambini sovrappeso oppure obesi ritiene che il figlio sia normopeso e il 69,9% pensa che la quantità di cibo assunta dal figlio non sia eccessiva. Per quanto riguarda la percezione relativa all'attività fisica, il 59,1% delle madri di bambini poco attivi ritiene che il proprio figlio svolga attività fisica adeguata. Questa scarsa percezione familiare riduce la probabilità che vengano operati dei cambiamenti positivi sia rispetto all'eccessiva assunzione di cibo che rispetto allo scarso movimento effettuato dai bambini.

Diverse caratteristiche del comportamento alimentare possono influenzare il peso corporeo, come la frequenza e la distribuzione temporale dei pasti durante il giorno, la composizione nutrizionale degli alimenti e la frequenza dei pasti consumati fuori casa [51]. Tra le principali abitudini scorrette nell'ambito alimentare, MacFarlane et al. [52] hanno osservato che quelle associate a BMI più elevati erano saltare la colazione al mattino e cenare di fronte alla televisione. L'indagine OKkio alla SALUTE 2019 ha messo in evidenza che anche per quanto riguarda alcune scorrette abitudini alimentari è presente un gradiente Nord-Sud: in particolare, in figura 11 si può osservare come la percentuale di bambini che non hanno consumato la prima colazione il giorno dell'indagine e che dichiarano di non consumare frutta e verdura ogni giorno sia maggiore nelle regioni meridionali.

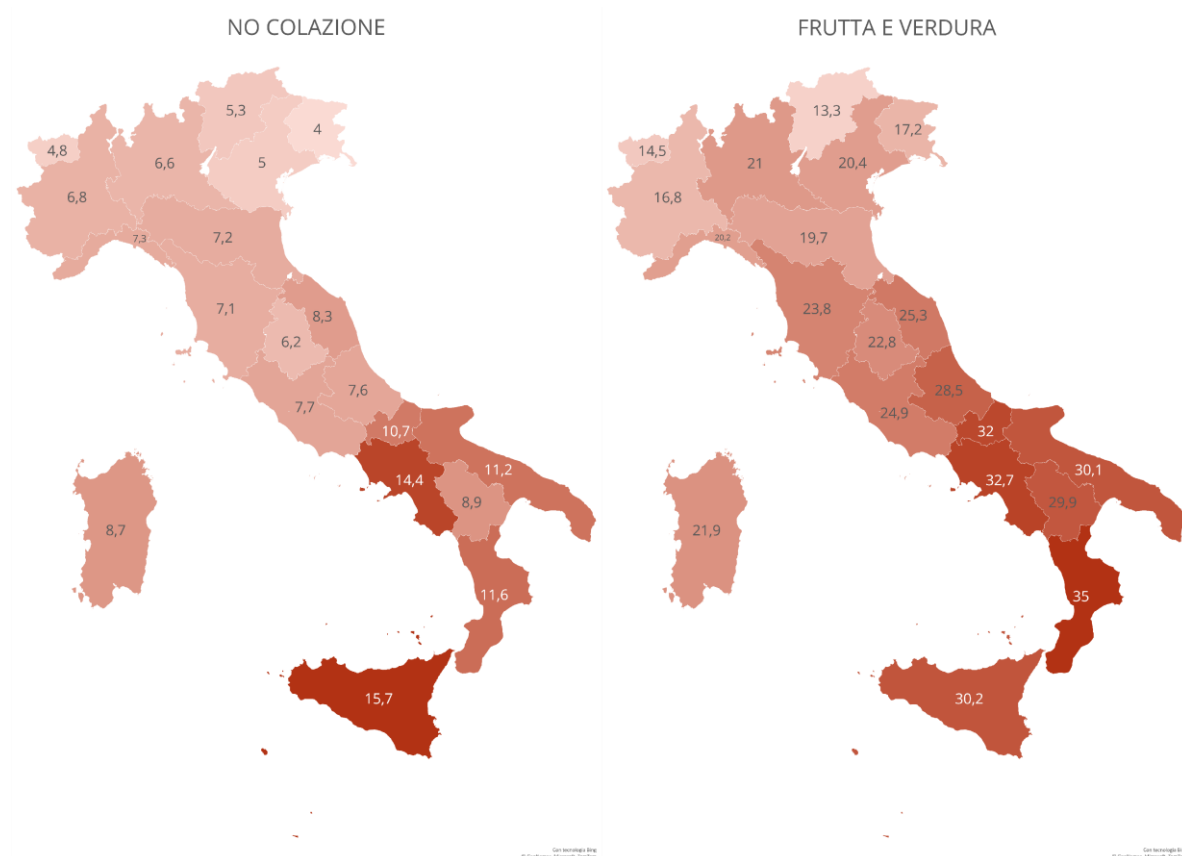


Figura 11: percentuale di bambini che non hanno consumato la prima colazione il giorno dell'indagine (a sinistra) e percentuale di bambini che non consumano frutta e verdura almeno una volta al giorno (a destra), suddivisa per regioni.

Anche la carenza di sonno è stata associata significativamente a un aumento del rischio di sovrappeso e obesità infantile [53]. Una minore quantità di ore di sonno e un pattern di sonno frammentato sono associati a effetti metabolici avversi, tra cui alterazione della concentrazione plasmatica di insulina, lipoproteine a bassa densità e proteina C-reattiva [53]. Inoltre, benché i pisolini siano un modo comune per i bambini di compensare la ridotta durata del sonno notturno, alcuni autori hanno messo in evidenza che hanno uno scarso effetto sul rischio di sviluppare sovrappeso e obesità [54].

3.3 Fattori macroambientali di popolazione

Oltre ai fattori di rischio esposti finora, bisogna considerare anche il ruolo dei determinanti sociali della salute [55]: questi comprendono l'insieme delle condizioni ambientali in cui gli individui nascono, crescono, vivono e invecchiano, che complessivamente incidono in maniera importante sullo stato di salute. I principali determinanti della salute a livello di popolazione non sono sotto il controllo del singolo individuo, ma dipendono dal contesto socioeconomico e culturale generale, e possono essere modificati attraverso l'adozione di politiche sociali volte a ridurre le disparità socioeconomiche [56]. Infatti, per quanto riguarda i Paesi sviluppati, si è visto che il sovrappeso e l'obesità sono più diffusi tra le persone con

status socioeconomico più basso [57]. Uno studio multicentrico condotto in otto Paesi europei ha rilevato che la prevalenza di sovrappeso e obesità infantile era inversamente correlata allo status socioeconomico familiare, al reddito medio nazionale e all'indice di sviluppo umano² paese-specifico [58].

Le persone con uno status socioeconomico basso sono esposte maggiormente a una serie di circostanze che promuovono l'obesità. Ad esempio, è stato riscontrato che i residenti di quartieri più poveri hanno un maggiore accesso ai fast-food, ma una disponibilità più limitata di mercati ortofrutticoli, panifici e negozi di alimenti naturali [59, 60]: come conseguenza, tendono a consumare diete nutrizionalmente più povere, mangiano relativamente meno frutta e verdura, ma più alimenti a basso contenuto di fibre e alto contenuto di grassi [61, 62]. Allo stesso tempo, si è visto che anche la disponibilità e l'accessibilità alle risorse per l'attività fisica (parchi, percorsi ciclabili e pedonali, strutture ricreative, centri sportivi) variano a seconda dello stato socioeconomico della area di residenza [63] e che le persone con status socioeconomico più basso hanno meno probabilità di partecipare a sport organizzati e di fare attività fisica nel tempo libero [64].

Oltre alle difficoltà di ordine pratico appena menzionate, è importante considerare che anche il livello di istruzione si ripercuote sui comportamenti individuali che favoriscono lo sviluppo di sovrappeso e obesità. In tutto il mondo, le scorrette abitudini alimentari e la sedentarietà sono più diffuse negli individui meno istruiti [65]. Il livello di istruzione può essere considerato un indicatore della capacità di un individuo di assimilare informazioni sulla salute e metterle in pratica: una migliore conoscenza in ambito nutrizionale si riflette in un comportamento alimentare più consapevole, che predilige scelte dietetiche più sane [66].

3.4 Cause di obesità secondaria

L'obesità secondaria è molto meno frequente della forma essenziale e costituisce solamente il 3-5% dei casi. Schematicamente, le cause di obesità secondaria possono essere ricondotte a tre gruppi, ovvero le forme genetiche, le forme endocrine e le forme iatrogene.

Tra le forme genetiche sono comprese rare sindromi in cui l'obesità è una delle manifestazioni cliniche tipiche, ma non esclusiva; queste solitamente si associano a ritardo mentale, bassa statura e segni dismorfici peculiari (sindrome di Prader-Willi, sindrome di Bardet-Biedet, osteodistrofia ereditaria di Albright, e altre) [2]. Oltre a queste, sono state identificate alcune forme genetiche dovute ad alterazione di singoli geni, che hanno permesso di comprendere meglio il funzionamento dei processi fisiologici che regolano l'appetito e l'omeostasi energetica [67]: ad esempio, mutazioni a carico del gene che codifica per la leptina (*LEP*) o il suo recettore (*LEPR*) portano a iperfagia, costante ricerca di cibo e obesità grave ad esordio precoce.

²L'indice di sviluppo umano (*human development index*, HDI) è un indicatore di sviluppo macroeconomico utilizzato per valutare la qualità della vita dei membri di un Paese. Viene calcolato tenendo conto di diversi parametri, quali l'aspettativa di vita, il livello di istruzione e il reddito medio.

Le patologie endocrine che possono portare a obesità secondaria includono la sindrome di Cushing, l'ipotiroidismo e il deficit di ormone della crescita [6].

Infine, tra le forme iatrogene, si ricorda che numerosi farmaci possono causare un aumento di peso, tra cui i corticosteroidi, gli antistaminici, gli ipoglicemizzanti, gli estroprogestinici, gli antidepressivi triciclici e alcuni antipsicotici [23].

4 Conseguenze a breve e lungo termine

L'eccesso ponderale durante l'età evolutiva comporta l'insorgenza di complicanze già a partire dall'infanzia e dall'adolescenza, che poi determinano un maggiore rischio di morbidità e mortalità nell'età adulta [6]. L'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico³ (OCSE) ha stimato che, tra il 2020 e il 2050, l'obesità e le patologie correlate ridurranno l'aspettativa di vita di circa 3 anni nei Paesi UE, OCSE e G20 [68]. Nei singoli Paesi, la riduzione dell'aspettativa di vita si attesterà tra 0,9 a 4,2 anni (figura 12).

³L'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico è un'organizzazione intergovernativa fondata nel 1961 per coordinare le politiche economiche e sociali a livello mondiale e promuovere il commercio su base multilaterale e non discriminatoria. Attualmente conta 37 paesi membri (Australia, Austria, Belgio, Canada, Cile, Colombia, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Giappone, Grecia, Irlanda, Islanda, Israele, Italia, Lettonia, Lituania, Lussemburgo, Messico, Norvegia, Nuova Zelanda, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Repubblica Ceca, Repubblica di Corea, Repubblica Slovacca, Regno Unito, Slovenia, Spagna, Stati Uniti, Svezia, Svizzera, Turchia, Ungheria).

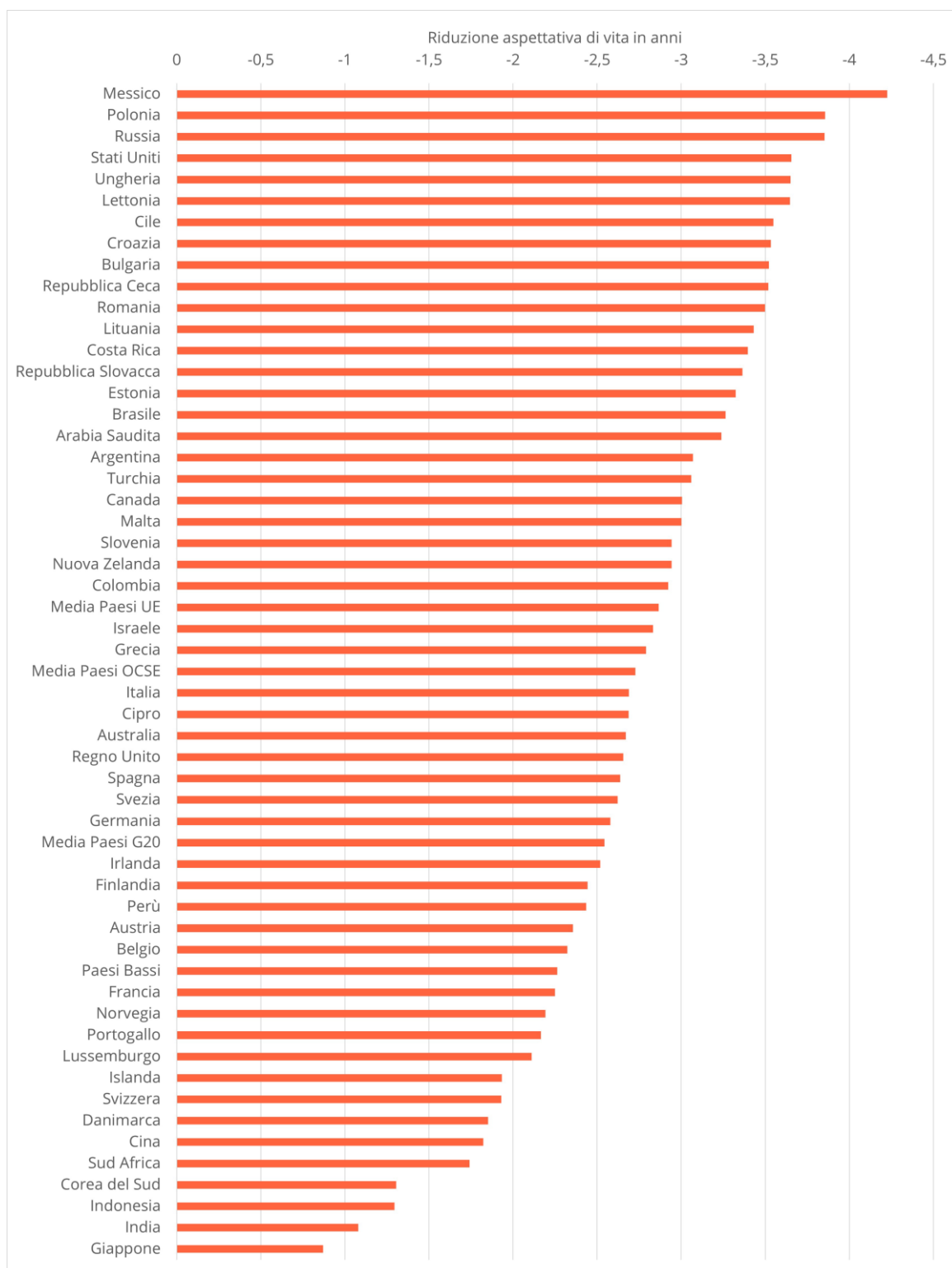


Figura 12: stime OCSE di riduzione dell'aspettativa di vita a causa di obesità e patologie correlate, tra il 2020 e il 2050.

Molte delle comorbidità riscontrate nei giovani con obesità, tra cui il diabete mellito di tipo 2, la dislipidemia, la sindrome da apnee ostruttive nel sonno e la steatoepatite, erano in

precedenza considerate patologie degli adulti [69].

In figura 13 sono illustrate le principali complicanze dell'obesità in età pediatrica, che saranno approfondite in seguito.

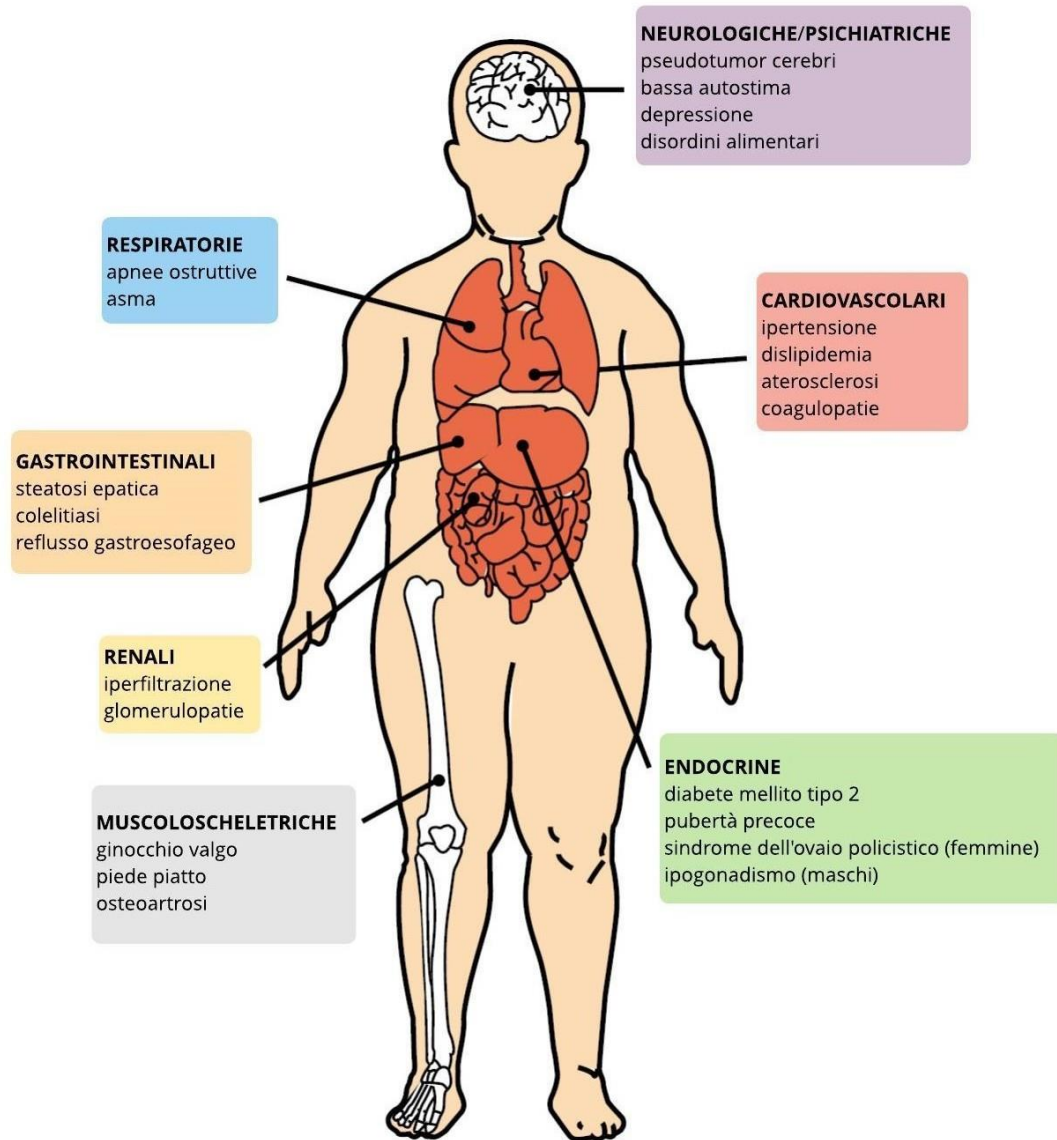


Figura 13: principali complicanze dell'obesità nell'età evolutiva (modificata da Ebbelin et al., *Childhood obesity: public-health crisis, common sense cure*, 2002).

Complicanze cardiovascolari. Un elevato BMI durante l'età evolutiva si associa a un maggior rischio cardiovascolare in età adulta, verosimilmente perché il danno aterosclerotico alle pareti arteriose inizia già a partire dall'infanzia [70]. Gli indicatori clinici di aterosclerosi, come lo spessore media-intima, la rigidità arteriosa e la disfunzione endoteliale sono alterati nei bambini con obesità [71].

Le alterazioni a livello cardiaco sono dovute a cambiamenti di carattere emodinamico. L'obesità si associa a un aumento della domanda metabolica, dovuta alla maggiore quantità di tessuto adiposo e massa magra, che si traduce in una circolazione iperdinamica con aumento del volume ematico e del precarico al cuore [72]. Inoltre, l'aumento della rigidità arteriosa, già descritto in precedenza, causa un aumento progressivo delle resistenze periferiche, chesi ripercuotono nel cuore con un aumento del postcarico [73]. L'entità del rimodellamento cardiaco aumenta con la gravità e la durata dell'obesità [69]. I reperti che si possono riscontrare all'ecocardiografia includono ipertrofia ventricolare sinistra, aumento dei diametri delle sezioni sinistre, disfunzione sistolica e diastolica [74].

Complicanze metaboliche. La sindrome metabolica è definita come un insieme di fattori di rischio concomitanti che predispongono a un aumentato rischio di sviluppare patologie cardiovascolari [75].

L'adiposità viscerale addominale è stata riconosciuta come il principale marker di rischio cardiometabolico ed è segno di un alterato metabolismo lipidico [75]. Secondo una revisione sistematica condotta da Taylor et al. [76], circa il 10% dei bambini e degli adolescenti è affetto da sindrome metabolica, con percentuali che variano dal 2% nei bambini e adolescenti normopeso, al 32% in quelli obesi.

La definizione della sindrome metabolica in età evolutiva è più complessa a causa delle differenze puberali ed etniche. Nel 2007, la International Diabetes Federation (IDF) ha proposto una definizione di sindrome metabolica per i bambini e gli adolescenti tra i 6 e i 16 anni, riportata in tabella 1.

Fascia d'età 6-10 anni
Circonferenza vita $\geq 90^{\circ}$ percentile Storia familiare di sindrome metabolica, DMT2, dislipidemia, patologie cardiovascolari, ipertensione, obesità
Fascia d'età 10-16 anni
Circonferenza vita $\geq 90^{\circ}$ percentile Trigliceridi $\geq 1,7$ mmol/L (≥ 150 mg/dL) Colesterolo HDL $< 1,03$ mmol/L (< 40 mg/dL) Pressione arteriosa sistolica ≥ 130 mmHg o diastolica ≥ 85 mmHg Glicemia a digiuno $\geq 5,6$ mmol/L (≥ 100 mg/dL) o pregressa diagnosi DMT2
Fascia d'età > 16 anni
Criteri IDF per adulti

Tabella 1: criteri IDF (*International Diabetes Federation*) per la definizione di sindrome metabolica in età pediatrica (modificata da Zimmet et al., *The metabolic syndrome in children and adolescents – an IDF consensus report*, 2007).

I bambini obesi hanno un rischio maggiore di sviluppare insulino-resistenza, prediabete e

successivamente diabete mellito di tipo 2 [77]. Tanto più precoce è l'età di insorgenza del diabete, tanto più rapidi saranno il deterioramento del controllo glicemico e la progressione verso le complicanze come microalbuminuria, dislipidemia e ipertensione [78].

L'obesità può associarsi a uno stato di infiammazione cronica nell'organismo. In particolare, l'adiponectina, un peptide con proprietà antinfiammatorie, è ridotto nei pazienti obesi rispetto ai soggetti normopeso con normale sensibilità all'insulina [6]. Una diminuzione di adiponectina correla con elevati livelli plasmatici di acidi grassi liberi e trigliceridi, che spiega la maggior frequenza di dislipidemia negli obesi. Gli adipociti, inoltre, secernono peptidi e citochine proinfiammatorie come l'interleuchina 6 (IL-6) e il fattore di necrosi tumorale α (TNF- α), che stimolano la produzione di proteina C-reattiva da parte del fegato.

Complicanze endocrine. Un bambino obeso tende ad avere una crescita scheletrica accelerata, con rapido incremento in altezza nei primi anni di vita e saldatura precoce delle cartilagini metafisarie. A crescita ultimata, la statura raggiunta risulta inferiore rispetto ai coetanei normopeso.

Nelle femmine l'obesità può portare a maturazione sessuale anticipata, con menarca e telarca precoci [79]. L'aumento dell'adiposità, in particolare quella a livello addominale, è associato a iperandrogenismo e può manifestarsi a livello clinico con irsutismo, acne, alopecia androgenetica e cisti ovariche. L'obesità in età evolutiva aumenta il rischio di sviluppare sindrome dell'ovaio policistico [80]. Nei maschi, invece, il gonadarca è ritardato e nell'età adulta può persistere ipogonadismo.

Complicanze polmonari. I bambini obesi hanno una prevalenza quasi quadruplicata di episodi di apnee ostruttive nel sonno rispetto ai coetanei normopeso [81]. La sindrome da apnee ostruttive nel sonno (*Obstructive Sleep Apnea Syndrome*, OSAS) è una condizione clinica caratterizzata da episodi ricorrenti di completa o incompleta ostruzione delle vie aeree superiori associati a ipossiemia intermittente, frammentazione del sonno e sonnolenza diurna [81]. Si tratta di una complicanza meccanica causata dall'eccessivo accumulo di grasso, in cui la severità degli episodi ostruttivi aumenta all'aumentare del BMI.

Altre complicanze a livello respiratorio includono l'asma bronchiale e la dispnea da sforzo, che possono costituire un'ulteriore limitazione all'attività fisica [82].

Complicanze gastrointestinali. La steatosi epatica non alcolica (*Non-Alcoholic Fatty Liver Disease*, NAFLD) è fortemente correlata all'obesità ed è la causa più comune di patologia epatica nei bambini [83]. La NAFLD include una gamma di condizioni progressive che vanno dalla semplice steatosi epatica, alla steatoepatite, fino alle alterazioni fibrotiche irreversibili che portano a cirrosi epatica. Sebbene la maggior parte dei pazienti con NAFLD sia asintomatica, le anomalie di laboratorio includono aumenti dei livelli di transaminasi epatiche (alanina aminotransferasi e aspartato aminotransferasi), fosfatasi alcalina e gamma-glutamyl transpeptidasi.

Nei giovani obesi sono più frequenti gli episodi di reflusso gastroesofageo, a causa dell'aumento della pressione addominale dovuta all'eccesso di tessuto adiposo. La calcolosi della colecisti e delle vie biliari si verifica con maggiore frequenza negli adolescenti obesi, in particolare nelle femmine.

Complicanze muscoloscheletriche. L'obesità infantile aumenta il rischio di sviluppare una serie di disturbi muscoloscheletrici: tra questi, alcuni sono sovrapponibili a quelli che si verificano negli adulti, come i dolori osteo-articolari da eccessivo carico, mentre altri sono specifici dell'età evolutiva e sono stati messi in relazione con l'obesità infantile. Nei bambini obesi c'è una maggiore prevalenza di disallineamento degli arti inferiori e sviluppo di deformità strutturali, come il ginocchio valgo [84]. Alcune complicanze più rare includono l'osteochondrosi deformante della tibia (malattia di Blount) e l'epifisiolisi dell'anca. Le complicanze ortopediche sono un fattore limitante l'attività fisica e quindi sono parte del circolo vizioso che perpetua l'eccesso ponderale.

Complicanze psicosociali. I bambini e gli adolescenti in sovrappeso possono sviluppare un'immagine di sé negativa e una scarsa autostima, associata a disagio psicologico e comportamenti a rischio [85]; hanno maggiori probabilità di essere vittime di bullismo e discriminazione sulla base dell'aspetto fisico, cosa che può contribuire ulteriormente ai problemi della sfera emotiva [86].

Dal punto di vista psicologico, gli adolescenti obesi tendono a manifestare con maggior frequenza disturbi d'ansia e depressivi [87]; possono coesistere anche disturbi del comportamento alimentare.

Complicanze a lungo termine. Tra le complicanze a lungo termine bisogna ricordare l'aumento del rischio neoplastico. Il World Cancer Research Fund International (WCRF) ha individuato una relazione causale tra eccesso di peso e sette diverse forme di tumore: esofago, pancreas, colecisti, colon-retto, mammella (nel periodo postmenopausale), endometrio e rene [88].

L'eccesso ponderale nei primi 1000 giorni di vita, di cui si è già discusso, l'obesità in età evolutiva e le complicanze nutrizionali metaboliche in età adulta rappresentano le tappe di un circolo vizioso il cui propagarsi è alla base del continuo incremento a livello epidemiologico dell'obesità e delle sue complicanze cardiometaboliche a livello mondiale.

5 Il ruolo dell'attività fisica

L'eccesso ponderale è il risultato di un prolungato squilibrio nel bilancio energetico, in cui l'introito calorico eccede cronicamente il dispendio energetico. L'attività fisica è un fattore determinante nella spesa energetica, pertanto svolge un ruolo di fondamentale importanza nelle strategie di prevenzione e trattamento del sovrappeso in età evolutiva.

L'inattività fisica è stata inserita al quarto posto tra i principali fattori di rischio per aumento della mortalità nel mondo e si stima che nel 2004 abbia contribuito a più di 3 milioni di morti, pari al 5,5% dei decessi altrimenti prevenibili (figura 14) [89].

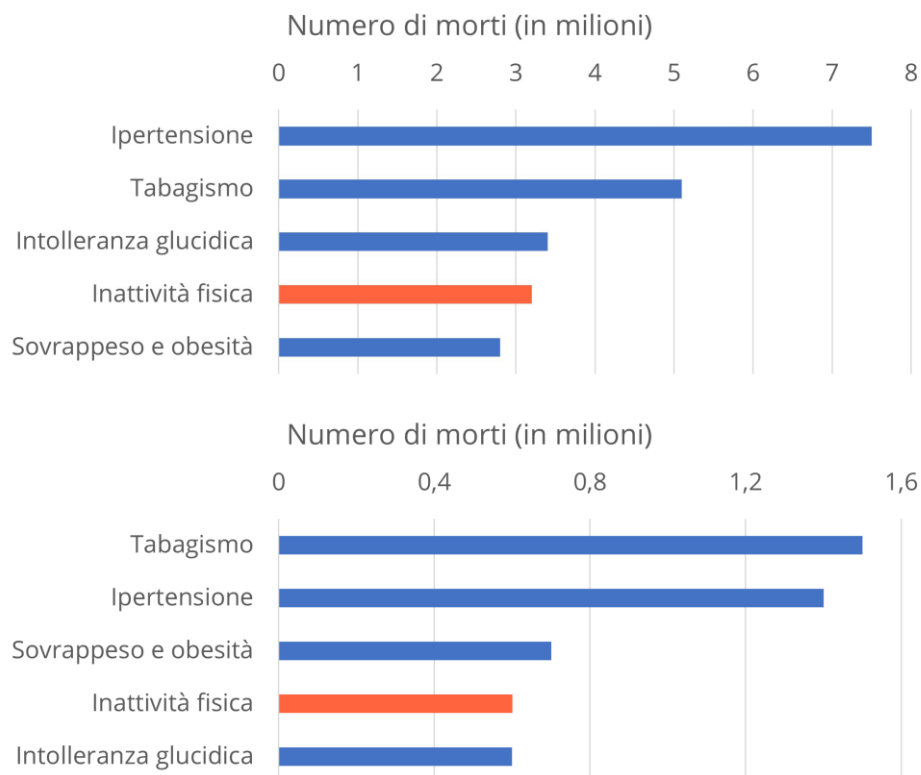


Figura 14: i cinque principali fattori di rischio a livello mondiale (sopra) e nei Paesi ad alto reddito (sotto) per aumento della mortalità (modificata da World Health Organization, *Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks*, 2009).

L'attività fisica riduce il rischio di sviluppare patologie cardiovascolari, diabete mellito di tipo 2 e alcuni tipi di tumori: si stima che circa un quarto dei tumori alla mammella e al colon-retto, un terzo dei casi di diabete e di cardiopatia ischemica siano riconducibili all'inattività fisica [89].

Per i bambini e gli adolescenti di età compresa tra 5 e 17 anni, l'OMS raccomanda 60 minuti di attività fisica al giorno di intensità moderata-vigorosa (*moderate-to-vigorous physical activity*, MVPA), che comprenda una combinazione di attività aerobica e di esercizi per il potenziamento muscolare e il rafforzamento delle ossa [90, 91]. Ciononostante, nella maggior parte dei Paesi europei, meno del 50% di bambini e adolescenti raggiunge i livelli raccomandati di attività fisica [91] e si registra una marcata tendenza all'aumento dei comportamenti sedentari tra i bambini in età scolare.

5.1 L'educazione fisica curricolare nel sistema scolastico

Per quanto riguarda l'attività fisica curricolare, a livello globale il 98,7% delle scuole primarie implementa l'educazione fisica nei programmi didattici [92]. L'offerta scolastica di educazione fisica durante gli anni della scuola dell'obbligo varia a seconda della regione geografica e dei Paesi considerati: complessivamente il numero di lezioni di educazione fisica a settimana varia da 0,5 a 6 [92]. A livello europeo, l'indagine EUPEA 2011-2012 (*European Physical Education Association*) ha riscontrato una variabilità inferiore, con un intervallo di 1-3 lezioni di attività fisica alla settimana per quanto riguarda le scuole primarie e 2-4 lezioni nelle scuole secondarie.

La tabella 2 riporta il tempo medio riservato al programma di educazione fisica nelle scuole primarie e secondarie, nelle diverse regioni geografiche.

Minuti di educazione fisica a settimana					
Scuola primaria			Scuola secondaria		
Area	Media	Range	Area	Media	Range
Globale	97	25-270	Globale	99	25-240
Africa	86	30-270	Africa	96	25-180
America settentrionale	107	30-200	America settentrionale	125	40-225
America meridionale	90	30-225	America meridionale	94	45-225
Asia	84	35-180	Asia	85	25-180
Europa	109	30-290	Europa	105	30-240
Medio Oriente	89	55-120	Medio Oriente	66	40-160
Oceania	111	27-185	Oceania	100	60-150

Tabella 2: tempo medio riservato al programma di educazione fisica nelle scuole primarie e secondarie, nelle diverse regioni geografiche (modificata da Hardman et al., *World-wide Survey of School Physical Education: final report*, 2013).

A livello globale, il numero medio di anni in cui viene insegnata educazione fisica a scuola è di 12 anni [92]. Negli anni della scuola primaria, l'educazione fisica scolastica è importante per sviluppare le abilità motorie fondamentali e fornire l'opportunità di uno sviluppo ottimale delle capacità fisiche durante la crescita. Negli anni della scuola secondaria, l'educazione fisica è altrettanto importante per il *tracking* dell'attività fisica nell'età adulta, cioè la probabilità che da adulti si mantenga un livello di attività fisica adeguato. Infatti, quando l'accesso ai programmi di educazione fisica termina in età precoce, gli alunni sono vulnerabili all'abbandono dell'attività fisica.

La maggior parte degli studenti ha un atteggiamento positivo verso le lezioni di educazione fisica, in particolare a livello di scuola primaria. Tuttavia, man mano che crescono, la loro percezione dell'educazione fisica come un'esperienza positiva diventa più ambigua [93]. Dagli studi disponibili, sembra probabile che la qualità del programma di educazione fisica scolastica abbia un'importante influenza sul mantenimento di una percezione inizialmente positiva e di uno stile di vita fisicamente attivo da adulti. Alcuni studi suggeriscono che

l'attività fisica svolta durante le ore di educazione fisica non sia adeguata né in termini di intensità, né in termini di quantità [93, 94]. Programmi di educazione fisica adeguatamente pianificati possono garantire che una percentuale più elevata di tempo in classe sia dedicata all'attività fisica ad alta intensità. In generale, è probabile che le lezioni di educazione fisica offerte da educatori professionisti si traducano in un'attività fisica più intensa e di migliore qualità, con conseguente incremento nella forma fisica degli studenti.

Per quanto riguarda l'attività fisica extra-scolastica, la letteratura scientifica e le evidenze correlate sono più limitate, perché i dati a disposizione sono basati perlopiù su questionari somministrati ai bambini o ai genitori. Uno studio statunitense ha rilevato che le attività sportive extra-curricolari attirano solo una piccola percentuale della popolazione studentesca (circa il 5%) e che la maggior parte dei partecipanti erano già fisicamente attivi e atleticamente capaci [95]. Inoltre, generalmente le attività sportive extra-scolastiche sono risultate più accessibili ai bambini con un elevato status socioeconomico. Pertanto, al fine di aumentare la partecipazione all'attività fisica extra-curricolare sono necessari incentivi economici per permettere ai bambini con status socioeconomico inferiore di avere uguali opportunità.

5.2 Attività fisica “destrutturata”

Oltre all'attività fisica “strutturata”, cioè quella che viene svolta durante il tempo libero o le lezioni di educazione fisica, è importante ricordare che anche altre attività contribuiscono al bilancio energetico complessivo e costituiscono quella che viene definita attività fisica “destrutturata”. Nel caso dei bambini, questo tipo di attività includono il trasporto attivo da casa a scuola.

Nella maggior parte dei paesi industrializzati, il tragitto casa-scuola ha il potenziale per offrire una breve ma regolare fonte di attività fisica. In Gran Bretagna, la sostituzione del trasporto attivo con quello motorizzato ha ridotto la distanza annuale percorsa di circa il 28% [96]. Si stima che coloro che vanno a scuola a piedi o in bicicletta raggiungono il 50% in più di attività fisica al giorno a causa del viaggio scolastico di per sé [97]. Per quanto riguarda la situazione italiana, i risultati dell'indagine OKkio alla SALUTE 2019 hanno evidenziato che solo il 26,9% dei bambini si reca a scuola a piedi o in bicicletta, mentre la maggioranza utilizza la macchina o lo scuolabus [98]. Al Nord la quota di bambini che va a scuola a piedi o in bici è maggiore (29,6%) rispetto al Centro (24,2%) e al Sud (25,0%). Inoltre, le prevalenze più elevate di bambini che vanno a scuola a piedi o in bicicletta si riscontrano nelle zone a maggiore densità abitativa e nelle aree metropolitane. La sicurezza stradale sembra essere il motivo principale per cui i genitori optano per il trasporto motorizzato, seguito dalla eccessiva distanza dalla scuola.

Parte II

Il progetto “Movimento in 3S - Promozione della Sa-lute nelle Scuole attraverso lo Sport”

Dal momento che le principali patologie croniche si riconducono a fattori di rischio comuni e modificabili, quali inattività fisica, alimentazione poco sana, consumo di tabacco e abuso di alcol, nel 2008 l'OMS ha definito un piano di azione volto a individuare una strategia globale di prevenzione e controllo delle malattie croniche non trasmissibili (Non-communicable diseases, NCDs). Nel documento *“2008-2013 Action plan for the global strategy for the prevention and control of noncommunicable diseases”* [99] e nel successivo *“Global action plan for the prevention and control of NCDs 2013-2020 ”* [100], l'OMS stabilisce quali sono gli obiettivi e le politiche governative che gli Stati Membri dovrebbero adottare per contrastare le patologie croniche di maggiore rilevanza epidemiologica. A livello nazionale, questi obiettivi sono stati recepiti e integrati all'interno del programma *“Guadagnare Salute. Rendere facili le scelte salutari”* [101], che si propone di investire nella prevenzione e nel controllo delle malattie croniche per migliorare la qualità della vita e il benessere degli individui e della società attraverso l'adozione di stili di vita sani.

Nello specifico, il problema di sovrappeso e obesità infantile ha acquisito negli ultimi anni un'importanza sempre maggiore, soprattutto in relazione all'aumento della sedentarietà e dell'inattività fisica nella popolazione. In Italia, come in altri Paesi europei, la necessità di seguire con attenzione la situazione nutrizionale e di attività fisica della popolazione pediatrica è motivata dalla percezione dell'obesità come un problema prioritario di Salute Pubblica. La prevenzione e il trattamento dell'obesità in età evolutiva attraverso l'attività fisica si inserisce a pieno titolo nel panorama delle strategie di prevenzione e controllo delle principali patologie croniche.

Consapevole di tale realtà, nel 2012 la Regione Friuli-Venezia Giulia ha deciso di costituire una *task force* tra gli Assessorati di Sport, Salute e Istruzione, al fine di realizzare una campagna regionale volta alla promozione di sani stili di vita a scuola e nel tempo libero nella popolazione pediatrica. È nato così il Progetto *“Movimento in 3S - Promozione della Salute nelle Scuole attraverso lo Sport”* (figura 15), che ha visto protagonisti dal 2013 ad oggi oltre 30.000 bambini della scuola primaria, con l'obiettivo di promuovere e diffondere la cultura del movimento e di favorire l'attività motoria come proposta pedagogico-didattica.



Figura 15: logo del Progetto *“Movimento in 3S - Promozione della Salute nelle Scuole attraverso lo Sport”*.

Gli enti coinvolti nella realizzazione del Progetto *“Movimento in 3S”* sono stati il Ministero

della Salute, la Presidenza del Consiglio, la Regione autonoma Friuli-Venezia Giulia, il CO-NI Comitato Olimpico Regionale Friuli-Venezia Giulia, il Comitato Paralimpico Regionale Friuli-Venezia Giulia, l'Ufficio Scolastico Regionale per il Friuli-Venezia Giulia e l'Università degli Studi di Udine - Facoltà di Medicina e Chirurgia/Corso di Laurea in Scienze Motorie. Hanno collaborato inoltre anche la sezione di epidemiologia e biostatistica dell'IRCCS Materno Infantile "Burlo Garofalo" di Trieste e numerosi partner, tra cui l'ANCI Associazione Nazionale Comuni Italiani, l'UPI Unione Province Italiane e Federsanità per il Friuli-Venezia Giulia.

Il Progetto "Movimento in 3S" è rivolto alle scuole primarie della regione Friuli-Venezia Giulia e si propone di affiancare all'insegnante della scuola un esperto laureato in Scienze Motorie o diplomato I.S.E.F. (da ora in poi denominato "esperto") con lo scopo di promuovere l'attività ludico-motoria e i sani stili di vita come mezzo di contrasto alla sedentarietà, al sovrappeso e all'obesità. Oltre alle lezioni di educazione motoria, tenute da esperti appositamente formati, il Progetto prevede anche l'introduzione nei programmi curriculari scolastici di insegnamenti inerenti i sani stili di vita e la partecipazione diretta delle famiglie a incontri di informazione tenuti da professionisti quali pediatri, psicopedagogisti, nutrizionisti e specialisti in medicina dello sport.

Il programma di azioni previste dal Progetto "Movimento in 3S" ha avuto inizio nel mese di febbraio 2013 e si è concluso come esperienza pilota nel mese di giugno 2015. In seguito al successo riscontrato nella prima edizione, sia in termini di adesione che di risultati ottenuti, il Progetto è stato riproposto anche per gli anni scolastici 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020. Nell'ambito delle iniziative previste dal Progetto, un gruppo di studenti di Scienze Motorie ha raccolto alcuni parametri antropometrici e motori, garantendo l'assoluto anonimato dei bambini coinvolti. I dati raccolti sono stati poi elaborati dall'Università degli Studi di Udine, permettendo di tracciare un profilo preciso relativo allo stato di salute della popolazione pediatrica della regione, con particolare attenzione ai bambini con disabilità.

Di seguito verranno presentati i risultati relativi a due distinti periodi di osservazione e raccolta dati:

- il primo periodo, relativo agli anni 2013-2015;
- il secondo periodo, relativo agli anni 2016-2019. I dati ricavati dal periodo di osservazione 2016-2019 sono diventati oggetto di tre articoli scientifici recentemente pubblicati [102, 103, 104].

6 Schema dello studio

Per entrambi i periodi di osservazione, lo studio è stato concepito in due parti:

- una prima parte di tipo trasversale o cross-sectional, in cui sono state descritte le caratteristiche antropometriche e le capacità fisiche degli allievi, con lo scopo di rilevare

la prevalenza di soggetti sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi e confrontare le capacità fisiche in funzione dello stato ponderale;

- una seconda parte di tipo longitudinale, in cui si andavano a valutare gli effetti a medio termine delle attività previste dal Progetto sulle variazioni delle caratteristiche antropometriche e delle capacità fisiche di un gruppo di allievi che avevano aderito al Progetto per 3 anni consecutivi.

Il protocollo sperimentale è stato approvato dal Comitato Etico dell'Università degli Studi di Udine. I requisiti di idoneità per la partecipazione allo studio prevedevano che i bambini godessero di buona salute, che non avessero patologie o disabilità tali da impedire di partecipare alle attività scolastiche programmate di educazione fisica e che non partecipassero ad altri studi.

Prima dell'inizio della raccolta dati, tutti gli allievi e i genitori sono stati accuratamente informati riguardo agli obiettivi del Progetto ed è stato raccolto un consenso informato firmato dal legale rappresentante dell'allievo.

Lo schema seguente (figura 16 e 17) riassume le caratteristiche dello studio e favorisce la lettura dei prossimi paragrafi.

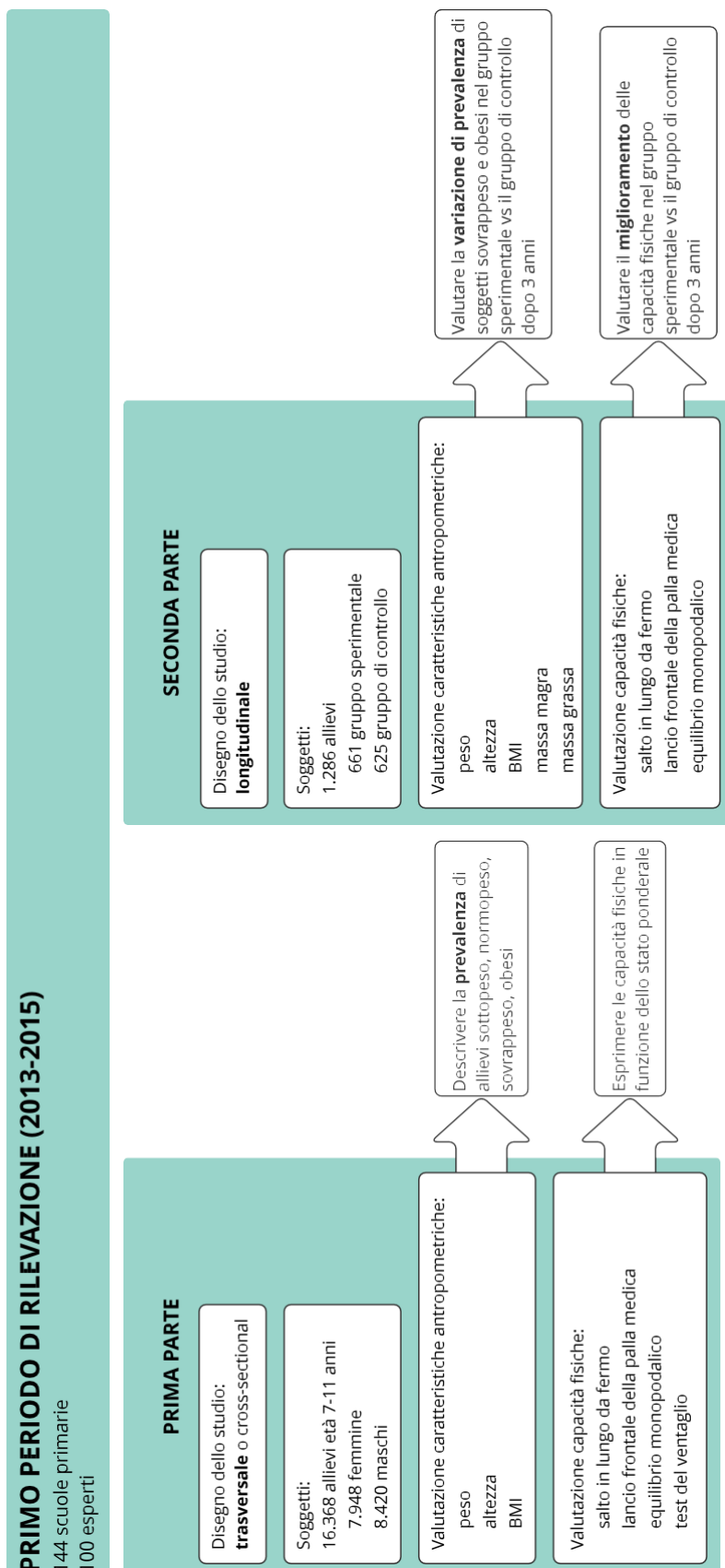


Figura 16: rappresentazione dello schema dello studio relativo al primo periodo di osservazione (2013-2015).

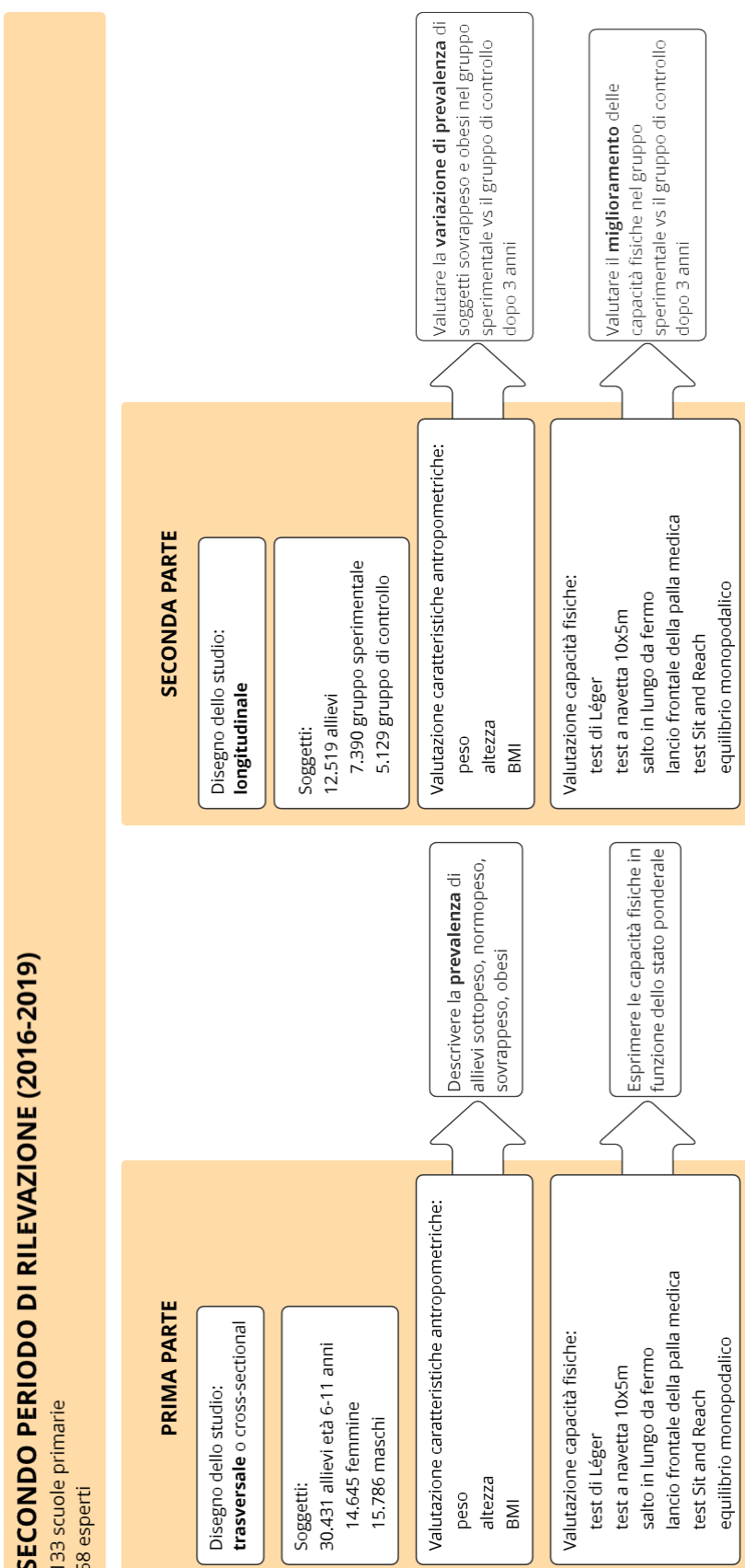


Figura 17: rappresentazione dello schema dello studio relativo al secondo periodo di osservazione (2016-2019).

7 Materiali e metodi

7.1 Soggetti

Nell'anno scolastico 2013-2014 hanno partecipato al Progetto 17.729 allievi (8.692 femmine e 9.037 maschi) delle scuole primarie della Regione Friuli-Venezia Giulia, di età compresa tra 6 e 11 anni, di cui 289 soggetti disabili (81 femmine e 213 maschi). Gli allievi appartenevano a 970 classi di 144 scuole, corrispondenti a circa il 45% dell'intera popolazione di allievi delle scuole primarie. I test sono stati realizzati da 100 esperti nei periodi dal 1° ottobre al 24 novembre 2013 per i test di entrata, dal 15 aprile al 31 maggio 2014 per i test di uscita. Tutti i test sono stati realizzati durante le ore scolastiche e includevano la valutazione delle caratteristiche antropometriche e delle capacità fisiche.

Nell'anno scolastico 2016-2017 hanno partecipato 30.431 allievi (14.645 femmine e 15.786 maschi), pari al 63% della popolazione degli allievi delle scuole primarie. Le attività del Progetto hanno coinvolto 133 scuole e 58 esperti. I test sono stati realizzati nel periodo ottobre-novembre per i test di entrata e aprile-maggio per i test di uscita.

7.2 Valutazione delle caratteristiche antropometriche

Il peso corporeo è stato misurato con una precisione di 0, 1 kg con una bilancia manuale (Seca 709, Amburgo, Germania), mentre la statura è stata misurata con una precisione di 0, 5 cm con uno statimetro fissato al muro. Il BMI è stato calcolato dividendo la massa per il quadrato dell'altezza (kg/m^2). Massa magra e massa grassa sono state valutate con la tecnica della plicometria. Per l'analisi dello stato ponderale degli allievi sono stati utilizzati cut-off di riferimento IOTF [9].

7.3 Valutazione delle capacità fisiche

Per ottenere una rappresentazione delle capacità fisiche dei partecipanti sono stati eseguiti alcuni test di idoneità fisica, selezionati in modo tale da essere adatti alla fascia di età studiata e facili da eseguire in tutti gli ambienti scolastici. I test selezionati valutano un'ampia gamma di diverse capacità motorie, tra cui la forza muscolare degli arti superiori e inferiori, la resistenza aerobica, la destrezza, l'agilità, la flessibilità e l'equilibrio.

Test di Léger. Il test di Léger permette di valutare la resistenza aerobica. Il test prevede che gli allievi corrano a spola tra due segnali posti a una distanza di 20 metri (figura 18), a una velocità progressivamente crescente, seguendo il ritmo dettato da un segnale acustico. L'intervallo tra i segnali acustici è stato calcolato in modo da ottenere una velocità di 8, 5 km/h all'inizio del test, con aumenti di 0, 5 km/h in seguito a ogni livello: in questo modo, l'intervallo tra ogni segnale acustico successivo diminuisce, costringendo i bambini ad aumentare la loro velocità nel corso del test fino a quando non è più possibile mantenere

la sincronizzazione con la registrazione. L'ultimo livello completato è stato registrato come punteggio finale. Per ciascun allievo sono state eseguite due prove, ed è stata scelta la migliore.

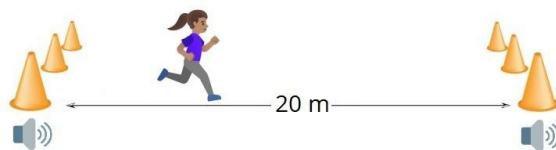


Figura 18: rappresentazione schematica del test di Léger.

Test a navetta 10 × 5 m. Il test a navetta 10 × 5 m permette di valutare la capacità di agilità, ovvero di accelerare, decelerare e cambiare direzione nel minor tempo possibile. Per lo svolgimento del test si considerano due linee poste a distanza di 5 m. Al segnale di partenza, i bambini iniziano a scattare verso la linea opposta e devono ripetere il percorso tra le due linee 10 volte, in modo da percorrere 50 metri in totale. Il test è stato effettuato cronometrando il tempo impiegato dall'allievo a percorrere 50 metri di percorso (figura 19). Anche in questo caso sono state eseguite due prove, ed è stato scelto il tempo migliore.

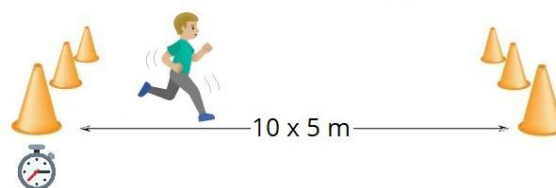


Figura 19: rappresentazione schematica del test a navetta 10 × 5 m.

Test del ventaglio. Il test consente di valutare la capacità di destrezza. L'allievo parte dal punto di partenza, si dirige correndo verso una pallina, che deve essere raccolta e depositata dentro un cesto posizionato in corrispondenza punto di partenza. In seguito, si dirige verso altre palline e svolge lo stesso percorso per 5 volte. Viene valutato il tempo impiegato a realizzare il compito.

Salto in lungo da fermo. Questo test serve a valutare la forza sviluppata dagli arti inferiori. L'allievo si pone in posizione eretta, piedi leggermente divaricati con la punta dei piedi dietro la linea di partenza; quindi si prepara al salto piegando le gambe e portando le braccia dietro al corpo. L'allievo salta slanciando gli arti superiori in avanti e ricadendo sul pavimento, con l'indicazione di non cadere a terra durante l'atterraggio e la chiusura del salto. La misurazione è stata effettuata rilevando la distanza tra la linea di partenza e il punto raggiunto dai talloni. Sono state eseguite tre prove ed è stata scelta la migliore.

Lancio frontale della palla medica. Questo test valuta la forza sviluppata dagli arti superiori misurando la distanza raggiunta nel lancio frontale da seduto di una palla medica di 600 g. La misurazione è stata effettuata rilevando la distanza dalla linea di lancio al punto di caduta della palla. Anche in questo caso sono state eseguite tre prove ed è stata scelta la migliore.

Test dell'equilibrio monopodalico. Il test consente di valutare la capacità di controllo motorio e di coordinazione neuro-muscolare. Prevede il mantenimento della stazione eretta con un solo arto inferiore e le mani ai fianchi per un tempo di 30 secondi, in uno spazio delimitato da un cerchio del diametro di 50 cm. In questo arco di tempo l'allievo deve cercare di compiere meno errori possibili, quali appoggiare a terra l'arto sollevato, staccare una delle due mani dal fianco, oscillare con il busto o saltellare sul piede di appoggio. La misurazione viene effettuata su una prova, rilevando il tempo in cui gli allievi mantengono la posizione eretta senza commettere errori.

Test Sit and Reach. Il test *Sit and Reach* consente di valutare la flessibilità dei muscoli lombari e adduttori. L'allievo, da posizione seduta, si piega in avanti lentamente senza movimenti di slancio, cercando di raggiungere i piedi con la punta delle dita e mantenendo le gambe distese (figura 20). Si mantiene la posizione di massimo allungamento per 2 secondi. Sono state eseguite tre prove ed è stata scelta la migliore.



Figura 20: rappresentazione schematica del test Sit and Reach.

7.4 Analisi statistica

Le analisi statistiche sono state realizzate con i programmi Statistica per Windows (Kernel version 5.5 A, StatSoft, Maisons-Alfort, Francia) e SAS, (Release 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA). I risultati sono presentati in valori medi $\pm$ deviazione standard. La significatività dei risultati è stata fissata con $p < 0,05$. La distribuzione normale dei gruppi è stata verificata usando il test di Kolmogorov-Smirnov e l'omogeneità della varianza è stata verificata con il test di Mauchly. Gli effetti del periodo (prima vs dopo l'intervento), del genere (femmine vs maschi), dell'età e l'interazione (periodo x genere x età) sulle caratteristiche antropometriche e le capacità fisiche sono stati analizzati utilizzando il test ANOVA. Gli effetti del periodo (prima vs dopo l'intervento), dell'età e dello stato ponderale (categorie di BMI: sottopeso, normopeso, sovrappeso, obeso) e l'interazione (periodo x età x stato ponderale) sulle capacità fisiche sono stati analizzati utilizzando il test ANOVA. Quando

veniva individuata una differenza significativa, il test post-hoc di Bonferroni è stato utilizzato per determinare l'esatta localizzazione della differenza. La variazione delle capacità fisiche in relazione all'età e allo stato ponderale è stata espressa in termini di regressione lineare. Infine, per quanto riguarda i risultati dei test di capacità motoria relativi al periodo 2016-2019, sono state costruite delle curve percentili stratificate per età e genere.

8 Presentazione dei risultati

8.1 Periodo 2013-2015

Dei 17.729 partecipanti, 1.361 allievi sono stati esclusi dalle analisi statistiche in quanto non presentavano tutti i dati per procedere con le analisi stesse. I risultati presentati quindi considerano i dati raccolti su 16.368 allievi (7.948 femmine e 8.420 maschi), valutati prima e dopo l'intervento nell'anno scolastico 2013-14.

In tabella 3 sono riportate le caratteristiche antropometriche degli allievi prima dell'intervento, suddivise per fascia d'età.

Femmine n: 7.948					
	7 anni n: 1.751	8 anni n: 1.678	9 anni n: 1.594	10 anni n: 1.592	11 anni n: 1.333
Peso (kg)	23,5 ± 4,3	26,5 ± 5,3	30,4 ± 6,8	33,7 ± 7,3	38,6 ± 8,7
Statura (m)	1,19 ± 0,06	1,25 ± 0,06	1,31 ± 0,06	1,36 ± 0,07	1,43 ± 0,08
BMI (kg/m ²)	16,4 ± 2,2	16,8 ± 2,5	17,6 ± 3,1	18,0 ± 3,0	18,7 ± 3,2
Maschi n: 8.420					
	7 anni n: 1.788	8 anni n: 1.672	9 anni n: 1.835	10 anni n: 1.666	11 anni n: 1.459
Peso (kg)	23,9 ± 4,3	26,9 ± 5,3	30,8 ± 6,3	34,6 ± 7,3	39,0 ± 8,5
Statura (m)	1,20 ± 0,06	1,26 ± 0,06	1,32 ± 0,06	1,37 ± 0,07	1,43 ± 0,07
BMI (kg/m ²)	16,5 ± 2,2	16,8 ± 2,5	17,6 ± 2,7	18,2 ± 2,9	18,9 ± 3,3

Tabella 3: caratteristiche antropometriche dei soggetti che hanno partecipato al Progetto, suddivise per genere e fascia d'età.

Considerata tutta la popolazione di allievi che ha partecipato allo studio, si può osservare (figura 21) che non vi erano differenze significative tra le femmine e i maschi nella prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi (in media 8%, 69%, 18% e 5%, rispettivamente). Inoltre, la prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi non cambiava significativamente tra l'inizio e la fine dell'anno di intervento.

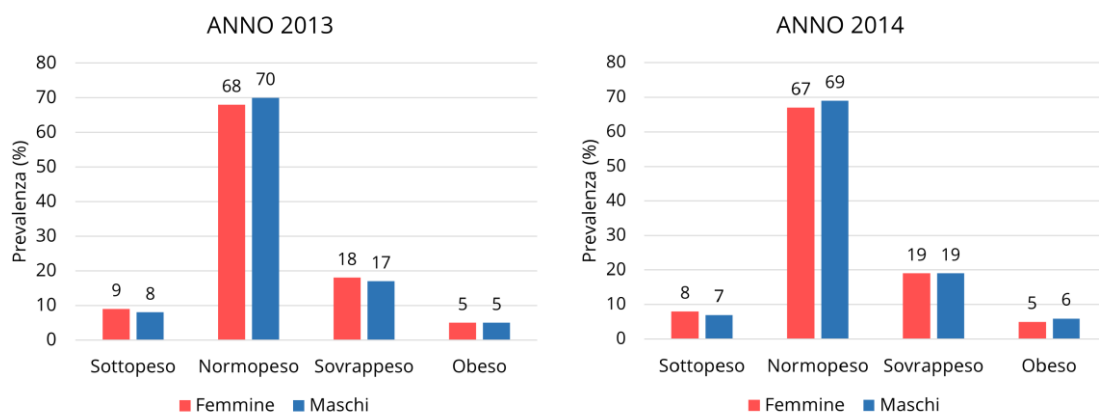


Figura 21: prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi che hanno partecipato allo studio, valutati prima (a sinistra) e dopo (a destra) l'anno di intervento.

In particolare si può osservare che la percentuale di allieve (figura 22) ed allievi (figura 23) sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi risultavano ugualmente distribuiti nelle varie fasce d'età (in media: 8%, 68%, 19% e 5%, rispettivamente). Inoltre, non vi erano differenze significative tra l'inizio e la fine dell'anno.

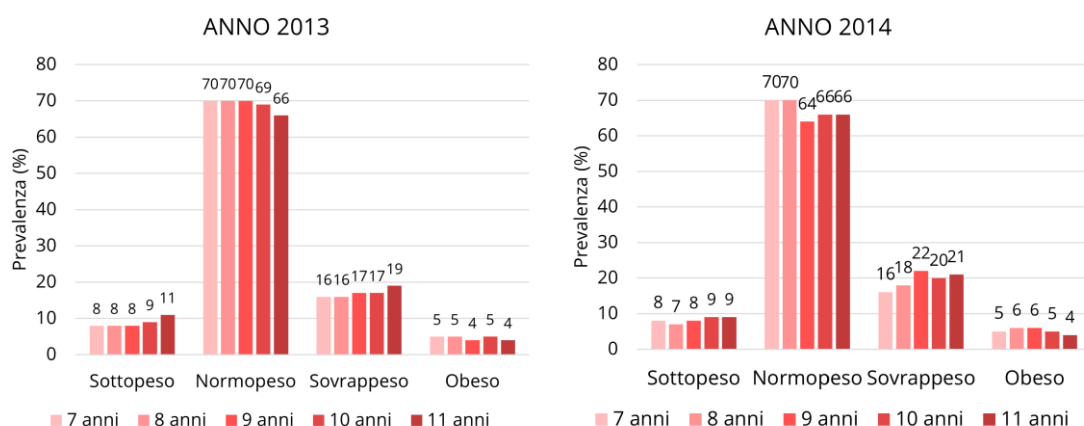


Figura 22: prevalenza di allieve sottopeso, normopeso, sovrappeso e obese, suddivise per fascia d'età, valutate prima (a sinistra) e dopo (a destra) l'anno di intervento.

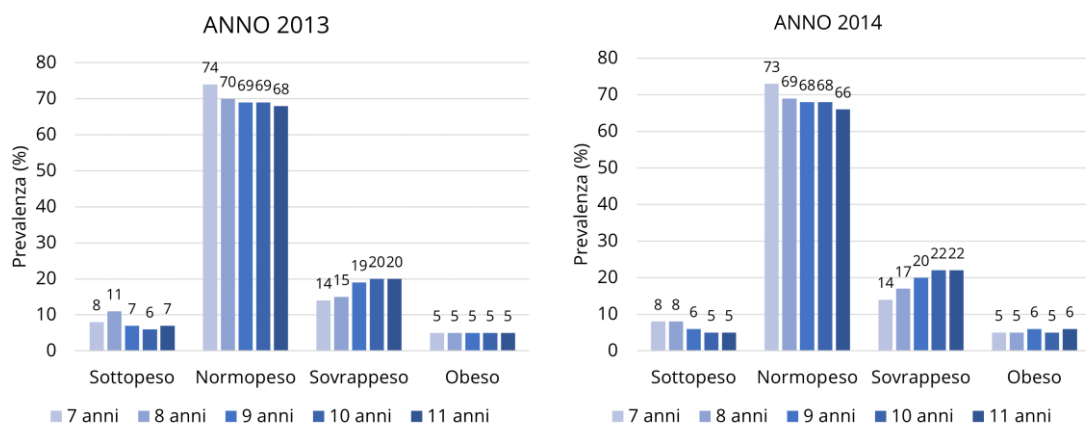


Figura 23: prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, suddivisi per fascia d'età, valutati prima (a sinistra) e dopo (a destra) l'anno di intervento.

Inoltre, è stato analizzato l'effetto della numerosità della popolazione del centro abitato sulle caratteristiche antropometriche degli allievi, suddividendo i centri abitati in due categorie: centri abitati con meno di 10.000 abitanti e centri abitati con più di 10.000 abitanti (figura 24). Si può osservare che non era presente una differenza significativa della prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi in funzione della numerosità della popolazione del centro abitato (in media: 8%, 69%, 18% e 5%, rispettivamente). Inoltre, tale prevalenza non cambiava tra l'inizio e la fine dell'anno di intervento.

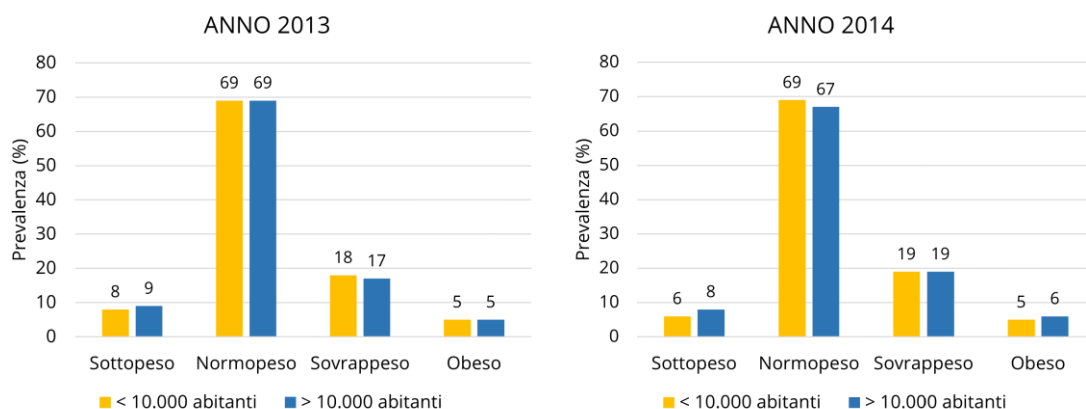


Figura 24: prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, suddivisi in base alla popolazione del centro abitato, valutati prima (a sinistra) e dopo (a destra) l'anno di intervento.

Infine, è stata analizzata la prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi nelle quattro province della Regione Friuli Venezia Giulia (Gorizia, Pordenone, Trieste e Udine). Si è potuto osservare (figura 25) che non vi erano differenze significative nella prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi nelle quattro province (in media: 8%, 69%, 18% e 5%, rispettivamente), anche se la provincia di Pordenone presentava

una percentuale di bambini in sovrappeso e obesi maggiore del 4% in media rispetto alle altre tre province e la provincia di Udine presentava una percentuale di bambini in sottopeso maggiore del 5% in media rispetto alle altre tre province. Inoltre, tale prevalenza non cambiava tra l'inizio e la fine dell'anno di intervento.

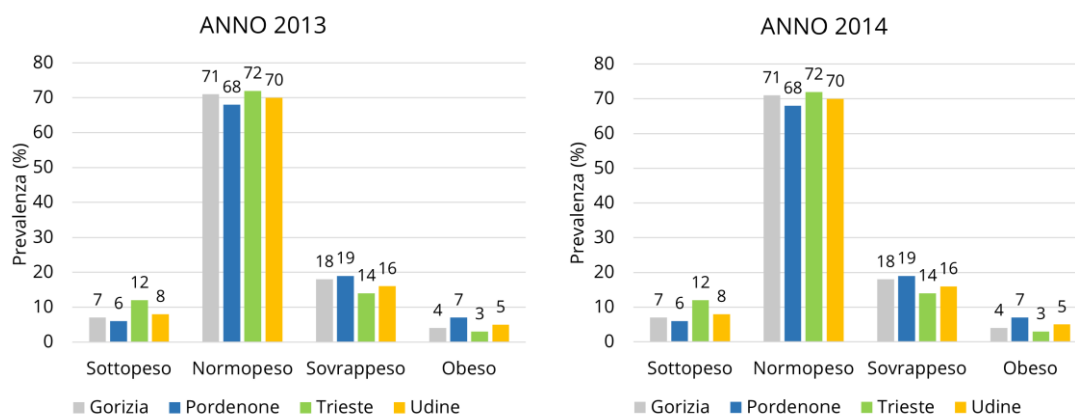


Figura 25: prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi suddivisi per provincia di provenienza, valutati prima (a sinistra) e dopo (a destra) l'anno di intervento.

8.1.1 Capacità fisiche espresse in funzione del genere e dell'età

Salto in lungo da fermo. In figura 26 sono riportati i valori medi della distanza raggiunta in seguito a un salto in lungo da fermo in femmine e maschi suddivisi in funzione dell'età. Si può osservare che in media i maschi raggiungevano una distanza significativamente maggiore rispetto alle femmine di $+7, 2 \pm 1, 6$ cm prima e di $+7, 3 \pm 1, 4$ cm dopo l'anno di intervento. Inoltre, dopo l'anno di intervento, sia le femmine che i maschi raggiungevano in media una distanza maggiore rispetto all'inizio ($+6, 5 \pm 0, 9$ cm e $+6, 2 \pm 1, 4$ cm, rispettivamente). Tale incremento è dovuto ai fattori di crescita che caratterizzano i bambini in questo periodo.

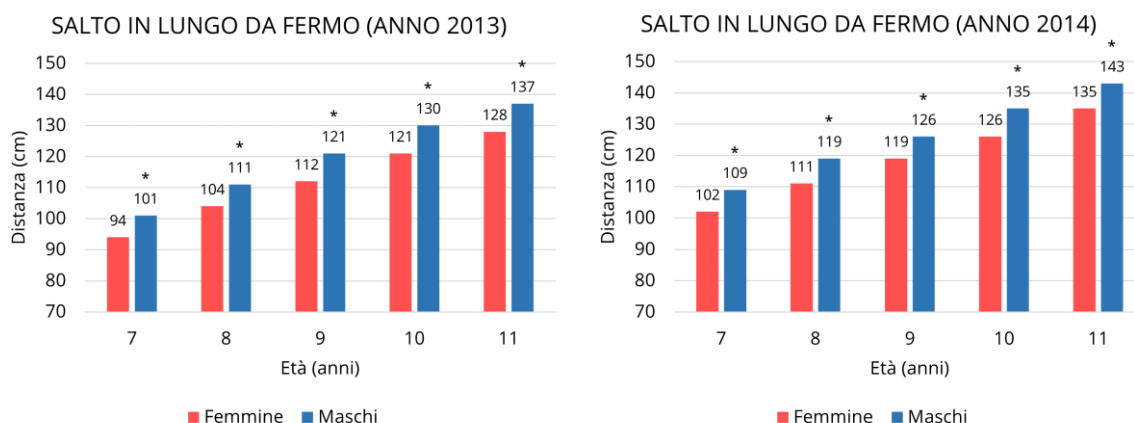


Figura 26: distanza raggiunta in un salto in lungo da fermo dagli allievi, valutati prima (a sinistra) e dopo (a destra) l'anno di intervento. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa.

Lancio frontale della palla medica. In figura 27 sono riportati i valori medi della distanza raggiunta da una palla medica in seguito a un lancio frontale, in femmine e maschi suddivisi in funzione dell'età. Si può osservare che in media i maschi realizzavano un lancio della palla medica raggiungendo una distanza significativamente maggiore rispetto alle femmine di $+29,6 \pm 9,4$ cm prima e di $+30,6 \pm 7,8$ cm dopo l'anno di intervento. Inoltre, dopo l'anno di intervento, sia le femmine che i maschi lanciavano la palla medica a una distanza significativamente maggiore rispetto all'inizio ($+29,8 \pm 1,7$ cm e $+28,9 \pm 4,4$ cm, rispettivamente). Tale incremento è dovuto ai fattori di crescita che caratterizzano i bambini in questo periodo.

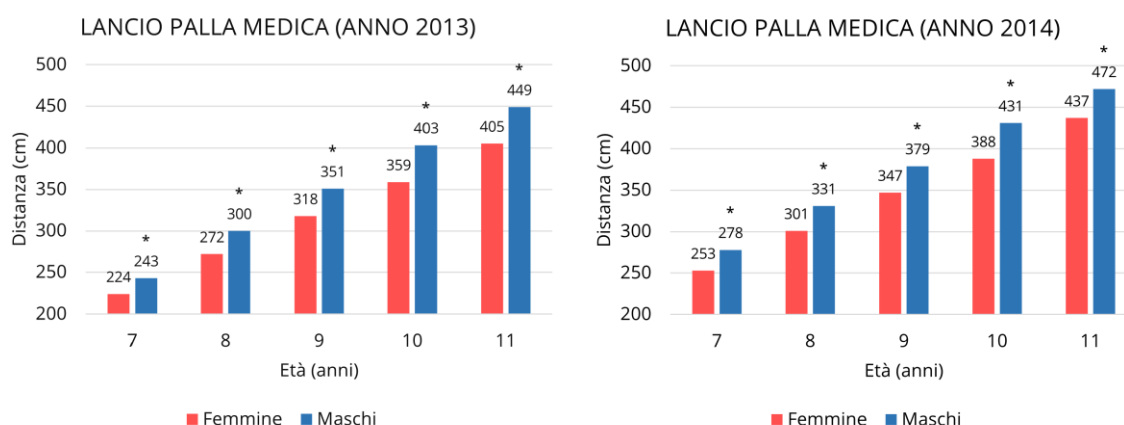


Figura 27: distanza raggiunta da una palla medica in seguito a un lancio frontale degli allievi, valutati prima (a sinistra) e dopo (a destra) l'anno di intervento. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa.

Equilibrio monopodalico. In figura 28 sono riportati i valori medi del tempo in cui gli allievi mantenevano la posizione eretta in equilibrio monopodalico senza commettere errori, in maschi e femmine suddivisi in funzione dell'età. Si può osservare che in media i maschi mantenevano la posizione di equilibrio monopodalico senza commettere errori per un tempo significativamente minore rispetto alle femmine di $-1,7 \pm 1,0$ s prima e di $-2,2 \pm 0,9$ s dopo l'anno di intervento. Inoltre, dopo l'anno di intervento, sia le femmine che i maschi mantenevano la posizione di equilibrio monopodalico per un tempo significativamente maggiore rispetto all'inizio ($+2,3 \pm 0,9$ s e $+2,5 \pm 0,9$ s, rispettivamente). Tale incremento era dovuto ai fattori di crescita che caratterizzano i bambini in questo periodo.

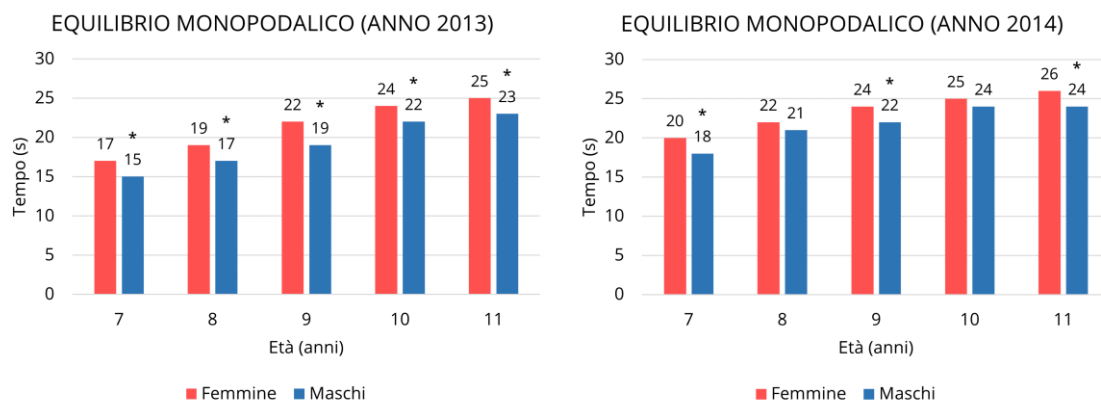


Figura 28: tempo in cui gli allievi mantenevano la posizione eretta in equilibrio monopodalico senza commettere errori, valutati prima (a sinistra) e dopo (a destra) l'anno di intervento. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa.

Test del ventaglio. In figura 29 sono riportati i valori medi del tempo impiegato a realizzare il test del ventaglio, in femmine e maschi suddivisi in funzione dell'età. Si può osservare che in media non sono state registrate differenze significative nel tempo impiegato a realizzare il test tra femmine e maschi. Inoltre, dopo l'anno di intervento le femmine e i maschi avevano ridotto in maniera significativa il tempo necessario a realizzare il test (in media di $-1,1 \pm 0,4$ s e $-1,1 \pm 0,5$ s, rispettivamente). Tale decremento è dovuto ai fattori di crescita che caratterizzano i bambini in questo periodo.

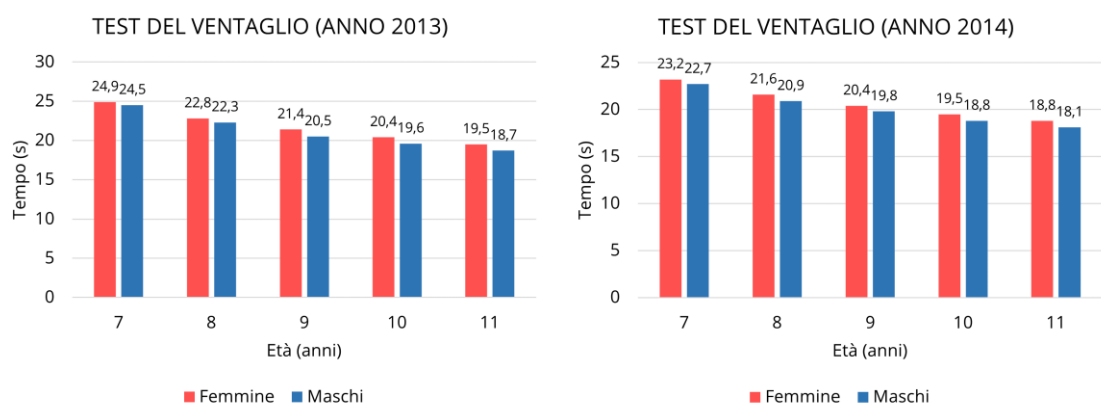


Figura 29: tempo necessario a realizzare il test del ventaglio, valutato prima (a sinistra) e dopo (a destra) l'anno di intervento.

8.1.2 Capacità fisiche espresse in funzione dello stato ponderale degli allievi

Salto in lungo da fermo. In figura 30 sono riportati i valori medi della distanza raggiunta in seguito a un salto in lungo da fermo negli allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, suddivisi in funzione dell'età. Si può osservare che in media i soggetti sovrappeso e obesi avevano prestazioni significativamente inferiori rispetto ai loro colleghi normopeso (-8 cm

e -17 cm, rispettivamente). Gli allievi sottopeso non presentavano differenze significative rispetto ai loro colleghi normopeso. Inoltre, le prestazioni miglioravano significativamente in funzione dell'età in tutte le categorie di indice di massa corporea (in media +9 cm per anno).

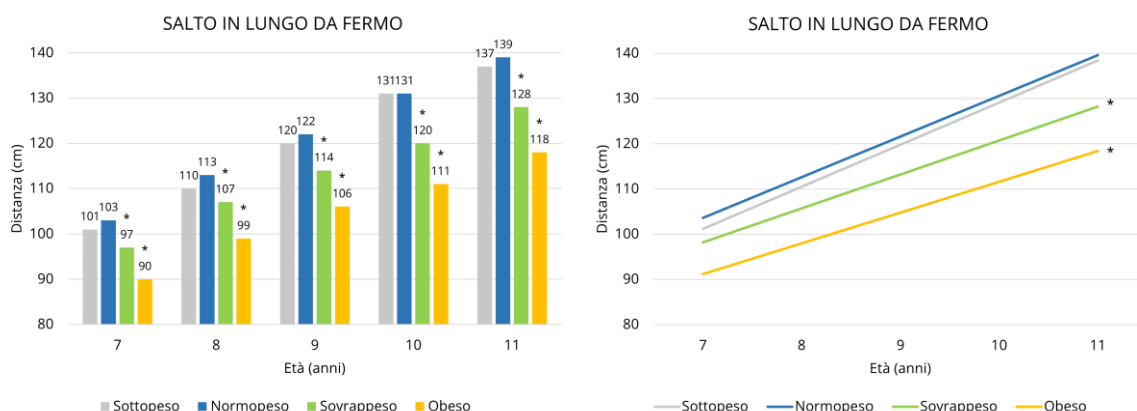


Figura 30: distanza raggiunta in un salto in lungo da fermo dagli allievi. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa.

Lancio frontale della palla medica. In figura 31 sono riportati i valori medi della distanza raggiunta dalla palla medica in seguito a un lancio frontale degli allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, suddivisi in funzione dell'età. Si può osservare che in media i soggetti sovrappeso e obesi avevano prestazioni significativamente migliori rispetto ai loro colleghi normopeso (+18 cm e +31 cm, rispettivamente). Gli allievi sottopeso non presentavano differenze significative rispetto ai loro colleghi normopeso. Inoltre, le prestazioni miglioravano significativamente in funzione dell'età in tutte le categorie di indice di massa corporea (in media +54 cm per anno).

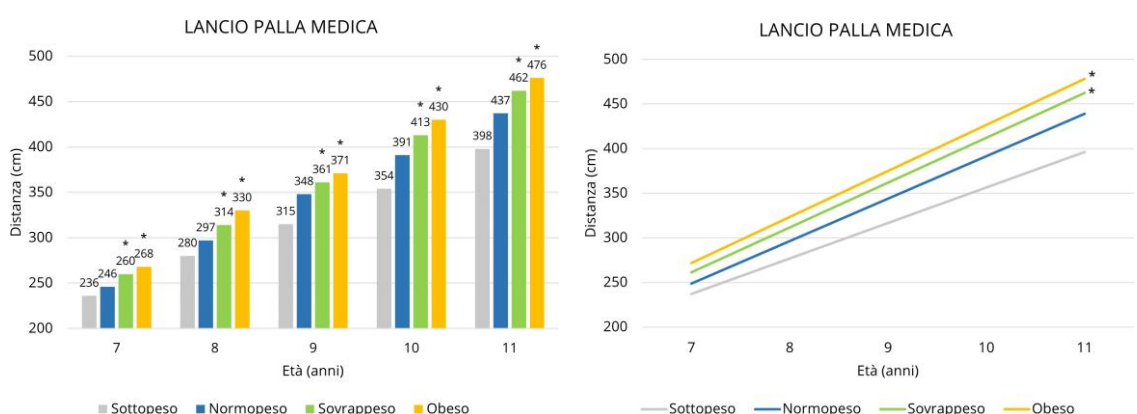


Figura 31: distanza raggiunta dalla palla medica in seguito a un lancio frontale. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa.

Equilibrio monopodalico. In figura 32 sono riportati i valori medi del tempo in cui gli allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi mantenevano la posizione eretta in equilibrio monopodalico senza commettere errori, suddivisi in funzione dell'età. Si può osservare che in media i soggetti obesi presentavano prestazione significativamente inferiori rispetto ai loro colleghi normopeso (-2 s, rispettivamente). Gli allievi sottopeso e sovrappeso non presentavano differenze significative rispetto ai loro colleghi normopeso. Inoltre, le prestazioni miglioravano significativamente in funzione dell'età in tutte le categorie di indice di massa corporea (in media $+2$ s per anno).

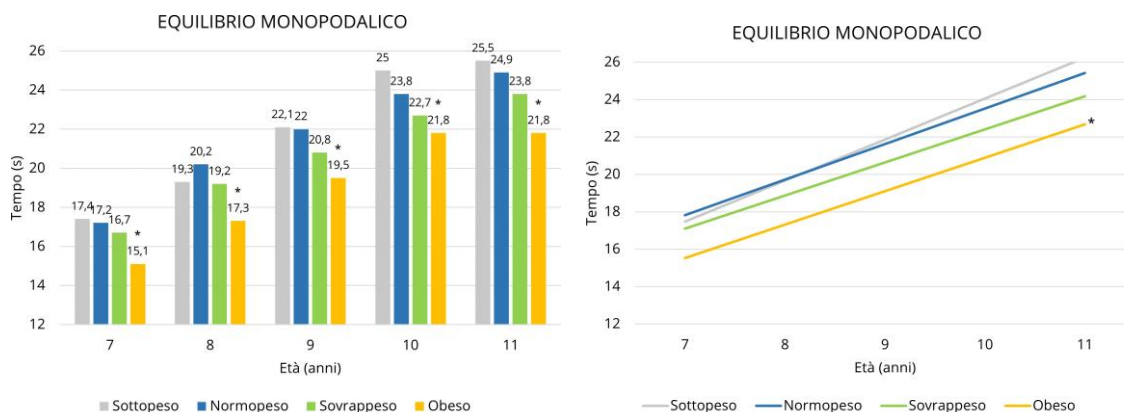


Figura 32: tempo in cui gli allievi mantenevano la posizione eretta in equilibrio monopodalico senza commettere errori. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa.

Test del ventaglio. In figura 33 sono riportati i valori medi del tempo impiegato a realizzare il test del ventaglio dagli allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, suddivisi in funzione dell'età. Si può osservare che in media i soggetti obesi presentavano prestazione significativamente inferiori rispetto ai loro colleghi normopeso (-2 s). Gli allievi sottopeso e sovrappeso non presentavano differenze significative rispetto ai loro colleghi normopeso. Inoltre, le prestazioni miglioravano significativamente in funzione dell'età in tutte le categorie di indice di massa corporea (in media -2 s per anno).

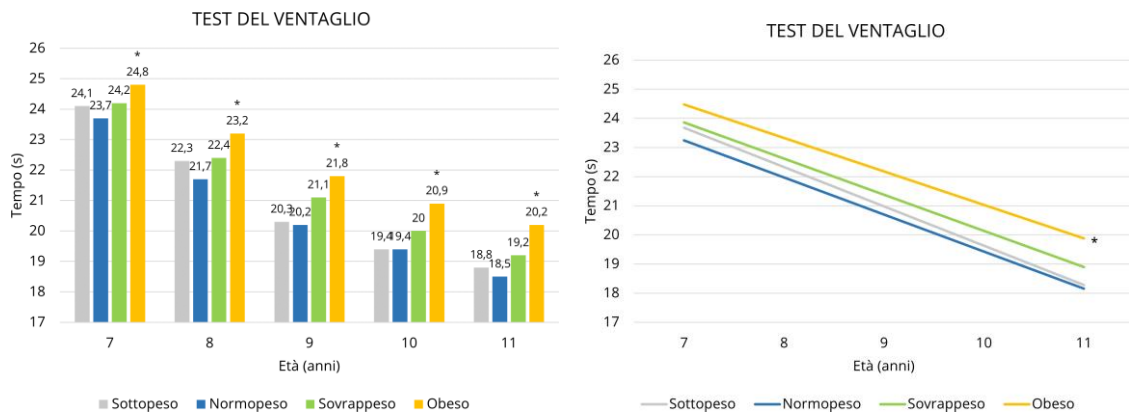


Figura 33: tempo necessario a realizzare il test del ventaglio. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa.

8.1.3 Effetti a medio termine delle attività previste nel Progetto “Movimento in 3S” sulle caratteristiche antropometriche e le capacità fisiche

Nell'ambito delle iniziative previste nel Progetto “Movimento in 3S” e in collaborazione con il Corso di Laurea in Scienze Motorie dell'Università di Udine, è stata organizzata una raccolta dati più specifica su un gruppo limitato di 1.286 allievi. Questo gruppo di allievi è stato suddiviso in un gruppo sperimentale (gruppo 3S, n: 661) che ha seguito le iniziative proposte dal Progetto “Movimento in 3S”, e un gruppo di controllo (n: 625) che ha seguito le normali attività previste dal programma scolastico senza la compresenza dell'esperto. Tutti gli allievi hanno partecipato per tre anni consecutivi all'iniziativa, da febbraio 2013 a giugno 2015. Sono stati raccolti i parametri antropometrici (peso e statura), di composizione corporea (massa magra e massa grassa con la tecnica della plicometria), e motori (lancio della palla medica, salto in lungo da fermo ed equilibrio monopodalico). Gli obiettivi dello studio erano di valutare gli effetti a medio termine delle attività previste dal Progetto “Movimento in 3S” sulle caratteristiche antropometriche e le capacità fisiche degli allievi.

In tabella 4 sono rappresentate le caratteristiche antropometriche del gruppo di allievi che ha partecipato per 3 anni consecutivi all'iniziativa. Si può osservare che prima dell'inizio dello studio non vi erano differenze significative di età, peso, statura e BMI tra i due gruppi (Gruppo 3S vs Gruppo controllo), mentre 3 anni dopo, gli allievi del Gruppo 3S presentavano in media un peso e un BMI inferiori rispetto al Gruppo controllo.

	Prima		3 anni dopo	
	Gruppo 3S n: 661	Gruppo controllo n: 625	Gruppo 3S n: 661	Gruppo controllo n: 625
Età (anni)	6,8 ± 0,3	6,7 ± 0,3	8,8 ± 0,3	8,7 ± 0,4
Peso (kg)	24,4 ± 4,0	24,7 ± 5,0	31,0 ± 6,0	32,8 ± 7,5
Statura (m)	1,22 ± 0,06	1,22 ± 0,05	1,34 ± 0,06	1,33 ± 0,07
BMI (kg/m ²)	16,4 ± 1,8	16,6 ± 2,6	17,4 ± 2,5	18,4 ± 2,9

Tabella 4: caratteristiche antropometriche dei soggetti che hanno partecipato allo studio, prima e dopo 3 anni.

In figura 34 si può osservare che all'inizio dello studio non vi era nessuna differenza significativa nella prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi tra i due gruppi (in media: 7%, 72%, 15% e 6%, rispettivamente). Dopo 3 anni di intervento, si può osservare una prevalenza inferiore di allievi sovrappeso e obesi nel gruppo 3S rispetto al gruppo di controllo (13% vs 19% e 3% vs 6%, rispettivamente) e di conseguenza una prevalenza superiore di allievi normopeso nel gruppo 3S rispetto al gruppo di controllo (78% vs 68%, $p < 0,05$).

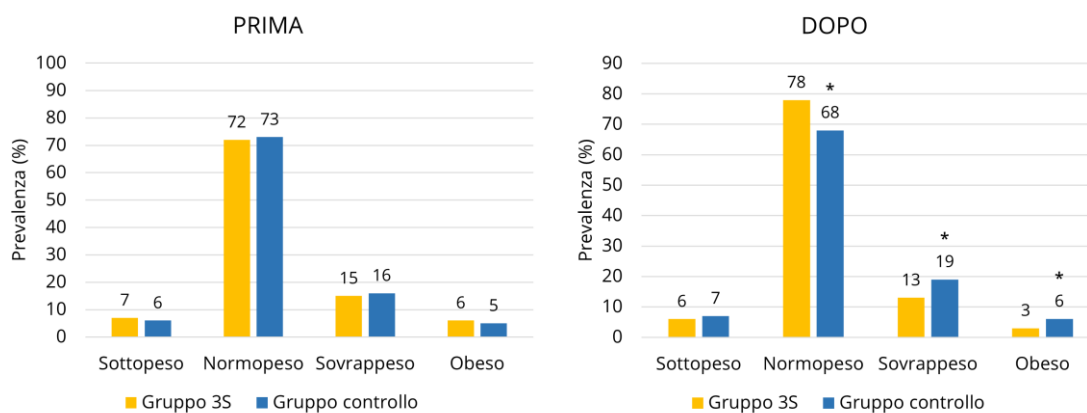


Figura 34: prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, valutati prima (a sinistra) e dopo 3 anni di intervento (a destra). L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa.

In figura 35 si può osservare che non vi era nessuna differenza significativa di massa magra tra i due gruppi di allievi, sia prima che 3 anni dopo l'intervento, mettendo in evidenza un normale sviluppo della massa magra nei due gruppi. Al contrario, si può osservare come 3 anni dopo l'intervento, la percentuale di massa grassa sia significativamente inferiore (−3,3%) nel gruppo 3S rispetto al gruppo di controllo.

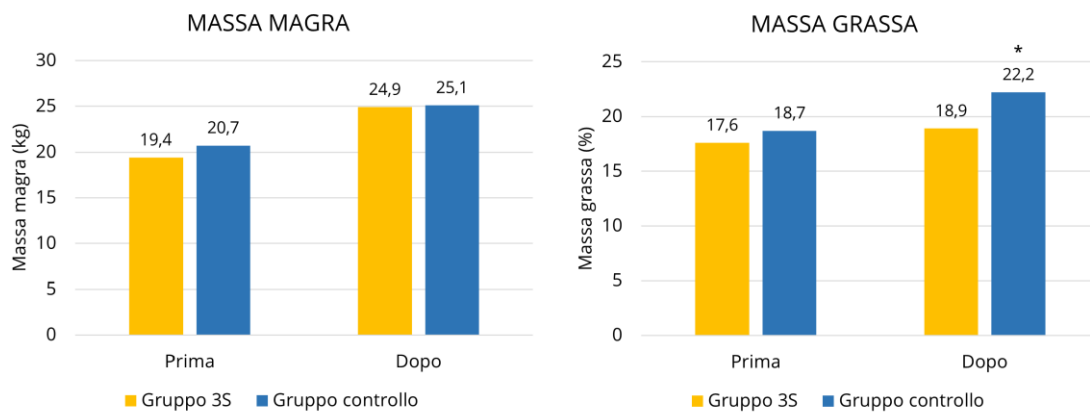


Figura 35: massa magra (a sinistra) e percentuale di massa grassa (a destra) nel gruppo 3S e nel gruppo di controllo, valutate prima e dopo 3 anni di intervento. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa.

Per quanto riguarda le capacità fisiche, nelle figure 36 e 37 si evidenzia che prima dell'intervento, in media, non vi erano differenze significative tra le prestazioni di lancio della palla medica e di salto in lungo da fermo tra gli allievi appartenenti ai due gruppi. Dopo 3 anni di intervento, le prestazioni di lancio della palla medica e di salto in lungo da fermo erano migliori nel gruppo 3S (+0,5 m e +0,1 m, rispettivamente) rispetto al gruppo di controllo.

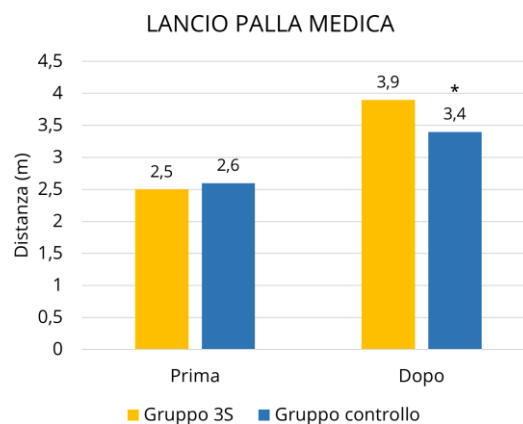


Figura 36: distanza raggiunta dalla palla medica in seguito a un lancio frontale nel gruppo 3S e nel gruppo di controllo, valutata prima e dopo 3 anni di intervento. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa.

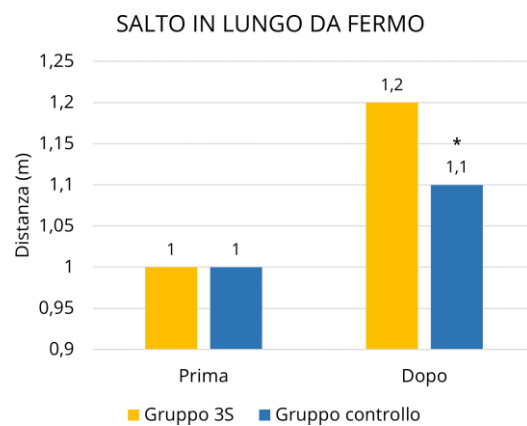


Figura 37: distanza raggiunta in seguito a un salto in lungo da fermo nel gruppo 3S e nel gruppo di controllo, valutata prima e dopo 3 anni di intervento. L’asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa.

Infine, in figura 38 sono riportati i valori medi del tempo in cui gli allievi dei due gruppi mantenevano la posizione eretta in equilibrio monopodalico senza commettere errori. Si può osservare che in media prima dell’intervento non vi erano differenze tra i due gruppi, mentre dopo l’intervento gli allievi del gruppo 3S mantenevano la posizione di equilibrio monopodalico per un tempo maggiore rispetto al gruppo di controllo (+3 s).

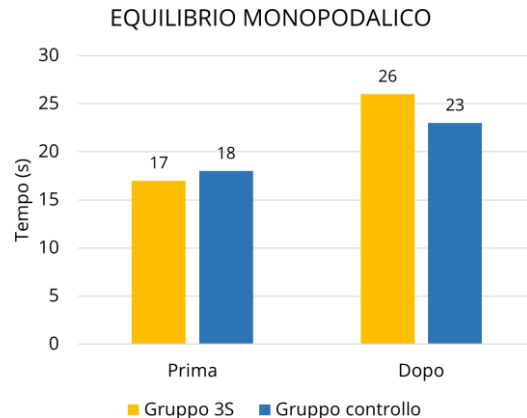


Figura 38: tempo in cui gli allievi mantenevano la posizione eretta in equilibrio monopodalico senza commettere errori nel gruppo 3S e nel gruppo di controllo, valutato prima e dopo 3 anni di intervento.

8.2 Periodo 2016-2019

Per questo primo studio sono stati considerati 30.431 allievi (14.645 femmine e 15.786 maschi) di 6-11 anni che hanno aderito al progetto “Movimento in 3S” nell’anno scolastico 2016-2017. In Tabella 5 sono rappresentate le caratteristiche antropometriche degli allievi, rilevate prima dell’inizio del Progetto, suddivise in funzione del genere e dell’età.

Femmine n: 14.645						
	6 anni n: 845	7 anni n: 3.161	8 anni n: 3.176	9 anni n: 2.914	10 anni n: 2.690	11 anni n: 1.859
Peso (kg)	22,6 ± 4,0	24,1 ± 4,6	27,3 ± 5,6	31,1 ± 6,9	34,7 ± 7,7	38,9 ± 8,8
Statura (m)	1,19 ± 0,05	1,21 ± 0,06	1,28 ± 0,06	1,33 ± 0,06	1,39 ± 0,07	1,44 ± 0,07
BMI (kg/m ²)	16,3 ± 2,2	16,5 ± 2,3	17,0 ± 2,6	17,7 ± 3,0	18,1 ± 3,1	18,7 ± 3,3
Maschi n: 15.786						
	6 anni n: 868	7 anni n: 3.377	8 anni n: 3.303	9 anni n: 3.228	10 anni n: 2.929	11 anni n: 2.081
Peso (kg)	23,1 ± 3,7	24,5 ± 4,5	27,7 ± 5,4	31,7 ± 6,8	35,4 ± 7,6	39,4 ± 8,6
Statura (m)	1,17 ± 0,06	1,21 ± 0,06	1,26 ± 0,06	1,32 ± 0,07	1,38 ± 0,07	1,44 ± 0,07
BMI (kg/m ²)	16,4 ± 2,0	16,6 ± 2,2	17,0 ± 2,5	17,8 ± 2,8	18,3 ± 3,0	19,0 ± 3,3

Tabella 5: caratteristiche antropometriche degli allievi, rilevate prima dell'inizio del Progetto, suddivise in funzione del genere e dell'età.

Si osservano delle differenze significative tra le femmine e i maschi nei parametri antropometrici considerati. Inoltre, nelle femmine e nei maschi, la statura e il peso aumentano in maniera significativa in funzione dell'età (in media di +0,05 m e +3,2 kg per anno, $p < 0,05$).

Considerando tutta la popolazione di allievi che ha partecipato allo studio, si può osservare (figura 39) che non vi erano differenze significative tra le femmine e i maschi nella prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi (in media: 6%, 69%, 19% e 6%, rispettivamente).

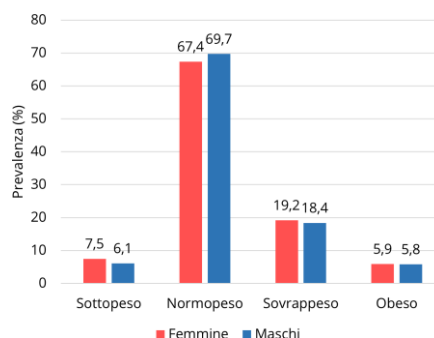


Figura 39: prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi che hanno partecipato allo studio, valutati prima dell'inizio del Progetto.

In particolare, si può osservare che la percentuale di allieve (figura 40) e allievi (figura 41) sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi risultavano ugualmente distribuiti nelle varie fasce d'età (in media: 7%, 68%, 19% e 6%, rispettivamente).

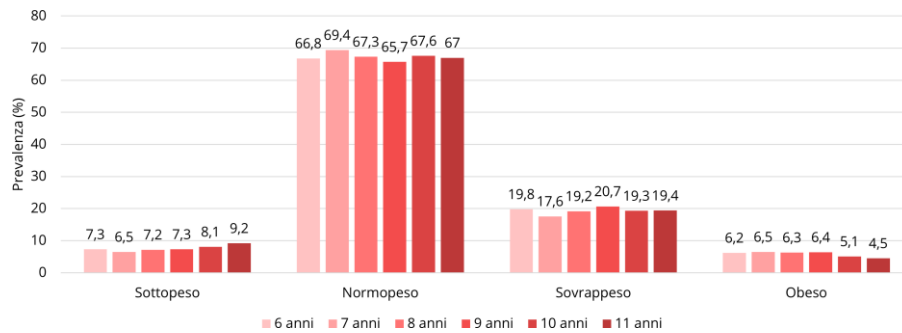


Figura 40: prevalenza di allieve sottopeso, normopeso, sovrappeso e obese, suddivisa per fascia d'età.

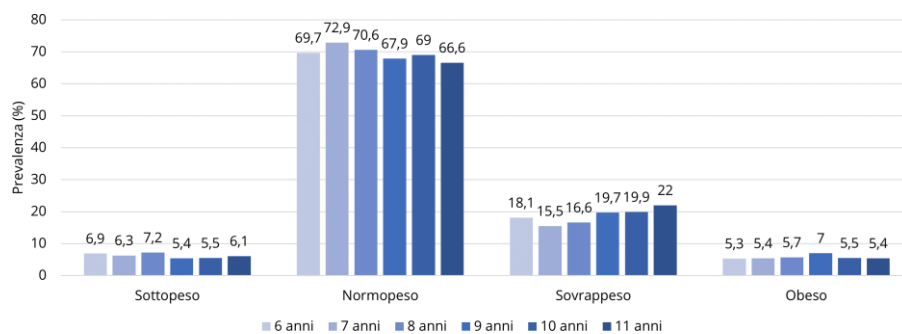


Figura 41: prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, suddivisa per fascia d'età.

8.2.1 Capacità fisiche espresse in funzione del genere e dell'età

Test di Léger. Nelle figure 42 e 43 sono riportati i valori medi del numero di step realizzati nel test di Léger dagli allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, suddivisi in funzione del genere e dell'età. Si può osservare che in media le femmine presentavano dei valori più bassi rispetto ai maschi a ogni età (−0, 2 step, −0, 4 step, −0, 5 step, −0, 6 step, −0, 9 step e −0, 4 step dai 6 agli 11 anni, rispettivamente, $p < 0,011$). Inoltre, dei valori minori, rispetto alle femmine normopeso, venivano raggiunti a 8, 9, 10 anni dalle femmine obese (−50, 0%, −38, 7% e −37, 5%, $p < 0,001$), come anche a 8, 9, 10 e 11 anni dai maschi obesi (−36, 4%, −37, 8%, −55, 8% e −43, 6%, $p < 0,001$) rispetto ai maschi normopeso. Anche le femmine in sovrappeso presentavano dei valori inferiori rispetto alle femmine normopeso a 8, 9, 10 e 11 anni (−26, 7%, −25, 8%, −21, 9% e −21, 9%, $p < 0,001$), come anche i maschi in sovrappeso presentavano dei valori inferiori rispetto ai maschi normopeso a 9, 10 e 11 anni (−21, 6%, −34, 9% e −28, 2%, $p < 0,001$). In particolare, la differenza nelle capacità aerobiche tra gli allievi obesi, sovrappeso e normopeso aumentava in funzione dell'età per entrambi i generi.

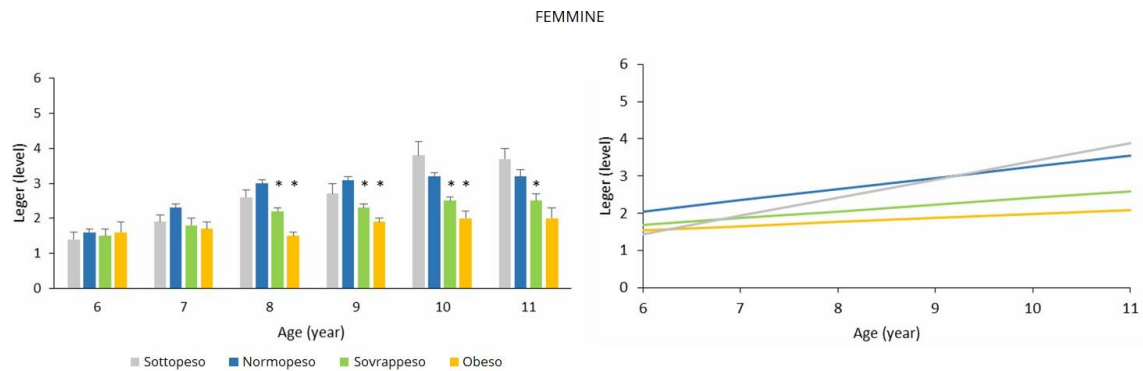


Figura 42: step realizzati nel test di Léger dalle femmine sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesa, espressi in funzione dell'età. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren*, 2020).

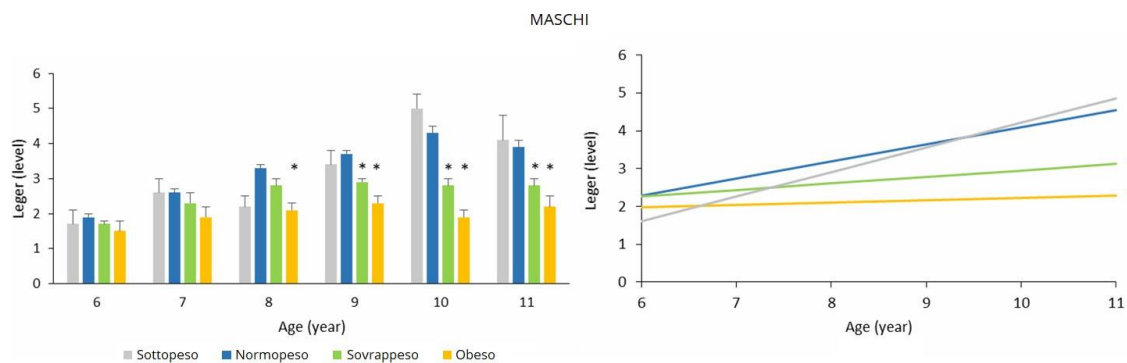


Figura 43: step realizzati nel test di Léger dai maschi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, espressi in funzione dell'età. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren*, 2020).

Test a navetta 10 × 5 m. Nelle figure 44 e 45 sono riportati i valori relativi al tempo impiegato per realizzare il test a navetta 10 × 5 m dagli allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, suddivisi in funzione del genere e dell'età. Si può osservare che in media le femmine impiegavano più tempo rispetto ai maschi per realizzare il test (+0,5 s, +0,6 s, +1,0 s, +0,4 s, +0,7 s e +0,8 s dai 6 agli 11 anni, rispettivamente, $p < 0,012$). Inoltre, la performance migliorava dai 6 agli 11 anni in entrambi i sessi (mediamente -0,7 s nelle femmine e -0,8 s nei maschi per ogni anno d'età). Inoltre, il tempo impiegato per completare il test era maggiore nelle femmine obese rispetto alle femmine normopeso (+6,6%, +9,6%, +7,8% e +15,6% a 7, 8, 10 e 11 anni, $p < 0,001$), come anche nei maschi obesi rispetto ai maschi normopeso (+10,9%, +8,2%, +13,5% e +15,7% a 8, 9, 10 e 11 anni, $p < 0,001$). Analogamente, a 11 anni le femmine in sovrappeso impiegavano un tempo

maggiore rispetto alle femmine normopeso (+6, 2%, $p = 0,023$), come anche i maschi in sovrappeso impiegavano un tempo maggiore rispetto ai maschi normopeso all'età di 9, 10 e 11 anni (+5, 2%, +5, 4% e +6, 5%, $p < 0,001$). In particolare, la differenza nelle capacità di agilità tra gli allievi obesi, sovrappeso e normopeso aumentava in funzione dell'età per entrambi i generi.

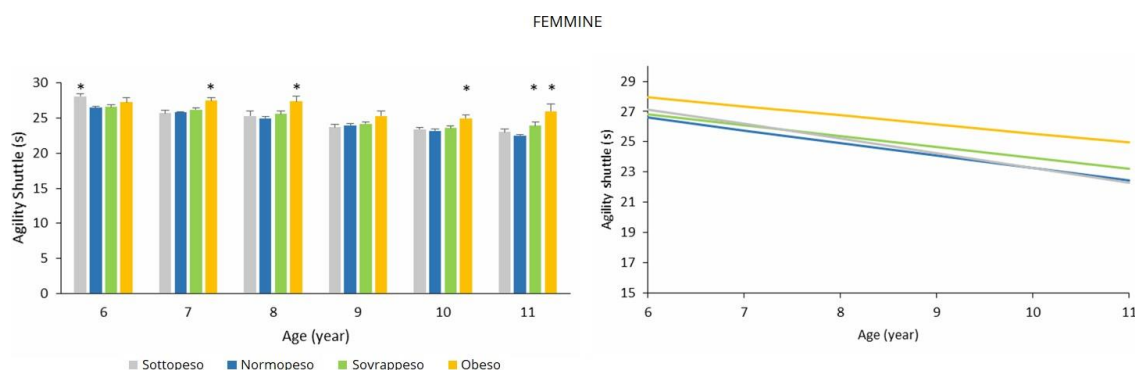


Figura 44: tempo impiegato nel test a navetta 10x5 m dalle femmine sottopeso, normopeso, sovrappeso e obese, espresso in funzione dell'età. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren*, 2020).

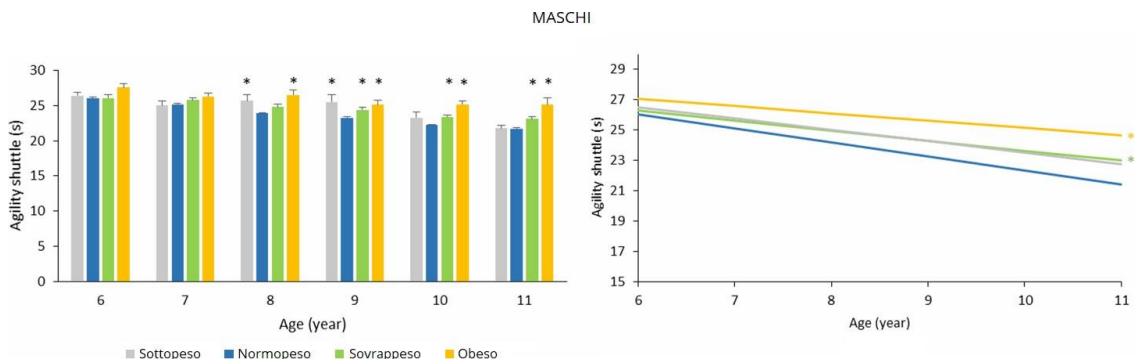


Figura 45: tempo impiegato nel test a navetta 10x5 m dai maschi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obese, espresso in funzione dell'età. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren*, 2020).

Salto in lungo da fermo. Nelle figure 46 e 47 sono riportati i valori medi della distanza raggiunta in seguito a un salto in lungo da fermo dagli allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, suddivisi in funzione del genere e dell'età. Si può osservare che in media le femmine raggiungevano una distanza inferiore rispetto ai maschi (-6,6 cm a 6 e 7 anni, -7,2 cm a 8 anni, -7,6 cm a 9 anni, -7,9 cm a 10 anni e -8,9 cm a 11 anni, $p < 0,006$). Inoltre, la performance migliorava dai 6 agli 11 anni in entrambi i generi (mediamente +6,

9 cm nelle femmine e +7, 3 cm nei maschi per ogni anno d'età). Le femmine obese raggiungevano una distanza inferiore rispetto alle normopeso (-9, 3%, -10, 9%, -10, 0%, -10, 3%, -12, 7% e -13, 0%, a 6, 7, 8, 9, 10 e 11 anni, $p < 0,001$), come anche i maschi obesi rispetto ai maschi normopeso (-9, 5%, -11, 6%, -13, 8%, -14, 4%, -15, 6% e -15, 9% a 6, 7, 8, 9, 10 e 11 anni, $p < 0,001$). Analogamente, le femmine in sovrappeso raggiungevano una distanza inferiore rispetto alle femmine normopeso a 7, 8, 9, 10 e 11 anni (-4, 0%, -4, 1%, -6, 4%, -7, 5% e -8, 6%, $p < 0,001$), come anche i maschi in sovrappeso raggiungevano una distanza inferiore rispetto ai maschi normopeso (-4, 3%, -6, 2%, -6, 8%, -7, 3% e -7, 6%, $p < 0,001$). In particolare, la differenza nelle capacità di salto tra gli allievi obesi, sovrappeso e normopeso aumentava in funzione dell'età.

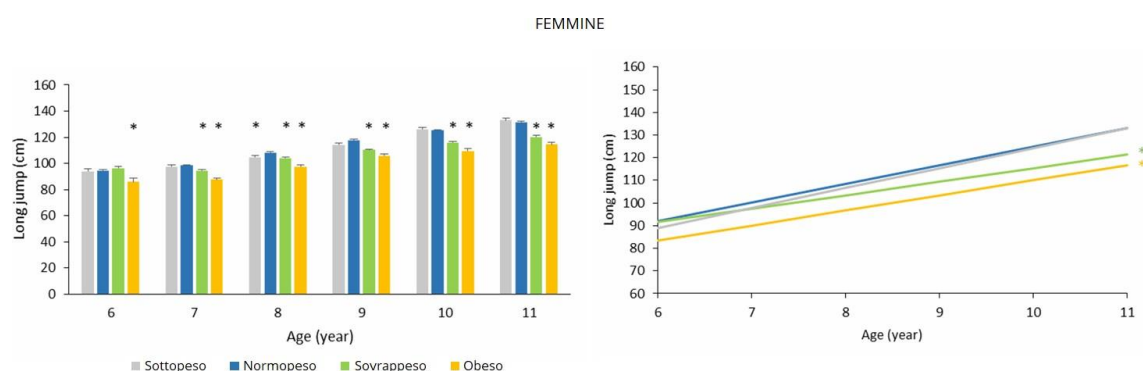


Figura 46: distanza raggiunta in un salto in lungo da fermo dalle femmine sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesa, espressa in funzione dell'età. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren*, 2020).

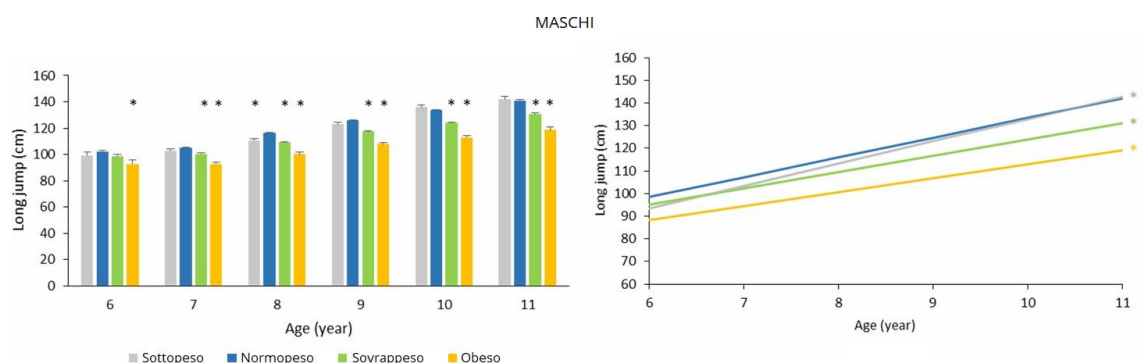


Figura 47: distanza raggiunta in un salto in lungo da fermo dai maschi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, espressa in funzione dell'età. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren*, 2020).

Lancio frontale della palla medica. Nelle figure 48 e 49 sono riportati i valori medi della distanza raggiunta da una palla medica in seguito a un lancio frontale realizzato dagli allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, suddivisi in funzione del genere e dell'età. Si può osservare che in media le femmine raggiungevano una distanza inferiore rispetto ai maschi (−18, 1 cm, −18, 6 cm, −26, 9 cm, −32, 9 cm, −39, 6 cm, −42, 6 cm da 6 a 11 anni, $p < 0,024$). Inoltre, la performance migliorava dai 6 agli 11 anni in entrambi i generi (mediamente +36, 8 cm nelle femmine e +41, 7 cm nei maschi per ogni anno d'età). Le femmine obese raggiungevano una distanza maggiore rispetto alle femmine normopeso (+9, 3%, +12, 3%, +10, 5%, +12, 3%, +9, 3% e +12, 3% a 6, 7, 8, 9, 10 e 11 anni, $p < 0,001$),

come anche i maschi obesi rispetto ai maschi normopeso (+10, 9%, +9, 3%, +6, 3%, +8, 5% e +8, 8% a 6, 7, 8, 9 e 10 anni, $p < 0,001$). Analogamente, le femmine in sovrappeso raggiungevano una distanza maggiore rispetto alle femmine normopeso a 6, 7, 8, 9, 10 e 11 anni (+9, 9%, +5, 8%, +5, 7%, +5, 0%, +4, 8% e +6, 2%, $p < 0,001$), come anche i maschi in sovrappeso raggiungevano una distanza maggiore rispetto ai maschi normopeso a 7, 8, 9, 10 e 11 anni (+5, 9%, +4, 7%, +5, 1%, +4, 6% e +6, 2%, $p < 0,001$). In particolare, la differenza nelle capacità di lancio tra gli allievi obesi, sovrappeso e normopeso aumentava in funzione dell'età.

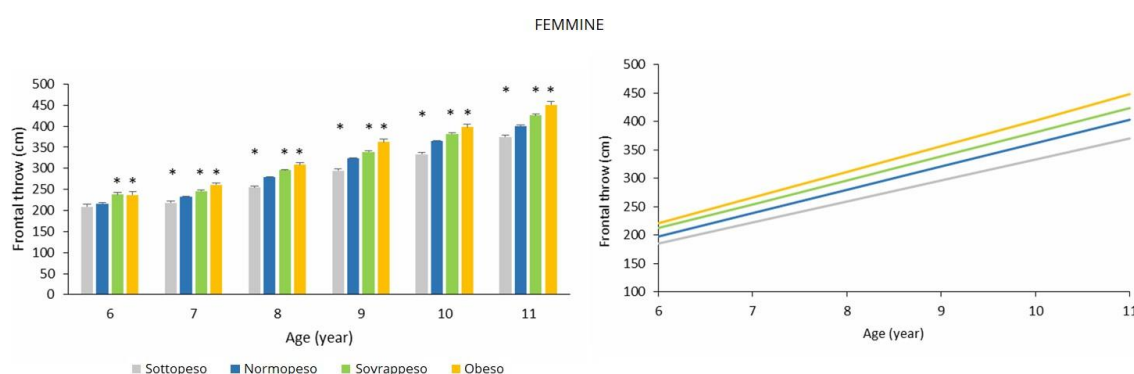


Figura 48: distanza raggiunta da una palla medica in seguito a lancio frontale realizzato dalle femmine sottopeso, normopeso, sovrappeso e obeso, espressa in funzione dell'età. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren*, 2020).

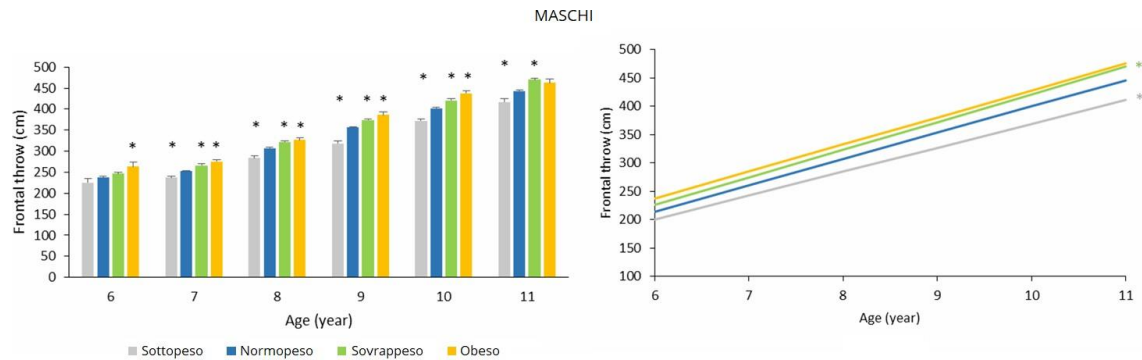


Figura 49: distanza raggiunta da una palla medica in seguito a lancio frontale realizzato dai maschi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, espressa in funzione dell'età. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal school-children*, 2020).

Test Sit and Reach. Nelle figure 50 e 51 sono riportati i valori medi di flessibilità del busto in seguito al test *Sit and Reach*, realizzato dagli allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, suddivisi in funzione del genere e dell'età. Si può osservare che in media le femmine raggiungevano valori superiori rispetto ai maschi (+2, 8 cm, +3, 5 cm, +4, 4 cm, +5, 3 cm, +5, 3 cm, +5, 9 cm da 6 a 11 anni, $p < 0,027$). Inoltre, la performance non cambiava nelle femmine in funzione dell'età, mentre peggiorava nei maschi in media di -0, 8 cm per ogni anno d'età. Le femmine obese presentavano una flessibilità maggiore a 6 anni e inferiore a 9 anni (+107, 1% e -100, 0%, rispettivamente, $p < 0,004$), mentre le femmine in sovrappeso presentavano una flessibilità minore a 8, 9, 10 e 11 anni (-48, 3%, -56, 7%, -86, 2% e -113, 8%, rispettivamente, $p < 0,005$), rispetto alle femmine normopeso. Solo a 9 anni i maschi obesi e a 8 anni i maschi in sovrappeso, presentavano una flessibilità minore rispetto ai maschi normopeso (-81, 5% e -93, 3%, $p < 0,050$, rispettivamente). In particolare, la differenza nella flessibilità tra gli allievi obesi, sovrappeso e normopeso aumentava in funzione dell'età.

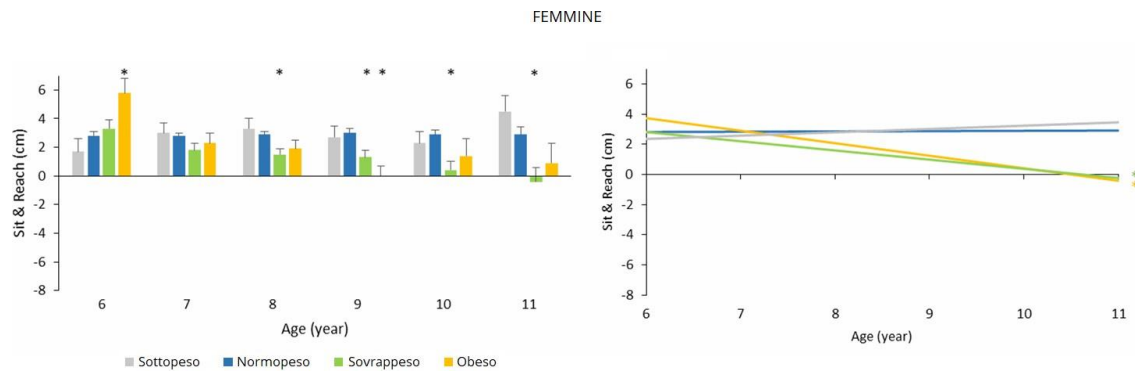


Figura 50: valori misurati nel test *Sit and Reach* nelle femmine sottopeso, normopeso, sovrappeso e obese, espressi in funzione dell'età. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren*, 2020).

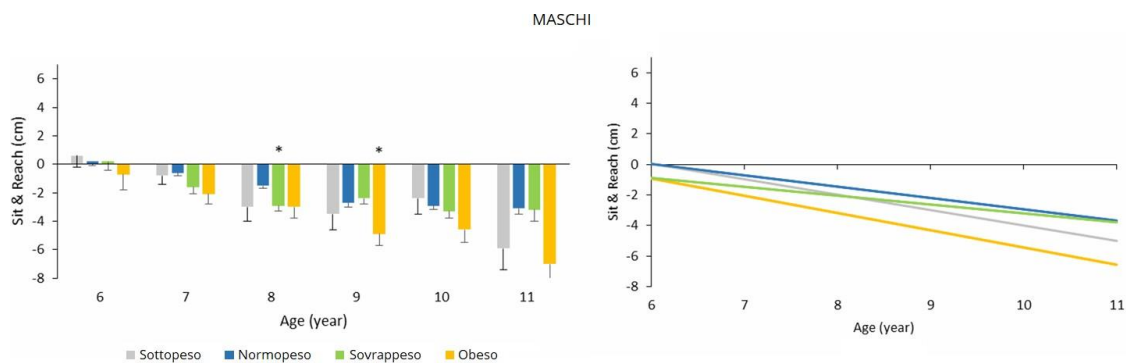


Figura 51: valori misurati nel test *Sit and Reach* nei maschi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, espressi in funzione dell'età. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren*, 2020).

Equilibrio monopodalico. Nelle figure 52 e 53 sono riportati i valori medi relativi al test di equilibrio monopodalico, realizzato dagli allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, suddivisi in funzione dell'età. Si può osservare che in media le femmine raggiungevano valori superiori rispetto ai maschi (+2, 9 s, +3, 0 s, +3, 1 s, +2, 8 s, +2, 0 s, +1, 9 s da 6 a 11 anni, $p < 0,015$). Inoltre, la performance migliorava in entrambi i sessi in funzione dell'età (in media +1, 9 s nelle femmine e +2, 1 s nei maschi per ogni anno d'età). Le femmine obese mantenevano per meno tempo l'equilibrio rispetto alle femmine normopeso (-14, 8%, -10, 3%, -14, 3%, -9, 6% e -12, 7% a 7, 8, 9, 10 e 11 anni, $p < 0,001$), come anche i maschi obesi rispetto ai maschi normopeso (-13, 2%, -18, 4%, -14, 6%, -13, 3% e -19, 8% a 7, 8, 9, 10 e 11 anni, $p < 0,001$). Analogamente, le femmine in sovrappeso mantenevano per meno tempo l'equilibrio rispetto alle femmine normopeso a 10 anni (-4, 0%, $p < 0,05$),

come anche i maschi in sovrappeso a 8, 9, 10 e 11 anni ($-7,0\%$, $-9,9\%$, $-6,0\%$ e $-5,8\%$, $p < 0,001$) rispetto ai maschi normopeso. In particolare, la differenza nelle capacità di equilibrio tra gli allievi obesi, sovrappeso e normopeso aumentava in funzione dell'età.

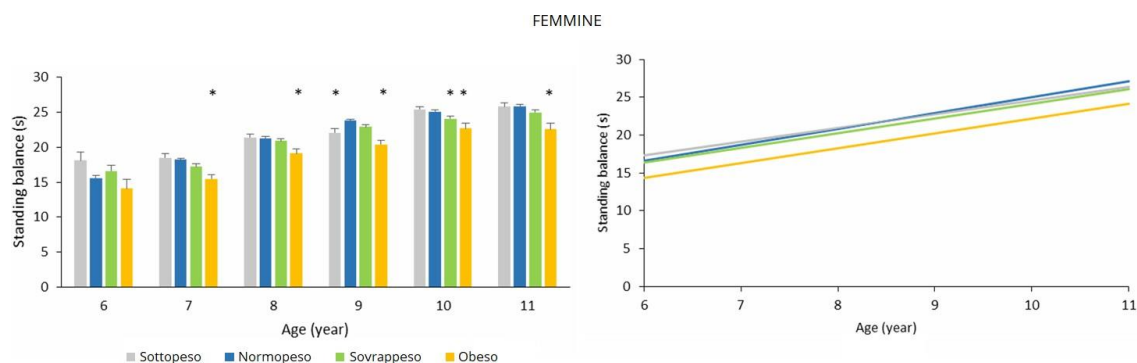


Figura 52: tempo in cui gli allievi mantenevano la posizione di equilibrio monopodalico senza commettere errori nelle femmine sottopeso, normopeso, sovrappeso e obeso, espresso in funzione dell'età. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren*, 2020).

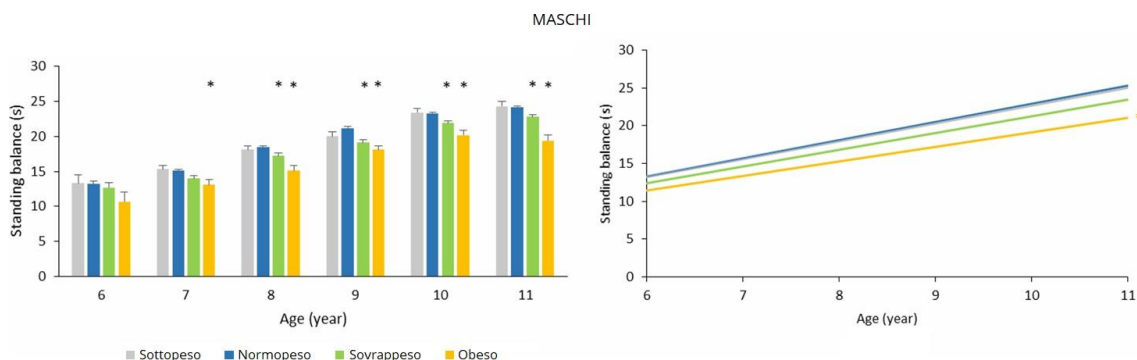


Figura 53: tempo in cui gli allievi mantenevano la posizione di equilibrio monopodalico senza commettere errori nei maschi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi, espresso in funzione dell'età. A destra regressioni lineari che considerano la variazione delle capacità fisiche in funzione dell'età. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren*, 2020).

8.2.2 Curve percentili delle capacità fisiche

I dati relativi alle capacità fisiche degli allievi sono stati impiegati per la realizzazione di percentili di riferimento, specifici per età e genere, dei test fisici considerati [105]. In tabella 6 e in figura 54 sono riportati i valori percentili specifici per età e genere, suddivisi in relazione ai diversi test fisici eseguiti.

	Età	Percentili Femmine									Età	Percentili Maschi								
		1	3	10	25	50	75	90	97	99		1	3	10	25	50	75	90	97	99
Test di Léger (step)	6	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9	2,4	3,2	4,0	4,4	6	1,1	1,2	1,3	1,6	2,1	3,2	3,8	4,8	5,5
	7	1,3	1,5	1,7	1,8	2,2	2,6	3,6	4,2	5,3	7	1,1	1,3	1,4	1,8	2,3	3,6	5,2	6,1	6,7
	8	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,6	4,5	5,4	6,0	8	1,2	1,4	1,6	2,3	3,1	4,2	5,4	6,6	7,2
	9	1,5	1,8	2,0	2,8	3,4	4,3	5,1	6,6	7,3	9	1,3	1,5	1,6	2,4	3,6	4,8	5,8	7,0	8,2
	10	2,0	2,2	2,6	3,3	3,6	4,6	5,3	7,1	8,1	10	1,3	1,5	1,7	2,6	3,9	5,2	6,9	8,1	8,4
Test a navetta 10 x 5m (s)	11	2,1	2,4	2,8	3,4	3,9	4,8	5,5	7,4	8,4	11	1,4	1,6	1,9	2,8	4,2	5,6	7,3	8,4	9,2
	6	37,6	34,7	31,6	29,3	27,3	25,7	23,7	20,6	16,9	6	38,6	34,8	31,7	28,0	26,8	24,5	22,8	19,1	16,5
	7	37,1	34,1	31,0	28,1	26,7	24,0	22,3	18,8	16,5	7	35,8	34,5	30,7	27,4	25,3	23,1	21,3	18,8	15,9
	8	36,3	33,7	29,5	27,6	25,5	23,4	21,5	17,6	15,7	8	35,2	34,0	29,0	26,5	24,3	22,5	21,0	17,8	15,1
	9	35,0	32,6	28,7	26,5	24,4	22,3	20,8	16,9	14,9	9	34,1	32,2	28,2	25,4	23,5	21,8	19,8	16,7	14,7
Lancio frontale della palla medica (cm)	10	34,1	30,0	27,8	25,9	23,8	21,8	20,2	16,5	14,6	10	33,8	31,7	27,4	24,8	22,8	21,0	19,1	16,0	14,0
	11	33,3	29,4	27,1	25,1	23,2	21,3	19,6	16,2	14,3	11	33,0	29,6	26,5	24,2	22,1	20,4	18,2	15,5	12,9
	6	90,5	124,0	158,7	190,6	220,0	251,4	285,7	320,2	370,2	6	110,5	135,2	170,8	200,7	240,0	280,3	310,1	350,6	380,6
	7	110,8	130,2	165,0	200,3	235,2	270,1	305,8	340,4	363,5	7	120,3	142,2	180,8	212,6	252,1	294,3	333,3	374,8	407,5
	8	145,4	170,7	210,7	240,4	280,5	321,2	360,5	392,5	425,0	8	155,1	180,0	225,5	266,6	310,0	354,4	392,4	440,2	465,5
Test Sit and Reach (cm)	9	150,7	190,3	244,8	285,4	328,7	370,6	410,8	450,6	481,8	9	165,4	205,3	265,4	315,1	360,5	410,8	450,8	500,8	535,1
	10	160,4	221,2	285,3	325,8	365,2	410,6	454,3	500,8	540,1	10	180,6	250,4	315,1	360,2	410,1	455,1	500,4	545,4	580,2
	11	191,0	270,3	326,0	362,7	400,8	449,6	500,4	540,7	580,0	11	227,8	304,1	352,0	400,1	450,2	500,3	545,8	590,3	640,8
	6	4,8	6,8	11,0	14,8	18,8	22,8	26,3	29,6	32,5	6	1,6	4,0	7,5	11,5	16,4	19,5	23,0	27,1	30,5
	7	2,4	4,8	9,8	14,5	18,6	22,6	26,4	30,7	33,5	7	1,4	2,8	6,0	10,8	16,1	18,6	22,8	25,9	29,6
Equilibrio monopodalico (s)	8	1,8	4,5	8,9	14,1	18,5	22,5	27,4	31,1	33,6	8	1,1	2,5	5,5	9,7	15,7	18,5	22,1	25,3	28,5
	9	1,6	4,0	8,5	13,6	17,5	23,1	27,5	32,5	34,5	9	0,8	2,1	4,6	9,2	14,8	18,2	21,8	25,0	28,1
	10	1,2	3,5	8,1	13,5	17,4	22,7	28,6	32,8	34,9	10	0,7	1,5	4,2	8,9	14,4	17,7	21,5	24,8	27,9
	11	1,1	3,2	7,8	13,1	17,0	23,1	29,5	33,2	35,4	11	0,4	1,3	3,9	8,1	14,3	17,5	21,1	24,3	27,4
	6	0,8	2,1	3,7	7,7	13,8	25,3	26,5	27,1	27,9	6	0,9	1,4	3,8	5,5	11,2	19,0	23,5	26,7	29,4
Equilibrio monopodalico (s)	7	1,6	3,3	6,2	12,7	15,4	25,8	26,8	27,4	28,1	7	1,7	2,5	4,0	8,5	13,6	21,7	25,6	27,4	29,5
	8	3,6	6,1	10,5	14,1	21,7	27,6	27,9	28,3	28,7	8	2,3	3,4	6,2	12,1	17,4	23,4	26,1	27,8	29,7
	9	4,3	8,6	12,3	17,3	24,6	27,8	28,2	28,6	29,0	9	2,7	4,8	9,5	13,8	22,8	26,7	26,9	28,5	29,8
	10	4,8	9,6	14,4	21,4	26,3	28,4	28,6	29,1	29,6	10	3,0	5,7	12,1	17,5	25,1	26,3	27,6	28,8	29,8
	11	5,5	11,3	15,9	23,2	28,2	28,8	29,1	29,6	29,9	11	3,4	6,4	12,8	18,7	25,7	27,9	28,4	29,3	29,9

Tabella 6: valori corrispondenti al 1°, 3°, 10°, 25°, 50°, 75°, 90°, 97°, 99° percentile, stratificati per genere e classe d'età (6-11 anni), relativi ai test fisici eseguiti (modificata da Vaccari et al., *Physical fitness reference standards in Italian children*, 2021).

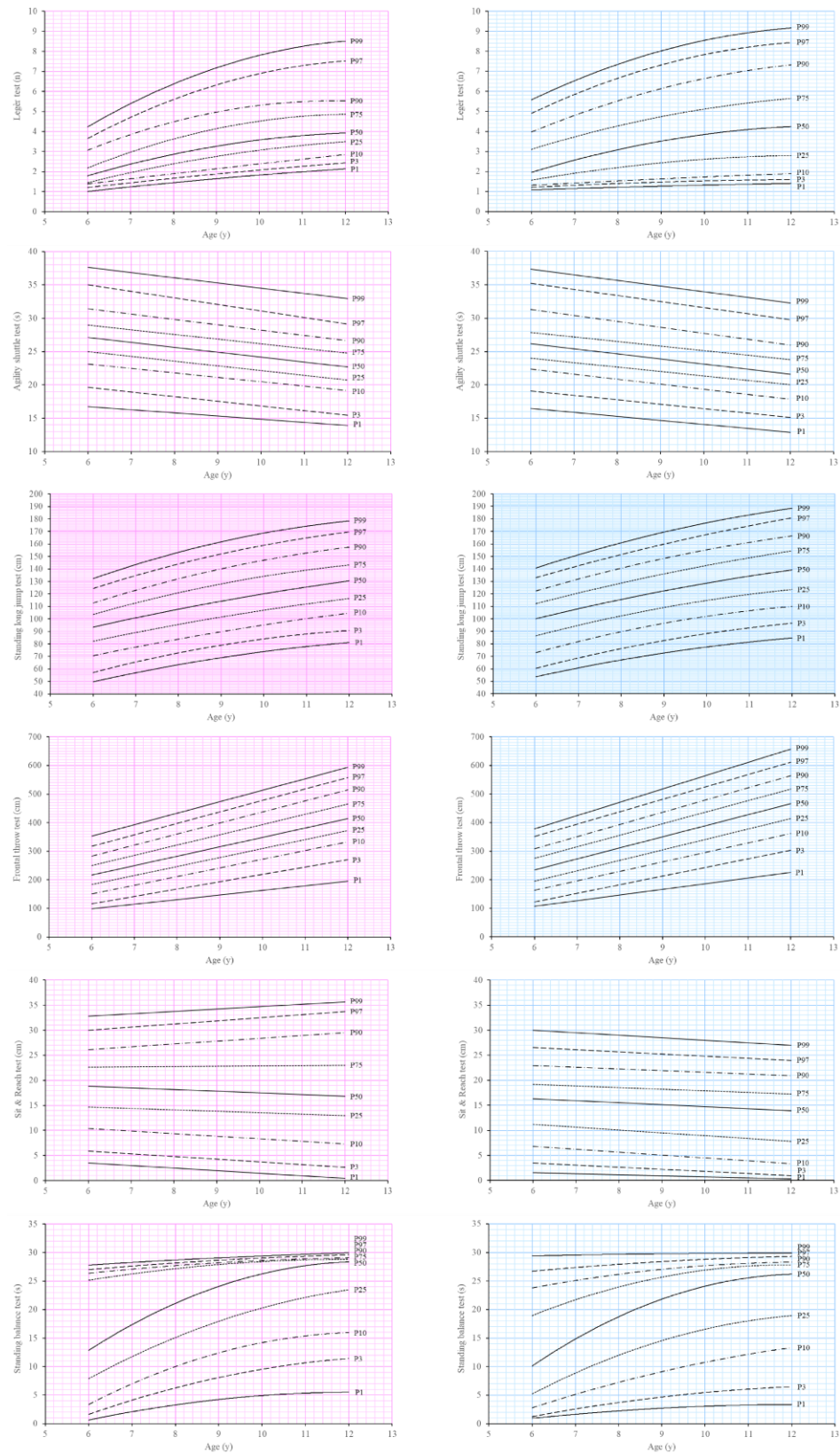


Figura 54: curve percentili delle capacità fisiche degli allievi, stratificate per età e genere (da Vaccari et al., *Physical fitness reference standards in Italian children*, 2021).

In accordo con quanto già descritto finora, si può osservare che i maschi hanno ottenuto risultati migliori delle femmine nel test di Léger ($p < 0,05$), e che il numero di step effettuati aumentava con l'età in entrambi i generi ($p < 0,05$); nel test a navetta 10×5 m, le femmine e i maschi hanno realizzato tempi simili, e i bambini più grandi hanno ottenuto risultati migliori rispetto a quelli più giovani ($p < 0,05$); nel salto in lungo da fermo e nel lancio frontale della palla medica, i maschi hanno raggiunto distanze maggiori rispetto alle femmine ($p < 0,05$), e le capacità di forza sono migliorate con l'età ($p < 0,05$); nel test *Sit and Reach*, le femmine hanno ottenuto risultati migliori dei maschi ($p < 0,05$); nelle femmine, le capacità di flessibilità peggioravano con l'età tra P1 e P50, mentre miglioravano con l'età tra P75 e P99; nei maschi, le capacità di flessibilità peggioravano con l'età per tutti i percentili considerati; infine, nell'equilibrio monopodalico, le femmine e i maschi hanno ottenuto risultati simili; in aggiunta, per entrambi i generi, l'incremento del tempo di equilibrio monopodalico era massimo per P50 e minimo per P1 e P99.

8.2.3 Effetti a medio termine delle attività previste nel Progetto “Movimento in 3S” sulle caratteristiche antropometriche e le capacità fisiche

Nell'ambito delle iniziative previste dal Progetto “Movimento in 3S” e in collaborazione con i Corsi di Laurea triennale in Scienze Motorie e magistrale in Scienza dello Sport dell'Università di Udine, è stata organizzata una raccolta dati longitudinale su un gruppo sperimentale di allievi (n: 7.390) che aveva partecipato al Progetto per 3 anni scolastici consecutivi (dal settembre 2016 al giugno 2019), seguendo in media 30 ore/anno di educazione motoria in compresenza dell'esperto. Per il confronto, è stato considerato un gruppo di controllo (n: 5.129) che aveva seguito le normali attività di educazione motoria previste dal programma scolastico senza la compresenza dell'esperto. Gli obiettivi dello studio erano di valutare gli effetti a medio termine delle attività previste dal progetto “Movimento in 3S” sulle caratteristiche antropometriche e sulle capacità fisiche degli allievi del gruppo sperimentale e confrontarli con le caratteristiche antropometriche e le capacità fisiche del gruppo di controllo.

Per tutti gli allievi, di entrambi i gruppi, all'inizio e alla fine di ogni anno scolastico sono stati raccolti i parametri antropometrici (peso e statura) e motori (test di Léger, test a navetta 10×5 m, salto in lungo da fermo, lancio della palla medica, test *Sit and Reach* e test dell'equilibrio monopodalico) con le stesse modalità presentate precedentemente.

In tabella 7 sono rappresentate le caratteristiche antropometriche del gruppo sperimentale e del gruppo di controllo rilevate al termine di ogni anno scolastico. Prima dell'inizio del Progetto non vi erano differenze significative di peso, statura e BMI tra il gruppo sperimentale ed il gruppo controllo. Nelle femmine e nei maschi, la statura e il peso aumentavano in maniera significativa in funzione dell'età (in media di $+0,05$ m e $+3,2$ kg per anno, $p < 0,05$) in entrambi i gruppi.

Gruppo 3S n: 7.390									
	Femmine			Maschi			p		
	1° anno (6 anni) n: 3.542	2° anno (7 anni) n: 2.807	3° anno (8 anni) n: 1.775	1° anno (6 anni) n: 3.848	2° anno (7 anni) n: 3.070	3° anno (8 anni) n: 1.925	Genere	Età	G x E
Peso (kg)	23,8 ± 4,3	26,2 ± 5,1	29,8 ± 6,3	24,4 ± 4,5	26,5 ± 5,0	30,2 ± 6,1	0,001	0,001	0,845
Statura (m)	1,20 ± 0,06	1,25 ± 0,06	1,31 ± 0,06	1,21 ± 0,06	1,25 ± 0,06	1,32 ± 0,06	0,001	0,001	0,045
BMI (kg/m²)	16,4 ± 2,2	16,8 ± 2,4	17,4 ± 2,9	16,5 ± 2,2	16,7 ± 2,2	17,3 ± 2,6	0,127	0,001	0,572
Gruppo controllo n: 5.129									
	Femmine			Maschi			p		
	1° anno (6 anni) n: 2.498	2° anno (7 anni) n: 2.440	3° anno (8 anni) n: 1.757	1° anno (6 anni) n: 2.631	2° anno (7 anni) n: 2.589	3° anno (8 anni) n: 1.773	Genere	Età	G x E
Peso (kg)	22,6 ± 4,0	25,0 ± 4,7	28,2 ± 5,7	23,0 ± 3,6	25,2 ± 4,7	28,6 ± 5,5	0,001	0,001	0,248
Statura (m)	1,17 ± 0,05	1,22 ± 0,06	1,28 ± 0,06	1,19 ± 0,05	1,23 ± 0,06	1,29 ± 0,06	0,001	0,001	0,037
BMI (kg/m²)	16,4 ± 2,1	16,7 ± 2,4	17,3 ± 2,7	16,3 ± 1,9	16,7 ± 2,2	17,2 ± 2,5	0,078	0,001	0,487

Tabella 7: caratteristiche antropometriche del gruppo sperimentale (gruppo 3S) e del gruppo di controllo, stratificate per genere e valutate alla fine del 1°, 2° e 3° anno di intervento.

Nelle figure 55 e 56 si può osservare come la prevalenza di allievi sovrappeso e obesi nel gruppo sperimentale diminuisca per ogni anno di intervento, per entrambi i generi: al termine del 3° anno di intervento, nelle femmine la prevalenza di sovrappeso e obesità era del 16% e 6% nel gruppo sperimentale, contro il 18% e 8% nel gruppo di controllo; nei maschi la prevalenza di sovrappeso e obesità era del 15% e 5% nel gruppo sperimentale, contro il 18% e 8% nel gruppo di controllo.

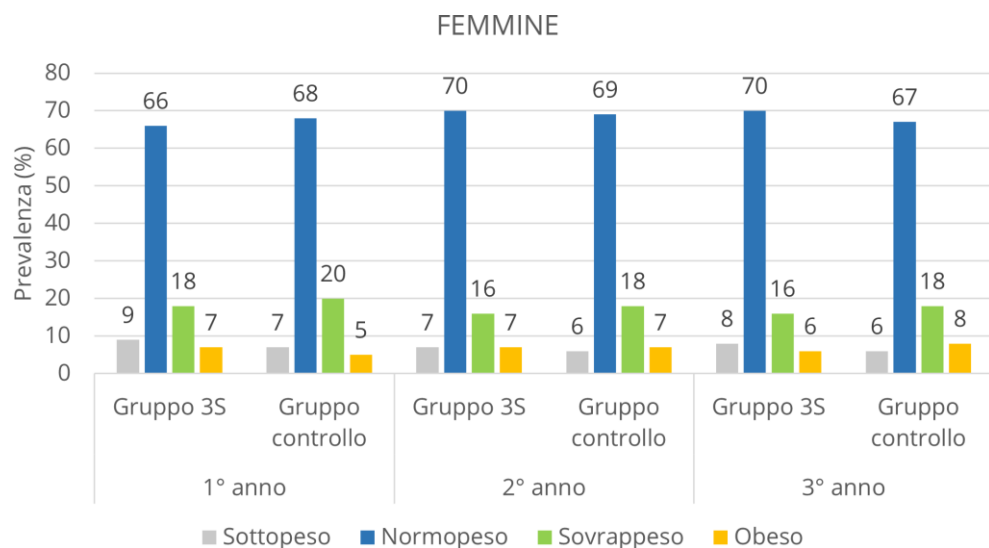


Figura 55: prevalenza di femmine sottopeso, normopeso, sovrappeso e obese nel gruppo sperimentale (gruppo 3S) e nel gruppo di controllo, misurata alla fine del 1° anno, 2° anno e 3° anno di attività.

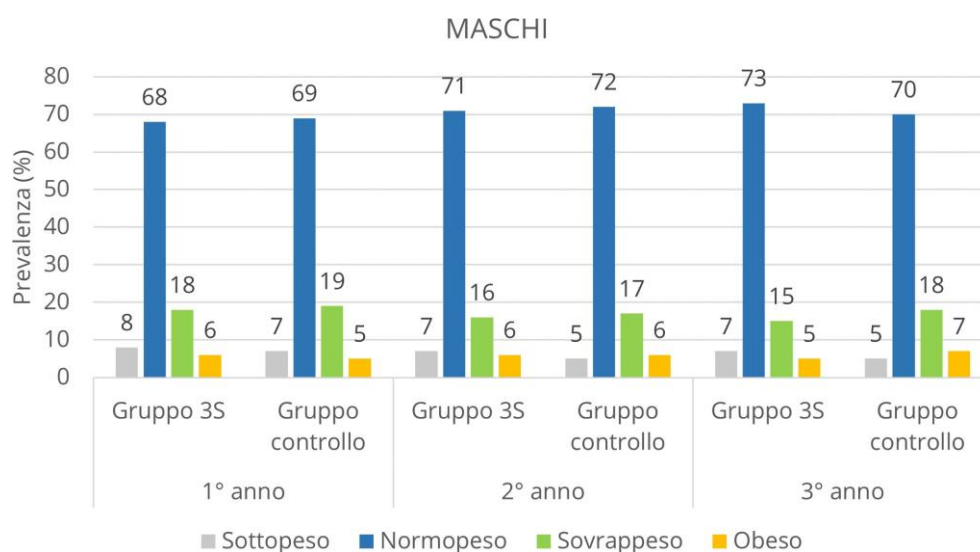


Figura 56: prevalenza di maschi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi nel gruppo sperimentale (gruppo 3S) e nel gruppo di controllo, misurata alla fine del 1° anno, 2° anno e 3° anno di attività.

Per quanto riguarda le capacità fisiche, in figura 57 si può osservare che alla fine del 2° e 3° anno di attività gli allievi del gruppo sperimentale realizzavano un numero maggiore di step nel test di Léger (mediamente di +30%, $p < 0,001$) rispetto al gruppo di controllo, mettendo in evidenza un miglioramento maggiore delle capacità aerobiche nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo controllo.

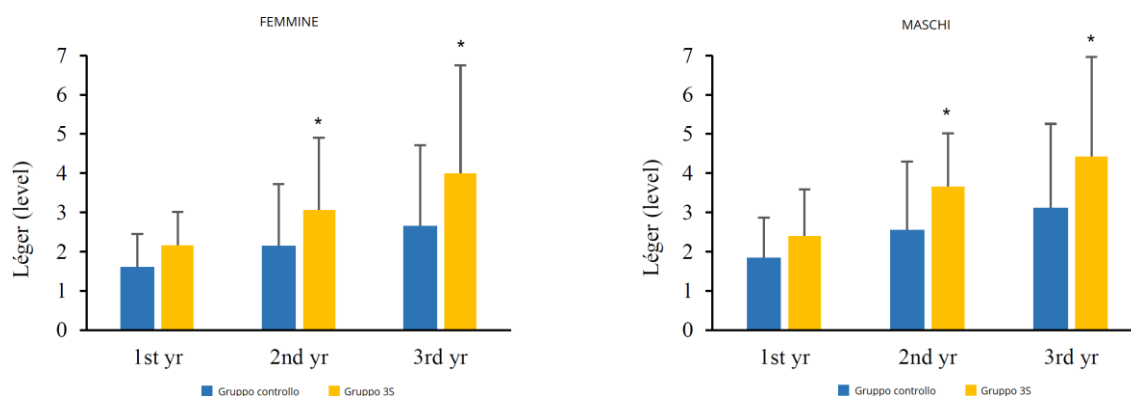


Figura 57: step realizzati nel test di Léger dalle femmine (a sinistra) e dai maschi (a destra) del gruppo sperimentale e del gruppo di controllo, alla fine del 1° anno, 2° anno e 3° anno di attività. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *A 3-year school-based intervention improved physical fitness and reduced the prevalence of overweight and obesity in Italian prepubertal children*, 2021).

In figura 58 si può osservare che alla fine del 3° anno di attività gli allievi del gruppo sperimentale presentavano un tempo inferiore per realizzare il test a navetta 10×5 m (mediamente

di -5% , $p < 0,001$) rispetto al gruppo di controllo, mettendo in evidenza un miglioramento maggiore della capacità di agilità nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo.

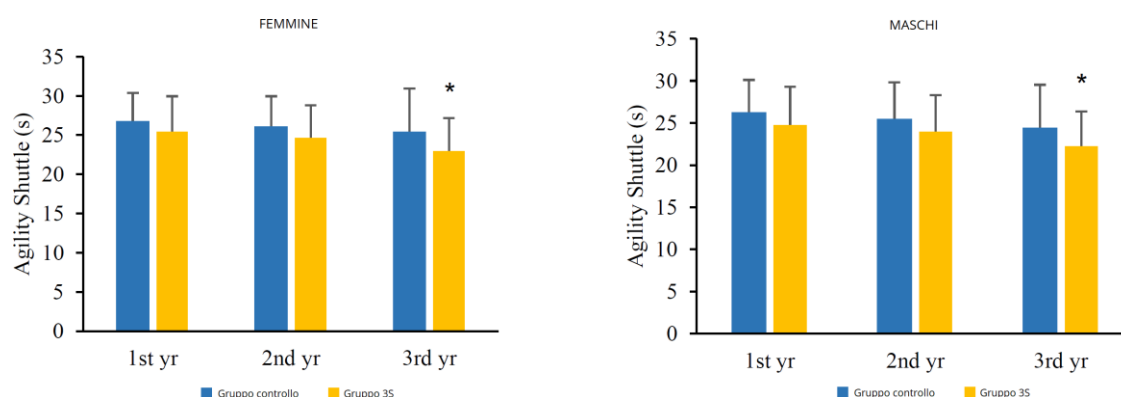


Figura 58: tempo impiegato nel test a navetta 10 × m dalle femmine (a sinistra) e dai maschi (a destra) del gruppo sperimentale e del gruppo di controllo, alla fine del 1° anno, 2° anno e 3° anno di attività. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *A 3-year school-based intervention improved physical fitness and reduced the prevalence of overweight and obesity in Italian prepubertal children*, 2021).

In figura 59 si può osservare che alla fine del 2° e 3° anno di attività gli allievi del gruppo sperimentale raggiungevano una distanza maggiore nel salto in lungo da fermo (mediamente di $+5\%$, $p < 0,001$) rispetto al gruppo di controllo, mettendo in evidenza un maggiore incremento della forza degli arti inferiori nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo.

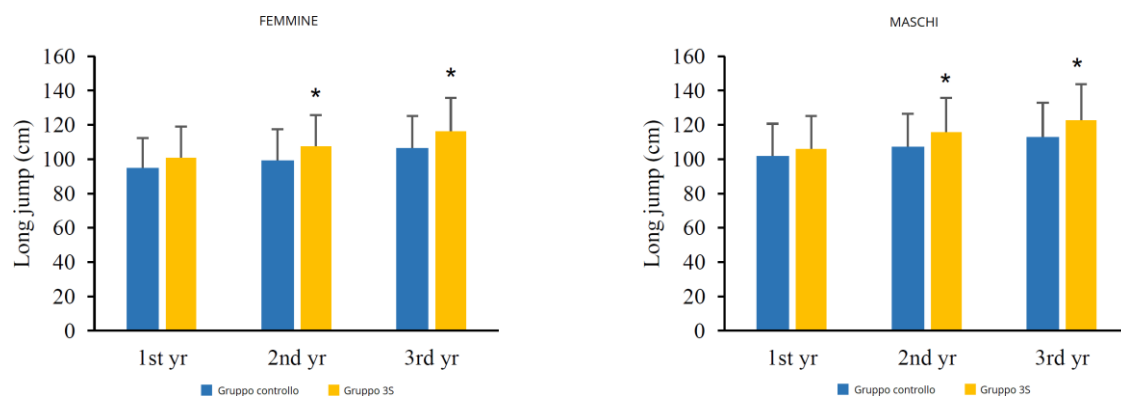


Figura 59: distanza raggiunta in un salto in lungo da fermo dalle femmine (a sinistra) e dai maschi (a destra) del gruppo sperimentale e del gruppo di controllo, alla fine del 1° anno, 2° anno e 3° anno di attività. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *A 3-year school-based intervention improved physical fitness and reduced the prevalence of overweight and obesity in Italian prepubertal children*, 2021).

In figura 60 si può osservare che alla fine del 2° e 3° anno di attività gli allievi del gruppo

sperimentale raggiungevano una distanza maggiore nel lancio frontale di una palla medica (mediamente di +10%, $p < 0,001$) rispetto al gruppo di controllo, mettendo in evidenza un maggiore incremento della forza degli arti superiori nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo.

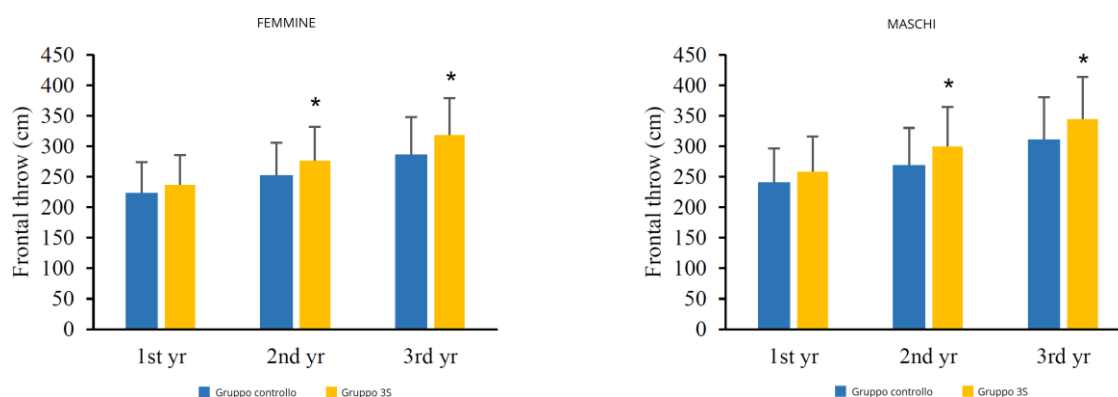


Figura 60: distanza raggiunta da una palla medica in seguito a lancio frontale realizzato dalle femmine (a sinistra) e dai maschi (a destra) del gruppo sperimentale e del gruppo di controllo, alla fine del 1° anno, 2° anno e 3° anno di attività. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *A 3-year school-based intervention improved physical fitness and reduced the prevalence of overweight and obesity in Italian prepubertal children*, 2021).

In figura 61 si può osservare che alla fine del 1°, 2° e 3° anno non sono state evidenziate differenze significative tra il gruppo sperimentale e il gruppo di controllo per quanto riguarda il test *Sit and Reach*.

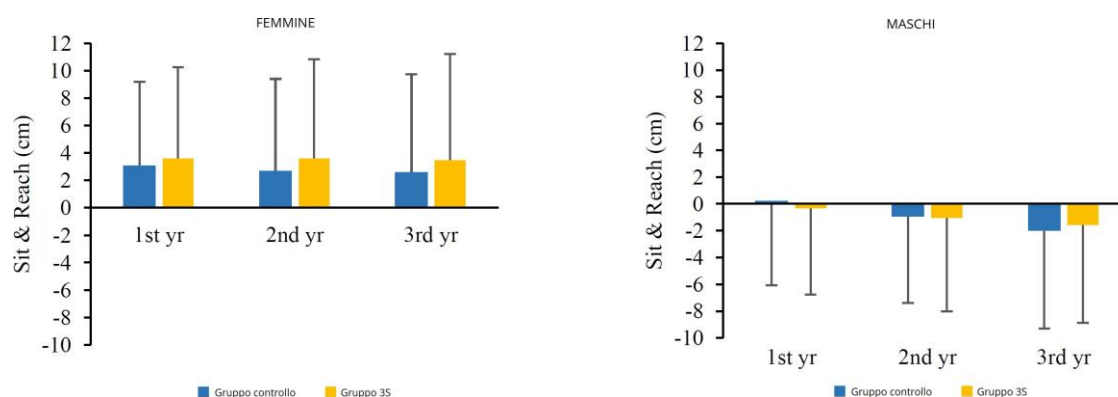


Figura 61: valori misurati nel test *Sit and Reach* nelle femmine (a sinistra) e nei maschi (a destra) del gruppo sperimentale e del gruppo di controllo, alla fine del 1° anno, 2° anno e 3° anno di attività (modificata da Fiori et al., *A 3-year school-based intervention improved physical fitness and reduced the prevalence of overweight and obesity in Italian prepubertal children*, 2021).

Infine, in figura 62 si può osservare che al termine del 2° e 3° anno di attività gli allievi

del gruppo sperimentale mantenevano la posizione di equilibrio monopodalico per un tempo maggiore (mediamente di +14%, $p < 0,001$) rispetto al gruppo di controllo, mettendo in evidenza un maggiore miglioramento della capacità di equilibrio nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo.

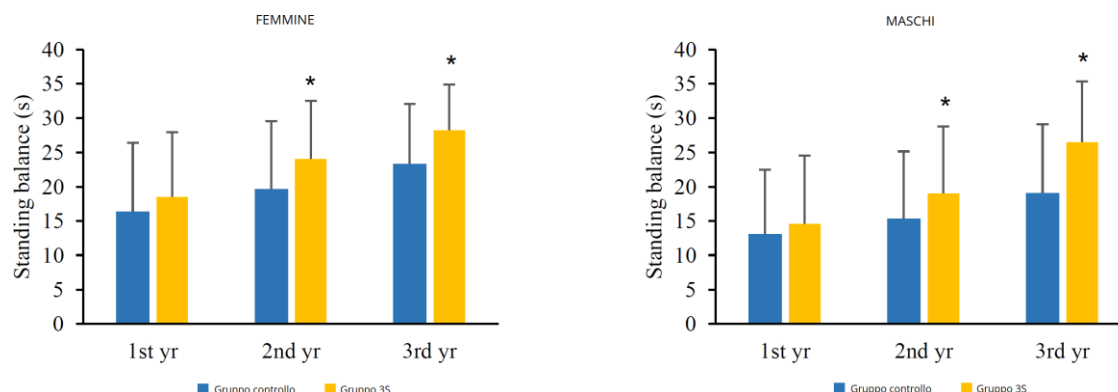


Figura 62: tempo in cui gli allievi mantenevano la posizione in equilibrio monopodalico nelle femmine (a sinistra) e nei maschi (a destra) del gruppo sperimentale e del gruppo di controllo, alla fine del 1° anno, 2° anno e 3° anno di attività. L'asterisco (*) indica quando è presente una differenza significativa (modificata da Fiori et al., *A 3-year school-based intervention improved physical fitness and reduced the prevalence of overweight and obesity in Italian prepubertal children*, 2021).

9 Discussione dei risultati

I dati raccolti su 16.368 allievi, relativi all'anno scolastico 2013-14, hanno evidenziato che la prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi nella Regione Friuli Venezia Giulia si attestava in media all'8%, 69%, 18% e 5%, rispettivamente. Per l'anno scolastico 2016-17, dai dati raccolti su un campione di 30.431 allievi è emerso che la prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi era in media del 6%, 69%, 19% e 6%, rispettivamente. Tali prevalenze erano distribuite in maniera simile nelle varie fasce d'età e aree geografiche, senza differenze tra maschi e femmine. Questi risultati sono in linea con i dati rilevati nel corso delle indagini OKkio alla SALUTE [106, 98], che collocano il Friuli-Venezia Giulia leggermente al di sotto della media nazionale per prevalenza di bambini sovrappeso e obesi. Al termine della prima rilevazione, si è potuto osservare che non c'erano differenze di prevalenza di allievi sottopeso, normopeso, sovrappeso e obesi nei centri abitati con più o meno di 10.000 abitanti e nelle diverse province della Regione.

Sia le caratteristiche antropometriche che le capacità fisiche sono influenzate dal genere e dall'età. Dai dati presenti in letteratura, si è osservato che le differenze legate al genere aumentano man mano che i bambini crescono, in particolare dopo i 12 anni di età [107, 108]. L'incremento delle prestazioni fisiche nelle femmine, soprattutto per quanto riguarda forza, inizia a procedere più lentamente intorno ai 12 anni, a partire dai quali comincia a emergere un *gender gap* [109]. Tuttavia, le differenze di genere potrebbero essere rilevate

anche prima della fase puberale, come confermato dai dati finora esposti e in accordo con quanto evidenziato da numerosi altri studi [110, 111, 112, 113, 114, 115]. In particolare, si è visto che i maschi ottengono risultati migliori nei test che valutano la resistenza aerobica cardiovascolare, la velocità-agilità e la forza muscolare degli arti superiori e inferiori, mentre le femmine ottengono risultati migliori in termini di flessibilità ed equilibrio. Le differenze legate al genere potrebbero essere dovute sia a fattori ambientali che biologici: in particolare, la frequenza all'attività fisica e il tipo di sport praticato possono differire tra maschi e femmine, a causa di fattori sociali, interessi diversi e influenza dei coetanei, con il risultato che le femmine sono generalmente meno attive dei maschi [98]. Per quanto riguarda i fattori biologici, le femmine hanno una maggiore percentuale di massa grassa e una minore quantità di massa magra rispetto ai maschi [116], e durante la crescita la massa magra dei maschi aumenta a un ritmo più veloce di quella delle femmine, specialmente durante la pubertà.

Per quanto riguarda le capacità fisiche degli allievi in funzione della categoria di peso, si è visto che gli allievi in sovrappeso e obesi presentavano prestazioni significativamente inferiori rispetto ai loro colleghi normopeso nelle prove di resistenza aerobica e di destrezza, nel salto in lungo da fermo, nell'equilibrio monopodalico e nella flessibilità, mentre ottenevano invece risultati migliori nel lancio frontale della palla medica. Questi risultati sottolineano come un aumento del BMI in età evolutiva sia associato a capacità fisiche inferiori [117], comportando una limitazione nel corretto sviluppo delle abilità motorie e influenzando direttamente sulle capacità dei bambini di intraprendere diverse attività sportive. Inoltre, è importante sottolineare come il peggioramento delle prestazioni negli allievi in sovrappeso e obesi aumenti in funzione dell'età, evidenziando ancora una volta l'importanza di un intervento tempestivo nel limitare gli effetti negativi del sovrappeso e dell'obesità. I risultati del lancio frontale della palla medica suggeriscono che attività fisiche che implicano prevalentemente lo svolgimento di esercizi di forza e meno esercizi di resistenza e agilità potrebbero essere più attraenti per una popolazione di bambini in sovrappeso e obesi.

Le curve percentili elaborate a partire dai dati raccolti nell'anno scolastico 2016-17 sono rilevanti perché provengono da un campione numeroso di 30.431 bambini e potrebbero rivelarsi uno strumento molto utile per gli educatori. Da un punto di vista pratico, gli educatori, gli allenatori e tutte le figure professionali coinvolte nell'attività fisica possono facilmente considerare questi valori di riferimento per stimare lo stato di forma fisica nei bambini:

- molto scarso al di sotto del 10° percentile;
- scarso, se compreso tra il 10° e il 25° percentile;
- medio, se compreso tra il 25° e il 75° percentile;
- buono, se compreso tra il 75° e il 90° percentile;
- molto buono oltre il 90° percentile.

In questo modo, i bambini con valori di forma fisica che si collocano al di sotto del 25° percentile possono essere facilmente individuati e introdotti a programmi di allenamento

specifici per migliorare la loro forma fisica [105]. Allo stesso modo, i bambini con valori di forma fisica superiori ai percentili più alti possono essere indirizzati verso attività sportive di livello atletico maggiore.

9.1 Effetti ipotizzati a lungo termine

Come visto finora, i risultati negli allievi appartenenti al gruppo sperimentale (661 allievi nel periodo 2013-2015, 7.390 allievi nel periodo 2016-2019), che hanno partecipato alle attività del Progetto “Movimento in 3S” per tre anni scolastici consecutivi, mostrano come la prevalenza di allievi sovrappeso e obesi sia diminuita del 5% rispetto al gruppo di controllo, in entrambi i generi. Sebbene modesta, l'entità di questa riduzione può essere di grande rilevanza per la Salute Pubblica, se si considera l'intera popolazione scolastica nazionale [103]. Infatti, le conseguenze economiche dell'obesità infantile diventano evidenti quando i bambini obesi diventano adulti obesi: in assenza di interventi, circa un terzo dei bambini obesi in età prescolare e circa la metà dei bambini obesi in età scolare diventeranno adulti obesi [118].

In Italia, i costi medi annuali di spesa sanitaria per i pazienti in sovrappeso, obesi, con obesità grave ($BMI < 40$) e con obesità molto grave ($BMI \geq 40$) sono stati rispettivamente di 76, 159, 237 e 310 euro superiori rispetto ai soggetti normopeso, il che si traduce in un aumento dei costi di circa il 18%, 38%, 57% e 75% rispettivamente per ciascuna categoria di BMI [119]. I costi legati all'obesità e alle patologie correlate sono stati stimati attorno al 4% della spesa sanitaria complessiva del Sistema Sanitario Nazionale, corrispondente a circa 4,5 miliardi di euro all'anno [119]. Alla luce di questi dati e in considerazione del peggioramento della situazione epidemiologica a livello nazionale e internazionale, risulta fondamentale ridurre la prevalenza di soggetti sovrappeso e obesi sin dall'infanzia.

Parte III

**Strategie volte a contrastare l'obesità infantile e
raccomandazioni per la promozione dell'attività fisica nei
bambini**

La letteratura scientifica sulla prevenzione dell'obesità e sullo sviluppo di strategie efficaci per il miglioramento del livello di attività fisica e degli stili alimentari sta crescendo rapidamente. Recenti lavori di revisione sistematica [120, 121, 122] hanno cercato di assegnare un livello di evidenza per i diversi tipi di strategie proposte negli anni, sottolineando che ciascun tipo di intervento, esaminato singolarmente, ha un effetto molto limitato sul controllo del peso: è perciò fondamentale ricorrere a strategie di tipo integrato, che prevedano la partecipazione di famiglia, scuole, operatori della salute e comunità, e che agiscano contemporaneamente su diversi fattori associati all'aumento ponderale, quindi su alimentazione ed educazione nutrizionale, attività fisica e diminuzione della sedentarietà, formazione dei genitori e counselling comportamentale [106].

È necessario inoltre prestare attenzione a come viene valutato l'effetto degli interventi. La maggior parte degli studi controllati randomizzati utilizza come indicatore di risultato la riduzione della prevalenza di obesità, oppure la diminuzione di BMI, del peso o della percentuale di massa grassa: sebbene questi indicatori offrano l'indiscutibile vantaggio di misurare in maniera oggettiva il risultato degli interventi, è bene considerare che esistono anche altri indicatori intermedi di tipo comportamentale, più complessi da valutare in quanto basati sull'autovalutazione dei partecipanti, ma che possono evidenziare un cambiamento altrettanto importante nella sensibilità e nelle abitudini degli individui.

Un'altra importante considerazione da fare è che la maggior parte degli studi si concentra sugli interventi iniziali di riduzione del peso, piuttosto che sulle strategie di mantenimento a lungo termine. A questo proposito è stato rilevato come, al termine dell'intervento, gli effetti positivi raggiunti possano non persistere per più di 6-12 mesi [121]. Questo, tuttavia, non va interpretato come segno di un fallimento dell'intervento iniziale, ma al contrario come dimostrazione del fatto che mancano strategie pluriennali e continuative nel lungo periodo. L'obesità è una patologia cronica recidivante che si manifesta in un ambiente "obesogenico", quindi è necessario un supporto continuo per favorire quei cambiamenti comportamentali che aumentano la resilienza di ciascun individuo.

Di seguito verranno discusse alcune raccomandazioni e strategie di intervento, suddivise per gruppo di interesse.

10 Strategie di intervento suddivise per gruppo di interesse

10.1 Politica, amministrazioni e collettività

L'evidenza per gli interventi a livello individuale, locale e di comunità (i cosiddetti "microinterventi") è complessivamente più sviluppata rispetto a quella disponibile per gli interventi a livello di popolazione generale ("macrointerventi", che prevedono, per esempio, gli interventi sulle normative per la regolazione dei prezzi o la promozione del consumo di alcune categorie di prodotti alimentari), nonostante questi ultimi siano connotati da un potenziale maggiore

in grado di incidere su tutta la popolazione e siano implementabili indipendentemente dalle risorse familiari o da quelle comunitarie locali [123].

Finora le risposte politiche non si sono dimostrate abbastanza risolutive e per troppo tempo hanno fatto affidamento quasi esclusivamente sulla responsabilità dei singoli, attraverso l'istituzione di campagne educative. Diversi comitati di esperti concordano nel ritenere indispensabile una combinazione di politiche su vasta scala, di norme e di leggi specifiche, nell'ambito di una strategia coordinata di Sanità Pubblica a lungo termine. Sono per-tanto necessarie azioni politiche che rendano prontamente disponibili, e auspicabilmente preferibili, opzioni salutari per l'attività fisica e l'alimentazione e che riducano le barriere socioeconomiche di ostacolo alle scelte salutari [82].

Numerosi autori hanno suggerito l'utilizzo di strumenti economici per influenzare i consumi alimentari o i livelli di attività fisica nella popolazione generale [123]. Ad esempio, un possibile approccio consiste nell'applicazione di una tassazione specifica degli alimenti ad alta densità energetica e scarso contenuto in nutrienti, oppure nella concessione di sussidi per favorire il consumo di cibi salutari. Anche la variazione dei prezzi porta a influenzare i consumi: questo tipo di strategia può essere utilizzata per migliorare lo stato nutrizionale della popolazione, sebbene occorra cautela per far sì che le variazioni di prezzo riducano l'ineguaglianza socioeconomica, piuttosto che aumentarla. Anche se gli interventi fiscali come la tassazione o gli incentivi non determinano un'immediata variazione del comportamento, queste azioni inviano un forte messaggio sull'impatto di questi alimenti sulla salute e potrebbe rappresentare per i produttori commerciali un segnale della necessità di riesaminare la formulazione dei loro prodotti. La tassazione e le politiche sui prezzi hanno contribuito a prevenire e controllare il consumo di tabacco e alcol, sebbene nel caso specifico degli alimenti e degli ingredienti in essi contenuti, tali strategie possano risultare più complesse [123].

Un'altra tipologia di strategie riguarda i cambiamenti di tipo ambientale. Migliorare l'ambiente urbano significa apportare cambiamenti nelle politiche di uso del suolo, in modo da rendere interi quartieri più suscettibili all'attività fisica [124], sia di tipo destrutturato, cioè correlata agli spostamenti quotidiani, sia di tipo strutturato, cioè correlata all'esercizio fisico o alle pratiche sportive svolte intenzionalmente nel tempo libero. È importante sottolineare che i cambiamenti politici volti a migliorare l'ambiente cittadino possono richiedere anni per realizzare l'obiettivo di aumentare la partecipazione all'attività fisica e quindi il loro effetto può essere valutato solo nel lungo periodo.

Esempi di strategie che si sono dimostrate efficaci a livello di comunità includono progettazione di aree verdi urbane e tutela di quelle già esistenti; interventi di miglioramento estetico e illuminazione per migliorare la sicurezza percepita dalla comunità; modifiche alla circolazione dei mezzi e istituzione di aree pedonali; pianificazione del design urbano in modo da aumentare la vicinanza delle aree residenziali a luoghi di lavoro, scuole e aree per il tempo libero e lo svago; programmi di incentivazione all'uso della bicicletta e predisposizione di itinerari ciclabili [124]. A livello di infrastrutture, i Comuni dovrebbero attuare degli interventi volti ad aumentare la sicurezza di pedoni e ciclisti, come la costruzione di aree di

attraversamento stradale contrassegnate o ponti pedonali su strade trafficate e la riduzione del traffico tramite rotatorie, semafori e dossi stradali.

Nella tabella 8 sono raggruppate alcune strategie di intervento, suddivise per ambito di azione, di cui è stata valutata l'efficacia all'interno di articoli di revisione sistematica [125]. In figura 63, sono riportati degli esempi di segnaletica che viene collocata nei cosiddetti "point-of-decision".

Ambiti di azione	Esempi di strategie efficaci
Luoghi pubblici	- Segnaletica motivazionale posta in prossimità dei cosiddetti "point-of-decision" (ad esempio, uso delle scale al posto di ascensore e scale mobili) - Vendita di snack a basso contenuto di grassi/zuccheri in negozi di alimentari, supermercati e luoghi di intrattenimento (cinema, teatri, musei, centri giovanili, ecc.)
Locale	- Accesso gratuito all'acqua potabile negli spazi ricreativi - Stabilire accordi di utilizzo condiviso per lo spazio e le attrezzature per l'attività fisica - Promuovere modalità per consentire il trasporto attivo da e verso la scuola (ad esempio piste ciclabili, percorsi pedonali, vigili urbani per l'attraversamento pedonale, passeggiate di gruppo verso la scuola) - Sostenere iniziative come l'orto scolastico e partnership con gli agricoltori locali - Promuovere attività che migliorino conoscenze e abilità (ad esempio attività in classe con corsi di cucina e degustazione)
Regionale	- Sussidi a scuole/asili per la fornitura di alimenti sani - Incentivi per i negozi ortofrutticoli nelle aree urbane, cooperative alimentari e associazioni per la produzione di alimenti
Nazionale	- Sistemi di etichettatura nutrizionale degli alimenti (ad esempio Nutri-Info e Nutri-Score) - Standard nutrizionali per i pasti nelle mense scolastiche e per gli spuntini in vendita nei distributori automatici - Normative più stringenti su marketing e spot pubblicitari rivolti ai bambini - Incentivi per l'industria alimentare - Tassazione specifica per alimenti ad alta densità energetica
Internazionale	Linee guida su strategie per la prevenzione nell'obesità a livello di popolazione

Tabella 8: alcune strategie che si sono dimostrate efficaci per la prevenzione dell'obesità nei bambini, suddivise per ambito di azione.



Figura 63: esempio di segnaletica che viene collocata nei "point-of-decision".

A livello di comunità, negli ultimi anni hanno preso piede nuove strategie partecipative per facilitare la diffusione di conoscenze, atteggiamenti e comportamenti a sostegno della promozione della salute. È il caso della *peer education*, una strategia educativa che privilegia la condivisione di informazioni, esperienze ed emozioni all'interno di gruppi di pari. L'efficacia di interventi di peer group nel migliorare alcuni indicatori di salute è già stata dimostrata in altri contesti, tra cui ad esempio la gestione e il controllo del diabete, l'allattamento al seno e la riduzione del fumo [126]. Una recente esperienza di promozione della salute nella scuola primaria attraverso madri peer educator, realizzata in un contesto di periferia metropolitana particolarmente disagiata del Sud Italia, ha mostrato risultati molto promettenti in termini

di modifica delle conoscenze, degli atteggiamenti e dei comportamenti delle madri e degli alunni sui temi della corretta alimentazione [127]. L'intervento, della durata di un anno, ha dimostrato che il coinvolgimento delle madri da parte degli insegnanti e degli operatori sociosanitari, in aree particolarmente difficili da raggiungere mediante le tradizionali metodologie di promozione della salute, ha avuto un impatto positivo sulle conoscenze e sui comportamenti dei figli.

10.2 Il sistema sanitario

Gli operatori sanitari, in particolare i pediatri di libera scelta, hanno un ruolo fondamentale nella prevenzione dell'obesità in età evolutiva, dal momento che hanno occasione di visitare i loro assistiti a cadenza regolare, spesso fin dalla nascita. Questo dà loro l'opportunità di fornire un orientamento preventivo che può influenzare precocemente le abitudini familiari nutrizionali e di attività fisica. I pediatri dovrebbero monitorare l'andamento dei parametri antropometrici e calcolare il BMI almeno una volta all'anno, in modo da identificare tempestivamente deviazioni nella curva di crescita individuale, anche prima che il bambino diventi sovrappeso. Quando viene individuato un bambino sovrappeso/obeso o a rischio di diventare sovrappeso, il medico dovrebbe assicurarsi che i genitori abbiano una percezione realistica sullo stato ponderale del bambino e suggerire interventi per il controllo del peso, privilegiando l'utilizzo di tecniche di colloquio motivazionale (figura 64) [128]. Questo approccio sembra infatti favorire il processo di *empowerment*, in cui gli stessi bambini e i loro familiari sviluppano la consapevolezza e le competenze necessarie per fare scelte più salutari in maniera autonoma. Una comunicazione efficace da parte del medico induce nel bambino e nei familiari un atteggiamento collaborativo e favorisce l'emergere esplicito della richiesta di aiuto da parte del bambino e/o della famiglia.

Preferire domande a risposta aperta
"Avete qualche preoccupazione riguardo al peso di vostro figlio?"
Utilizzare l'ascolto riflessivo per riassumere quello che la famiglia ha spiegato
"Capisco che siate preoccupati riguardo alla quantità di cibo da fast-food che consumate, ma per voi è difficile trovare il tempo di cucinare perché spesso lavorate fino a tardi"
Fornire feedback positivi per i progressi e feedback neutri per le abitudini scorrette, cercando di giungere a una riflessione
"Avete fatto un ottimo lavoro eliminando le bevande zuccherate"
"Capisco che per vostro figlio sia difficile fare attività fisica perché è troppo giovane per uscire a giocare da solo e che la babysitter sia riluttante a portarlo fuori casa con sé"
Definire un piano di realizzazione per un cambiamento realistico e specifico
"Oggi abbiamo discusso di come siate meno fisicamente attivi di quanto vorreste. Pensate che la vostra famiglia sia pronta a cambiare questo aspetto?"
"Mi avete detto che consumate cibo da fast-food all'incirca tre volte a settimana, per voi sarebbe ragionevole provare a consumarlo una sola volta a settimana?"
Fornire informazioni scritte che riassumano i quali obiettivi di cambiamento sono stati concordati
Pianificare un follow-up entro un periodo di tempo prestabilito per tenere traccia dei risultati ottenuti, anche se la famiglia non è ancora pronta a cambiare le proprie abitudini
"Abbiamo pianificato di rivederci tra due mesi, in modo da vedere come procedono le cose"
"Capisco che al momento non siate disposti a fare un cambiamento, ma possiamo rivederci tra tre mesi e discuterne nuovamente"

Figura 64: esempio di colloquio motivazionale per aiutare le famiglie ad apportare cambiamenti positivi nelle proprie abitudini (modificata da Barlow et al., *Expert committee recommendations regarding the prevention, assessment, and treatment of child and adolescent overweight and obesity: summary report*, 2007).

10.3 La scuola

La maggior parte degli studi sull'obesità nei bambini in età scolare si è concentrata sugli interventi offerti all'interno del sistema scolastico, per vari motivi: innanzitutto, i bambini trascorrono gran parte della giornata a scuola e spesso consumano un pasto all'interno della mensa scolastica; gli interventi scolastici raggiungono un gran numero di bambini in un periodo di tempo relativamente breve, indipendentemente dalle disparità socioeconomiche tra gli individui; infine, nelle scuole si viene a creare una rete sociale di bambini, genitori e insegnanti, che agevola la condivisione delle informazioni. Per queste ragioni, la scuola rappresenta l'ambiente ideale per mettere in pratica interventi volti a promuovere la salute nelle nuove generazioni. Il metodo educativo dovrebbe focalizzarsi sull'acquisizione di conoscenze riguardo al rapporto fra nutrizione, attività fisica e salute individuale e sulla valorizzazione del ruolo attivo del bambino e della sua responsabilità personale, tramite il potenziamento delle *life skills*.

Nello specifico, gli insegnanti dovrebbero incoraggiare i bambini ad assumere abitudini alimentari più adeguate, ricordando l'importanza della prima colazione, che si è visto migliorare la concentrazione e diminuire il rischio di fare merende eccessive a metà mattina. Sul fronte dell'attività fisica, è necessario che le scuole assicurino almeno due ore di attività motoria a settimana e che cerchino di favorire le raccomandazioni internazionali di un'ora al giorno di attività fisica di intensità moderata-vigorosa per i bambini. I risultati del Progetto "Movimento in 3S" hanno evidenziato chiaramente l'importanza della figura dell'esperto durante

le lezioni di educazione motoria previste nella scuola primaria, non solo per proporre al meglio le attività motorie dal punto di vista tecnico ma anche per promuovere la cultura dello sport e di sani stili di vita.

10.4 La famiglia

Il coinvolgimento dei genitori nei programmi di trattamento e prevenzione dell'eccesso ponderale è fondamentale. L'obiettivo è sia favorire l'acquisizione di conoscenze sui fattori di rischio che possono ostacolare la crescita armonica del bambino, come l'eccessiva sedentarietà, la scarsa attività fisica o alcune abitudini alimentari scorrette, sia favorire lo sviluppo di processi motivazionali e di consapevolezza che, modificando la percezione, possano facilitare l'identificazione del reale stato ponderale del proprio figlio [98]. Per aumentare l'efficacia degli interventi su base familiare, i genitori dovrebbero essere incoraggiati ad agire come modelli di ruolo positivi per i figli in merito ad alimentazione sana, attività fisica e salute emotiva e sociale.

Gran parte della letteratura esistente sui temi della genitorialità e dei comportamenti familiari che favoriscono l'obesità si è concentrata quasi esclusivamente sulle pratiche che possono intraprendere i genitori, con poca considerazione dello stile genitoriale [129]. Lo stile genitoriale si riflette, in maniera più ampia, sul clima emotivo che i genitori creano nelle loro interazioni con i bambini e quindi può svolgere un importante ruolo moderatore nel collegamento tra pratiche genitoriali e comportamenti obesogenici. I genitori dovrebbero quindi privilegiare uno stile genitoriale autorevole e non autoritario, evitando di applicare un approccio eccessivamente restrittivo, in particolare per quanto riguarda l'alimentazione dei propri figli (figura 65).

	Esempi di comportamenti di supporto
Supporto all'autonomia del bambino	• Incoraggiare il bambino a esprimere le proprie emozioni e il proprio punto di vista • Fornire una spiegazione alle regole che vengono stabilite • Ridurre al minimo il controllo restrittivo e il giudizio
Supporto alle capacità del bambino	• Essere ottimisti riguardo al potenziale successo • Identificare gli ostacoli al raggiungimento degli obiettivi prefissati • Impostare un livello di "sfida" appropriato e accettabile
Supporto alla relazione con il bambino	• Sviluppare una relazione affettuosa e positiva • Fornire un sostegno incondizionato • Sviluppare un atteggiamento empatico

Figura 65: aspetti psicologici relativi allo stile genitoriale (modificata da Patrick et al., *Parenting Styles and Practices in Children's Obesogenic Behaviors: Scientific Gaps and Future Research Directions*, 2013).

11 Condivisione dei risultati con i destinatari delle strategie preventive

11.1 Nuove prospettive: gli interventi web-based

Anche lo sviluppo delle tecnologie di comunicazione ha determinato uno straordinario aumento degli scambi tra le persone di ogni età e stato sociale: ad esempio l'utilizzo dei social network, delle fonti web e di alcune applicazioni di messaggistica fruibili mediante i telefoni cellulari, rappresenta un'opportunità sempre più diffusa per veicolare contenuti di promozione della salute, in grado di coinvolgere tutti gli strati socioeconomici della popolazione. La popolazione presente su queste piattaforme cresce in modo vertiginoso di anno in anno: solo in Italia, nel 2019, oltre 35 milioni di utenti utilizzano giornalmente i social media [130]. Gli operatori della prevenzione e della promozione della salute interessati a utilizzare i canali e gli strumenti offerti dal web dovrebbero prima di tutto ragionare sulle priorità, gli obiettivi e la tipologia dei destinatari degli interventi, in modo da scegliere la piattaforma più efficace dove veicolare le informazioni. Ogni piattaforma infatti ha caratteristiche uniche, si presta ad attività specifiche ed è frequentata da utenti che differiscono per età, cultura e gusti personali. Tra i punti di forza dei social network si sottolineano la capacità di raggiungere destinatari "difficili", come ad esempio gli adolescenti, l'enorme popolarità tra gli utenti di internet, la facilità di utilizzo, l'alto grado di interattività e la capacità di generare e diffondere messaggi in modo rapido. D'altro canto, un aspetto negativo delle piattaforme di comunicazione social e dei contenuti internet in generale è che spesso le informazioni provengono dalle fonti più disparate, talora di bassa qualità e affidabilità [131]. I genitori, consapevoli del carattere commerciale della gran parte dei siti, vorrebbero che le informazioni sulla salute dei loro bambini potessero essere date da professionisti della salute [132]: è quindi responsabilità delle istituzioni fornire anche sul web informazioni corrette e basate sull'evidenza scientifica, ed individuare il modo più efficace per comunicare con le famiglie.

11.2 Produzione di materiale informativo per insegnanti e famiglie

All'interno del vasto panorama di strategie di promozione dell'attività fisica e delle corrette scelte alimentari, la comunicazione è un elemento essenziale, in quanto rappresenta lo strumento decisivo per veicolare informazioni corrette attraverso messaggi semplici e per stimolare la riflessione sui possibili cambiamenti utili per vivere meglio. L'obiettivo delle iniziative di comunicazione è quello di raggiungere target diversi in contesti specifici, con messaggi adatti non solo a sviluppare le conoscenze individuali, ma anche ad attivare processi di consapevolezza per scelte salutari e responsabili.

A conclusione della relazione sono stati prodotti degli opuscoli informativi da destinare agli insegnanti e alle famiglie dei bambini che hanno partecipato alle attività del Progetto, che riassumono i principali risultati ottenuti nel corso degli anni di attività progettuale e conten-

gono alcuni consigli pratici riguardo alle corrette scelte alimentari e ai benefici dell'attività fisica in generale. Il materiale informativo è stato concepito per essere utilizzato sia a scopo didattico nelle scuole, sia a scopo divulgativo nelle famiglie, in modo da contenere informazioni semplici da leggere e alla portata di tutti, indipendentemente dal bagaglio culturale. Tale materiale potrà essere stampato e distribuito solo previo accordo formale con i finanziatori del Progetto. Le informazioni sono state strutturate scegliendo due diverse opzioni comunicative:

- un pieghevole, pensato per contenere informazioni essenziali per lo più visive (Allegato 1);
- un opuscolo, in cui sono inserite informazioni più approfondite, pur mantenendo un linguaggio semplice e privo di tecnicismi (Allegato 2).

Conclusioni

Dalla revisione della letteratura emerge che le strategie più efficaci nella prevenzione dell'eccesso ponderale in età pediatrica sono quelle di tipo integrato, che prevedono la partecipazione di famiglia, scuole, operatori della salute e comunità, e che agiscono contemporaneamente su diversi fattori associati all'aumento ponderale, quindi su alimentazione e educazione nutrizionale, attività fisica e diminuzione della sedentarietà, formazione dei genitori e counselling comportamentale.

I risultati del Progetto “Movimento in 3S” hanno messo in evidenza un miglioramento di resistenza aerobica, di agilità, di forza degli arti inferiori e superiori ed equilibrio nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo, e una prevalenza di sovrappeso e obesità inferiori al termine dei periodi di rilevazione. Tali risultati hanno evidenziato come la presenza dell'esperto laureato in Scienze Motorie durante le ore di educazione fisica sia fondamentale per migliorare la qualità degli insegnamenti proposti. Questo suggerisce la presenza di un ampio margine di miglioramento per quanto riguarda la programmazione dell'educazione fisica in ambito scolastico. Infatti, mancano ad oggi degli standard qualitativi che possano essere adottati da tutte le scuole e questo rappresenta sicuramente un aspetto da tenere in considerazione per il futuro.

Inoltre, i punteggi realizzati dagli allievi durante i test di valutazione delle abilità motorie sono stati impiegati per la realizzazione di curve percentili di riferimento specifiche per età e genere. Queste potrebbero rivelarsi uno strumento utile per gli educatori, in quanto permettono di confrontare la forma fisica dei bambini con una popolazione di riferimento, e di conseguenza individuare rapidamente quali bambini possono beneficiare di programmi di allenamento specifici.

A conclusione della relazione e al fine di condividere i risultati del Progetto, sono stati prodotti degli opuscoli informativi da destinare agli insegnanti e alle famiglie dei bambini che hanno partecipato alle attività progettuali, che riassumono i principali risultati ottenuti nel corso degli anni e contengono alcuni consigli pratici riguardo alle corrette scelte alimentari e ai benefici dell'attività fisica in generale. Il materiale informativo è stato concepito per contenere informazioni semplici da leggere e alla portata di tutti, indipendentemente dal bagaglio culturale. Le informazioni sono state strutturate scegliendo due diverse opzioni comunicative: un pieghevole, pensato per contenere informazioni essenziali per lo più visive, e un opuscolo, in cui sono inserite informazioni più approfondite, pur mantenendo

un linguaggio semplice e privo di tecnicismi.

Negli anni si sono consolidate numerose evidenze scientifiche che dimostrano la fondamentale importanza della condivisione delle informazioni scientifiche con i destinatari degli interventi di Salute Pubblica, al fine di incrementare la consapevolezza e sensibilità nei confronti dei temi di prevenzione. Il materiale informativo è stato quindi prodotto con l'obiettivo di integrarsi nel più ampio panorama di strategie di comunicazione, in modo da favorire la presa di coscienza da parte di tutti verso l'effettiva portata del problema e incoraggiare gli individui a diventare parte attiva del cambiamento verso uno stile di vita più sano.

Un sentito ringraziamento va ai bambini che hanno partecipato con grande entusiasmo alle attività del Progetto e alle loro famiglie, nonché ai docenti e ai dirigenti scolastici degli Istituti per la loro preziosa collaborazione. Si ringraziano inoltre gli esperti laureati in Scienze Motorie e i dottorandi di Scienza dello Sport dell'Università degli Studi di Udine per la loro qualificata assistenza durante lo studio. Infine, si ringraziano l'Assessorato alla Salute, all'Istruzione e allo Sport della regione autonoma Friuli-Venezia Giulia, il Comitato Olimpico Regionale CONI del Friuli-Venezia Giulia e il Comitato Paralimpico Regionale del Friuli-Venezia Giulia.

Bibliografia

- [1] Diet and Cancer Report;. Available from: <https://www.wcrf.org/diet-and-cancer/>.
- [2] Lobstein T, Baur L, Uauy R, IASO International Obesity TaskForce. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2004;5 Suppl 1:4– 104.
- [3] Daniels SR. The Use of BMI in the Clinical Setting. *Pediatrics*. 2009;124(Supplement 1):S35–S41.
- [4] Malina RM, Katzmarzyk PT. Validity of the body mass index as an indicator of the risk and presence of overweight in adolescents. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1999;70(1):131S–136S.
- [5] Mei Z, Grummer-Strawn LM, Pietrobelli A, Goulding A, Goran MI, Dietz WH. Validity of body mass index compared with other body-composition screening indexes for the assessment of body fatness in children and adolescents. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2002;75(6):978–985.
- [6] Kliegman RM. *Nelson textbook of pediatrics*. 21st ed. Philadelphia, MO: Elsevier; 2019.
- [7] Wang Y, Lobstein T. Worldwide trends in childhood overweight and obesity. *International Journal of Pediatric Obesity*. 2006;1(1):11–25.
- [8] Cole TJ, Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity: Extended international BMI cut-offs. *Pediatric Obesity*. 2012;7(4):284–294.
- [9] Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ : British Medical Journal*. 2000;320(7244):1240.
- [10] Valerio G, Balsamo A, Baroni MG, Brufani C, Forziato C, Grugni G, et al. Childhood obesity classification systems and cardiometabolic risk factors: a comparison of the

- Italian, World Health Organization and International Obesity Task Force references. *Italian Journal of Pediatrics*. 2017;43(1):19.
- [11] de Onis M, Garza C, Victora CG, Onyango AW, Frongillo EA, Martines J. The WHO Multicentre Growth Reference Study: planning, study design, and methodology. *Food and Nutrition Bulletin*. 2004;25(1 Suppl):S15–26.
 - [12] WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatrica* (Oslo, Norway: 1992) Supplement. 2006;450:76–85.
 - [13] Onis Md, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bulletin of the World Health Organization*. 2007;85:660–667.
 - [14] Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*. 2014;384(9945):766–781.
 - [15] Olds T, Maher C, Zumin S, Péneau S, Lioret S, Castetbon K, et al. Evidence that the prevalence of childhood overweight is plateauing: data from nine countries. *International journal of pediatric obesity: IJPO: an official journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2011;6(5-6):342–360.
 - [16] Spinelli A, Buoncristiano M, Kovacs VA, Yngve A, Spiroski I, Obreja G, et al. Prevalence of Severe Obesity among Primary School Children in 21 European Countries. *Obesity Facts*. 2019;12(2):244–258.
 - [17] Lobstein T, Rigby N, Leach R. EU Platform on Diet, Physical Activity and Health. International Association for the Study of Obesity (IASO); 2005.
 - [18] Ahrens W, Pigeot I, Pohlabeln H, De Henauw S, Lissner L, Molnár D, et al. Prevalence of overweight and obesity in European children below the age of 10. *International Journal of Obesity*. 2014;38(2):S99–S107.
 - [19] Binkin N, Fontana G, Lamberti A, Cattaneo C, Baglio G, Perra A, et al. A national survey of the prevalence of childhood overweight and obesity in Italy. *Obesity Reviews*. 2010;11(1):2–10.
 - [20] Lauria L, Spinelli A, Buoncristiano M, Nardone P. Decline of childhood overweight and obesity in Italy from 2008 to 2016: results from 5 rounds of the population-based surveillance system. *BMC Public Health*. 2019;19(1):618.
 - [21] Maes HH, Neale MC, Eaves LJ. Genetic and environmental factors in relative body weight and human adiposity. *Behavior Genetics*. 1997;27(4):325–351.

- [22] Speliotes EK, Willer CJ, Berndt SI, Monda KL, Thorleifsson G, Jackson AU, et al. Association analyses of 249,796 individuals reveal 18 new loci associated with body mass index. *Nature Genetics*. 2010;42(11):937–948.
- [23] Pacifici R, Pichini S, Mortali C, Minutillo A, Battezzati A, Bertoli S, et al. *Terapie educative dell'obesità e del sovrappeso in età evolutiva*. Istituto Superiore di Sanità; 2014.
- [24] Lillycrop KA, Burdge GC. Epigenetic changes in early life and future risk of obesity. *International Journal of Obesity* (2005). 2011;35(1):72–83.
- [25] Woo Baidal JA, Locks LM, Cheng ER, Blake-Lamb TL, Perkins ME, Taveras EM. Risk Factors for Childhood Obesity in the First 1,000 Days: A Systematic Review. *American Journal of Preventive Medicine*. 2016;50(6):761–779.
- [26] Gademan MGJ, Vermeulen M, Oostvogels AJJM, Roseboom TJ, Visscher TLS, van Eijsden M, et al. Maternal prepregnancy BMI and lipid profile during early pregnancy are independently associated with offspring's body composition at age 5-6 years: the ABCD study. *PloS One*. 2014;9(4):e94594.
- [27] Li C, Kaur H, Choi WS, Huang TTK, Lee RE, Ahluwalia JS. Additive interactions of maternal prepregnancy BMI and breast-feeding on childhood overweight. *Obesity Research*. 2005;13(2):362–371.
- [28] Olson CM, Demment MM, Carling SJ, Strawderman MS. Associations Between Mothers' and Their Children's Weights at 4 Years of Age. *Childhood Obesity*. 2010;6(4):201–207.
- [29] O'callaghan M, Williams G, Andersen M, Bor W, Najman J. Prediction of obesity in children at 5 years: A cohort study. *Journal of Paediatrics and Child Health*. 1997;33(4):311–316.
- [30] Fraser A, Tilling K, Macdonald-Wallis C, Sattar N, Brion MJ, Benfield L, et al. Association of maternal weight gain in pregnancy with offspring obesity and metabolic and vascular traits in childhood. *Circulation*. 2010;121(23):2557–2564.
- [31] Oken E, Kleinman KP, Belfort MB, Hammitt JK, Gillman MW. Associations of gestational weight gain with short- and longer-term maternal and child health outcomes. *American Journal of Epidemiology*. 2009;170(2):173–180.
- [32] Kubo A, Ferrara A, Windham GC, Greenspan LC, Deardorff J, Hiatt RA, et al. Maternal hyperglycemia during pregnancy predicts adiposity of the offspring. *Diabetes Care*. 2014;37(11):2996–3002.
- [33] Pedersen J. Weight and length at birth of infants of diabetic mothers. *Acta Endocrinologica*. 1954;16(4):330–342.

- [34] Freinkel N. Banting Lecture 1980. Of pregnancy and progeny. *Diabetes*. 1980;29(12):1023–1035.
- [35] Silverman BL, Landsberg L, Metzger BE. Fetal hyperinsulinism in offspring of diabetic mothers. Association with the subsequent development of childhood obesity. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1993;699:36–45.
- [36] Plagemann A, Harder T, Kohlhoff R, Rohde W, Dörner G. Overweight and obesity in infants of mothers with long-term insulin-dependent diabetes or gestational diabetes. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*. 1997;21(6):451–456.
- [37] Macfarlane CM, Tsakalakos N. The extended Pedersen hypothesis. *Clinical Physiology and Biochemistry*. 1988;6(2):68–73.
- [38] HAPO Study Cooperative Research Group, Metzger BE, Lowe LP, Dyer AR, Trimble ER, Chaovarindr U, et al. Hyperglycemia and adverse pregnancy outcomes. *The New England Journal of Medicine*. 2008;358(19):1991–2002.
- [39] Fowden AL, Forhead AJ. Endocrine Regulation of Feto-Placental Growth. *Hormone Research in Paediatrics*. 2009;72(5):257–265.
- [40] Hillier TA, Pedula KL, Schmidt MM, Mullen JA, Charles MA, Pettitt DJ. Childhood obesity and metabolic imprinting: the ongoing effects of maternal hyperglycemia. *Diabetes Care*. 2007;30(9):2287–2292.
- [41] Sparano S, Ahrens W, De Henauw S, Marild S, Molnar D, Moreno LA, et al. Being macrosomic at birth is an independent predictor of overweight in children: results from the IDEFICS study. *Maternal and Child Health Journal*. 2013;17(8):1373–1381.
- [42] Kitsantas P, Gaffney KF. Risk profiles for overweight/obesity among preschoolers. *Early Human Development*. 2010;86(9):563–568.
- [43] Reilly JJ, Armstrong J, Dorosty AR, Emmett PM, Ness A, Rogers I, et al. Early life risk factors for obesity in childhood: cohort study. *BMJ (Clinical research ed)*. 2005;330(7504):1357.
- [44] Ong KK. Size at birth, postnatal growth and risk of obesity. *Hormone Research*. 2006;65 Suppl 3:65–69.
- [45] Druet C, Stettler N, Sharp S, Simmons RK, Cooper C, Smith GD, et al. Prediction of childhood obesity by infancy weight gain: an individual-level meta-analysis. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*. 2012;26(1):19–26.
- [46] Goodell LS, Wakefield DB, Ferris AM. Rapid weight gain during the first year of life predicts obesity in 2-3 year olds from a low-income, minority population. *Journal of Community Health*. 2009;34(5):370–375.

- [47] Dennison BA, Edmunds LS, Stratton HH, Pruzek RM. Rapid infant weight gain predicts childhood overweight. *Obesity* (Silver Spring, Md). 2006;14(3):491–499.
- [48] Gittner LS, Ludington-Hoe SM, Haller HS. Infant Obesity and Severe Obesity Growth Patterns in the First Two Years of Life. *Maternal and Child Health Journal*. 2014;18(3):613–624.
- [49] Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Maillot M, Bellisle F. Early adiposity rebound: causes and consequences for obesity in children and adults. *International Journal of Obesity*. 2006;30(4):S11–S17.
- [50] Craigie AM, Lake AA, Kelly SA, Adamson AJ, Mathers JC. Tracking of obesity-related behaviours from childhood to adulthood: A systematic review. *Maturitas*. 2011;70(3):266–284.
- [51] Ma Y, Bertone ER, Stanek EJ, Reed GW, Hebert JR, Cohen NL, et al. Association between eating patterns and obesity in a free-living US adult population. *American Journal of Epidemiology*. 2003;158(1):85–92.
- [52] MacFarlane A, Cleland V, Crawford D, Campbell K, Timperio A. Longitudinal examination of the family food environment and weight status among children. *International journal of pediatric obesity: IJPO: an official journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2009;4(4):343–352.
- [53] Liu J, Zhang A, Li L. Sleep duration and overweight/obesity in children: implication for pediatric nursing. *Journal for Specialists in Pediatric Nursing*. 2012;17(3):193–204.
- [54] Bell JF, Zimmerman FJ. Shortened Nighttime Sleep Duration in Early Life and Subsequent Childhood Obesity. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*. 2010;164(9):840–845.
- [55] Marmot M, Bell R. Social determinants and non-communicable diseases: time for integrated action. *BMJ*. 2019;364:l251.
- [56] Dahlgren G, Whitehead M, Europe WHO. Levelling up (part 2) : a discussion paper on European strategies for tackling social inequities in health. 2006;.
- [57] Ball K, Crawford D. Socio-economic factors in obesity: a case of slim chance in a fat world? *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2006;15 Suppl:15–20.
- [58] Bammann K, Gwozdz W, Lanfer A, Barba G, De Henauw S, Eiben G, et al. Socio-economic factors and childhood overweight in Europe: results from the multi-centre IDEFICS study. *Pediatric Obesity*. 2013;8(1):1–12.
- [59] Reidpath DD, Burns C, Garrard J, Mahoney M, Townsend M. An ecological study of the relationship between social and environmental determinants of obesity. *Health & Place*. 2002;8(2):141–145.

- [60] Moore LV, Diez Roux AV. Associations of Neighborhood Characteristics With the Location and Type of Food Stores. *American Journal of Public Health*. 2006;96(2):325–331.
- [61] Irala-Estévez JD, Groth M, Johansson L, Oltersdorf U, Prättälä R, Martínez-González MA. A systematic review of socio-economic differences in food habits in Europe: consumption of fruit and vegetables. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2000;54(9):706–714.
- [62] Johansson L, Thelle DS, Solvoll K, Bjørneboe GE, Drevon CA. Healthy dietary habits in relation to social determinants and lifestyle factors. *The British Journal of Nutrition*. 1999;81(3):211–220.
- [63] Estabrooks PA, Lee RE, Gyurcsik NC. Resources for physical activity participation: does availability and accessibility differ by neighborhood socioeconomic status? *Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine*. 2003;25(2):100–104.
- [64] Crespo C, Ainsworth B, Keteyian S, Heath G, Smit E. Prevalence of physical inactivity and its relation to social class in U.S. adults: Results from the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Medicine and science in sports and exercise*. 1999;31:1821–7.
- [65] Lindholm A. Overweight and obesity in preschool children, early risk factors and early identification; 2019.
- [66] Wardle J, Parmenter K, Waller J. Nutrition knowledge and food intake. *Appetite*. 2000;34(3):269–275.
- [67] Loos RJJ, Bouchard C. Obesity – is it a genetic disorder? *Journal of Internal Medicine*. 2003;254(5):401–425.
- [68] OECD. The Heavy Burden of Obesity: The Economics of Prevention. OECD Health Policy Studies. OECD; 2019. Available from: https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/the-heavy-burden-of-obesity_67450d67-en.
- [69] Kumar S, Kelly AS. Review of Childhood Obesity. *Mayo Clinic Proceedings*. 2017;92(2):251–265.
- [70] Cote AT, Harris KC, Panagiotopoulos C, Sandor GGS, Devlin AM. Childhood Obesity and Cardiovascular Dysfunction. *Journal of the American College of Cardiology*. 2013;62(15):1309–1319.
- [71] Raitakari OT, Juonala M, Kähönen M, Taittonen L, Laitinen T, Mäki-Torkko N, et al. Cardiovascular risk factors in childhood and carotid artery intima-media thickness in adulthood: the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *JAMA*. 2003;290(17):2277–2283.

- [72] Alpert MA. Obesity cardiomyopathy: pathophysiology and evolution of the clinical syndrome. *The American Journal of the Medical Sciences*. 2001;321(4):225–236.
- [73] Vasan RS. Cardiac function and obesity. *Heart (British Cardiac Society)*. 2003;89(10):1127–1129.
- [74] Chinali M, de Simone G, Roman MJ, Lee ET, Best LG, Howard BV, et al. Impact of obesity on cardiac geometry and function in a population of adolescents: the StrongHeart Study. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006;47(11):2267–2273.
- [75] Després JP, Lemieux I. Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature*. 2006;444(7121):881–887.
- [76] Tailor AM, Peeters PHM, Norat T, Vineis P, Romaguera D. An update on the pre-valence of the metabolic syndrome in children and adolescents. *International journal of pediatric obesity: IJPO: an official journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2010;5(3):202–213.
- [77] Pinhas-Hamiel O, Dolan LM, Daniels SR, Standiford D, Khoury PR, Zeitler P. Increased incidence of non-insulin-dependent diabetes mellitus among adolescents. *The Journal of Pediatrics*. 1996;128(5 Pt 1):608–615.
- [78] TODAY Study Group. Rapid rise in hypertension and nephropathy in youth with type 2 diabetes: the TODAY clinical trial. *Diabetes Care*. 2013;36(6):1735–1741.
- [79] Kaplowitz PB, Slora EJ, Wasserman RC, Pedlow SE, Herman-Giddens ME. Earlier onset of puberty in girls: relation to increased body mass index and race. *Pediatrics*. 2001;108(2):347–353.
- [80] Legro RS, Arslanian SA, Ehrmann DA, Hoeger KM, Murad MH, Pasquali R, et al. Diagnosis and treatment of polycystic ovary syndrome: an Endocrine Society clinical practice guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2013;98(12):4565–4592.
- [81] Arens R, Muzumdar H. Childhood obesity and obstructive sleep apnea syndrome. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md: 1985)*. 2010;108(2):436–444.
- [82] Ebbeling CB, Pawlak DB, Ludwig DS. Childhood obesity: public-health crisis, common sense cure. *Lancet (London, England)*. 2002;360(9331):473–482.
- [83] Lavine JE, Schwimmer JB. Nonalcoholic fatty liver disease in the pediatric population. *Clinics in Liver Disease*. 2004;8(3):549–558, viii–ix.
- [84] Chan G, Chen CT. Musculoskeletal effects of obesity. *Current Opinion in Pediatrics*. 2009;21(1):65–70.
- [85] Strauss RS. Childhood Obesity and Self-Esteem. *Pediatrics*. 2000;105(1):e15–e15.

- [86] Griffiths LJ, Wolke D, Page AS, Horwood JP, ALSPAC Study Team. Obesity and bullying: different effects for boys and girls. *Archives of Disease in Childhood*. 2006;91(2):121–125.
- [87] Erickson SJ, Robinson TN, Haydel KF, Killen JD. Are overweight children unhappy?: Body mass index, depressive symptoms, and overweight concerns in elementary school children. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*. 2000;154(9):931–935.
- [88] Abitudini alimentari e profilo di salute delle persone in eccesso ponderale residenti in Friuli Venezia Giulia: i dati 2016-2019 dei Sistemi di Sorveglianza. Istituto Superiore di Sanità;.
- [89] Organization WH, editor. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2009.
- [90] Weltgesundheitsorganisation. Global recommendations on physical activity for health; 2010.
- [91] Van Hecke L, Loyen A, Verloigne M, van der Ploeg HP, Lakerveld J, Brug J, et al. Variation in population levels of physical activity in European children and adolescents according to cross-European studies: a systematic literature review within DEDIPAC. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2016;13(1):70.
- [92] Hardman K, Murphy C, Routen A, Tones S. World-wide survey of school physical education: final report. Loughborough University; 2014. Available from: [/articles/report/World-wide_survey_of_school_physical_education_final_report/9610463/1](#).
- [93] Trudeau F, Shephard RJ. Contribution of School Programmes to Physical Activity Levels and Attitudes in Children and Adults. *Sports Med*. 2005; p. 17.
- [94] Simons-Morton BG, Taylor WC, Snider SA, Huang IW, Fulton JE. Observed levelsof elementary and middle school children’s physical activity during physical education classes. *Preventive Medicine*. 1994;23(4):437–441.
- [95] Powers HS, Conway TL, McKenzie TL, Sallis JF, Marshall SJ. Participation in extracurricular physical activity programs at middle schools. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2002;73(2):187–192.
- [96] DiGuseppi C, Roberts I, Li L, Allen D. Determinants of car travel on daily journeys to school: cross sectional survey of primary school children. *BMJ (Clinical research ed)*. 1998;316(7142):1426–1428.
- [97] Evenson KR, Huston SL, McMillen BJ, Bors P, Ward DS. Statewide Prevalence and Correlates of Walking and Bicycling to School. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*. 2003;157(9):887–892.

- [98] OKkio alla SALUTE - Risultati 2019. Istituto Superiore di Sanità;.
- [99] WHO | 2008-2013 Action plan for the global strategy for the prevention and control of noncommunicable diseases;. Available from: <http://www.who.int/nmh/publications/9789241597418/en/>.
- [100] Global Action Plan for the Prevention and Control of NCDs 2013-2020;. Available from: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241506236>.
- [101] EpiCentro, Iss E. Guadagnare Salute;. Available from: <https://www.epicentro.iss.it/guadagnare-salute/>.
- [102] Fiori F, Bravo G, Parpinel M, Messina G, Malavolta R, Lazzer S. Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren. PLOS ONE. 2020;15(5):e0233362.
- [103] Fiori F, Bravo G, Parpinel M, Messina G, Malavolta R, Lazzer S. A 3-year school-based intervention improved physical fitness and reduced the prevalence of overweight and obesity in Italian prepubertal children. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2021;.
- [104] Vaccari F, Fiori F, Bravo G, Parpinel M, Messina G, Malavolta R, et al. Physical fitness reference standards in Italian children. European Journal of Pediatrics. 2021;.
- [105] Vaccari F, Fiori F, Bravo G, Parpinel M, Messina G, Malavolta R, et al. Physical fitness reference standards in Italian children. European Journal of Pediatrics. 2021;180.
- [106] Nardone P, Spinelli A, Buoncristiano M, Lauria L, Pierannunzio D, Galeone D. OKkio alla SALUTE - Risultati 2016. Istituto Superiore di Sanità;.
- [107] Tomkinson GR, Carver KD, Atkinson F, Daniell ND, Lewis LK, Fitzgerald JS, et al. European normative values for physical fitness in children and adolescents aged 9–17 years: results from 2 779 165 Eurofit performances representing 30 countries. British Journal of Sports Medicine. 2018;52(22):1445–1456.
- [108] Cacciari E, Milani S, Balsamo A, Spada E, Bona G, Cavallo L, et al. Italian cross-sectional growth charts for height, weight and BMI (2 to 20 yr). Journal of Endocrinological Investigation. 2006;29(7):581–593.
- [109] Castro-Piñero J, González-Montesinos JL, Mora J, Keating XD, Girela-Rejón MJ, Sjöström M, et al. Percentile Values for Muscular Strength Field Tests in Children Aged 6 to 17 Years: Influence of Weight Status;. Journal of Strength and Conditioning Research. 2009;23(8):2295–2310.

- [110] Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, Espana-Romero V, Jimenez-Pavon D, Vicente-Rodriguez G, et al. Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *British Journal of Sports Medicine*. 2011;45(1):20–29.
- [111] De Miguel-Etayo P, Gracia-Marco L, Ortega FB, Intemann T, Foraita R, Lissner L, et al. Physical fitness reference standards in European children: the IDEFICS study. *International Journal of Obesity (2005)*. 2014;38 Suppl 2:S57–66.
- [112] Sacchetti R, Ceciliani A, Garulli A, Masotti A, Poletti G, Beltrami P, et al. Physical fitness of primary school children in relation to overweight prevalence and physical activity habits. *Journal of Sports Sciences*. 2012;30(7):633–640.
- [113] Woll A, Kurth BM, Oppen E, Worth A, Bös K. The ‘Motorik-Modul’ (MoMo): physical fitness and physical activity in German children and adolescents. *European Journal of Pediatrics*. 2011;170(9):1129–1142.
- [114] Gulías-González R, Sánchez-López M, Olivas-Bravo Á, Solera-Martínez M, Martínez-Vizcaíno V. Physical Fitness in Spanish Schoolchildren Aged 6-12 Years: Reference Values of the Battery EUROFIT and Associated Cardiovascular Risk. *Journal of School Health*. 2014;84(10):625–635.
- [115] Cadenas-Sanchez C, Intemann T, Labayen I, Peinado AB, Vidal-Conti J, Sanchis-Moysi J, et al. Physical fitness reference standards for preschool children: The PREFIT project. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2019;22(4):430–437.
- [116] Wells JC, Williams JE, Chomtho S, Darch T, Grijalva-Eternod C, Kennedy K, et al. Body-composition reference data for simple and reference techniques and a 4-component model: a new UK reference child. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2012;96(6):1316–1326.
- [117] Ceschia A, Giacomini S, Santarossa S, Rugo M, Salvadego D, Da Ponte A, et al. Deleterious effects of obesity on physical fitness in pre-pubertal children. *European Journal of Sport Science*. 2016;16(2):271–278.
- [118] Serdula MK, Ivery D, Coates RJ, Freedman DS, Williamson DF, Byers T. Do obese children become obese adults? A review of the literature. *Preventive Medicine*. 1993;22(2):167–177.
- [119] Atella V, Kopinska J, Medea G, Belotti F, Tosti V, Mortari AP, et al. Excess body weight increases the burden of age-associated chronic diseases and their associated health care expenditures. *Aging (Albany NY)*. 2015;7(10):882–892.
- [120] Brown T, Moore TH, Hooper L, Gao Y, Zayegh A, Ijaz S, et al. Interventions for preventing obesity in children. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2019;7:CD001871.

- [121] Mead E, Brown T, Rees K, Azevedo LB, Whittaker V, Jones D, et al. Diet, physical activity and behavioural interventions for the treatment of overweight or obese children from the age of 6 to 11 years. The Cochrane Database of Systematic Reviews. 2017;6:CD012651.
- [122] Waters E, Silva-Sanigorski Ad, Burford BJ, Brown T, Campbell KJ, Gao Y, et al. Interventions for preventing obesity in children. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2011;(12).
- [123] La sfida dell'obesità nella Regione europea dell'OMS e le strategie di risposta. Centro nazionale per la prevenzione e il Controllo delle Malattie; 2008.
- [124] Committee on Accelerating Progress in Obesity Prevention, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Accelerating Progress in Obesity Prevention: Solving the Weight of the Nation. 2012;.
- [125] Brennan LK, Brownson RC, Orleans CT. Childhood obesity policy research and practice: evidence for policy and environmental strategies. American Journal of Preventive Medicine. 2014;46(1):e1–16.
- [126] Webel AR, Okonsky J, Trompeta J, Holzemer WL. A Systematic Review of the Effectiveness of Peer-Based Interventions on Health-Related Behaviors in Adults. American Journal of Public Health. 2010;100(2):247–253.
- [127] Vairano MP, D'Agnese P, Iavarone F, Ceccarelli MT, Pezone G, Rice R, et al. Madri peer educator nelle scuole in un contesto socioeconomico deprivato nel Sud Italia; p. 9.
- [128] Barlow SE, Expert Committee. Expert committee recommendations regarding the prevention, assessment, and treatment of child and adolescent overweight and obesity: summary report. Pediatrics. 2007;120 Suppl 4:S164–192.
- [129] Patrick H, Hennessy E, McSpadden K, Oh A. Parenting styles and practices in children's obesogenic behaviors: scientific gaps and future research directions. Childhood Obesity (Print). 2013;9 Suppl:S73–86.
- [130] deputati Cd. AGCOM pubblica i dati dell'Osservatorio Comunicazioni; 2020. Available from: https://temi.camera.it/leg18/post/OCD15_14228/agcom-pubblica-i-dati-osservatorio-comunicazioni.html.
- [131] Eysenbach G, Powell J, Kuss O, Sa ER. Empirical studies assessing the quality of health information for consumers on the world wide web: a systematic review. JAMA. 2002;287(20):2691–2700.
- [132] Bernhardt JM, Felter EM. Online Pediatric Information Seeking Among Mothers of Young Children: Results From a Qualitative Study Using Focus Groups. Journal of Medical Internet Research. 2004;6(1).

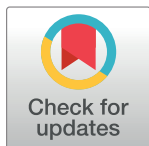
RESEARCH ARTICLE

Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren

Federica Fiori^{1*}, Giulia Bravo¹, Maria Parpinel¹, Giovanni Messina², Rita Malavolta³, Stefano Lazzer^{1,4}

1 Department of Medicine, University of Udine, Udine, Italy, **2** Regional School of Sport, Italian Olympic Committee, Trieste, Italy, **3** Regional Italian Olympic Committee, Trieste, Italy, **4** School of Sport Sciences, University of Udine, Udine, Italy

* federica.fiori@uniud.it



OPEN ACCESS

Citation: Fiori F, Bravo G, Parpinel M, Messina G, Malavolta R, Lazzer S (2020) Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren. PLoS ONE 15(5): e0233362. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233362>

Editor: Yvonne Böttcher, University of Oslo, NORWAY

Received: August 2, 2019

Accepted: May 4, 2020

Published: May 22, 2020

Copyright: © 2020 Fiori et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: All relevant data are within the paper.

Funding: This work was financed by the Friuli Venezia Giulia Region, BBS steelworks Bertoli SAFAU and Bluenergy Group. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

Abstract

The objective of this study was to investigate the association between physical fitness and body mass index categories (obesity, OB; overweight, OW; normal-weight, NW; and underweight, UW) in prepubertal children. Anthropometric and physical fitness characteristics were collected from a convenience sample of 30472 Italian schoolchildren (6–11 years old). Six field-based tests were used: Léger, agility shuttle, long jump, frontal throw of the basketball, Sit & Reach and standing balance. Significant differences were found in the anthropometric characteristics, physical fitness and weight status prevalence between girls and boys ($p < 0.05$) and, except for flexibility, by age class ($p < 0.05$). Obese children performed worse than their NW counterparts in aerobic capacity ($p < 0.001$), agility ($p < 0.001$), muscular power of the lower limb ($p < 0.001$) and balance ($p < 0.001$). Conversely, children with obesity showed greater upper limb power than NW children ($p < 0.001$). The discrepancy in physical fitness between OB and NW children increased in older girls (flexibility, $p = 0.002$; muscular power of the lower and upper limb, $p = 0.002$ and $p = 0.005$) and boys (aerobic capacity, $p = 0.009$; agility, $p = 0.006$; standing balance, $p = 0.019$; muscular power of the lower and upper limb, $p < 0.001$ and $p = 0.011$) compared to their younger counterparts. On the other hand, UW children performed worse than NW children mainly in terms of muscular power of the arms ($p < 0.001$). Additionally, there was an increasing disparity in the frontal throw test scores of UW and NW girls ($p = 0.003$) and boys ($p = 0.011$) in older children compared to younger children. In conclusion, the effect of body mass index on children's physical fitness intensifies with age. OB and OW negatively affect aerobic capacity, agility, lower limb power and balance but positively affect upper limb power. UW negatively affects upper limb power. This study underscores the importance of preventing childhood OW, OB, and UW in early life to promote children's health and proper fitness development.

Introduction

In the past four decades, the prevalence of childhood overweight and obesity has risen dramatically worldwide [1]. Italy has one of the highest prevalence of obese and overweight youth in

Europe although a trend towards a reduction was observed between 2008 and 2016 [2–4]. Paediatric obesity has a wide range of serious short and long-term health and social consequences. Because of their excess adiposity, obese children may exhibit early signs of multiple comorbidities such as cardiovascular dysfunction [5,6] and asthma [7]. Other short-term consequences of childhood obesity may be underachievement at school, lower self-esteem, psychological problems and decreased quality of life relative to healthy peers [8]. Furthermore, obesity tracks strongly from childhood into later life [9], causing an increased likelihood of morbidity in adulthood as well as all-cause mortality [5].

Another strong predictor of future health is physical fitness, which has been defined as a set of attributes related to a person's ability to perform physical activities [10]. In the literature, cardiorespiratory fitness and muscular strength have been associated in children with cardio-metabolic risk factors [11,12] and recently, cardiovascular fitness has been positively associated with academic performance [13]. Therefore, physical fitness, and in particular cardiorespiratory fitness, could modify the impact that body mass index (BMI) has on the risk of cardiovascular disease and obesity-related comorbidities, especially in children and adolescents [14,15]. Moreover, research has found positive associations between children's adiposity and physical fitness, regardless of physical activity levels [10]. In particular, several authors have linked higher BMIs to poor performance in weight bearing activities, i.e., activities that require moving bodyweight through space [16–25], while inconsistencies have been found in the association between children's weight status and muscular strength [18,20,21,23–25]. Given the connections that are present among fitness, weight and health status, monitoring physical fitness levels in prepubertal children may be essential to prevent fitness deficiencies, obesity and their possible health-related consequences [25]. Prepuberty can in fact be a critical time to promote healthy lifestyles in childhood and later life, and the school environment in particular may be suitable for intervention and monitoring programmes due to its capability to reach children across age groups.

After a preliminary evaluation of age- and sex-specific differences in prepubertal children's physical fitness, the primary purpose of the present study was to analyse the association between physical fitness (cardio respiratory fitness, speed, strength, balance and flexibility) and BMI categories (obesity, OB; overweight, OW; normal-weight, NW; and underweight, UW) in a large sample of Italian schoolchildren. The secondary purpose was to examine whether different physical fitness components improve as a function of age in groups of children of differing weight status. We hypothesized that an OW and OB status in children has a negative effect on physical performance and that such effects increase as a function of age class.

Subjects and methods

A convenience sample of 30472 Italian schoolchildren (6–11 years old) who participated in the project “MOVIMENTO in 3S: *promozione della Salute nelle Scuole attraverso lo Sport*” (MOVIMENTO in 3S project: promoting Health in Schools through Sport) was enrolled from different public schools in the Friuli Venezia-Giulia Region (Italy) during the period between 2016 and 2018. The experimental protocol was approved by the University of Udine Ethics Committee on Human Research for Medical Science. The following criteria were adopted to select eligible children: elementary school attendance and the absence of any disease or disability that could make a child unable to participate in the scheduled school physical education programme. Before the study began, the purpose and objectives were carefully explained to each child and his or her parents. Children gave their verbal consent, and written informed consent was obtained from their parents. Then, anthropometric measurements and physical fitness

parameters were recorded at the beginning of the school year during school hours. The measurements were taken by a group of Sports Sciences PhD students who were previously trained to correctly collect the data for each test.

Anthropometric characteristics

Children's stature was measured to the nearest 0.5 cm on a standardized wall-mounted height board, and body mass (BM) was measured to the nearest 0.1 kg with a calibrated manual weighing scale (Seca 709, Germany). Body mass index (BMI) was calculated as $\text{BM (kg)} \cdot \text{stature}^{-2} \text{ (m)}$. Children were considered OW or OB based on BMI/age-specific curves when their BMI was greater than or equal to the international cut-off point corresponding to the centile curve that passes through either the BMI curve for 25 or 30 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, respectively, at 18 years of age [26].

Physical fitness

To obtain a representative status of children's physical fitness, 6 of the several physical fitness tests suitable for the selected age group [27,28] were considered. Priority was given to the accuracy of measurements, which were taken by a group of trained sports scientists within a short period of time in all the schools involved in the study. The 6 tests selected were administered to children on 6 different weekdays, during their physical education classes, avoiding each test being influenced by the results of the previous test. The following tests, which were easy to perform in all the school environments, were chosen:

Aerobic capacity. Aerobic capacity was evaluated by the Léger test [29], which has confirmed validity and reliability in children [30–32]. The test involved running continuously between two points that were 20 metres apart. The runs were synchronized with a pre-recorded audio tape, which played beeps at set intervals. The interval of beeps was calculated to obtain a speed of 8.5 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ at the start, and to increase by 0.5 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ at each level thereafter. As the test proceeded, the interval between each successive beep decreased, forcing children to increase their speed over the course of the test until it was impossible to keep in sync with the recording. When the children being tested did not reach the final point in time, the last level completed was recorded as their final score.

Agility. Whole body agility was evaluated by a shuttle test (10 x 5 m) [17,18,33,34]. The reliability and validity of shuttle tests have been previously examined in children [35]. Two lines, 5 metres apart, were identified using cones. On the signal "ready", children were instructed to place their feet behind the starting line. Then, on the signal "go!", they sprinted to the opposite line, passed it with both feet, ran back to the starting point, and repeated the task, without a rest. Children were asked to repeat the track between the two lines 10 times, in order to run 50 metres in total. Two trials were performed, and the shortest time needed to complete the test was recorded in seconds.

Muscular power of the lower limb. Lower limb explosive power was evaluated by a long jump test [17,18,20,21,23,25,33,34,36,37]. The validity and reliability of jump tests have been previously evaluated in children by several authors [31,32,38]. Each child jumped for distance from a standstill. During the performance of the jumps, children were asked to bend their knees with their arms in front of them, parallel to the ground, then to swing both arms, push off vigorously and jump as far as possible, trying to land with their feet together and to stay upright. The test was performed three times and scored in centimetres. The longest jump length was recorded.

Muscular power of the arms. Upper body power was evaluated by a frontal throw of a basketball (0.5 kg) [39], which has been defined as being a valid and reliable test [40]. Children

were asked to sit on the ground with their legs apart and their back leaning against the wall, facing the direction where the ball was to be thrown. The ball was held with two hands and brought close to the body at the chest level, then vigorously thrown forward as far as possible, maintaining wall contact. The longest throw of three, as measured by the distance between the wall and the first contact point of the ball to the ground, was recorded in centimetres.

Flexibility. Hip and low back flexibility were evaluated by the Sit & Reach test [17,18,20,21,23,25,33,34], whose reliability and validity have been previously assessed in the literature [32,41]. In a seated position with their knees extended and their feet placed firmly against a vertical support, children reached forward along the measuring line as far as possible with their arms at the same level. The distance reached by their hands to the nearest centimetre was recorded as the score, using the level of the feet as zero, so that any measure that did not reach the toes was considered negative and any measure beyond the toes was considered positive.

Static balance. The standing balance test was used in previous studies to reliably [32] evaluate balance capacity in children [25,28]. Children removed their shoes and placed their hands on their hips. While balancing on the preferred leg, the free leg was flexed at the knee, and the foot was held close to the buttocks by the hand of the same side. Children had one minute to practice their balancing before starting the test. Then, children stood on their preferred leg for a maximum of 30 s. Time was recorded when children moved their supporting foot or when they lost contact between the heel of the non-supporting leg and their buttocks.

Statistical analysis

To perform the analysis, the collected data were first screened for incorrect inclusions. When they were not plausible, records were excluded from the database if the correct information was unavailable. Anthropometric characteristics and all physical fitness information were expressed as the mean and standard deviation (SD) or standard error (SE) in the graphs and stratified by sex and age and by sex, age and BMI categories, respectively. The effects of sex, age and BMI categories and the interaction among these variables on anthropometric characteristics and physical fitness were tested using two-way analysis of variance (ANOVA) after evaluating the homogeneity of variance with Levene's test. When significant differences were found, a Bonferroni post hoc test was evaluated implementing multiple comparisons to detect which variable means were significantly different from each other. Then, a simple linear regression equation was calculated for each sex and for each physical fitness parameter (including 6 to 11 age) to evaluate the difference between each BMI category. We compared the regression coefficients (β) of NW with those of other BMI categories (individually for males and females) to test the null hypothesis $H_0: \beta_{NW} = \beta_{OB/NW/UW}$ and to evaluate whether the dimension of a regression coefficient should be larger for one group than for another. All statistical analyses were performed by SAS, Release 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA), with a significance set at $p < 0.05$.

Results

The initial selected sample ($n: 30472$) was screened for any incorrect inclusions and 41 records were deleted from the original database. Table 1 shows the anthropometric characteristics of the 30431 children involved in the study. Stature and body mass (BM) increased significantly from age class 6 to age class 11 (by a mean of +0.05 m and +3.3 kg per year in both girls and boys) and differed significantly between girls and boys ($p < 0.001$). In addition, BMI increased significantly with age (by a mean of +0.48 and +0.52 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ per year in girls and boys,

Table 1. Anthropometric characteristics of children (n: 30431) stratified by sex (girls and boys) and age class (6–11 years old).

	Girls (n:14645)						Boys (n:15786)						P		
	6 years (n:845)	7 years (n:3161)	8 years (n:3176)	9 years (n:2914)	10 years (n:2690)	11 years (n:1859)	6 years (n:868)	7 years (n:3377)	8 years (n:3303)	9 years (n:3228)	10 years (n:2929)	11 years (n:2081)	Sex	Age	S X A
Stature (m)	1.19 ±0.05	1.21±0.06	1.28±0.06	1.33±0.06	1.39±0.07	1.44±0.07	1.17±0.06	1.21±0.06	1.26±0.06	1.32±0.07	1.38±0.07	1.44±0.07	<.001	<.001	<.001
BM (kg)	22.6±4.0	24.1±4.6	27.3±5.6	31.1±6.9	34.7±7.7	38.9±8.8	23.1±3.7	24.5±4.5	27.7±5.4	31.7±6.8	35.4±7.6	39.4±8.6	<.001	<.001	0.757
BMI (kg·m ⁻²)	16.3±2.2	16.5±2.3	17.0±2.6	17.7±3.0	18.1±3.1	18.7±3.3	16.4±2.0	16.6±2.2	17.0±2.5	17.8±2.8	18.3±3.0	19.0±3.3	0.002	<.001	0.056

All values are means ± SD. Significant according to a generalized linear model of the main effects of Sex (Girls vs Boys), Age, and Sex × Age interaction (S × A).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233362.t001>

respectively) and differed significantly between girls and boys ($p < 0.002$), except for age classes 6 and 7.

Table 2 shows the prevalence of underweight (UW; 7.5% vs 6.1%), normal-weight (NW; 67.4% vs 69.6%), overweight (OW; 19.2% vs 18.4%) and obesity (OB; 5.9% vs 5.8%) in girls and boys, respectively, grouped by age class. Significant differences ($p < 0.05$) in weight status prevalence were found between girls and boys of all ages apart from those who were 6 years old ($p = 0.607$). Additionally, significant differences were found in UW, NW, OW and OB prevalence between age groups in girls and boys ($p = 0.001$, for both sexes).

Children's physical fitness

Aerobic capacity. Girls completed fewer levels than boys in the Léger test at each age class (-0.2, -0.4, -0.5, -0.9 and -0.4 levels for ages 6 to 11 years old, respectively, $p < 0.011$), and older children completed more levels than younger children (by a mean of +0.3 levels each year, in both girls and boys). This performance improvement by age followed a diminishing pattern. Between class ages 6 and 7, the level reached by girls and boys increased by +0.5 and +0.7 levels, respectively, while between class ages 10 and 11, it increased by +0.1 and +0.4 levels, respectively (Table 3).

OB girls and OB boys performed worse on the Léger test than their NW counterparts (Fig 1a, 1aA and 1aB). In particular, significantly lower levels were reached by 8-, 9- and 10-year-old OB girls than by NW girls of the same ages (-50.0, -38.7 and -37.5%, respectively, $p < 0.001$) and by 8-, 9-, 10- and 11-year-old OB boys than by NW boys (-36.4, -37.8, -55.8 and -43.6%, respectively, $p < 0.001$). Additionally, OW girls completed lower levels than NW girls at 8, 9, 10 and 11 years old (-26.7, -25.8, -21.9 and -21.9%, respectively, $p < 0.001$), and OW boys reached lower levels than NW boys at 9, 10 and 11 years old (-21.6, -34.9 and -28.2%, respectively, $p < 0.001$).

The discrepancy in aerobic capacity among OB, OW and NW children increased at higher age classes relative to lower classes (Fig 2a, 2aA and 2aB). Nevertheless, the slopes of the linear

Table 2. Underweight (UW), normal-weight (NW), overweight (OW) and obesity (OB) prevalence in girls and boys of each age class (6–11 years old).

	Girls (n:14645)							Boys (n:15786)						
	6 years (n:845)	7 years (n:3161)	8 years (n:3176)	9 years (n:2914)	10 years (n:2690)	11 years (n:1859)	Total	6 years (n:868)	7 years (n:3377)	8 years (n:3303)	9 years (n:3228)	10 years (n:2929)	11 years (n:2081)	Total
UW (%)	7.3	6.5	7.2	7.3	8.1	9.2	7.5	6.9	6.3	7.2	5.4	5.5	6.1	6.1
NW (%)	66.8	69.4	67.3	65.7	67.6	67.0	67.4	69.7	72.9	70.6	67.9	69.0	66.6	9.7
OW (%)	19.8	17.6	19.2	20.7	19.3	19.4	19.2	18.1	15.5	16.6	19.7	19.9	22.0	18.4
OB (%)	6.2	6.5	6.3	6.4	5.1	4.5	5.9	5.3	5.4	5.7	7.0	5.5	5.4	5.8

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233362.t002>

Table 3. Physical fitness scores of children (n: 30431) stratified by sex (girls and boys) and age class (6–11 years old).

	Girls (n:14645)						Boys (n:15786)						P	
	6 years (n:845)	7 years (n:3161)	8 years (n:3176)	9 years (n:2914)	10 years (n:2690)	11 years (n:1859)	6 years (n:868)	7 years (n:3377)	8 years (n:3303)	9 years (n:3228)	10 years (n:2929)	11 years (n:2081)	Sex	Age
Léger (n)	1.6±0.9	2.1±1.6	2.6±2.1	2.8±1.5	3.0±1.8	3.1±1.6	1.8±1.1	2.5±1.8	3.1±2.2	3.4±1.9	3.9±2.4	3.5±1.9	0.014	<.001
Agility Shuttle (s)	26.7±3.7	26.0±4.0	25.3±5.7	24.1±5.1	23.4±4.1	23.0±4.0	26.2±4.0	25.4±4.4	24.3±5.2	23.7±6.0	22.7±4.3	22.2±3.5	<.001	<.001
Long jump (cm)	94.4±17.4	97.0±18.4	106.6±18.8	115.3±19.3	122.8±20.6	128.8±20.6	101.0±19.2	103.6±19.3	113.8±20.1	122.9±20.5	130.7±21.5	137.7±22.3	<.001	<.001
Frontal throw (cm)	221.6±52.4	235.9±54.8	282.2±59.6	326.9±67.7	366.7±72.2	405.7±72.2	239.7±56.9	254.5±61.2	309.1±66.6	359.8±74.9	406.3±76.0	448.3±78.7	<.001	<.001
Sit & Reach (cm)	3.0±6.2	2.6±6.8	2.5±7.2	2.4±7.8	2.3±8.1	2.3±8.6	0.2±6.2	-0.9±6.5	-1.9±7.4	-2.9±7.5	-3.0±7.9	-3.6±8.4	<.001	<.001
Standing balance (s)	15.9±9.9	17.8±8.6	21.1±8.3	23.3±7.6	24.8±6.8	25.5±6.0	13.0±9.2	14.8±8.5	18.0±8.8	20.5±8.4	22.8±7.8	23.6±7.2	<.001	<.001

All values are means ± SD. Significant according to a generalized linear model of the main effects of Sex (Girls vs Boys), Age, and Sex × Age interaction ($S \times A$).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233362.t003>

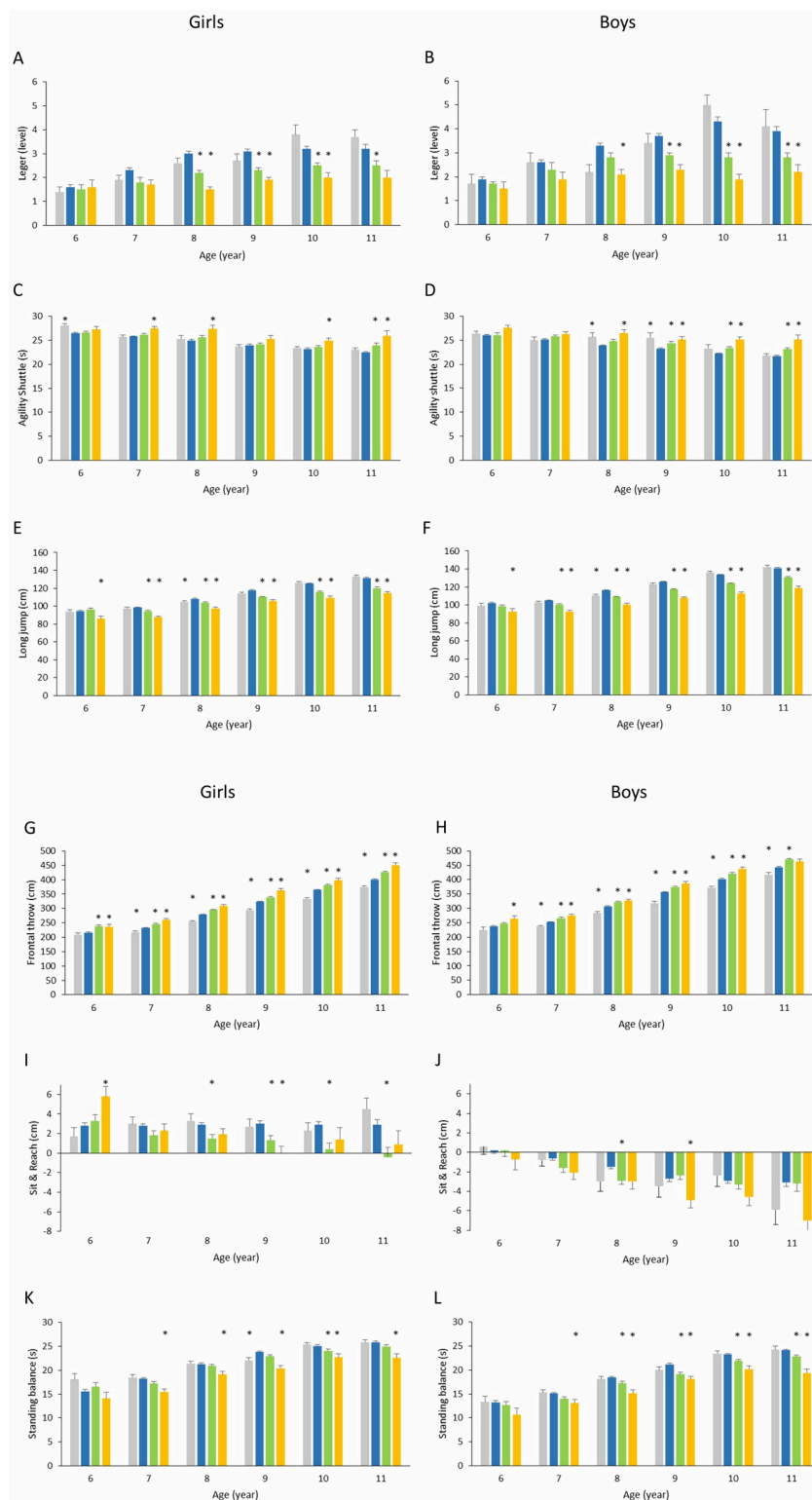


Fig 1. a. Children's physical fitness (Léger test: A, B; Agility shuttle test: C, D; Long jump test: E, F) reported as a function of BMI category and age class. Girls: A, C, E; Boys: B, D, F. Underweight, ■; normal weight, ■; overweight, ■; and obese, ■. All values are means $\pm$ SE. * Significantly different relative to scores for normal weight children ($p < 0.05$). b. Children's physical fitness (frontal throw test: G, H; Sit & Reach test: I, J; standing balance test: K, L) reported as a function of BMI category and age class. Girls: G, I, K; Boys: H, J, L. Underweight, ■; normal weight, ■; overweight, ■; and obese, ■. All values are means $\pm$ SE. * Significantly different relative to scores for normal weight children ($p < 0.05$).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233362.g001>

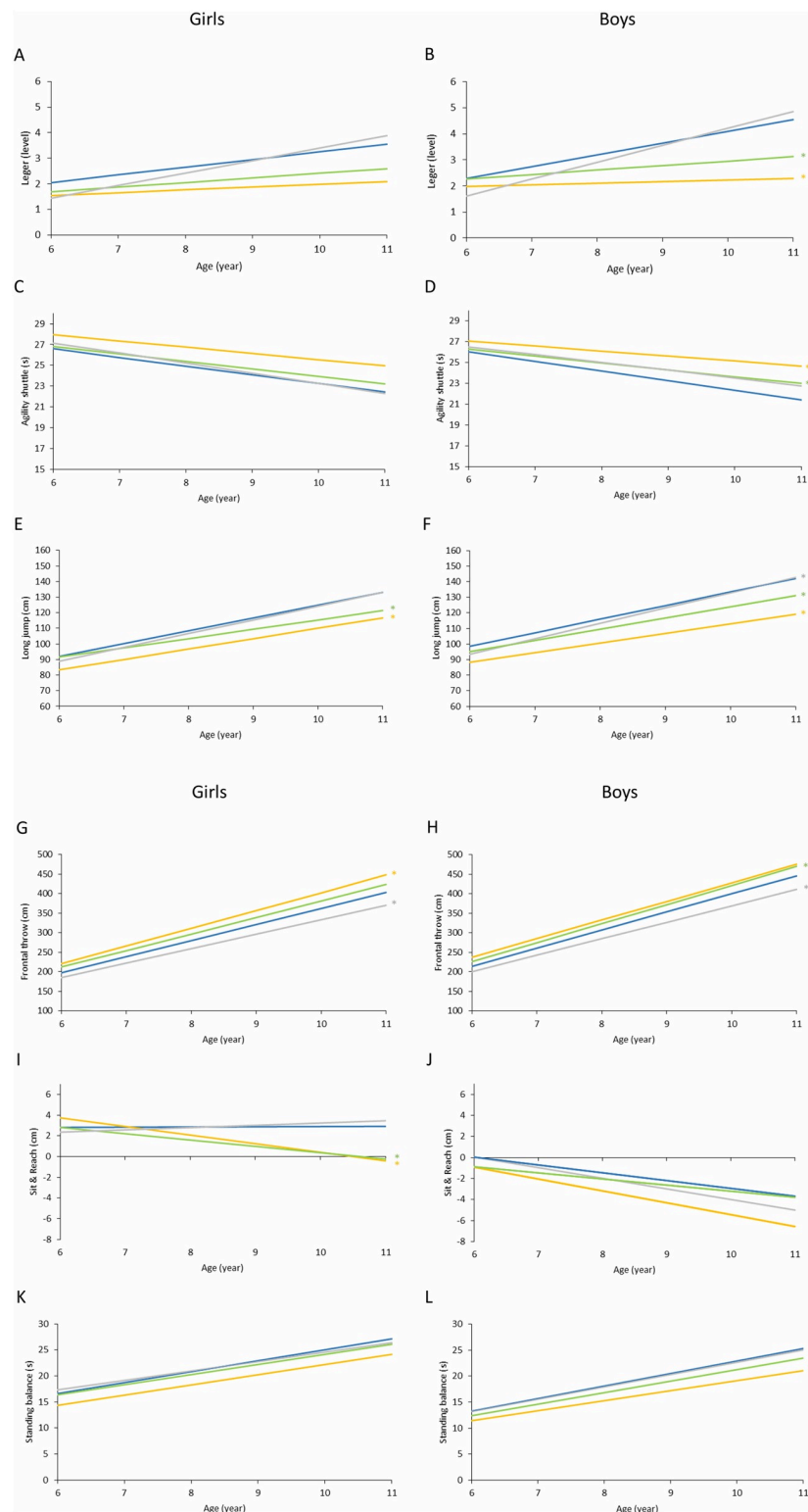


Fig 2. a. Regression models considering changes in children's physical fitness (Léger test: A, B; Agility shuttle test: C, D; Long jump test: E, F) reported as a function of BMI category and age class. Girls: A, C, E; Boys: B, D, F. Underweight, ----; normal weight, ----; overweight, -.-.-; and obese, ----. *Significantly different slope relative to that for normal weight children ($p < 0.05$). b. Regression models considering changes in children's physical fitness (frontal throw test: G, H; Sit & Reach test: I, J; standing balance test: K, L) reported as a function of BMI category and age class. Girls: G, I, K; Boys: H, J, L. Underweight, ----; normal weight, ----; overweight, -.-.-; and obese, ----. *Significantly different slope relative to that for normal-weight children ($p < 0.05$).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233362.g002>

regression models calculated for OB and OW girls were not significantly different from those for NW girls, whereas the slopes calculated for OB and OW boys were significantly lower than those for NW boys ($p = 0.009$ and $p < 0.001$, respectively).

Agility shuttle. Girls needed more time than boys to complete the shuttle test at each age class (+0.5, +0.6, +1.0, +0.4, +0.7 and +0.8 s from 6 to 11 years, respectively, $p < 0.012$). Moreover, agility improved progressively from age class 6 to age class 11 in children of either sex (by a mean of -0.7 s in girls and -0.8 s in boys each year).

The amount of time needed to complete the test was significantly longer in OB girls and boys than in NW girls and boys (Fig 1a, 1aC and 1aD). In particular, OB girls aged 7, 8, 10 and 11 needed more time than their NW peers (+6.6, +9.6, +7.8 and +15.6%, respectively, $p < 0.001$), as did OB boys aged 8 to 11 (+10.9, +8.2, +13.5 and +15.7%, respectively, $p < 0.001$). Similarly, 11-year-old OW girls took longer to complete the test than NW girls (+6.2%, $p = 0.0231$), as did 9-, 10- and 11-year-old OW boys compared to NW boys (+5.2, +5.4 and +6.5%, respectively, $p < 0.001$). On the other hand, UW girls showed worse agility capacity than NW girls at 6 years old (+6.2%, $p = 0.023$), and UW boys showed worse agility capacity than NW boys at 8 and 9 years old (+7.5% and +9.9%, respectively, $p < 0.033$).

The agility gap between OB, OW and NW children increased in older children compared to younger children (Fig 2a, 2aC and 2aD). No significant slope differences were found between NW girls and other BMI categories. However, the slopes calculated for OB and OW boys were significantly greater than the slope calculated for NW boys ($p = 0.006$ and $p = 0.008$, respectively).

Muscular power of the lower limb. Girls jumps were shorter than those of boys for each age class (-6.6 cm at 6 and 7 years old, -7.2 cm at 8 years old, -7.6 cm at 9 years old, -7.9 cm at 10 years old and -8.9 cm at 11 years old, $p < 0.006$). Muscular power of the lower limb was considerably greater in older children than in younger children (mean +6.9 cm in girls, and +7.3 cm in boys, per year). The peak improvement was observed between 7 and 8 years (+9.6 and +10.2 cm in girls and boys, respectively).

The recorded jump distance was shorter in OB and OW children than in NW and UW children for either sex (Fig 1a, 1aE and 1aF). In particular, OB girls jumped a significantly shorter distance than their NW counterparts at each age class (-9.3, -10.9, -10.0, -10.3, -12.7 and -13%, at 6, 7, 8, 9, 10 and 11 years old respectively, $p < 0.001$), as did OB boys (-9.5, -11.6, -13.8, -14.4, -15.6 and -15.9%, respectively, $p < 0.001$). OW girls jumped a shorter distance than NW girls at 7, 8, 9, 10 and 11 years old (-4.0, -4.1, -6.4, -7.5 and -8.6%, respectively, $p < 0.001$), as did OW boys (-4.3, -6.2, -6.8, -7.3 and -7.6%, respectively, $p < 0.001$). On the other hand, 8-year-old UW girls and boys jumped a significantly shorter distance than their NW counterparts (-3.3%, $p = 0.033$ and -4.9%, $p < 0.001$, respectively).

Lower limb muscular power disparities among children of differing BMI categories were found to be wider in higher age classes than in lower age classes (Fig 2a, 2aE and 2aF). The slopes of the regression models calculated for OB and OW children were significantly lower than the slope calculated for NW children of either sex ($p < 0.001$ and $p = 0.002$ for OB and OW girls, respectively, and $p < 0.001$ for OB and OW boys). On the other hand, the regression slope for UW boys was significantly higher than that of NW boys ($p = 0.015$).

Muscular power of the arms. Girls scored lower than boys on the frontal throw test at each age class (-18.1, -18.6, -26.9, -32.9, -39.6, -42.6 cm from 6 to 11 years, respectively, $p < 0.024$). Muscular power of the upper limb increased from age class 6 to age class 11 in both girls and boys (by a mean of +36.8 and +41.7 cm per year, respectively). A peak was observed between 7 and 8 years old (+46.3 and +54.6 cm in girls and boys, respectively).

The distance covered by the thrown ball increased gradually from lower to higher BMI categories (Fig 1b, 1bG and 1bH). In particular, OB girls threw the ball significantly farther than

NW girls at 6, 7, 8, 9, 10 and 11 years old (+9.3, +12.3, +10.5, +12.3, +9.3 and +12.3%, respectively, $p < 0.001$), and OB boys threw the ball significantly farther than NW boys at 6, 7, 8, 9 and 10 (+10.9, +9.3, +6.3, +8.5 and +8.8%, $p < 0.001$). Similarly, OW girls threw farther than NW girls at 6, 7, 8, 9, 10 and 11 years old (+9.9, +5.8, +5.7, +5.0, +4.8 and +6.2%, respectively, $p < 0.001$), and OW boys threw farther than NW boys at 7, 8, 9, 10 and 11 (+5.9, +4.7, +5.1, +4.6 and +6.2%, respectively, $p < 0.001$). Finally, UW girls scored significantly lower than NW girls at 7, 8, 9, 10 and 11 years old (-6.4, -8.9, -8.8, -8.5 and -6.6%, respectively, $p < 0.001$), as did UW boys (-5.7, -7.5, -10.6, -7.5 and -5.7%, respectively, $p < 0.001$).

The gap in muscular power of the arms among children belonging to different weight status categories was greater in older children than in younger children (Fig 2b, 2bG and 2bH). OB girls and OW boys showed a significantly greater linear regression slope than NW girls and boys, respectively ($p = 0.005$ and $p = 0.011$). In contrast, UW girls and boys showed significantly smaller slopes than NW girls and boys ($p = 0.003$ and $p = 0.011$, respectively).

Flexibility. Girls obtained higher Sit & Reach scores than boys at each age class (+2.8, +3.5, +4.4, +5.3, +5.3, +5.9 cm from 6 to 11 years, respectively, $p < 0.027$). Moreover, there was no significant difference in flexibility scores obtained by girls of differing age groups; on the other hand, scores were found to be significantly lower for older boys than for younger boys (by a mean of -0.8 cm each year).

Flexibility was partially influenced by BMI status (Fig 1b, 1bI and 1bJ). OB girls showed greater flexibility capability at 6 years old and lower capability at 9 years old (+107.1 and -100.0%, $p < 0.004$) than NW girls, while OW girls were significantly less flexible than NW girls at 8, 9, 10 and 11 years old (-48.3, -56.7, -86.2 and -113.8%, respectively, $p < 0.005$). On the other hand, BMI was found to have less impact on the flexibility of boys: only 9-year-old OB boys and 8-year-old OW boys performed significantly worse than their NW peers (-81.5%, $p = 0.021$ and -93.3%, $p = 0.045$, respectively).

Additionally, it was observed that the flexibility gap between children of differing BMI categories was greater in older children than in younger children, especially in girls (Fig 2b, 2bI and 2bJ). Indeed, only the slopes calculated for OB and OW girls were significantly different from those of their NW peers ($p = 0.002$ and $p < 0.001$, respectively).

Static balance. Balance capacity was found to be better in girls than in boys at each age class (+2.9, +3.0, +3.1, +2.8, +2.0, +1.9 s from 6 to 11 years old, respectively, $p < 0.015$) and to increase by age in both sexes (by a mean of +1.9 s in girls and +2.1 s in boys each year). A peak was observed between 7 and 8 years old (+3.3 and +3.2 s in girls and boys, respectively).

Significant differences in standing balance scores were observed among BMI categories at most age classes, except for age class 6 (Fig 1b, 1bK and 1bM). With respect to NW girls, worse balance capacity was shown at 7, 8, 9, 10 and 11 years old by OB girls (-14.8, -10.3, -14.3, -9.6 and -12.7%, respectively, $p < 0.001$), at 10 years old by OW girls (-4.0%, $p = 0.034$), and at 9 years old by UW girls (-7.1%, $p = 0.008$). Similarly, at 7, 8, 9, 10 and 11 years old, OB boys maintained their balance for a significantly shorter time than NW boys (-13.2, -18.4, -14.6, -13.3 and -19.8%, respectively, $p < 0.001$), as did OW boys at 8, 9, 10, and 11 years old (-7.0, -9.9, -6.0 and -5.8%, respectively, $p < 0.001$).

Fig 2b, 2bK and 2bL show the regression models considering changes in the balance scores of girls and boys as a function of BMI category and age class. The only statistically significant slope difference was found between OB and NW boys ($p = 0.019$).

Discussion

The main results showed that in the present sample of Italian prepubertal children, 1) anthropometric characteristics and physical fitness differed significantly between girls and boys; 2)

OB and OW status negatively affected aerobic capacity, agility, lower limb power and balance but 3) positively affected upper limb power; 4) underweight negatively affected upper limb power; and finally, 5) BMI effect on physical fitness increased over the years.

Both the anthropometric characteristics and physical fitness of prepubertal children are affected by sex and age. As has already been observed in the literature, sex-related differences in anthropometric characteristics and physical fitness increase in older children, particularly after 12 years of age [34,42,43]. Actually, according to some authors [24,33,44], female improvement in physical fitness (particularly in strength) plateaus at approximately 12 years old, marking the emergence of the gender gap. However, as confirmed by the present study, sex-related differences could also be detected prior to the pubertal stage [18,21,37,45,46]. In agreement with several previous studies assessing children's physical fitness through field-based tests similar to those used in the present study, it was observed that boys perform better than girls in terms of cardiovascular fitness [18,33,34,37,44,46,47], muscular strength of the upper and lower limb [18,21,24,33,34,37,44,46,47] and speed-agility [18,21,33,34,37,46,47]. Conversely, girls perform better in terms of flexibility [18,21,33,34,37,44,47] and balance [33,37,46]. The observed sex-related differences might be due to both environmental and biological factors. It is known that children who play sports have better physical fitness than those who do not [21]. Moreover, physical activity attendance and type of sport practised could be different in girls and boys due to motivation, social interest or peer influence, resulting in girls being generally less active than boys [48]. Regarding biological factors, although we did not collect data on body composition to confirm these assumptions, previous studies showed that girls have a significantly greater percentage of fat mass and less fat free mass than boys [49] and that, during growth, the fat free mass of males increases at a faster rate than that of females, especially during puberty [50]. Consequently, these environmental and biological differences might have led to better physical fitness and muscular strength performances in boys than in girls, especially at older ages.

Additionally, consistent with previous studies regarding European prepubertal children [18,24,25,33,34,37,45,46], a general performance improvement by age was detected in each fitness parameter, except for flexibility. In this regard, it is known that gross motor coordination improves from childhood to puberty [44] even if inter-individual variation is still a major feature among typically developing young children [51]. Concerning flexibility, the present study revealed a significant decrement in boys' performance from younger to older age, as was reported by Gonzales et al. [18]. However, some authors [37] have found a non-significant variation in the flexibility scores of both sexes by age, while others have found an improvement with age in girls and an improvement after puberty in boys [34]. Such inconsistencies might be due to individual variation or the type of physical activity practised by the specific sample of children considered.

Not only sex and age can affect children's physical fitness. Body mass and body composition account for a substantial portion of the variation in performance during childhood [21,22]. Consistent with previous literature findings, the present study detected statistically significant differences between various physical fitness scores achieved by OB, OW, NW and UW children. Specifically, it is known that OW and OB children perform worse than NW children in weight bearing activities, as was the case in the Leger, shuttle and jump tests [16–25]. In the present study, this trend was found to be similar between sexes and more prominent in older children than in younger children, emphasizing the need to promote healthier lifestyles from an early age. Moreover, OW vs NW differences were less frequently significant than OB vs NW differences, and OW children performed better than OB children in weight bearing activities, as has been reported in the literature [17]. This could be due to the quantitative role of fat mass, which behaves as an inert load limiting physical movement, physical activity attendance

[52] and proper motor skills development in OB children more than in OW children. On the other hand, the increased mechanical work needed to lift the body off the ground in everyday-life activities could have a positive influence on absolute muscle strength, increasing fat free mass (FFM) more in OB children than in their NW counterparts [53,54]. A higher FFM, which is known to correlate with strength parameters in obese subjects [55], might be the reason why better throwing scores were obtained by the OB and OW children in the present and in previous studies [18,20,21,24] than by NW children. In contrast, some authors [23,25] have found comparable strength of the upper limb in OB, OW and NW children. These conflicting results might be explained by different throwing protocols, body composition or physical activity practised by children. Additionally, our results confirmed that being OB or OW has a negative effect on static balance capability [25] and, in older girls in particular, on flexibility [19–21,23,25]. In fact, the flexibility scores achieved by OW and OB girls worsened dramatically with age but remained stable in NW and UW girls. Finally, although the relationships between UW children and their physical fitness have been less studied in the literature, some authors noticed that UW children perform similarly to NW children apart from in upper [16,18,23,24] and lower limb strength [16,23], in which they obtained lower results. In the present study, UW children performed considerably worse than NW children in upper limb strength, while, regarding the long jump test, significantly lower scores were observed for the UW children than for the NW children exclusively at 8 years old. Other significant worse results were obtained by UW children than by NW children on the agility shuttle test. These findings suggest that not only obesity but also leanness could have an impact on children's physical fitness. Indeed, although being UW at 6 years old might not have major fitness consequences, it could lead to more consistent impairments at an older age, if not corrected.

Among participants taking part in the present study, we noticed that the prevalence of OW and OB (24.6%) was lower than in previous Italian studies [2,21,56,57], which is in line with the prevalence observed in northern Italy in 2016 [3]. Comparing our results with data regarding children of the same age in the same area, the general trend of OB, OW and UW appears to be slightly reducing [25]. This trend was also found in another Italian region in 2015 [56]. Nevertheless, the OB and OW prevalence in children still remains higher than the mean value observed in Europe between 2007 and 2010 [4] and needs to be reduced promptly.

Because of the alarming prevalence of OW and OB children and the low cardiorespiratory fitness levels in southern European youth [34], it is important to identify, at an early age, children who are likely to develop low levels of physical fitness to adopt appropriate measures to counter these deficiencies. Our results showed that BMI has a significant impact on physical fitness capacity and development in prepubertal children. Therefore, interventions should be primarily addressed to children with non-optimal weight status. Although some limitations must be considered when interpreting the findings of this study, such as the cross-sectional design and the limited geographical region considered, the large sample size allowed us to obtain informative data on Italian prepubertal children's physical fitness and weight status. In conclusion, the study provided evidence that sex, age, and BMI-related differences in physical fitness could be detected before puberty, and that preventing childhood overweight, obesity, and underweight in early life is extremely important to promote children's health and optimal physical fitness development, suggesting that the earlier the intervention is implemented, the more effective it will be.

Acknowledgments

We are grateful to the children who participated in this study, their parents, and the teachers and the directors of the schools and the institution for their cooperation. We thank the Sports

Sciences PhD students at the School of Sport Sciences of the University of Udine (Italy) for their qualified assistance during the study. We thank the Friuli Venezia Giulia Regional Health Department, Public Education Department and Sport Department, Friuli Venezia Giulia Regional Italian Olympic Committee, and the Friuli Venezia Giulia Regional Italian Paralympic Committee for their support during the study.

Author Contributions

Conceptualization: Federica Fiori, Giulia Bravo, Maria Parpinel, Giovanni Messina, Rita Malavolta, Stefano Lazzar.

Data curation: Federica Fiori, Giulia Bravo, Stefano Lazzar.

Formal analysis: Federica Fiori, Giulia Bravo.

Funding acquisition: Stefano Lazzar.

Investigation: Federica Fiori, Giulia Bravo, Maria Parpinel, Giovanni Messina, Rita Malavolta, Stefano Lazzar.

Methodology: Federica Fiori, Giulia Bravo, Maria Parpinel, Giovanni Messina, Rita Malavolta, Stefano Lazzar.

Resources: Maria Parpinel, Stefano Lazzar.

Software: Federica Fiori, Giulia Bravo.

Supervision: Federica Fiori, Giulia Bravo, Maria Parpinel, Giovanni Messina, Rita Malavolta, Stefano Lazzar.

Validation: Federica Fiori, Giulia Bravo, Maria Parpinel, Stefano Lazzar.

Visualization: Federica Fiori, Giulia Bravo, Maria Parpinel, Stefano Lazzar.

Writing – original draft: Federica Fiori, Giulia Bravo, Maria Parpinel, Stefano Lazzar.

Writing – review & editing: Federica Fiori, Giulia Bravo, Maria Parpinel, Giovanni Messina, Rita Malavolta, Stefano Lazzar.

References

1. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet* (London, England). 2014 Aug; 384(9945):766–81.
2. Binkin N, Fontana G, Lamberti A, Cattaneo C, Baglio G, Perra A, et al. A national survey of the prevalence of childhood overweight and obesity in Italy. *Obes Rev*. 2010 Jan; 11(1):2–10. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00650.x> PMID: 19761508
3. Lauria L, Spinelli A, Buoncristiano M, Nardone P. Decline of childhood overweight and obesity in Italy from 2008 to 2016: results from 5 rounds of the population-based surveillance system. *BMC Public Health*. 2019 May; 19(1):618. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6946-3> PMID: 31113403
4. Ahrens W, Pigeot I, Pohlabeln H, De Henauw S, Lissner L, Molnar D, et al. Prevalence of overweight and obesity in European children below the age of 10. *Int J Obes (Lond)*. 2014 Sep; 38 Suppl 2:S99–107.
5. Cote AT, Harris KC, Panagiotopoulos C, Sandor GGS, Devlin AM. Childhood obesity and cardiovascular dysfunction. *J Am Coll Cardiol*. 2013 Oct; 62(15):1309–19. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.07.042> PMID: 23954339
6. Ayer J, Charakida M, Deanfield JE, Celermajer DS. Lifetime risk: childhood obesity and cardiovascular risk. *Eur Heart J*. 2015 Jun; 36(22):1371–6. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv089> PMID: 25810456
7. Lang JE, Bunnell HT, Hossain MJ, Wysocki T, Lima JJ, Finkel TH, et al. Being Overweight or Obese and the Development of Asthma. *Pediatrics*. 2018 Dec; 142(6).

8. Lobstein T, Jackson-Leach R, Moodie ML, Hall KD, Gortmaker SL, Swinburn BA, et al. Child and adolescent obesity: part of a bigger picture. *Lancet* (London, England). 2015 Jun; 385(9986): 2510–20.
9. Kumar S, Kelly AS. Review of Childhood Obesity: From Epidemiology, Etiology, and Comorbidities to Clinical Assessment and Treatment. *Mayo Clin Proc*. 2017 Feb; 92(2):251–65. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.09.017> PMID: 28065514
10. Tsiros MD, Coates AM, Howe PRC, Walkley J, Hills AP, Wood RE, et al. Adiposity is related to decrements in cardiorespiratory fitness in obese and normal-weight children. *Pediatr Obes*. 2016 Apr; 11(2):144–50. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12037> PMID: 25950151
11. Zaqout M, Michels N, Bammann K, Ahrens W, Sprengeler O, Molnar D, et al. Influence of physical fitness on cardio-metabolic risk factors in European children. The IDEFICS study. *Int J Obes (Lond)*. 2016 Jul; 40(7):1119–25.
12. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjostrom M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes (Lond)*. 2008 Jan; 32(1):1–11.
13. Fonseca Del Pozo FJ, Alonso JV, Alvarez MV, Orr S, Cantarero FJL. Physical fitness as an indicator of health status and its relationship to academic performance during the prepubertal period. *Heal Promot Perspect*. 2017; 7(4):197–204.
14. DuBose KD, Eisenmann JC, Donnelly JE. Aerobic fitness attenuates the metabolic syndrome score in normal-weight, at-risk-for-overweight, and overweight children. *Pediatrics*. 2007 Nov; 120(5):e1262–8. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-0443> PMID: 17974719
15. Elagizi A, Kachur S, Lavie CJ, Carbone S, Pandey A, Ortega FB, et al. An Overview and Update on Obesity and the Obesity Paradox in Cardiovascular Diseases. *Prog Cardiovasc Dis*. 2018 Jul; 61(2):142–50. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2018.07.003> PMID: 29981771
16. Bovet P, Auguste R, Burdette H. Strong inverse association between physical fitness and overweight in adolescents: a large school-based survey. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2007 Jun; 4:24. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-4-24> PMID: 17550617
17. Tokmakidis SP, Kasambalis A, Christodoulos AD. Fitness levels of Greek primary schoolchildren in relationship to overweight and obesity. *Eur J Pediatr*. 2006 Dec; 165(12):867–74. <https://doi.org/10.1007/s00431-006-0176-2> PMID: 16775723
18. Guliás-Gonzalez R, Sanchez-Lopez M, Olivas-Bravo A, Solera-Martinez M, Martinez-Vizcaino V. Physical fitness in Spanish schoolchildren aged 6–12 years: reference values of the battery EUROFIT and associated cardiovascular risk. *J Sch Health*. 2014 Oct; 84(10):625–35. <https://doi.org/10.1111/josh.12192> PMID: 25154526
19. Fogelholm M, Stigman S, Huisman T, Metsamuuronen J. Physical fitness in adolescents with normal weight and overweight. *Scand J Med Sci Sports*. 2008 Apr; 18(2):162–70. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00685.x> PMID: 17490451
20. Gontarev S, Kalac R, Velickovska L, Stojmanovska D, Misovski A, Milenkovski J. Health-related physical fitness of normal, stunted and overweight children aged 6–14 years in Macedonia. *Nutr Hosp*. 2018 Oct; 35(5):1208–14. <https://doi.org/10.20960/nh.1794> PMID: 30307306
21. Sacchetti R, Cecilian A, Garulli A, Masotti A, Poletti G, Beltrami P, et al. Physical fitness of primary school children in relation to overweight prevalence and physical activity habits. *J Sports Sci*. 2012; 30(7):633–40. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.661070> PMID: 22348275
22. Brunet M, Chaput J-P, Tremblay A. The association between low physical fitness and high body mass index or waist circumference is increasing with age in children: the “Quebec en Forme” Project. *Int J Obes (Lond)*. 2007 Apr; 31(4):637–43.
23. Armstrong MEG, Lambert MI, Lambert E V. Relationships between different nutritional anthropometric statuses and health-related fitness of South African primary school children. *Ann Hum Biol*. 2017 May; 44(3):208–13. <https://doi.org/10.1080/03014460.2016.1224386> PMID: 27546583
24. Castro-Pinero J, Gonzalez-Montesinos JL, Mora J, Keating XD, Girela-Rejon MJ, Sjostrom M, et al. Percentile values for muscular strength field tests in children aged 6 to 17 years: influence of weight status. *J strength Cond Res*. 2009 Nov; 23(8):2295–310. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b8d5c1> PMID: 19826295
25. Ceschia A, Giacomini S, Santarossa S, Rugo M, Salvadego D, Da Ponte A, et al. Deleterious effects of obesity on physical fitness in pre-pubertal children. *Eur J Sport Sci*. 2016; 16(2):271–8. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1030454> PMID: 25866877
26. Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ*. 2007 Jul; 335(7612):194. <https://doi.org/10.1136/bmj.39238.399444.55> PMID: 17591624

27. Morrow JRJ, Zhu W, Franks BD, Meredith MD, Spain C. 1958–2008: 50 years of youth fitness tests in the United States. *Res Q Exerc Sport*. 2009 Mar; 80(1):1–11. <https://doi.org/10.1080/02701367.2009.10599541> PMID: 19408462
28. CDS. Eurofit. European test of physical fitness. 2nd edn. Strasbourg: Council of Europe; 1993.
29. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988; 6(2):93–101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800> PMID: 3184250
30. Batista MB, Romanzini CLP, Castro-Piñero J, Vaz Ronque ER. Validity of field tests to estimate cardio-respiratory fitness in children and adolescents: A systematic review. *Rev Paul Pediatr*. 2017; 35(2):222–33. <https://doi.org/10.1590/1984-0462/2017/35/2/00002> PMID: 28977338
31. Castro-Piñero J, Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, Sjöström M, Suni J, et al. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: A systematic review. *Br J Sports Med*. 2010; 44(13):934–43. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.058321> PMID: 19364756
32. Artero EG, España-Romero V, Castro-Piñero J, Ortega FB, Suni J, Castillo-Garzon MJ, et al. Reliability of field-based fitness tests in youth. *Int J Sports Med*. 2011; 32(3):159–69. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1268488> PMID: 21165805
33. Dobosz J, Mayorga-Vega D, Viciana J. Percentile Values of Physical Fitness Levels among Polish Children Aged 7 to 19 Years—a Population-Based Study. *Cent Eur J Public Health*. 2015 Dec; 23(4):340–51. <https://doi.org/10.21101/cejph.a4153> PMID: 26841149
34. Tomkinson GR, Carver KD, Atkinson F, Daniell ND, Lewis LK, Fitzgerald JS, et al. European normative values for physical fitness in children and adolescents aged 9–17 years: results from 2 779 165 Eurofit performances representing 30 countries. *Br J Sports Med*. 2018 Nov; 52(22):1445–14563. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098253> PMID: 29191931
35. Fjørtoft I, Pedersen AV, Sigmundsson H, Vereijken B. Measuring physical fitness in children who are 5 to 12 years old with a test battery that is functional and easy to administer. *Phys Ther*. 2011; 91(7):1087–95. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090350> PMID: 21616933
36. Ruiz JR, Castro-Piñero J, España-Romero V, Artero EG, Ortega FB, Cuenca MM, et al. Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *Br J Sports Med*. 2011 May; 45(6):518–24. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.075341> PMID: 20961915
37. De Miguel-Etayo P, Gracia-Marco L, Ortega FB, Intemann T, Foraita R, Lissner L, et al. Physical fitness reference standards in European children: the IDEFICS study. *Int J Obes (Lond)*. 2014 Sep; 38 Suppl 2: S57–66.
38. Fernandez-Santos JR, Ruiz JR, Cohen DD, Gonzalez-Montesinos JL, Castro-Piñero J. Reliability and Validity of Tests to Assess Lower-Body Muscular Power in Children. *J Strength Cond Res*. 2015; 29(8):2277–85. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000864> PMID: 25647647
39. Gallotta MC, Marchetti R, Baldari C, Guidetti L, Pesce C. Linking coordinative and fitness training in physical education settings. *Scand J Med Sci Sports*. 2009 Jun; 19(3):412–8. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00796.x> PMID: 18466184
40. Fernandez-Santos JR, Ruiz JR, Gonzalez-Montesinos JL, Castro-Piñero J. Reliability and validity of field-based tests to assess upper-body muscular strength in children aged 6–12 years. *Pediatr Exerc Sci*. 2016; 28(2):331–40. <https://doi.org/10.1123/pes.2014-0196> PMID: 26394451
41. Muyor JM, Zemková E, Štĕfániková G, Kotyra M. Concurrent validity of clinical tests for measuring hamstring flexibility in school age children. *Int J Sports Med*. 2014; 35(8):664–9. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1353217> PMID: 24424962
42. Cacciari E, Milani S, Balsamo A, Spada E, Bona G, Cavallo L, et al. Italian cross-sectional growth charts for height, weight and BMI (2 to 20 yr). *J Endocrinol Invest*. 2006; 29(7):581–93. <https://doi.org/10.1007/BF03344156> PMID: 16957405
43. Catley MJ, Tomkinson GR. Normative health-related fitness values for children: analysis of 85347 test results on 9-17-year-old Australians since 1985. *Br J Sports Med*. 2013 Jan; 47(2):98–108. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090218> PMID: 22021354
44. Woll A, Kurth B-M, Oppert E, Worth A, Bos K. The “Motorik-Modul” (MoMo): physical fitness and physical activity in German children and adolescents. *Eur J Pediatr*. 2011 Sep; 170(9):1129–42. <https://doi.org/10.1007/s00431-010-1391-4> PMID: 21318230
45. Thomas E, Palma A. Physical Fitness Evaluation of School Children in Southern Italy: A Cross Sectional Evaluation. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2018; 3(1):10–4.
46. Cadenas-Sanchez C, Intemann T, Labayen I, Peinado AB, Vidal-Conti J, Sanchis-Moysi J, et al. Physical fitness reference standards for preschool children: The PREFIT project. *J Sci Med Sport*. 2019 Apr; 22(4):430–7. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.227> PMID: 30316738

47. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, Espana-Romero V, Jimenez-Pavon D, Vicente-Rodriguez G, et al. Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *Br J Sports Med*. 2011 Jan; 45(1):20–9. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.062679> PMID: 19700434
48. Nardone P, Spinelli A, Buoncristiano M, Lauria L, Pierannunzio D, Galeone D. Il sistema di sorveglianza OKkio alla salute: risultati 2016. Rome; 2018.
49. Lifshitz F, Hecht JP, Bermudez EF, Gamba CA, Reinoso JM, Casavalle PL, et al. Body composition analysis by dual-energy X-ray absorptiometry in young preschool children. *Eur J Clin Nutr*. 2016 Oct; 70(10):1203–9. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.38> PMID: 27117933
50. Wells JCK, Williams JE, Chomtho S, Darch T, Grijalva-Eternod C, Kennedy K, et al. Body-composition reference data for simple and reference techniques and a 4-component model: a new UK reference child. *Am J Clin Nutr*. 2012 Dec; 96(6):1316–26. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.036970> PMID: 23076617
51. Kakebeeke TH, Knaier E, Chaouch A, Caflisch J, Rousson V, Largo RH, et al. Neuromotor development in children. Part 4: new norms from 3 to 18 years. *Dev Med Child Neurol*. 2018 Aug; 60(8):810–9. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13793> PMID: 29732550
52. Lazzer S, Boirie Y, Bitar A, Montaurier C, Vernet J, Meyer M, et al. Assessment of energy expenditure associated with physical activities in free-living obese and nonobese adolescents. *Am J Clin Nutr*. 2003 Sep; 78(3):471–9. <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.471> PMID: 12936931
53. Tsiros MD, Coates AM, Howe PRC, Grimshaw PN, Walkley J, Shield A, et al. Knee extensor strength differences in obese and healthy-weight 10-to 13-year-olds. *Eur J Appl Physiol*. 2013 Jun; 113(6):1415–22. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2561-z> PMID: 23232709
54. Grund A, Dilba B, Forberger K, Krause H, Siewers M, Rieckert H, et al. Relationships between physical activity, physical fitness, muscle strength and nutritional state in 5- to 11-year-old children. *Eur J Appl Physiol*. 2000 Aug; 82(5–6):425–38. <https://doi.org/10.1007/s004210000197> PMID: 10985597
55. Otten L, Bosy-Westphal A, Ordemann J, Rothkegel E, Stobaus N, Elbelt U, et al. Abdominal fat distribution differently affects muscle strength of the upper and lower extremities in women. *Eur J Clin Nutr*. 2017 Mar; 71(3):372–6. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.226> PMID: 27924806
56. Lazzeri G, Panatto D, Pammolli A, Azzolini E, Simi R, Meoni V, et al. Trends in overweight and obesity prevalence in Tuscan schoolchildren (2002–2012). *Public Health Nutr*. 2015 Dec; 18(17):3078–85. <https://doi.org/10.1017/S1368980015001676> PMID: 26021189
57. Albertini A, Tripodi A, Fabbri A, Mattioli M, Cavrini G, Cecchetti R, et al. Prevalence of obesity in 6- and 9-year-old children living in Central-North Italy. Analysis of determinants and indicators of risk of overweight. *Obes Rev*. 2008 Jan; 9(1):4–10. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2007.00414.x> PMID: 17931348

ORIGINAL ARTICLE
EPIDEMIOLOGY AND CLINICAL MEDICINE

A 3-year school-based intervention improved physical fitness and reduced the prevalence of overweight and obesity in Italian prepubertal children

Federica FIORI¹*, Giulia BRAVO¹, Maria PARPINEL¹,
Giovanni MESSINA², Rita MALAVOLTA³, Stefano LAZZER^{1,4}¹Department of Medicine, University of Udine, Udine, Italy; ²Regional School of Sport, Italian Olympic Committee, Trieste, Italy;³Regional Italian Olympic Committee, Trieste, Italy; ⁴School of Sport Sciences, University of Udine, Udine, Italy*Corresponding author: Federica Fiori, Department of Medicine, University of Udine, Via Colugna 50, 33100 Udine, Italy. E-mail: federica.fiori@uniud.it

ABSTRACT

BACKGROUND: Schools constitute the ideal setting in which children's physical activity, physical fitness, and health status can improve. However, intervention protocols and their effectiveness vary considerably. The purpose of the study was to investigate the differences in physical fitness and overweight and obesity prevalence between children attending structured physical education classes held by a specialized teacher (EXP) or traditional classes of equal duration held by an ordinary teacher (TRAD).**METHODS:** Anthropometric and fitness parameters were assessed in a convenience sample of 12,519 1st grade schoolchildren over 3 subsequent school years. Six field-based tests were used to assess physical fitness.**RESULTS:** Physical fitness improved more in the EXP group than in the TRAD group, except for flexibility (sit and reach). At the end of the 3rd year, the EXP children performed better than did the TRAD children ($P<0.001$) in Léger (girls: +34%, boys: +30%), agility shuttle (girls: -10%, boys: -9%), long jump (girls: +9%, boys: +8%), frontal basketball throw (girls: +11%, boys: +10%), and standing balance (girls: +18%, boys: +28%). The prevalence of obesity and overweight was 5% lower in the EXP than in the TRAD group at the 3-year follow-up.**CONCLUSIONS:** The proposed teacher-driven intervention, which was focused on the quality rather than the duration of time spent in the gym during school hours, was effective in improving children's physical fitness. Furthermore, the decrease in the prevalence of obesity and overweight suggests the intervention can improve heavier children's weight status.

(Cite this article as: Fiori F, Bravo G, Parpinel M, Messina G, Malavolta R, Lazzar S. A 3-year school-based intervention improved physical fitness and reduced the prevalence of overweight and obesity in Italian prepubertal children. J Sports Med Phys Fitness 2021;61:1682-9. DOI: 10.23736/S0022-4707.21.12011-0)

KEY WORDS: Exercise; Physical education and training; Body Mass Index; Physical fitness; Pediatric obesity; Child.

Physical activity (PA) is one of the major determinants of physical fitness (PF), which is defined as the set of attributes related to a person's ability to perform physical activities. Both PF and PA have been associated with cardiovascular health,^{1,2} weight status,^{3,4} and physical and mental well-being in children.⁵⁻⁸ Although the importance of regular PA has been shown, some authors have reported that children have an inactive lifestyle^{9,10} as well as an inadequate level of physical fitness,¹¹ leading to an elevated prevalence of overweight and obesity,^{9,12} especially in

southern Europe. In fact, most European children do not adhere to national and international guidelines, recommending at least 60 minutes of daily moderate-to-vigorous physical activity (MVPA), to achieve health benefits.¹⁰ Moreover, it has been reported that currently, less than half of the time allotted for physical education (PE) classes in schools are devoted to MVPA and that children's active participation in PE at school can be low.¹³ Therefore, simple and efficient interventions need to be developed and implemented to counteract this trend.

Because many children can be affected and there are infrastructures to promote PA, the school environment is commonly viewed as a favorable setting in which children's PA can be increased.¹⁴ Although results are inconsistent and the types of interventions vary considerably, several authors have reported that school-based PA interventions can improve physical fitness,¹⁵⁻¹⁸ the percent of time children spend performing MVPA during PE,¹⁹ health-related quality of life,¹⁸ and body mass (BM) or Body Mass Index (BMI).^{17, 19-21} The interventions have ranged from minimal changes in PE sessions to modifications in the content, duration, and type of activities performed during the entire school day. In this context, the role of PE teachers' specific training may be crucial in enhancing children's motivation and improving their physical literacy.²²

Although some fewer intensive interventions not specifically designed to target PF have been shown to have no effect on PF,^{19, 23} even modest interventions can have health benefits, especially in high-risk young people such as obese children.²¹ Consequently, since Italy has one of the highest prevalence of childhood obesity in Europe¹² and the public cost of obesity is high,²⁴ it is important to determine whether a simple school-based PE intervention can reduce the prevalence of obesity in schoolchildren, as well as improve their physical fitness.

The primary purpose of the present study was to analyze, over a 3-year follow-up period, the differences in physical fitness between a large sample of 1st grade schoolchildren taking structured PE classes held by a specialized teacher (EXP) and a control group taking traditional classes of equal duration held by their ordinary classroom teacher (TRAD). The secondary purpose was to investigate changes in children's weight status and in the prevalence of overweight and obesity after a mild teacher-driven PE intervention in Italian primary schools.

Materials and methods

A convenience sample of 12,519 Italian 1st grade schoolchildren (6 years old) who attended different public schools in the Friuli Venezia-Giulia region (Italy) from 2016 to 2019 and participated in the project "MOVIMENTO in 3S: promozione della salute nelle scuole attraverso lo sport" (MOVIMENTO in 3S project: promoting health in schools through sport) was enrolled. Schoolchildren were assigned either to an experimental (EXP: 3542 girls and 3848 boys) or to a traditional (TRAD: 2498 girls and 2631 boys) physical education program and were followed up for 3 years.

The study was approved by the University of Udine Ethics Committee on Human Research for Medical Science. The following criteria were adopted to identify eligible children: elementary school attendance and the absence of any disease or disability that could make the child unable to participate in the scheduled school physical education program. Before the study began, the purpose and objectives were carefully explained to each child and his or her parents. The children gave their verbal consent, and written informed consent was obtained from their parents.

Experimental protocol

For each class included in the experimental physical education (EXP) program, both the ordinary teacher and an external specialized teacher held the physical education classes for the whole 3-year period. Each specialized teacher was specifically trained in physical education (degree in Exercise and Sport Sciences) and was responsible for implementing a class-specific physical activity plan. The type of physical activity (exercises, games, circuits, etc.) was coordinated through monthly meetings, according to a previously standardized plan. A broad range of physical activities were offered to the children assigned to the EXP group, including traditional games and exercises of increasing intensity and duration throughout the study. The program was designed to promote the joy of movement, body awareness, spatial perception, motor skills, coordination, physical literacy, team spirit and compliance with the rules to achieve long-term modifications in behavioral patterns and to minimize children's level of inactivity. All the sessions had the same two goals: they were designed to be playful and enjoyable and to encourage the children to perform 40 minutes of MVPA within a 50-minute PE class. The classes were scheduled twice a week according to the standard Italian primary school curriculum. Hence, the intervention was focused on the quality rather than the duration of time spent in the gym during school hours. Active participation during PE class was continuously monitored to minimize the children's inactivity time.

In contrast, the traditional physical education group (TRAD) followed the standard physical education program during the 50-minute classes scheduled twice a week. The classes were held by ordinary classroom teachers.

Anthropometric measurements and physical fitness parameters were taken at the beginning of the project and at the end of each school year during school hours. The measurements were taken in both the EXP and TRAD groups by Sport Sciences students who were previously trained to correctly collect the data for each test.

Anthropometric characteristics

Each child's stature was measured to the nearest 0.5 cm on a standardized wall-mounted height board, and body mass (BM) was measured to the nearest 0.1 kg with a calibrated manual weighing scale (Seca 709, Seca GmbH & Co. KG., Hamburg, Germany). Body Mass Index (BMI) was calculated as $BM (kg) \cdot stature^{-2} (m)$. The children were considered OW or OB based on BMI/age-specific curves when their BMI was higher or equal to the international cut-off point, corresponding to the centile curve that passes through either the BMI curve for 25 or 30 $kg \cdot m^{-2}$, respectively, at 18 years of age.²⁵

Physical fitness

To obtain a representative status of the children's physical fitness, 6 of the several physical fitness tests suitable for the selected age group^{26, 27} were considered. Priority was given to the accuracy of the measurements, which were taken by a group of trained sports scientists within a short period of time in all the schools involved in the study. The 6 tests selected were administered to children on 6 different weekdays during their physical education classes so that each test was not influenced by the results of the previous test. The following tests, which were comprehensively described elsewhere,³ were chosen to assess aerobic capacity, whole body agility, lower limb explosive power, upper body power, hip and low back flexibility, and balance capacity: the Léger, shuttle run, long jump, frontal throw of the basketball, sit and reach, and standing balance tests, respectively.

Statistical analysis

For the analysis, the collected data were first screened for incorrect inclusions. When data were not plausible, the records were excluded from the database. Anthropometric characteristics and physical fitness are expressed as means and standard deviations (SDs), and they were stratified by sex and the number of years of follow-up. To identify the distributions of the variables, the Kolmogorov-Smirnov Normality Test was used. A generalized linear repeated mixed model of the main effects of sex (girls vs. boys), age and sex $\times$ age interaction was used to compare the EXP and TRAD groups in terms of anthropometric characteristics and physical fitness variables at each follow-up. All statistical analyses were performed by SAS, version 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA), with $P < 0.05$ indicating statistical significance.

Results

No significant differences were found between the EXP and TRAD groups regarding the anthropometric characteristics at the beginning of the study and at the end of each academic year. Table I, II show the anthropometric characteristics of the 12,519 1st grade schoolchildren followed for 3 years (6, 7 and 8 years' old). A total of 3700 children (1175 girls and 1925 boys) from the EXP group and 3530 (1757 girls and 1773 boys) from the TRAD group completed all the measurements and fitness tests throughout the 3-year follow-up period. Stature and body mass (BM) differed significantly between sexes ($P < 0.001$) and

TABLE I.—Anthropometric characteristics of the experimental (EXP) physical education groups, stratified by gender and evaluated at the end of the 1st (6 years old), 2nd (7 years old) and 3rd (8 years old) year (yr) of follow-up.

EXP	Girls			Boys			P		
	1 st yr (N.=3542)	2 nd yr (N.=2807)	3 rd yr (N.=1775)	1 st yr (N.=3848)	2 nd yr (N.=3070)	3 rd yr (N.=1925)	Sex	Age	S $\times$ A
Stature (m)	1.21 $\pm$ 0.06	1.24 $\pm$ 0.06	1.31 $\pm$ 0.06	1.21 $\pm$ 0.06	1.25 $\pm$ 0.06	1.32 $\pm$ 0.06	0.001	0.001	0.045
BM (kg)	23.8 $\pm$ 4.3	26.2 $\pm$ 5.1	29.8 $\pm$ 6.3	24.4 $\pm$ 4.5	26.5 $\pm$ 5.0	30.2 $\pm$ 6.1	0.001	0.001	0.845
BMI ($kg \cdot m^{-2}$)	16.3 $\pm$ 2.2	16.8 $\pm$ 2.4	17.4 $\pm$ 2.9	16.5 $\pm$ 2.2	16.7 $\pm$ 2.2	17.3 $\pm$ 2.6	0.127	0.001	0.572

All values are mean $\pm$ SD. Significance by general linear mixed model of the main effects of sex (girls vs. boys), age and sex $\times$ age interaction (S $\times$ A).

TABLE II.—Anthropometric characteristics of the traditional (TRAD) physical education groups, stratified by gender and evaluated at the end of the 1st (6 years old), 2nd (7 years old) and 3rd (8 years old) year (yr) of follow-up.

TRAD	Girls			Boys			P		
	1 st yr (N.=2498)	2 nd yr (N.=2440)	3 rd yr (N.=1757)	1 st yr (N.=2631)	2 nd yr (N.=2589)	3 rd yr (N.=1773)	Sex	Age	S $\times$ A
Stature (m)	1.20 $\pm$ 0.05	1.22 $\pm$ 0.06	1.29 $\pm$ 0.05	1.19 $\pm$ 0.05	1.23 $\pm$ 0.06	1.29 $\pm$ 0.06	0.001	0.001	0.037
BM (kg)	22.9 $\pm$ 4.1	25.0 $\pm$ 4.7	28.2 $\pm$ 5.7	23.0 $\pm$ 3.6	25.2 $\pm$ 4.7	28.6 $\pm$ 5.5	0.001	0.001	0.248
BMI ($kg \cdot m^{-2}$)	16.0 $\pm$ 2.1	16.7 $\pm$ 2.4	17.0 $\pm$ 2.7	16.3 $\pm$ 1.9	16.7 $\pm$ 2.2	17.2 $\pm$ 2.5	0.078	0.001	0.487

All values are mean $\pm$ SD. Significance by general linear mixed model of the main effects of sex (girls vs. boys), age and sex $\times$ age interaction (S $\times$ A).

TABLE III.—Underweight (UW), normal-weight (NW), overweight (OW) and obese (OB) prevalence in the experimental (EXP) physical education groups, stratified by gender and evaluated at the end of the 1st (6 years old), 2nd (7 years old) and 3rd (8 years old) year (yr) of follow-up.

EXP	Girls			Boys		
	1 st yr (N.=3542)	2 nd yr (N.=2807)	3 rd yr (N.=1775)	1 st yr (N.=3848)	2 nd yr (N.=3070)	3 rd yr (N.=1925)
UW (%)	9	7	8	8	7	7
NW (%)	66	70	70	68	71	73
OW (%)	18	16	16	18	16	15
OB (%)	7	7	6	6	6	5

TABLE IV.—Underweight (UW), normal-weight (NW), overweight (OW) and obese (OB) prevalence in the traditional (TRAD) physical education groups, stratified by gender and evaluated at the end of the 1st (6 years old), 2nd (7 years old) and 3rd (8 years old) year (yr) of follow-up.

TRAD	Girls			Boys		
	1 st yr (N.=2498)	2 nd yr (N.=2440)	3 rd yr (N.=1757)	1 st yr (N.=2631)	2 nd yr (N.=2589)	3 rd yr (N.=1773)
UW (%)	7	6	6	7	5	5
NW (%)	68	69	67	69	72	70
OW (%)	20	18	18	19	17	18
OB (%)	6	7	8	5	6	7

increased significantly from the 1st year to the 3rd year of follow-up in both the EXP and TRAD groups ($P<0.001$) (by a mean of +0.06 m and +3 kg per year in both the girls and boys in each group, except for the TRAD boys, whose height increased by a mean of +0.05 m per year). Accordingly, BMI increased significantly by year (by a mean of +0.5 and +0.4 kg·m⁻² per year in the EXP girls and boys, respectively, and a mean of +0.5 kg·m⁻² per year in the TRAD girls and boys).

Table III, IV show the prevalence of underweight, normal weight, overweight and obesity in the EXP and TRAD girls and boys at the end of each year of follow-up. In the EXP group, the prevalence of OB and OW decreased from the 1st year to the end of the 3rd year of follow-up by -1% and -2%, respectively, in the girls and by -1% and -3%, respectively, in the boys. In contrast, in the TRAD group, OB prevalence increased by +2% from the 1st year to the end of the 3rd year of follow-up in the girls and boys, and OW prevalence decreased by -2% in the girls and -1% in the boys.

Therefore, the prevalence of OB and OW at the 3rd year of follow-up was lower in the EXP group than in the TRAD group by -2% and -3%, respectively.

Children's physical fitness

No significant differences were found between the EXP and TRAD groups in any of the PF results at the beginning of the project and at the end of the first academic year. However, significant differences in PF scores were found

between the girls and boys for all tests ($P<0.001$); hence, the results were presented separately for the girls and boys in both the EXP and TRAD groups.

In the Léger test (Figure 1A, B), performance improved more in the EXP group (by a mean of +37% per year in both the girls and boys) than in the TRAD group (by a mean of +30% per year in both the girls and boys) over the follow-up period ($P<0.05$). Accordingly, the children assigned to the EXP group completed significantly more levels than did those assigned to the TRAD group at the end of the 2nd and 3rd years of follow-up (+30 and +34%, respectively, in the girls; and +31 and +30%, respectively, in the boys, $P<0.001$).

Figure 1C, D show that the children in the EXP group required less time to complete the agility shuttle test each year (by a mean of -5% per year in both sexes) than did the children in the TRAD group (by a mean of -3% per year in both sexes; $P<0.05$). The girls and boys who followed the EXP protocol completed the agility shuttle test in significantly less time than did those who followed the TRAD protocol at the end of the 3rd year of follow-up (-10% in the girls and -9% in the boys, $P<0.001$).

For the long jump test (Figure 1E, F), the children in the EXP group increased the distance of their jump each year (by a mean of +8% per year in both sexes) more than those in the TRAD group did (by a mean of +5% per year in both sexes; $P<0.05$). Consequently, the girls in the EXP group jumped significantly farther than the girls in the TRAD group did at the end of the 2nd and 3rd years of follow-up

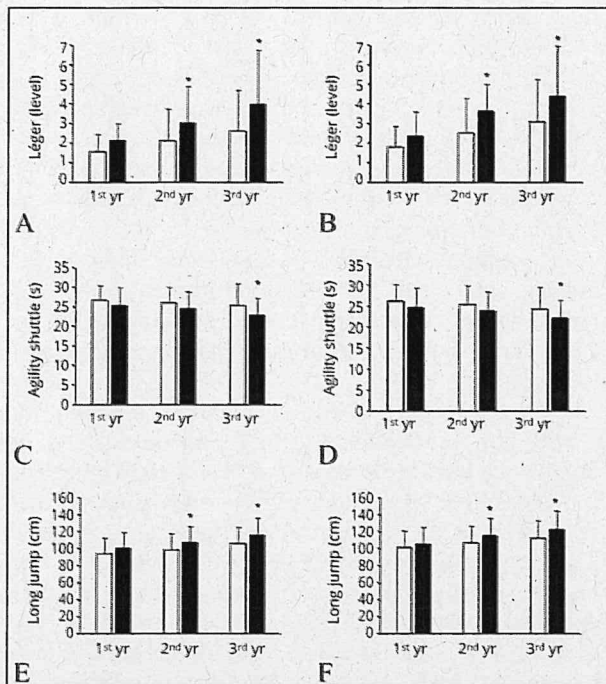


Figure 1. Physical fitness: A, B) Léger test; C, D) agility shuttle test; E, F) long jump test in the experimental (EXP, ■) and traditional (TRAD, □) physical education groups, stratified by gender (girls [A, C, E]; boys [B, D, F]) and evaluated at the end of the 1st (6 years old), 2nd (7 years old) and 3rd (8 years old) year (yr) of follow-up. All values are mean±SD.

*Significantly different relative to TRAD ($P<0.001$).

(+8 and +9%, respectively), and the boys in the EXP group jumped significantly farther than boys in the TRAD group did (+8% at the end of the 2nd year and +8% at the end of the 3rd year, $P<0.001$).

Figure 2A, B show the results of the frontal throw test. The children in both groups threw the ball farther each year, but those in the EXP group increased their throwing distance more than those in the TRAD group did (by a mean of +16% per year in both the girls and boys in the EXP group and +13% per year in both the girls and boys in the TRAD group; $P<0.05$). Accordingly, at the end of the 2nd and 3rd years of follow-up, the children in the EXP group threw the ball significantly farther than those in the TRAD group did (+9% in the girls and +11% in the boys at the end of the 2nd year, and +11% in the girls and +10% in the boys at the end of the 3rd year, $P<0.001$).

Regarding the sit and reach test (Figure 2C, D), no differences were found between the EXP and TRAD groups at the end of each year. The girls' changes in flexibility by year were not significant in either the EXP or the TRAD

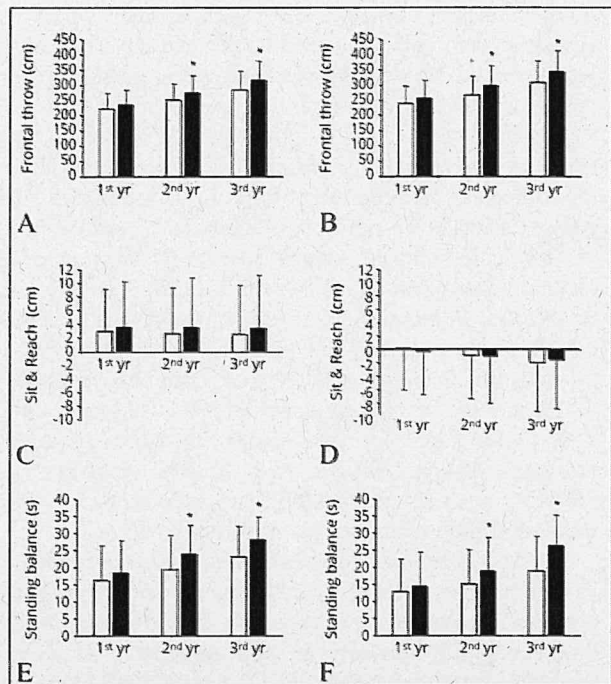


Figure 2. Physical fitness: A, B) frontal throw test; C, D) sit and reach test; E, F) standing balance test in the experimental (EXP, ■) and traditional (TRAD, □) physical education groups, stratified by gender (girls [A, C, E]; boys [B, D, F]) and evaluated at the end of the 1st (6 years old), 2nd (7 years old) and 3rd (8 years old) year (yr) of follow-up. All values are mean±SD.

*Significantly different relative to TRAD ($P<0.001$).

group. On the other hand, the flexibility capacity of the boys decreased less each year in the EXP group than in the TRAD group (by a mean of -137% per year in the EXP group and -279% per year in the TRAD group; $P<0.05$).

Finally, Figure 2E, F show larger improvements in the standing balance test scores over the follow-up period in the EXP group (by a mean of +24 and +35% per year in the girls and boys, respectively) than in the TRAD group (by a mean of +19 and +21% per year in the girls and boys, respectively; $P<0.05$). Accordingly, the children in the EXP group maintained their balance significantly longer than those in the TRAD group did at the end of the 2nd and 3rd years (+19 and +18%, respectively, in the girls; and +20 and +28%, respectively, in the boys, $P<0.001$).

Discussion

The main results showed that, in the present sample of Italian 1st grade children, the higher competences in planning and delivering PE lessons by specialized teachers: 1) posi-

tively influenced children's PF at the end of the 2nd and 3rd academic year, with the exception of flexibility; and 2) the prevalence of OB and OW was 5% lower in the EXP group than in the TRAD group after the 3-year intervention.

Teachers are key figures in increasing PE participation and enjoyment among schoolchildren, and specialized PE teachers have been found to be more successful than general teachers in improving children's physical fitness in a similar learning environment.²⁸ A previous study demonstrated that minimal teacher-directed interventions can be effective in increasing children's MVPA during school days and improving BM.²⁹ In particular, intervention effectiveness may be enhanced by the program being modified for the specific school setting in which it is delivered²² and by its ability to promote participants' enjoyment during PA sessions.²⁰ Although PA outcomes were not assessed in the present study, participation in PE activities was constantly monitored and maintained at a high level.

We show that the intervention was effective in increasing PF in both sexes. The girls and boys in the EXP group improved their aerobic capacity, agility, and lower and upper limb strength at similar rates. Balance capacity improved more by year in the boys than in the girls in the EXP group. Moreover, starting from the second year of follow-up, the children assigned to the EXP group increased their aerobic capacity, balance, and muscular strength in the lower and upper limb more than those assigned to the TRAD group did, while the magnitude of increase in the agility scores did not differ between the two groups throughout the 3-year follow-up period. Accordingly, in previous studies on PA-focused interventions implemented in schools, significantly better results were found in the intervention group than in the control group in shuttle runs,^{23, 30-33} long jump tests,^{15, 28, 30} and coordination tests.³⁴ However, contrary to the present study, most of the previous interventions included a longer PE class or additional PA allocated time and had varied follow-up durations, ranging from 5 months³⁴ to 5 years.³⁰ Conversely, the results of a similar school-based intervention showed non-significant differences between the intervention and control groups in either PF test performed,¹⁷ and a recent review¹⁹ showed inconsistencies regarding the effects of PE-based interventions on PF in schoolchildren, concluding that only those specifically designed to influence fitness outcomes were found to be effective. Regarding flexibility scores, even though no significant differences were found between the EXP and TRAD groups in either the girls or boys in the present study during the whole follow-up period, the intervention seemed to reduce the magnitude of decrease in

flexibility observed in the boys at the end of the 3rd year of follow-up compared to that in the TRAD group. This general decreasing trend has also been found in a previous study in schoolboys living in the same geographic region.³ The non-significant differences in flexibility scores could be due to the activities performed during PE, which were more focused on dynamic and play exercises than on specific fitness training components.

In summary, although some previous studies implementing similar PA interventions during school hours reported no significant improvements in PF in the children assigned to the experimental group compared to those assigned to the control group,^{17, 34} the present evidence showed that even a minor intervention, modifying PE quality but not duration (PE or PA allocated time), can improve children's PF more than the standard curriculum is. Accordingly, some authors²⁸ have found that improving the quality of the standard PE curriculum, by recruiting a specialized teacher, could improve children's PF more than the standard curriculum implemented by a general classroom teacher. Furthermore, not only the intervention design but also the follow-up duration has been found to be crucial.²³ Previous comparable interventions that were inefficient in improving children's PF were implemented for a shorter period than was the intervention in the present study.^{17, 34} As a confirmation, in the present study, a one-year intervention was not enough to yield significant differences between the EXP and TRAD groups in any PF test, while better results were obtained at the end of the 2nd and 3rd years.

Regarding the BM outcomes of school-based PA interventions aimed at preventing childhood obesity, in the literature, the results are generally inconsistent; effectiveness seems mainly driven by the type, intensity, and duration of the intervention, with better results obtained by interventions with an increased time allocated to structured PA.^{19, 20, 35, 36} Although the intervention in the present study focused on increasing MVPA during PE, the differences in BM and BMI between the EXP and TRAD groups at the end of the study period were not significant, which is consistent with the results of a comparable study implementing a teacher-based intervention to enhance PE quality but not duration.²⁸ Hence, we can assume that 100 minutes of high-quality PE weekly during school hours, that is, the amount of time proposed by the standard Italian Curriculum, is not enough to slow the increase in BM and BMI in growing children. In accordance, some authors²⁹ have found that weight status improves after a 3-year intervention only when the total

weekly time allocated to structured PA at school is greater than 135 minutes.

Furthermore, school-based interventions targeting PA seem to be more effective in reducing BM in overweight and obese children than in normal-weight children.^{21, 37} Sacchetti *et al.*,¹⁷ despite reporting non-significant BMI differences between the groups, observed a larger reduction in the prevalence of obese and overweight children in the intervention group than in the control group after a 2-year intervention modifying PE quality and quantity. The extent of this reduction is comparable to that reported in the present study, where the prevalence of OB and OW in the EXP group was 5% lower than that in the TRAD group after a 3-year intervention in which PE quality but not duration was modified. Although modest, the extent of this reduction may be of great relevance in public health, considering the entire national schoolchildren population. In fact, the economic consequences of childhood obesity become relevant when obese children become obese adults. Approximately one-third of obese preschool children and approximately half of obese school-age children become obese adults.^{38, 39} The estimated annual costs of treating obesity-related illnesses in Italian overweight, obese and severely obese individuals are higher than that of treating the normal weight counterparts by means of 10, 21 and 42%, respectively (which correspond on average to 530, 580 and 680 euro/year per capita for overweight, obese and severely obese subjects, respectively).^{24, 40} Therefore, reducing the prevalence of overweight and obese children could also lead to a significant reduction in national healthcare costs.

Conclusions

In conclusion, the present teacher-driven intervention (EXP), which was focused on the quality rather than the duration of time spent in the gym during school hours, was effective in improving children's physical fitness. In addition, at the end of the three-year follow-up period, the prevalence of obesity and overweight was 5% lower in the EXP group than in the TRAD group, suggesting that the intervention was effective in improving heavier children's weight status. By reducing the prevalence of overweight and obese children, effective school-based interventions could also lead to a relevant reduction in the healthcare costs associated with obesity. Therefore, the present findings reveal that qualified physical education teachers in primary schools could play an important role in physical fitness and health promotion.

References

1. Zaout M, Michels N, Bammann K, Ahrens W, Sprengeler O, Molnar D, *et al.* Influence of physical fitness on cardio-metabolic risk factors in European children. The IDEFICS study. *Int J Obes* 2016;40:1119–25.
2. Proudfoot NA, King-Dowling S, Cairney J, Bray SR, MacDonald MJ, Timmons BW. Physical Activity and Trajectories of Cardiovascular Health Indicators During Early Childhood. *Pediatrics* 2019;144:e20182242.
3. Fiori F, Bravo G, Parpinel M, Messina G, Malavolta R, Lazzer S. Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren. *PLoS One* 2020;15:e0233362.
4. Marques A, Minderico C, Martins S, Palmeira A, Ekelund U, Sardinha LB. Cross-sectional and prospective associations between moderate to vigorous physical activity and sedentary time with adiposity in children. *Int J Obes* 2016;40:28–33.
5. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes* 2008;32:1–11.
6. Neshteruk CD, Mazzucca S, Vaughn AE, Jones DJ, Ward DS. Identifying patterns of physical activity and screen time parenting practices and associations with preschool children's physical activity and adiposity. *Prev Med Rep* 2020;18:101068.
7. Fonseca Del Pozo FJ, Alonso JV, Álvarez MV, Orr S, Cantarero FJ. Physical fitness as an indicator of health status and its relationship to academic performance during the prepubertal period. *Health Promot Perspect* 2017;7:197–204.
8. Biddle SJ, Ciacconi S, Thomas G, Vergeer I. Psychology of Sport & Exercise Physical activity and mental health in children and adolescents: an updated review of reviews and an analysis of causality. *Psychol Sport Exerc* 2019;42:146–55.
9. Nardone P, Spinelli A, Buoncrisiano M, Lauria L, Pierannunzio D, Galeone D. Il sistema di sorveglianza OKkio alla salute: risultati 2016. ISS; 2018 [Internet]. Available from: <https://www.epicentro.iss.it/> [cited 2021, Oct 6].
10. Steene-Johannessen J, Hansen BH, Dalene KE, Kolle E, Northstone K, Møller NC, *et al.* Determinants of Diet and Physical Activity knowledge hub (DEDIPAC): International Children's Accelerometry Database (ICAD) Collaborators, IDEFICS Consortium and HELENA Consortium. Variations in accelerometry measured physical activity and sedentary time across Europe - harmonized analyses of 47,497 children and adolescents. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2020;17:38.
11. Tomkinson GR, Carver KD, Atkinson F, Daniell ND, Lewis LK, Fitzgerald JS, *et al.* European normative values for physical fitness in children and adolescents aged 9–17 years: results from 2 779 165 Eurofit performances representing 30 countries. *Br J Sports Med* 2018;52:1445–14563.
12. Ahrens W, Pigeot I, Pohlabeln H, De Henauw S, Lissner L, Molnar D, *et al.* IDEFICS consortium. Prevalence of overweight and obesity in European children below the age of 10. *Int J Obes* 2014;38(Suppl 2):S99–107.
13. Booth VM, Rowlands AV, Dollman J. Physical activity temporal trends among children and adolescents. *J Sci Med Sport* 2015;18:418–25.
14. Vazou S, Webster CA, Stewart G, Candal P, Egan CA, Pennell A, *et al.* A Systematic Review and Qualitative Synthesis Resulting in a Typology of Elementary Classroom Movement Integration Interventions. *Sports Med Open* 2020;6:1–16.
15. Brustio PR, Mulasso A, Marasso D, Ruffa C, Ballatore A, Moise P, *et al.* The daily mile: 15 minutes running improves the physical fitness of Italian primary school children. *Int J Environ Res Public Health* 2019;16:E3921.
16. Latorre-Román PA, Mora-López D, García-Pinillos F. Effects of a physical activity programme in the school setting on physical fitness in preschool children. *Child Care Health Dev* 2018;44:427–32.
17. Sacchetti R, Ceciliani A, Garulli A, Dallolio L, Beltrami P, Leoni E.

- Effects of a 2-year school-based intervention of enhanced physical education in the primary school. *J Sch Health* 2013;83:639–46.
18. Schmidt SK, Reinboth MS, Resaland GK, Bratland-Sanda S. Changes in Physical Activity, Physical Fitness and Well-Being Following a School-Based Health Promotion Program in a Norwegian Region with a Poor Public Health Profile: A Non-Randomized Controlled Study in Early Adolescents. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:E896.
19. Errisuriz VL, Golaszewski NM, Born K, Bartholomew JB. Systematic Review of Physical Education-Based Physical Activity Interventions Among Elementary School Children. *J Prim Prev* 2018;39:303–27.
20. Liu Z, Xu HM, Wen LM, Peng YZ, Lin LZ, Zhou S, *et al*. A systematic review and meta-analysis of the overall effects of school-based obesity prevention interventions and effect differences by intervention components. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2019;16:95.
21. Lazaar N, Aucouturier J, Ratel S, Rance M, Meyer M, Duché P. Effect of physical activity intervention on body composition in young children: influence of body mass index status and gender. *Acta Paediatr* 2007;96:1315–20.
22. Weaver RG, Webster CA, Egan C, Campos CM, Michael RD, Vazou S. Partnerships for Active Children in Elementary Schools: Outcomes of a 2-Year Pilot Study to Increase Physical Activity During the School Day. *Am J Health Promot* 2018;32:621–30.
23. Kriemler S, Meyer U, Martin E, van Sluijs EM, Andersen LB, Martin BW. Effect of school-based interventions on physical activity and fitness in children and adolescents: a review of reviews and systematic update. *Br J Sports Med* 2011;45:923–30.
24. OECD. The heavy burden of obesity: the economics of prevention, OECD health policy studies. Paris: OECD Publishing; 2019.
25. Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ* 2007;335:194–7.
26. Morrow JR Jr, Zhu W, Franks BD, Meredith MD, Spain C. 1958–2008: 50 years of youth fitness tests in the United States. *Res Q Exerc Sport* 2009;80:1–11.
27. Eurofit CD. European test of physical fitness. Second Edition. Strasbourg: Council of Europe; 1993.
28. Stare G, Strel J. Influence of the quality implementation of a physical education curriculum on the physical development and physical fitness of children. *BMC Public Health* 2012;12:61.
29. Donnelly JE, Greene JL, Gibson CA, Smith BK, Washburn RA, Sullivan DK, *et al*. Physical Activity Across the Curriculum (PAAC): a randomized controlled trial to promote physical activity and diminish overweight and obesity in elementary school children. *Prev Med* 2009;49:336–41.
30. Bhavé S, Pandit A, Yeravdekar R, Madkaikar V, Chinchwade T, Shaikh N, *et al*. Effectiveness of a 5-year school-based intervention programme to reduce adiposity and improve fitness and lifestyle in Indian children: the SYM-KEM study. *Arch Dis Child* 2016;101:33–41.
31. Eather N, Morgan PJ, Lubans DR. Improving the fitness and physical activity levels of primary school children: results of the Fit4Fun group randomized controlled trial. *Prev Med* 2013;56:12–9.
32. Sollerhed AC, Ejlerstsson G. Physical benefits of expanded physical education in primary school: findings from a 3-year intervention study in Sweden. *Scand J Med Sci Sports* 2008;18:102–7.
33. Thivel D, Isacco L, Lazaar N, Aucouturier J, Ratel S, Doré E, *et al*. Effect of a 6-month school-based physical activity program on body composition and physical fitness in lean and obese schoolchildren. *Eur J Pediatr* 2011;170:1435–43.
34. Gallotta MC, Marchetti R, Baldari C, Guidetti L, Pesce C. Linking coordinative and fitness training in physical education settings. *Scand J Med Sci Sports* 2009;19:412–8.
35. Guerra PH, Nobre MR, Silveira JA, Taddei JA. The effect of school-based physical activity interventions on body mass index: a meta-analysis of randomized trials. *Clinics (São Paulo)* 2013;68:1263–73.
36. Yuksel HS, Şahin FN, Maksimovic N, Drid P, Bianco A. School-based intervention programs for preventing obesity and promoting physical activity and fitness: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:E347.
37. Erffle SE, Gamble A. Effects of daily physical education on physical fitness and weight status in middle school adolescents. *J Sch Health* 2015;85:27–35.
38. Serdula MK, Ivery D, Coates RJ, Freedman DS, Williamson DF, Byers T. Do obese children become obese adults? A review of the literature. *Prev Med* 1993;22:167–77.
39. Nader PR, O'Brien M, Houts R, Bradley R, Belsky J, Crosnoe R, *et al*. National Institute of Child Health and Human Development Early Child Care Research Network. Identifying risk for obesity in early childhood. *Pediatrics* 2006;118:e594–601.
40. Atella V, Kopinska J. The costs of obesity in Italy. Report of the Italian National Institute of Health. ISS; 2012 [Internet]. Available from: <http://www.fondazioneitorvergataeconomia.it/> [cited 2021, Oct 6].

Authors' contributions. All authors read and approved the final version of the manuscript.

Acknowledgements. The authors acknowledge the children who participated in this study, their parents, teachers and the directors of the Schools and the Institution for their cooperation. They also acknowledge the Sports Sciences PhD students at the School of Sport Sciences of the University of Udine (Udine, Italy), for their qualified assistance during the study. Moreover, they acknowledge the Friuli Venezia Giulia Regional Health Department, Public Education Department and Sport Department, Friuli Venezia Giulia Regional Italian Olympic Committee, Friuli Venezia Giulia Regional Italian Paralympic Committee, for the support offered to the specialized teachers during the study.

History.—Article first published online: February 10, 2021. - Manuscript accepted: January 27, 2021. - Manuscript revised: January 15, 2021. - Manuscript received: November 10, 2020.



Physical fitness reference standards in Italian children

Filippo Vaccari¹ · Federica Fiori¹ · Giulia Bravo¹ · Maria Parpinel¹ · Giovanni Messina^{2,3} · Rita Malavolta⁴ · Stefano Lazzer^{1,3}

Received: 16 July 2020 / Revised: 7 January 2021 / Accepted: 14 January 2021 / Published online: 28 January 2021

© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH, DE part of Springer Nature 2021

Abstract

Physical fitness in childhood is considered a marker of current and future health. For this reason, there is a need for a simple but reliable test to assess the different components of physical fitness even at school during physical education lessons. However, standard values are required to correctly interpret the results of such tests. Hence, this study aimed to generate sex- and age-specific normative percentile values for health-related physical fitness in Italian children. To this aim, 30,472 children aged 6–11 years from the Friuli Venezia-Giulia region (Italy) were examined. The fitness test battery included the Léger test (cardiorespiratory), the shuttle test (agility), standing long jumps, frontal throws of a basketball (lower and upper limb strength), the sit-and-reach test (flexibility), and the standing balance test. Sex- and age-percentile curves were determined using the General Additive Model for Location Scale and Shape (GAMLSS).

Conclusion: The reference standards are provided as 1st, 3rd, 10th, 25th, 50th, 75th, 90th, 97th, and 99th percentiles in the form of both tables and charts and are roughly comparable with those of other European children.

What is Known:

- Physical fitness in childhood is considered a marker of current and future health;
- Several tests have been developed to assess physical fitness in children;
- There are general European reference standards for a series of tests of the main fitness components for children.

What is New:

- The present study provides specific reference standards for a series of tests that are indicative of the main fitness components and easily applied in children, particularly those in the Italian population;
- Standing balance test and basketball frontal throw test references in a wide sample of children;
- The performance of children in the present study was roughly comparable to that of other European children.

Keywords Reference values · Cardiorespiratory fitness · Muscular strength · Flexibility · Balance · Speed-agility

Communicated by Gregorio Paolo Milani

✉ Filippo Vaccari
vaccari.filippo@spes.uniud.it

Federica Fiori
federica.fiori@uniud.it

Giulia Bravo
giulia.bravo@uniud.it

Maria Parpinel
maria.parpinel@uniud.it

Giovanni Messina
g.messina@figc.it

Rita Malavolta
ritamalavolta@virgilio.it

Stefano Lazzer
Stefano.lazzer@uniud.it

¹ Department of Medicine, University of Udine, P.le Kolbe 4, 33100 Udine, Italy

² Regional School of Sport, Italian Olympic Committee, Trieste, Italy

³ School of Sport Sciences, University of Udine, Udine, Italy

⁴ Regional Italian Olympic Committee, Trieste, Italy

Abbreviations

20-mSRT	Léger test, also called 20-m shuttle running test
Pn	<i>n</i> percentile
GAMLSS	General Additive Model for Location Scale and Shape method

Introduction

Physical fitness in childhood involves several health-related components, such as cardiorespiratory and muscular endurance, muscular strength, speed-agility, flexibility, and balance [1]. These components are considered markers of current and future health [2]. Some studies have shown that a low level of cardiorespiratory fitness is associated with cardiovascular diseases, some types of cancer, increased adiposity, and obesity [2]. Muscle strength is inversely related to cardiovascular diseases and metabolic risk factors [2] independent of cardiovascular fitness [3], and both upper and lower body muscle strength levels are considered important [4]. Additionally, muscle strength levels and speed-agility capacities are positively related to bone health and self-esteem [2]. Finally, even though there is only weak evidence indicating that flexibility and balance in childhood are correlated with health [5], the American College of Sports Medicine (ACSM) still includes exercise aimed at improving flexibility and balance in its guidelines for preventing worsening of physical fitness in adults [1] and elderly individuals. Since childhood physical fitness is important for public health [6], several tests have been developed to assess its components in a simple but reliable way. The Léger test is often used to evaluate cardiorespiratory fitness [7], and standing long jump and frontal throws of a basketball are considered reliable indices of lower [8] and upper [9] limb muscle fitness. In addition, the shuttle (10 × 5 m) [10], sit and reach [11], and standing balance [12] tests are considered reliable methods for evaluating speed-agility, flexibility, and balance, respectively. Sex- and age-specific reference values help identify children with a low level of fitness and promote healthy behaviours thereby preventing future health risks.

Although there are some reference values from different regions of the world [13], there is a scarcity of reference values for Italian children [13]. Even though reference from Europe already exist [14], there may be wide differences among countries or even within a single country [15]. Hence, this study aimed to generate sex- and age-specific normative percentile values for health-related physical fitness in Italian children aged between 6 and 11 years. Furthermore, this study aimed to provide a battery of tests by selecting the simplest tests to be performed.

Subjects and methods

A sample of 30,472 Italian schoolchildren (6–11 years old) involved in the “*MOVIMENTO in 3S: promozione della Salute nelle Scuole attraverso lo Sport*” (*MOVIMENTO in 3S* project: promoting Health in Schools through Sport) project was considered in the present study [6]. The project was a cross-sectional study; children were enrolled from different public schools in the Friuli Venezia-Giulia Region (Italy) between 2016 and 2018. One hundred thirty-seven of the 387 schools in the region joined the project and about 95% of the students of these schools participated in the measurements. The total number of primary schoolchildren in the Friuli Venezia Giulia region was about 60,000.

The experimental protocol was approved by the University of Udine Ethics Committee on Human Research for Medical Science. All the Children attending primary school were considered eligible for the study excluding those with any issues that prevented them from attending physical education classes. The procedures and purposes of the project were carefully explained to each child and his or her parents. Children gave verbal consent to participate and parents gave written informed consent. Thereafter, physical fitness tests were performed at the beginning and of each school year during school hours by a previously trained researcher to collect the data accurately and consistently.

Physical fitness

A battery of 6 tests was chosen to obtain a complete report of children's physical fitness [16]. Priority was given to the use of tests that were easy to perform without the use of any special tools. The 6 tests were administered to the children on 6 different days during their class hours.

Cardiorespiratory fitness

Cardiorespiratory fitness was evaluated by a single repetition of the Léger test [16], which has been also validated in children [17, 18]. For the test, children were required to run back and forth continuously between two cones placed 20 m apart. A pre-recorded audio signal started to beep at pre-set intervals. The children had to follow the rhythm imposed by the beeps and the starting speed was selected at 8.5 km h⁻¹. The children had to be in correspondence with the cone at each beep. Every minute the speed was increased by 0.5 km h⁻¹ reducing the time between two consecutive beeps.

When the children being tested did not reach the final point in time or when the children stopped by fatigue, the last stage completed was recorded as their final score.

Speed-agility

Whole body speed-agility was evaluated by a shuttle test (10 × 5 m) [19–22], which has been validated in children [10]. Two lines have been depicted on the floor 5 m apart. At the “go!” signal, children had to run as fast as possible to the opposite line, cross it with both feet, run back across the starting line, and repeat the task for 10 shuttles (50 m), without brakes, in the shortest possible time. The best time of two trials was then taken into consideration.

Muscular power of the lower limbs

Lower limb explosive power was evaluated by means of a long jump test [12, 14, 19–26], which has been validated, by several authors, also in children [8, 16, 21]. Children were asked to jump for distance from a standing start. They were instructed to bend their knees with their arms in front of them, parallel to the ground, then to swing both arms and jump as far as possible, trying to land on their feet. The best trial between 3 tests was recorded.

Muscular power of the upper limbs

Upper limb power was evaluated by a frontal throw of a basketball (0.5 kg) [9]. The validity and reliability of this test has been previously confirmed [24]. Children were instructed to throw the basketball while sitting on the ground with their legs spread apart and with their back against the wall in order to use only upper limb’s muscles. The ball was thrown with two hands maintaining back contact with the wall. The distance of the throws was considered between the wall and the first point of contact of the ball on the ground. The best of three throws was recorded in centimetres.

Flexibility

Hip and low back flexibility was evaluated by the sit-and-reach test [12, 19–22, 24–26], which has been previously validated [11]. Children were asked to sit on the floor with legs stretched forward and knee locked and pressed against the floor. Shoes were removed and soles of the feet were placed flat against a box. Children stretched as far as possible along the measuring line and held that position for 1 to 2 s while the distance was measured. The level of the feet was considered to be 15 cm [27] in order to make all the values positive.

Static balance

The standing balance test evaluates balance capacity in children [12, 27], and it is considered valid and reliable [17, 18]. Children were asked to remove their shoes and to keep their balance on their preferred leg. The free leg had to be flexed at

the knee, and the foot had to be held by the hand against the buttock of the same side while the contralateral hand remained fixed at the level of the hip. The test started after 1 min of practice. Time in seconds was considered the score of the test. The test was considered concluded either after 30 s, when the children moved their supporting foot, or when they lost contact between the heel of the non-supporting leg and the buttocks.

Statistical analysis

Statistical analyses were performed using the GAMLSS (General Additive Model for Location Scale and Shape) package 5.1-4 [28] of the statistical software R version 3.6.3. All physical fitness results were expressed as the mean and standard deviation (SD). To perform the analysis, the collected data were first screened for incorrect inclusions. The percentile curves for the fitness variables were stratified by sex and calculated as a function of age using the GAMLSS method. The percentile curves for the 1st, 3rd, 10th, 25th, 50th, 75th, 90th, 97th, and 99th percentiles were calculated based on the model that showed the best goodness of fit.

Results

The initial selected sample (n : 30472) was screened for any incorrect inclusions and 41 children were deleted from the original database due to temporary physical issues preventing them from performing the tests. Then, 30,431 children were considered in the present study. Tables 1 and 2 and Figs. 1, 2, and 3 display the age- and sex-specific percentiles (P_1 , P_3 , P_{10} , P_{25} , P_{50} , P_{75} , P_{90} , P_{97} , and P_{99}) for the different fitness tests in 30,431 Italian schoolchildren (6–11 years old). In the Léger test, boys performed better ($P < 0.05$) than girls, and older children performed better ($P < 0.05$) than younger children (Fig. 1a, b); in the speed-agility shuttle test, girls and boys had similar values, and older children performed worse ($P < 0.05$) than younger children (Fig. 1c, d). In the standing long jump test (Fig. 2a, b) and frontal throw test (Fig. 2 c, d), boys performed better ($P < 0.05$) than girls, and older children performed better ($P < 0.05$) than younger. In the sit-and-reach test, girls performed better ($P < 0.05$) than boys (Fig. 3a, b). In addition, girls’ performance decreased with age from P_1 to P_{50} , while it increased with age from P_{75} to P_{99} ; however, boys’ performance decreased with age from P_1 to P_{99} . Finally, in the standing balance test, boys and girls had similar values (Fig. 3c, d); moreover, in both sexes, the increment with age was maximal around P_{50} and tended to be lower when approaching both P_{99} and P_1 .

Table 1 Percentiles of the Léger test, speed-agility shuttle test, and long jump test, stratified by sex and class of age (6–11 years old)

	Age	Percentile for girls									Age	Percentile for boys								
		1	3	10	25	50	75	90	97	99		1	3	10	25	50	75	90	97	99
Léger test (<i>n</i>)	6–< 7	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.4	3.2	4.0	4.4	6–< 7	1.1	1.2	1.3	1.6	2.1	3.2	3.8	4.8	5.5
	7–< 8	1.3	1.5	1.7	1.8	2.2	2.6	3.6	4.2	5.3	7–< 8	1.1	1.3	1.4	1.8	2.3	3.6	5.2	6.1	6.7
	8–< 9	1.4	1.6	1.8	2.2	2.8	3.6	4.5	5.4	6.0	8–< 9	1.2	1.4	1.6	2.3	3.1	4.2	5.4	6.6	7.2
	9–< 10	1.5	1.8	2.0	2.8	3.4	4.3	5.1	6.6	7.3	9–< 10	1.3	1.5	1.6	2.4	3.6	4.8	5.8	7.0	8.2
	10–< 11	2.0	2.2	2.6	3.3	3.6	4.6	5.3	7.1	8.1	10–< 11	1.3	1.5	1.7	2.6	3.9	5.2	6.9	8.1	8.4
	11–< 12	2.1	2.4	2.8	3.4	3.9	4.8	5.5	7.4	8.4	11–< 12	1.4	1.6	1.9	2.8	4.2	5.6	7.3	8.4	9.2
Speed-agility shuttle test (s)	6–< 7	37.6	34.7	31.6	29.3	27.3	25.7	23.7	20.6	16.9	6–< 7	38.6	34.8	31.7	28.0	26.8	24.5	22.8	19.1	16.5
	7–< 8	37.1	34.1	31.0	28.1	26.7	24.0	22.3	18.8	16.5	7–< 8	35.8	34.5	30.7	27.4	25.3	23.1	21.3	18.8	15.9
	8–< 9	36.3	33.7	29.5	27.6	25.5	23.4	21.5	17.6	15.7	8–< 9	35.2	34.0	29.0	26.5	24.3	22.5	21.0	17.8	15.1
	9–< 10	35.0	32.6	28.7	26.5	24.4	22.3	20.8	16.9	14.9	9–< 10	34.1	32.2	28.2	25.4	23.5	21.8	19.8	16.7	14.7
	10–< 11	34.1	30.0	27.8	25.9	23.8	21.8	20.2	16.5	14.6	10–< 11	33.8	31.7	27.4	24.8	22.8	21.0	19.1	16.0	14.0
	11–< 12	33.3	29.4	27.1	25.1	23.2	21.3	19.6	16.2	14.3	11–< 12	33.0	29.6	26.5	24.2	22.1	20.4	18.2	15.5	12.9

The values correspond to the 1st, 3rd, 10th, 25th, 50th, 75th, 90th, 97th, and 99th age- and sex-specific percentiles

Discussion

The present study provides age and sex reference standards for a series of tests indicative of the main fitness components that are easily applied in schoolchildren. The values for the percentiles presented are noteworthy because they come from a fairly wide sample of 30,431 children, and they could be very useful for educators. Moreover, they can be used to compare the fitness status of Italian children to that of European children and children worldwide. Finally, these reference standards can serve as a good reference for monitoring the decline in physical fitness state that is occurring in children around the world [29–32].

Because the relationship between cardiorespiratory fitness and health issues in children is well documented [2, 7, 33–35], the Léger test is often used to assess this important component at school [36]. The Léger test [17], also called the 20-m shuttle running test (20-mSRT), is one of the most widely used tests for evaluating cardiorespiratory fitness due to its validity and reliability and the ability to test a large number of children at the same time [37]. It can be scored by using the number of stages completed (as in the present study), the number of laps completed, or the speed reached at the last stage and allows us to estimate the maximal oxygen uptake [17, 38]. The values obtained in the present study were roughly comparable to those obtained previously in Spanish children [20, 39] and those in Tomkinson's study [22], particularly for girls. Even though the study by Tomkinson included children and adolescents aged 9–17 years old from 30 European countries, it is

not possible to compare values for the younger children. Moreover, our data from children aged >9 years were comparable to those from Australian children [40]. The review by Olds et al. [13], which included 37 countries from around the world, showed that Italian children were among the worst performers on the Léger test, whereas northern European countries were the best performers. However, the reference standards provided by the present study appear to be roughly in line with those of other European countries. Hence, the situation of the Italian children considered in the present study does not seem to be so compromised when compared with the situation of those from other European countries.

Speed-agility is strongly related to health as well, in particular to bone mineral density and bone mass accumulation later in life [2, 3, 5, 35]. There are a wide variety of tests aimed at evaluating speed-agility, often based on running patterns and changes in direction. The shuttle test is one of them [19–22], and it has been previously used several times to assess speed-agility in children and adolescents [19–22, 34]. Overall, the studies confirm that girls tend to have higher values than boys and that younger children have better performance than older children, not only in children the same age as those in our study [20] but also in adolescents until 17 years old [21, 22, 34]. Furthermore, our values appear to be in line with or slightly higher than those observed in Spanish children [20].

Muscular strength/fitness is one of the most studied fitness components in relation to health [2–5, 35]. In particular, the standing long jump is considered a general index of muscular fitness [4]. Our results were similar to those found in Spanish

Table 2 Percentiles of the frontal throw test, sit and reach test, and standing balance test, stratified by sex and class of age (6–11 years old)

	Percentile for girls										Percentile for boys									
	Age										Age									
	1	3	10	25	50	75	90	97	99		1	3	10	25	50	75	90	97	99	
Frontal throw test (cm)	6<7	90.5	124.0	158.7	190.6	220.0	251.4	285.7	320.2	370.2	6<7	110.5	135.2	170.8	200.7	240.0	280.3	310.1	350.6	380.6
	7<8	110.8	130.2	165.0	200.3	235.2	270.1	305.8	340.4	363.5	7<8	120.3	142.2	180.8	212.6	252.1	294.3	333.3	374.8	407.5
	8<9	145.4	170.7	210.7	240.4	280.5	321.2	360.5	392.5	425.0	8<9	155.1	180.0	225.5	266.6	310.0	354.4	392.4	440.2	465.5
	9<10	150.7	190.3	244.8	285.4	328.7	370.6	410.8	450.6	481.8	9<10	165.4	205.3	265.4	315.1	360.5	410.8	450.8	500.8	535.1
	10<11	160.4	221.2	285.3	325.8	365.2	410.6	454.3	500.8	540.1	10<11	180.6	250.4	315.1	360.2	410.1	455.1	500.4	545.4	580.2
	11<12	191.0	270.3	326.0	362.7	400.8	449.6	500.4	540.7	580.0	11<12	227.8	304.1	352.0	400.1	450.2	500.3	545.8	590.3	640.8
Sit and reach test (cm)	6<7	4.8	6.8	11.0	14.8	18.8	22.8	26.3	29.6	32.5	6<7	1.6	4.0	7.5	11.5	16.4	19.5	23.0	27.1	30.5
	7<8	2.4	4.8	9.8	14.5	18.6	22.6	26.4	30.7	33.5	7<8	1.4	2.8	6.0	10.8	16.1	18.6	22.8	25.9	29.6
	8<9	1.8	4.5	8.9	14.1	18.5	22.5	27.4	31.1	33.6	8<9	1.1	2.5	5.5	9.7	15.7	18.5	22.1	25.3	28.5
	9<10	1.6	4.0	8.5	13.6	17.5	23.1	27.5	32.5	34.5	9<10	0.8	2.1	4.6	9.2	14.8	18.2	21.8	25.0	28.1
	10<11	1.2	3.5	8.1	13.5	17.4	22.7	28.6	32.8	34.9	10<11	0.7	1.5	4.2	8.9	14.4	17.7	21.5	24.8	27.9
	11<12	1.1	3.2	7.8	13.1	17.0	23.1	29.5	33.2	35.4	11<12	0.4	1.3	3.9	8.1	14.3	17.5	21.1	24.3	27.4
Standing balance test (s)	6<7	0.8	2.1	3.7	7.7	13.8	25.3	26.5	27.1	27.9	6<7	0.9	1.4	3.8	5.5	11.2	19.0	23.5	26.7	29.4
	7<8	1.6	3.3	6.2	12.7	15.4	25.8	26.8	27.4	28.1	7<8	1.7	2.5	4.0	8.5	13.6	21.7	25.6	27.4	29.5
	8<9	3.6	6.1	10.5	14.1	21.7	27.6	27.9	28.3	28.7	8<9	2.3	3.4	6.2	12.1	17.4	23.4	26.1	27.8	29.7
	9<10	4.3	8.6	12.3	17.3	24.6	27.8	28.2	28.6	29.0	9<10	2.7	4.8	9.5	13.8	22.8	26.7	26.9	28.5	29.8
	10<11	4.8	9.6	14.4	21.4	26.3	28.4	28.6	29.1	29.6	10<11	3.0	5.7	12.1	17.5	25.1	26.3	27.6	28.8	29.8
	11<12	5.5	11.3	15.9	23.2	28.2	28.8	29.1	29.6	29.9	11<12	3.4	6.4	12.8	18.7	25.7	27.9	28.4	29.3	29.9

The values correspond to the 1st, 3rd, 10th, 25th, 50th, 75th, 90th, 97th, and 99th age- and sex-specific percentiles

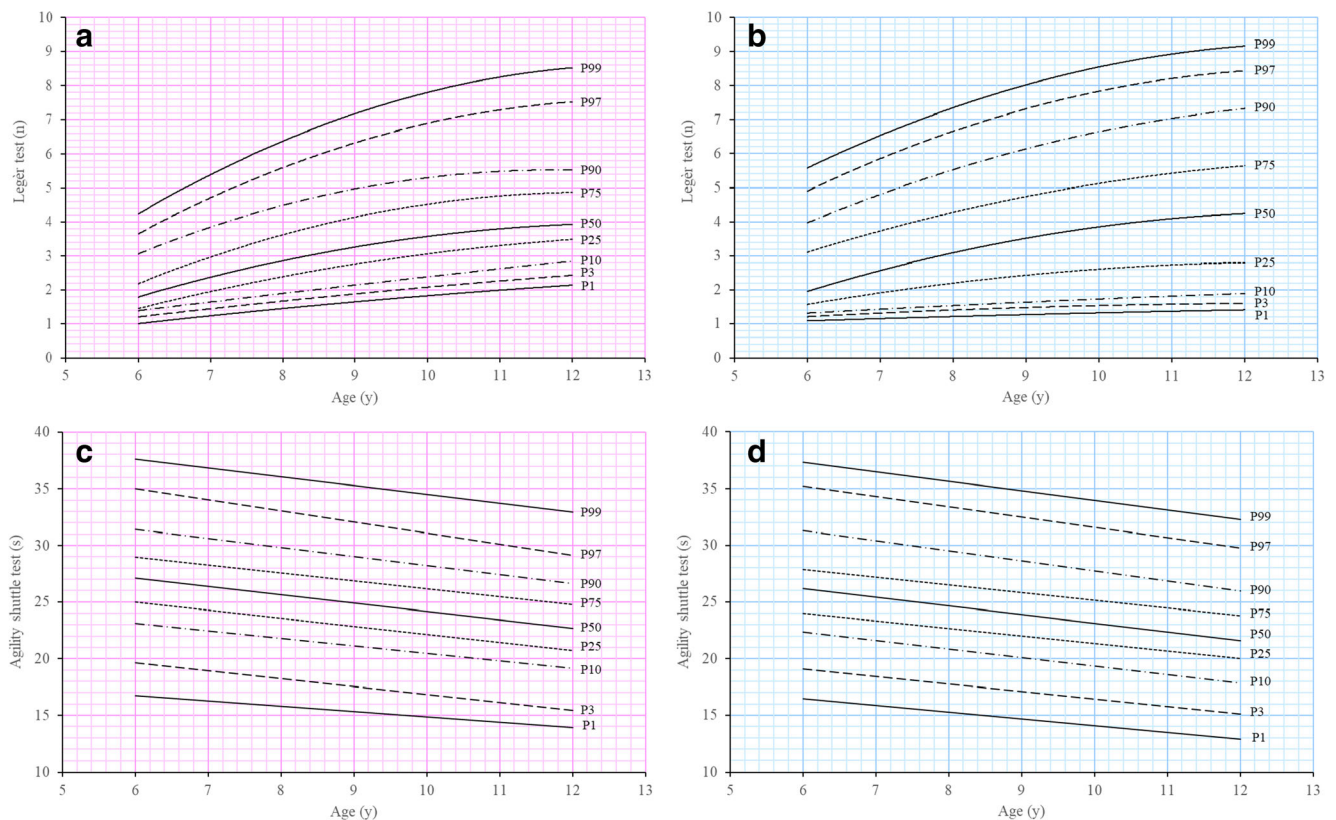


Fig. 1 Percentile curves of the physical fitness (Léger test: **a, b**; speed-agility shuttle test: **c, d**), stratified by sex (girls: **a, c**; boys: **b, d**) and class of age (6–11 years old)

children of the same age [20] and European children aged 6 to 9 years old [14] but lower than those found in Polish [21] and Australian children older than 9 years old. However, in all these studies, as in ours, boys and older children had higher outcomes than girls and younger children, respectively [14, 20, 21, 40]. In terms of muscle fitness, upper body muscle fitness is considered an important predictor of health in children [4]. One of the most commonly used tests to assess this component was the handgrip test [4, 14, 20, 21, 41]. However, in our opinion, it is very important to provide an easy-to-perform test that does not require special tools to evaluate upper body muscle fitness. In light of this, the basketball frontal throw test was developed [42]. Our results were slightly higher than those observed in Australian children and adolescents older than 9 years old [40]. In addition, to the best of our knowledge, this is the first study that has provided reference values for the basketball frontal throw test in a wide sample of children.

The flexibility standard reference values provided by the present study are in line with those for Spanish children [20]; moreover, older boys and girls showed less flexibility levels than younger boys, while girls were more flexible than boys. The reference values from Dobosz [21] showed that Polish boys performed better than Italian boys. Finally, the review

by Catley and Tomkinson [40] shows higher values in Australian children than in the children in our study, but it is not clear if the differences were due to different methods of assessment.

To our knowledge, the present study was the first to provide a standing balance test reference in children. This may help promote the use of this test in assessing balance, since it has been proven to be reliable to evaluate balance capacity in children [12, 18]. Nevertheless, although our results on balance were not directly comparable with others, the trends whereby older individuals performed better than younger individuals [14, 21, 34] and girls performed better than boys [14, 34] were confirmed by other studies.

For a practical application of these data, educators, coaches, and all other people involved in children physical activity may consider these reference values of fitness status: very poor ($X < P10$); poor ($P10 \leq X < P25$); medium ($P25 \leq X < P75$); good ($P75 \leq X < P90$); and very good ($X < P90$). The lowest percentiles, for example, 10th percentile, can represent a “warning signal” for further tests and investigations. Miguel-Etayo and colleagues [14] suggest that a fitness level below P5 is potentially pathological and cardiorespiratory and muscular fitness is particularly associated with health status [2]. Moreover, children with values below P25 may be introduced

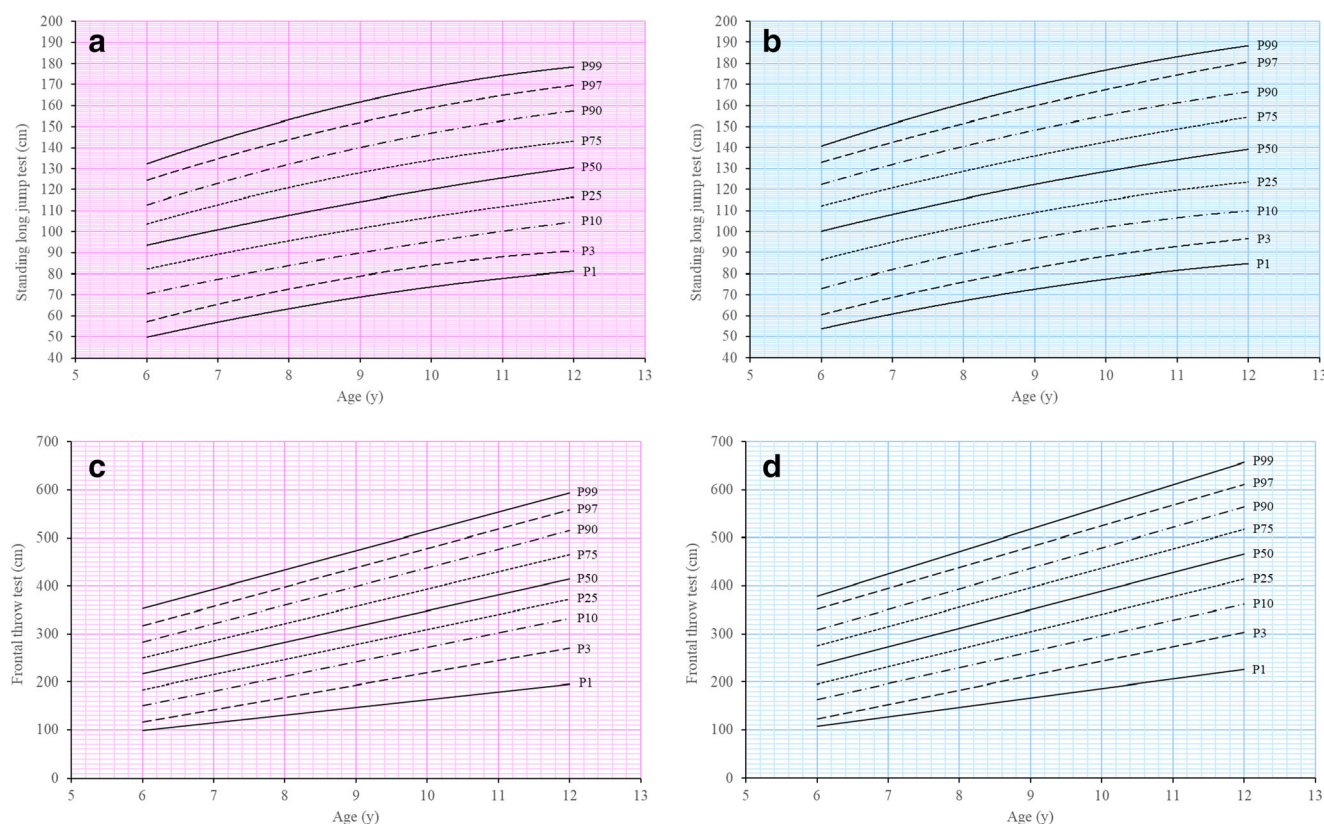


Fig. 2 Percentile curves of the physical fitness (standing long jump test: **a, b**; frontal throw test: **c, d**), stratified by sex (girls: **a, c**; boys: **b, d**) and class of age (6–11 years old)

to training programmes to improve their fitness. On the other hand, children with values above the highest percentiles may be advised for further athletic developments.

A further aspect to be considered is the secular trend in children's physical fitness; it seems that in many countries around the world, physical fitness has been worsening over the years [29–32, 38]. The study by Tomkinson et al. [38], which used the Léger test to assess cardiorespiratory fitness in 11 mainly developed countries around the world between 1980 and 2000, showed a marked decline in performance in both sexes, especially in older compared to younger individuals. In this light, the data provided by the present study may be useful for monitoring this phenomenon. Many factors can influence physical fitness, such as sex, age, children's body mass index, and the amount of physical activity, and these factors are independently related to each other [43]. Indeed, the study by Zaqout et al. [33], in accordance with our data, showed that boys had better cardiorespiratory fitness and upper- and lower-limb strength than girls, while girls had better balance and flexibility. Furthermore, increased body mass index (BMI) was related to lower cardiorespiratory fitness, flexibility and lower limb strength, balance, and increased upper limb strength as previously reported [6], while higher physical activity was connected to the improvement of all components of physical fitness except balance [43].

Children's BMI is also positively associated with their mother's obesity, but, luckily, CRF and muscular strength mitigate this relationship [44]. Therefore, physical fitness and physical activity are important, and the role of the school may be crucial, on the one hand, to identify children with low physical fitness levels and, on the other hand, to encourage children to be active. However, physical activity programmes should aim to improve not only cardiorespiratory fitness but also muscular fitness and speed-agility [2]. For this reason, physical activity is recommended in the form of both structured and unstructured activity in children; in particular, aerobic exercise is recommended daily, while activity focused on muscle and bone strengthening should be prescribed at least 3 days per week [45]. Recent findings [46] suggest that also active videogaming may be beneficial.

Two of the main strengths of the present study are the large number of children involved and the fact that all tests are easy to perform at school without specific tools. Furthermore, to the best of our knowledge, this is the first study to provide reference values of the standing balance test in children. On the other hand, the two main limitations are (1) the design of the study is cross-sectional while it would be preferable to obtain data from a longitudinal study on growing children and (2) the children included in the sample come from a single region of Italy.

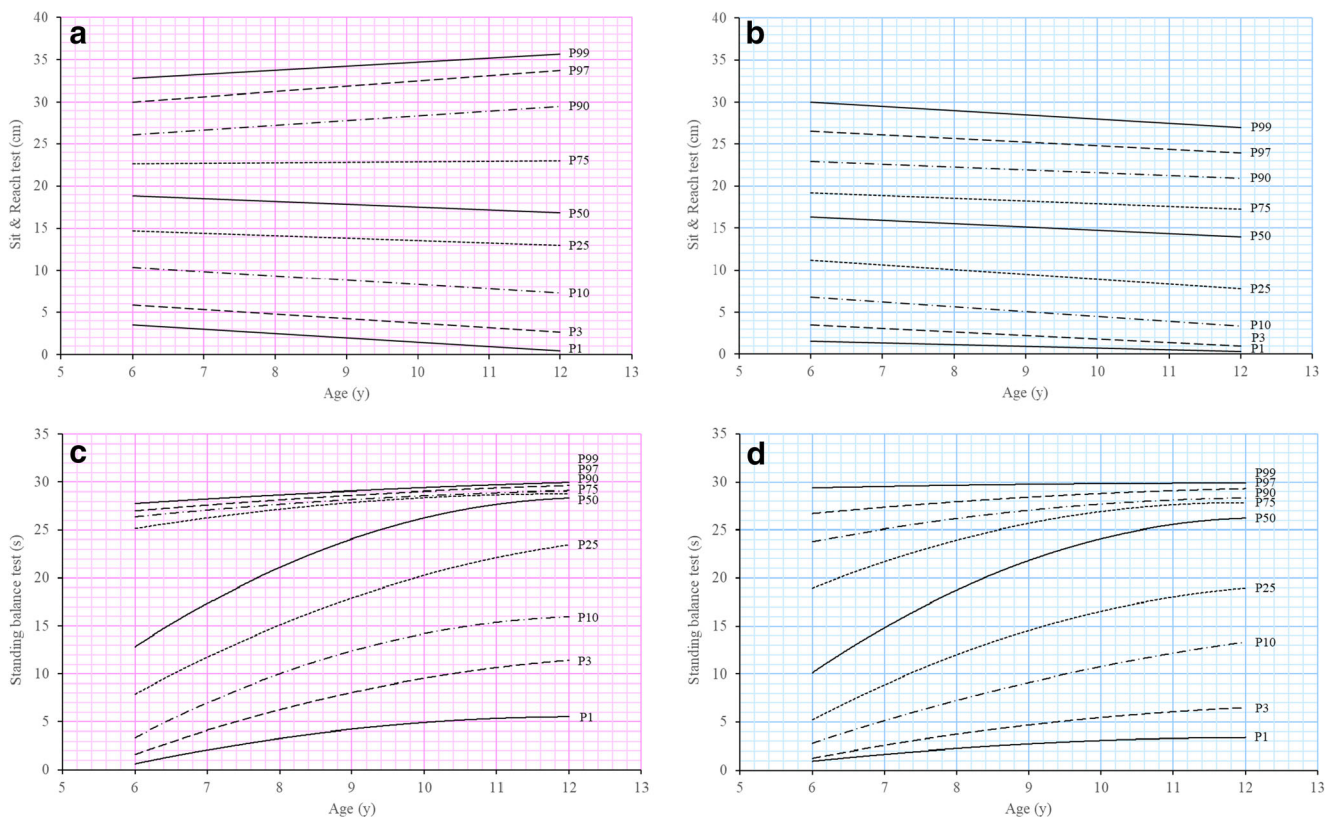


Fig. 3 Percentile curves of the physical fitness (sit and reach test: **a**, **b**; standing balance test: **c**, **d**), stratified by sex (girls: **a**, **c**; boys: **b**, **d**) and class of age (6–11 years old)

In conclusion, our results provide reference standards for a complete series of tests that are indicative of the main components of physical fitness and applicable to children aged between 6 and 11 years. It is important to note that the tests included in this work are easy to perform without any specific tools.

Furthermore, the performance of children in the present study was roughly comparable to that of other European children, and our data could be useful for monitoring the secular trend of physical fitness in children, which has been decreasing over the years.

Acknowledgements We are grateful to the children who participated in this study, their parents, teachers, and the directors of the Schools and the Institution for their cooperation. We thank the Sports Sciences PhD students at the School of Sport Sciences of the University of Udine (Italy), for their qualified assistance during the study. We thank the Friuli Venezia Giulia Regional Health Department, Public Education Department and Sport Department, Friuli Venezia Giulia Regional Italian Olympic Committee, Friuli Venezia Giulia Regional Italian Paralympic Committee, for their support during the study.

Authors' contributions SL conceived the overall study, all the authors contributed to design the research and to make the measurements. GB analysed the data. FV wrote the manuscript with the help of FF and GB. SL, MP, GM, RM revised the manuscript. All the authors read and approved the manuscript.

Data availability N/A

Declarations

Ethics approval and consent to participate This article does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors. The experimental protocol was approved by the University of Udine Ethics Committee on Human Research for Medical Science. Before the study began, the purpose and objectives were carefully explained to each child and his or her parents. Children gave their verbal consent, and written informed consent was obtained from their parents.

Consent for publication Patients signed informed consent regarding publishing their data

Conflict of interest The authors declare no conflict of interest.

Code availability N/A

References

- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP (2011) Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults:

- guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 43:1334–1359. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213feb>
2. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjostrom M (2008) Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes* 32:1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
3. Smith JJ, Eather N, Morgan PJ, Plotnikoff RC, Faigenbaum AD, Lubans DR (2014) The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 44:1209–1223. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0196-4>
4. Castro-Piñero J, Laurson KR, Artero EG, Ortega FB, Labayen I, Ruperez AI, Zaqout M, Manios Y, Vanhelst J, Marcos A, Polito A, Gonzalez-Gross M, Widhalm K, Moreno LA, Gutierrez A, Ruiz JR (2019) Muscle strength field-based tests to identify European adolescents at risk of metabolic syndrome: the HELENA study. *J Sci Med Sport* 22:929–934. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.04.008>
5. Ruiz JR, Castro-Pinero J, Artero EG, Ortega FB, Sjostrom M, Suni J, Castillo MJ (2009) Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *Br J Sports Med* 43:909–923. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.056499>
6. Fiori F, Bravo G, Parpinel M, Messina G, Malavolta R, Lazzer S (2020) Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren. *PLoS One* 15:e0233362. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233362>
7. Raghuvver G, Hartz J, Lubans DR, Takken T, Wiltz JL, Mietus-Snyder M, Perak AM, Baker-Smith C, Pietris N, Edwards NM, On behalf of the American Heart Association Young Hearts Athero, Hypertension and Obesity in the Young Committee of the Council on Lifelong Congenital Heart Disease and Heart Health in the Young (2020) Cardiorespiratory fitness in youth: an important marker of health: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 142:e101–e118. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000866>
8. Fernandez-Santos JR, Ruiz JR, Cohen DD, Gonzalez-Montesinos JL, Castro-Piñero J (2015) Reliability and validity of tests to assess lower-body muscular power in children. *J Strength Cond Res* 29:2277–2285. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000864>
9. Gallotta MC, Marchetti R, Baldari C, Guidetti L, Pesce C (2009) Linking coordinative and fitness training in physical education settings. *Scand J Med Sci Sports* 19:412–418. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00796.x>
10. Fjørtoft I, Pedersen AV, Sigmundsson H, Vereijken B (2011) Measuring physical fitness in children who are 5 to 12 years old with a test battery that is functional and easy to administer. *Phys Ther* 91:1087–1095. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090350>
11. Muyor JM, Zemková E, Štefániková G, Kotyra M (2014) Concurrent validity of clinical tests for measuring hamstring flexibility in school age children. *Int J Sports Med* 35:664–669. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1353217>
12. Ceschia A, Giacomini S, Santarossa S, Rugo M, Salvadego D, da Ponte A, Driussi C, Mihaleje M, Poser S, Lazzer S (2016) Deleterious effects of obesity on physical fitness in pre-pubertal children. *Eur J Sport Sci* 16:271–278. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1030454>
13. Olds T, Tomkinson G, Léger L, Cazorla G (2006) Worldwide variation in the performance of children and adolescents: an analysis of 109 studies of the 20-m shuttle run test in 37 countries. *J Sports Sci* 24:1025–1038. <https://doi.org/10.1080/02640410500432193>
14. De Miguel-Etayo P, Gracia-Marco L, Ortega FB et al (2014) Physical fitness reference standards in European children: the IDEFICS study. *Int J Obes* 38(Suppl 2):S57–S66. <https://doi.org/10.1038/ijo.2014.136>
15. Chillón P, Ortega FB, Ferrando JA, Casajus JA (2011) Physical fitness in rural and urban children and adolescents from Spain. *J Sci Med Sport* 14:417–423. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.04.004>
16. CDS (1993) Eurofit. European test of physical fitness, 2nd edn. Council of Europe, Strasbourg
17. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J (1988) The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci* 6:93–101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
18. Artero EG, Espaa-Romero V, Castro-Piero J et al (2011) Reliability of field-based fitness tests in youth. *Int J Sports Med* 32:159–169. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1268488>
19. Tokmakidis SP, Kasambalis A, Christodoulos AD (2006) Fitness levels of Greek primary schoolchildren in relationship to overweight and obesity. *Eur J Pediatr* 165:867–874. <https://doi.org/10.1007/s00431-006-0176-2>
20. Guliás-González R, Sánchez-López M, Olivas-Bravo Á, Solera-Martínez M, Martínez-Vizcaino V (2014) Physical fitness in Spanish schoolchildren aged 6–12 years: reference values of the battery EUROFIT and associated cardiovascular risk. *J Sch Health* 84:625–635. <https://doi.org/10.1111/josh.12192>
21. Dobosz J, Mayorga-Vega D, Viciani J (2015) Percentile values of physical fitness levels among Polish children aged 7 to 19 years—a population-based study. *Cent Eur J Public Health* 23:340–351. <https://doi.org/10.21101/cejph.a4153>
22. Tomkinson GR, Carver KD, Atkinson F, Daniell ND, Lewis LK, Fitzgerald JS, Lang JJ, Ortega FB (2018) European normative values for physical fitness in children and adolescents aged 9–17 years: results from 2 779 165 Eurofit performances representing 30 countries. *Br J Sports Med* 52:1445–1456. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098253>
23. Ruiz JR, Castro-Pinero J, Espana-Romero V, Artero EG, Ortega FB, Cuenca MM, Jimenez-Pavon D, Chillón P, Girela-Rejon MJ, Mora J, Gutierrez A, Suni J, Sjostrom M, Castillo MJ (2011) Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *Br J Sports Med* 45:518–524. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.075341>
24. Sacchetti R, Ceciliani A, Garulli A, Masotti A, Poletti G, Beltrami P, Leoni E (2012) Physical fitness of primary school children in relation to overweight prevalence and physical activity habits. *J Sports Sci* 30:633–640. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.661070>
25. Armstrong MEG, Lambert MI, Lambert EV (2017) Relationships between different nutritional anthropometric statuses and health-related fitness of South African primary school children. *Ann Hum Biol* 44:208–213. <https://doi.org/10.1080/03014460.2016.1224386>
26. Gontarev S, Kalac R, Velickovska L, Stojmanovska D, Misovski A, Milenkovski J (2018) Health-related physical fitness of normal, stunted and overweight children aged 6–14 years in Macedonia. *Nutr Hosp* 35:1208–1214. <https://doi.org/10.20960/nh.1794>
27. Morrow JR, Zhu W, Franks DB et al (2009) 1958–2008: 50 years of youth fitness tests in the United States. *Res Q Exerc Sport* 80:1–11. <https://doi.org/10.1080/02701367.2009.10599524>
28. Stasinopoulos DM, Rigby RA (2007) Generalized Additive Models for Location Scale and Shape (GAMLSS) in R. *J Stat Soft* 23. <https://doi.org/10.18637/jss.v023.i07>
29. Tomkinson GR, Olds TS (2007) Secular changes in aerobic fitness test performance of Australasian children and adolescents. *Med Sport Sci* 50:168–182. <https://doi.org/10.1159/000101361>
30. Runhaar J, Collard DCM, Singh AS, Kemper HCG, van Mechelen W, Chinapaw M (2010) Motor fitness in Dutch youth: differences over a 26-year period (1980–2006). *J Sci Med Sport* 13:323–328. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.04.006>
31. Dyrstad SM, Berg T, Tjelta LI (2012) Secular trends in aerobic fitness performance in a cohort of Norwegian adolescents: secular trend in aerobic fitness performance. *Scand J Med Sci Sports* 22:822–827. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01315.x>

32. Hardy LL, Barnett L, Espinel P, Okely AD (2013) Thirteen-year trends in child and adolescent fundamental movement skills: 1997–2010. *Med Sci Sports Exerc* 45:1965–1970. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318295a9fc>
33. Zaout M, Michels N, Bammann K et al (2016) Influence of physical fitness on cardio-metabolic risk factors in European children. The IDEFICS study. *Int J Obes* 40:1119–1125. <https://doi.org/10.1038/ijo.2016.22>
34. Venckunas T, Mieziene B, Emeljanovas A (2018) Aerobic capacity is related to multiple other aspects of physical fitness: a study in a large sample of Lithuanian schoolchildren. *Front Physiol* 9:1797. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01797>
35. Evaristo S, Moreira C, Lopes L, Oliveira A, Abreu S, Agostinis-Sobrinho C, Oliveira-Santos J, Póvoas S, Santos R, Mota J (2019) Muscular fitness and cardiorespiratory fitness are associated with health-related quality of life: results from LabMed physical activity study. *J Exerc Sci Fit* 17:55–61. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2019.01.002>
36. Lang JJ, Tomkinson GR, Janssen I et al (2018) Making a case for cardiorespiratory fitness surveillance among children and youth. *Exerc Sport Sci Rev* 46:66–75. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000138>
37. Ruiz JR, Ortega FB, Gutierrez A, Meusel D, Sjöström M, Castillo MJ (2006) Health-related fitness assessment in childhood and adolescence: a European approach based on the AVENA, EYHS and HELENA studies. *J Public Health* 14:269–277. <https://doi.org/10.1007/s10389-006-0059-z>
38. Tomkinson GR, Léger LA, Olds TS, Cazorla G (2003) Secular trends in the performance of children and adolescents (1980–2000): an analysis of 55 studies of the 20m shuttle run test in 11 countries. *Sports Med* 33:285–300. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333040-00003>
39. Castro-Piñero J (2011) Percentile values for aerobic performance running/walking field tests in children aged 6 to 17 years; influence of weight status. *Nutr Hosp* 162–168. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.3.4597>
40. Catley MJ, Tomkinson GR (2013) Normative health-related fitness values for children: analysis of 85347 test results on 9–17-year-old Australians since 1985. *Br J Sports Med* 47:98–108. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090218>
41. Cadenas-Sanchez C, Intemann T, Labayen I, Peinado AB, Vidal-Conti J, Sanchis-Moysi J, Moliner-Urdiales D, Rodríguez Perez MA, Cañete Garcia-Prieto J, Fernández-Santos JR, Martínez-Tellez B, Vicente-Rodríguez G, Löf M, Ruiz JR, Ortega FB (2019) Physical fitness reference standards for preschool children: the PREFIT project. *J Sci Med Sport* 22:430–437. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.227>
42. Fernandez-Santos JR, Ruiz JR, Gonzalez-Montesinos JL, Castro-Piñero J (2016) Reliability and validity of field-based tests to assess upper-body muscular strength in children aged 6–12 years. *Pediatr Exerc Sci* 28:331–340. <https://doi.org/10.1123/pes.2014-0196>
43. Zaout M, Vyncke K, Moreno LA, de Miguel-Etayo P, Lauria F, Molnar D, Lissner L, Hunsberger M, Veidebaum T, Tomaritis M, Reisch LA, Bammann K, Sprengeler O, Ahrens W, Michels N (2016) Determinant factors of physical fitness in European children. *Int J Public Health* 61:573–582. <https://doi.org/10.1007/s00038-016-0811-2>
44. Brand C, Fochesatto CF, Dias AF, Gaya AR, de Lucena Martins CM, Renner JDP, Reuter CP, Kelishadi R (2020) Child's body mass index and mother's obesity: the moderating role of physical fitness. *Eur J Pediatr*. <https://doi.org/10.1007/s00431-020-03810-5>
45. Bushman BA (2014) Kids and physical activity - who, what, why, and how. 18:6
46. Coknaz D, Mirzeoglu AD, Atasoy HI, Alkoy S, Coknaz H, Goral K (2019) A digital movement in the world of inactive children: favourable outcomes of playing active video games in a pilot randomized trial. *Eur J Pediatr* 178:1567–1576. <https://doi.org/10.1007/s00431-019-03457-x>

Publisher's note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.