



**Università Degli Studi Del Molise**

**Dipartimento di Medicina e Scienze per la Salute**

*Dottorato di ricerca in:*

***SCIENZE BIOLOGICHE, BIOMEDICHE DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO***

***Curriculum: BIOMEDICO - SSD 06/N2***

Coordinatore

Chiar.<sup>ma</sup> Prof.ssa Gabriella Stefania Scippa

**Tesi di Dottorato - XXIX Ciclo**

**Titolo**

***Proposta di un programma ottimale di attività fisica per  
adolescenti sovrappeso ed obesi***

Anno Accademico 2016/2017

Tutor

Chiar.<sup>mo</sup> Prof. Giuseppe Calcagno

Dottorando

Dr. Giovanni Fiorilli

**Matr. 151595**

<b>Abstract</b>	<b>pag. 5</b>
<b>Sommario</b>	<b>pag. 7</b>

## **1. Obesità e sovrappeso: problematiche nei bambini ed adolescenti in Italia e nel mondo**

1.1 Sovrappeso e obesità nel mondo ed in Europa	pag. 9
1.2 Linee programmatiche: l'Action Plan on Childhood Obesity	pag.12
1.3 Organizzazioni e programmi di cura e prevenzione in Italia	pag.13
1.3.1 Il Progetto Okkio alla salute	pag.15
1.3.2 I dati in Italia	pag.16
1.3.3 I dati in Molise	pag.19
1.4 Riferimenti bibliografici	pag.22

## **2. Obesità: cause e patologie connesse**

2.1 Sovrappeso ed obesità	pag.24
2.2 Classificazione e cause del sovrappeso e dell'obesità	pag.24
2.2.1 Impatto ambientale sull'obesità infantile	pag.25
2.2.2 Abitudini alimentari	pag.26
2.2.3 Metodi di misurazione dell'introito calorico	pag.27
2.3 Complicazioni inerenti dell'obesità in età adulta	pag.27
2.4 Patologie connesse al sovrappeso e all'obesità	pag.27
2.4.1 Diabete di tipo 1 e di tipo 2	pag.28
2.4.2 Diabete di tipo 1 e attività fisica	pag.29
2.4.3 Diabete di tipo 2 e attività fisica	pag.29
2.4.4 Infiammazione cronica nell'obesità	pag.31
2.4.5 Sindrome metabolica	pag.32
2.5 Riferimenti bibliografici	pag.34

## **3. Valutazione antropometrica, della composizione corporea e distribuzione del grasso corporeo**

3.1 Antropometria	pag.39
-------------------	--------

3.1.1 Body Mass Index	pag.39
3.1.2 Circonferenza addominale	pag.40
3.2 Valutazione della composizione corporea	pag.40
3.2.1 Densitometria	pag.41
3.2.2 Plicometria	pag.42
3.2.3 Metodi di diluizione isotopica	pag.42
3.2.4 Analisi bio-Impedenziometrica	pag.43
3.3 Distribuzione del grasso corporeo	pag.43
3.4 Riferimenti bibliografici	pag.45
<b>4. Obesità ed attività fisica</b>	
4.1 Esercizio fisico nei giovani in sovrappeso ed obesi	pag.48
4.2 Fattori che limitano l'attività fisica nei bambini	pag.48
4.3 Attività fisica e controllo dell'appetito	pag.51
4.4 Attività fisica e perdita di peso	pag.51
4.5 Interventi di attività fisica nei giovani in sovrappeso	pag.52
4.6 Riferimenti bibliografici	pag.54
<b>5. Studio Sperimentale</b>	
5.1 Introduzione	pag.59
5.2 Materiali e Metodi	pag.61
5.2.1 Disegno dello studio	pag.61
5.2.2 Partecipanti	pag.62
5.3 Procedure sperimentali	pag.62
5.3.1 I sessione: test d'ingresso	pag.62
5.3.1.1 Peso	pag.64
5.3.1.2 Statura	pag.64
5.3.1.3 Indici pondero-staturali	pag.64
5.3.1.4 Circonferenza vita	pag.65
5.3.1.5 Circonferenza fianchi	pag.65
5.3.1.6 Rapporto circonferenza vita – fianchi	pag.65
5.3.1.7 Valutazione della composizione corporea	pag.66

5.3.1.8. Pliche	pag.66
5.3.1.9 Plica bicipitale	pag.68
5.3.1.10 Plica tricipitale	pag.68
5.3.1.11 Plica addominale	pag.68
5.3.1.12 Plica soprailiaca	pag.69
5.3.1.13 Plica sottoscapolare	pag.69
5.3.2 II sessione: test d'ingresso	pag.69
5.3.3 III sessione: protocolli sperimentali di attività fisica	pag.72
5.4 Analisi Statistica	pag.74
5.5 Risultati	pag.75
5.6 Discussione	pag.79
5.7 Conclusioni	pag.83
5.8 Riferimenti bibliografici	pag.85
<b>Lo studio pubblicato</b>	<b>pag.92</b>

## **Abstract**

About 20.9% of the children and adolescents in Italy are overweight and 9.8 % are obese, in particular in Molise 24.9% are overweight and 15.8% who are affected by obesity. The non pharmacological treatment of children and adolescents with these problems remains an important matter for health-care policy. The childhood obesity will persist into adulthood, the elevated risks of somatic and mental co-morbidity, stigmatization and the psychosocial impairment that caused high health-care are all reasons why effective treatments are needed to be found. The efficacy of Physical activity for weight loss is well recognized and regular exercise behaviors have been widely recommended. In the last decades, resistance training (RT) has been recommended for children and adolescents, if it is applied with appropriate techniques and correctly supervised High-intensity progressive RT leads to reduction in adiposity and metabolic risk in normal-weight and overweight children, increasing the muscle mass, which has been associated with improved insulin sensitivity. Considering that continuity of physical activity is a necessary condition for long-term maintenance of weight loss, it is essential that the dose, mode and intensity should be appropriate and enjoyable to this target group.

Aim of the present study was to find the optimal exercise program to be recommended in reducing adiposity and promoting long-term physical activity adherence in a sample of overweight adolescents. This study proposed a new combination of training protocols for overweight adolescents, designed with a first phase of RT, Moderate Resistance Training (MRT) and High Resistance Training (HRT), that prepares the subjects to the successive second phase of Aerobic Training (AT). The results were compared to those of AT, performed in both the first and the second phases. AT represents the widely used type of physical training for correction of excessive body mass by increasing the energy expenditure. The problem is that this kind of training does not have a great sustainability for overweight subjects, given the higher physical and physiological demands. Moreover AT does not provide the best chance to compete with slimmer peers. Forty-five overweight adolescents were randomly divided into three exercise groups, to perform two phases of physical activity as follows: in the first phase, the first group performed a 16-week moderate-intensity RT, the second group performed a 16-week high-intensity RT, and the third group performed a 16-week AT; in the second phase, all groups performed a 6-week

AT. Anthropometric body composition and fitness measures were considered as outcome measures.

After the second protocol, both RT groups showed a significant improvement in percentage of fat mass ( $F_{2,76} = 5.843$ ;  $p = 0.004$ ;  $\eta^2 = 0.133$ ) and free fat mass ( $F_{2,76} = 6.254$ ;  $p = 0.003$ ;  $\eta^2 = 0.141$ ), Flamingo Balance Test ( $F_{2,76} = 32.597$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.462$ ), Sit and Reach Test ( $F_{2,76} = 9.678$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.203$ ), Shuttle Test ( $F_{2,76} = 7.988$ ;  $p = 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.174$ ), Abdominal Curl Test ( $F_{2,76} = 8.477$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.182$ ). The  $VO_2$  max values of the RT groups were significantly higher than those of the AT group ( $F_{2,38} = 4.264$ ;  $p = 0.021$ ;  $\eta^2 = 0.183$ ). The rate of adherence to exercise was an average of 94% in both RT groups, whereas in the AT group, it was 83%. The results of the chi-squared test showed significant differences among the three groups relative to participation in physical activity after the end of the intervention ( $\chi^2$ -value = 6.73;  $p = 0.035$ ). The present study provides preliminary evidence that moderate-to-intense RT, followed by AT, can be an effective treatment for overweight adolescents, and the positive effects are maintained even after 12 weeks of follow-up.

It is possible that protocol has been enjoyable and satisfying for this population and has influenced the adaption of active behaviours. These findings represent advancement in the theory-based physical activity intervention for overweight adolescents.

## **Sommario**

Circa il 20,9% dei bambini e adolescenti italiani sono in sovrappeso e il 9,8% sono obesi in particolare in Molise il 24,9% sono in sovrappeso e il 15,8% obesi. L'obesità può persistere, con molta probabilità, in età adulta, con rischi elevati di comorbidità a livello sia somatico sia mentale, stigmatizzazione con problemi psico-sociali. Data la gravità delle conseguenze per la salute è necessario trovare dei trattamenti, possibilmente non farmacologici, efficaci. Il valore di uno stile di vita attivo e dell'esercizio per perdere peso è ormai universalmente riconosciuto. Recentemente la ricerca scientifica raccomanda l'allenamento basato sulla resistenza muscolare per ridurre l'obesità in bambini adolescenti e in sovrappeso, in quanto il lavoro progressivo ad alta intensità riduce l'adiposità, aumentando la massa muscolare che è associata al miglioramento della sensibilità all'insulina. Lo scopo dello studio è stato quello di trovare il programma di allenamento ottimale raccomandabile per gli adolescenti in sovrappeso ed obesi, con l'obiettivo di ridurre l'adiposità aumentando la massa magra.

Lo studio ha proposto una nuova combinazione di protocolli di allenamento disegnato con una prima fase di potenziamento muscolare (Resistance Training-RT), a moderata ed alta intensità strutturato al fine di preparare i soggetti ad una seconda fase di lavoro di tipo aerobico. L'allenamento Aerobico (AT) rappresenta il programma maggiormente utilizzato per la diminuzione della massa corporea attraverso un aumento della spesa energetica. Il problema è che l'allenamento aerobico non ha una grande sostenibilità per soggetti in sovrappeso ed obesi, data l'alta richiesta energetica da un punto fisico e fisiologico. Inoltre, nel momento in cui i soggetti sovrappeso ed obesi si mettono a confronto con i loro pari normopeso, se effettuano esercizi di tipo aerobico estensivi prolungati non solo hanno delle prestazioni molto inferiori ma si sentono sotto il costante giudizio negativo dei loro pari. Quarantacinque adolescenti sovrappeso, reclutati nelle scuole medie della provincia di Campobasso, sono stati arruolati per lo studio. Sono stati sottoposti a diversi protocolli di attività fisica articolati in due fasi: nella prima fase, della durata di 16 settimane, il primo gruppo ha svolto un protocollo di resistenza a moderata intensità mentre, il secondo gruppo ha svolto lavoro di resistenza muscolare ad alta intensità, il terzo gruppo ha svolto allenamento di tipo aerobico. Nella seconda fase, della durata di 6 settimane, tutti e tre i gruppi hanno svolto allenamento di tipo aerobico. Alla fine dello studio, trascorse 12 settimane dalla fase sperimentale, è stato effettuato un follow-up su tutti i soggetti dello

studio. Differenze significative sono emerse tra i dati di composizione corporea relativamente ai comparti di massa magra ( $F_{2,76} = 6.254; p = 0.003; \eta^2 = 0.141$ ) e grassa ( $F_{2,76} = 5.843; p = 0.004; \eta^2 = 0.133$ ), e nei Fitness tests ( $p < 0.01$ ), ma solo per i gruppi che hanno effettuato nella prima fase di sperimentazione un allenamento orientato alla resistenza muscolare. Nel terzo gruppo non si evincono modificazioni significative della composizione corporea. I valori di  $VO_2$  max sono significativamente migliorati in tutti e tre gruppi ( $p < 0.05$ ) ma nei gruppi di RT sono significativamente più elevati di quelli di AT ( $F_{2,38} = 4.264; p = 0.021; \eta^2 = 0.183$ ).

L'aderenza al programma di esercizio è stata in media del 94% per i due gruppi RT mentre, per il gruppo AT è stata dell'83%. I risultati del  $\chi^2$  mostrano differenze significative tra i tre gruppi relativamente alla tendenza a continuare l'attività fisica dopo la fine della sperimentazione ( $\chi^2$  value = 6.73;  $p = 0.035$ ).

I risultati indicano che il protocollo proposto può essere un trattamento efficace per questa popolazione e gli effetti positivi vengono mantenuti dopo 12 settimane di follow-up. Questa proposta di attività fisica è risultata gradita e soddisfacente ai partecipanti e ciò può avere influenzato l'adozione di uno stile di vita più attivo.



## **Capitolo 1 - Obesità e sovrappeso: problematiche nei bambini ed adolescenti in Italia e nel mondo**

### **1.1 Sovrappeso e obesità nel mondo ed in Europa**

Il drammatico aumento dell'obesità infantile negli ultimi decenni ha fatto sì che l'obesità infantile sia considerata come uno dei dieci problemi maggiori di salute mondiale (Currie, 2008). La patogenesi dell'obesità risulta multifattoriale: oltre a fattori genetici è imputabile a cambiamenti di stili di vita quali la sedantarietà che porta ad uno squilibrio tra apporto e dispendio energetico e ai profondi cambiamenti delle società e dei modelli comportamentali delle comunità (ambiente obesogeni).

La prevalenza di obesità in tutto il mondo è più che raddoppiata tra il 1980 e il 2014 e nessun Paese, fino ad oggi, ha invertito tale tendenza. Nonostante l'attenzione rivolta, negli ultimi anni, alla promozione degli stili di vita salutari e alla lotta al sovrappeso, nel mondo la proporzione di persone in eccesso ponderale rimane elevata, con un impatto notevole sulla salute e con circa 3.4 milioni di morti l'anno dovute a cause associate al sovrappeso e all'obesità. Anche le ricadute a livello economico non sono trascurabili e meritano attenzione.

Nel mondo vi sono un miliardo e mezzo di abitanti in sovrappeso, mezzo miliardo gli obesi, 170 milioni. Il dilagare dell'obesità non ha risparmiato nemmeno i soggetti in accrescimento come bambini e adolescenti mettendoli a rischio di sviluppare non solo patologie cardiovascolari, cancro e diabete ma anche di sviluppare patologie associate (co-morbidità) all'aumentare del peso corporeo. Inoltre, l'obesità nei bambini è un fattore predittivo di obesità in età adulta. I bambini e gli adolescenti in eccesso di peso e la percentuale di persone obese, entro il 2030, potrebbe subire un ulteriore aumento (Smith, 2016). Combattere l'eccesso ponderale in tutte le fasce d'età è recepita, ormai, come un'azione prioritaria della sanità pubblica sia a livello nazionale sia internazionale.

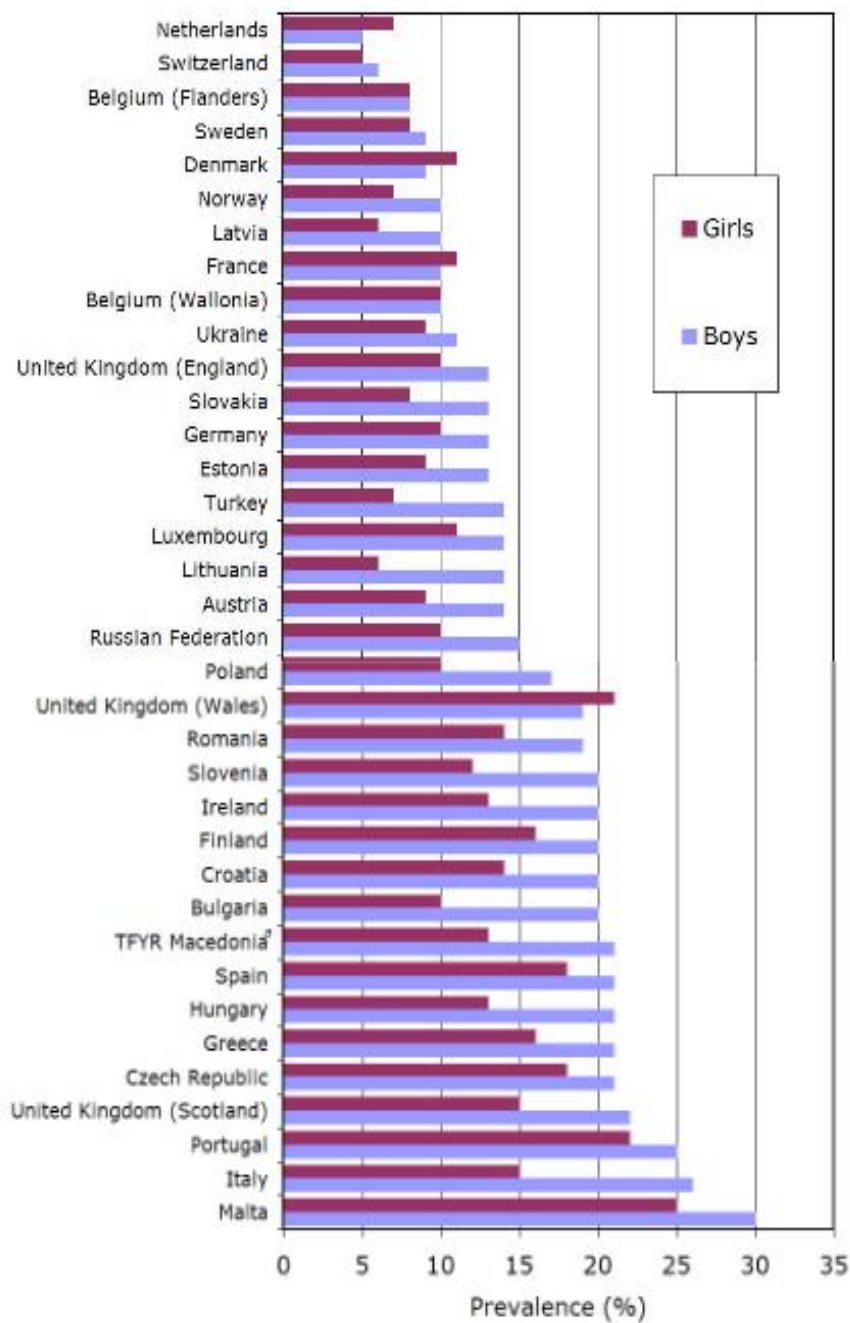
I problemi immediati della salute nei bambini sovrappeso ed obesi includono l'isolamento sociale e potenziali problematiche psicologiche (Galuska, 2003). Inoltre, essi sono a grave rischio di co-morbidità rispetto ai loro corrispondenti magri. Nel breve periodo i soggetti

sovrappeso ed obesi sviluppano problemi gastrointestinali e vascolari che nel lungo periodo possono evolvere in patologie gravi. Infine le ragazze sovrappeso ed obese sono a rischio di sviluppo di anomalie a livello del sistema produttivo (Treuth, 1998).

Ciò incide sui costi sanitari fino al 8% e sulla mortalità 10-13% delle morti interessando diverse parti della regione Europea. All'aumentare di questi costi diretti ne consegue l'aumento di costi indiretti come la riduzione della produttività, l'assenza dal lavoro e pensionamenti.

La World Health Organization (WHO) della Regione Europea, ha valutato in termini percentuali la presenza di sovrappeso ed obesità tra ragazzi e ragazze di diversi Paesi europei, relativamente al biennio 2005-06, utilizzando i valori soglia raccomandati dall'International Obesity Task Force (IOTF) (Currie, 2000). (Figura 1). Tali dati variano da un valore minimo del 5% ad un valore massimo del 30% per i maschi e dal 5% al 25% per le femmine. In generale, i dati presentano percentuali più alte nei Paesi del Sud Europa. L'Italia risulta essere per i ragazzi in sovrappeso (26%) il secondo Paese dei 36 censiti dietro sola a Malta. Il 15%, valore registrato sulle ragazze italiane, risulta lo stesso un dato rilevante e colloca l'Italia in una posizione medio-alta dei Paesi Europei valutati.

**Grafico 1** Prevalenza media di ragazzi e ragazze di 11 anni in 36 Paesi Europei del WHO (2005-06)



## **1.2 Linee programmatiche: l'Action Plan on Childhood Obesity**

I dati allarmanti, per molti Paesi Europei relativamente al problema dell'obesità, hanno portato alla redazione di diversi documenti e di diverse iniziative promosse dall'OMS (Branca, 2007; WHO, 2015). L'Action Plan on Childhood Obesity 2014-2020, pubblicato a febbraio del 2014, che coinvolge i Paesi Membri dell'Unione Europea (UE), tra cui l'Italia, si propone di rispondere all'esigenza di rallentare l'aumento di sovrappeso e obesità nei bambini e nei ragazzi (0-18 anni) entro il 2020 (European Union, 2015). Il Piano d'azione, rivolto ai diversi Paesi europei, fornisce una base su cui lavorare per implementare le politiche nazionali di contrasto all'obesità basate su otto aree prioritarie di intervento:

- sostenere un sano inizio della vita;
- promuovere ambienti sani (in particolare, nelle scuole primarie e secondarie e in quelle dell'infanzia);
- rendere l'opzione di scelte sane più semplici;
- limitare la commercializzazione e la pubblicità di prodotti industriali rivolta ai bambini;
- informare e responsabilizzare le famiglie;
- incoraggiare l'attività fisica;
- monitorare e valutare il fenomeno;
- potenziare la ricerca (De Onis, 2007; Spinelli, 2008).

L'Action Plan individua diverse tipologie di stakeholders che rivestono un ruolo importante nel raggiungere gli obiettivi prefissati, quali:

- i 28 Stati Membri dell'UE;
- la Commissione Europea;
- le organizzazioni internazionali;

- la società civile;
- le organizzazioni non governative;
- l'industria alimentare ;
- gli istituti di ricerca.

A sostegno dell'Action Plan, a fine 2015 è stata approvata e finanziata dall'UE la Joint Action on Nutrition and Physical Activity (JANPA), a cui l'Italia partecipa attraverso il Ministero della Salute e l'Istituto Superiore di Sanità (ISS).

### **1.3 Organizzazioni e programmi di cura e prevenzione in Italia**

Per agire efficacemente contro sovrappeso e obesità e prevenire molte malattie croniche è necessario il coinvolgimento attivo di settori della società esterni al sistema sanitario, sia istituzionali sia della società civile, così come raccomandato dall'Unione Europea e dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), attraverso strategie e piani d'azione.

L'Italia, attraverso il Programma nazionale "Guadagnare Salute" e i piani nazionali della prevenzione, ha rafforzato le azioni volte alla promozione di stili di vita sani, sviluppando un approccio "intersettoriale" e "trasversale" ai fattori di rischio, per interventi finalizzati sia a modificare i comportamenti individuali non salutari, sia a creare condizioni ambientali atte a favorire l'adozione di corretti stili di vita.

In passato le uniche fonti informative nazionali erano rappresentate dalle indagini multiscopo dell'ISTAT "Condizioni di salute e ricorso ai servizi sanitari", che fornivano dati, inclusi peso e altezza dei minori, riferiti dai genitori e non misurati direttamente. Inoltre, mancavano dati su altri fattori che possono influenzare lo sviluppo dell'obesità, quali le abitudini alimentari, l'attività motoria e la sedentarietà.

Pertanto, un elemento cruciale di prevenzione e promozione della salute è lo sviluppo di sistemi di sorveglianza con rappresentatività nazionale e territoriale che, oltre a definire le priorità di azione, consente di disporre di informazioni necessarie al monitoraggio e alla valutazione degli interventi (efficacia, costi, accessibilità, trasferibilità, contrasto alle disuguaglianze ecc.), La collaborazione inter-istituzionale attivata attraverso "Guadagnare

Salute” ha reso possibile la periodica raccolta di informazioni sugli stili di vita della popolazione, attraverso l’attivazione di sistemi di sorveglianza a copertura nazionale, che ormai costituiscono una solida fonte di dati.

In particolare, il Sistema di sorveglianza OKkio alla SALUTE, promosso dal Ministero della Salute, ha reso possibile disporre di dati aggiornati e confrontabili sulla prevalenza di sovrappeso e obesità in età infantile, sullo stile di vita dei bambini e sulle attività scolastiche di promozione della salute. La necessità di seguire con attenzione la situazione nutrizionale e le abitudini di vita dei bambini è stata fortemente motivata dalle implicazioni dirette sulla salute, in quanto rappresentano fattori di rischio per l’insorgenza di obesità e di patologie in età adulta. OKkio alla SALUTE non ha solamente contribuito alla conoscenza dell’eccesso ponderale dei bambini italiani, ma ha anche incentivato lo sviluppo e la presa di coscienza del problema favorendo lo sviluppo di azioni atte a promuovere la salute e a contrastare l’eccesso di peso dei bambini attraverso programmi che hanno coinvolto i diversi professionisti della salute e il settore scolastico, in tutto il territorio nazionale. Tale organizzazione si è proposta di continuare a monitorare i fenomeni non solo per consentire la costruzione di trend temporali e la valutazione dei risultati di salute, ma anche per programmare interventi di sanità pubblica che possano risultare incisivi nelle varie fasce d’età e nelle diverse condizioni socio-economiche. Inoltre per strutturare interventi integrati e definire il ruolo tra le istituzioni, i professionisti della salute e la famiglia, sono state create delle filiere di intervento a livello sia nazionale, sia regionale.

Proprio per fronteggiare e contenere tali fenomeni, in questi ultimi anni, sono stati messi in atto significativi interventi istituzionali - anche in collaborazione interministeriale - che hanno visto nella scuola il luogo di elezione per svolgere un’indispensabile azione preventiva, ad esempio con iniziative di educazione alla salute ed educazione alimentare rivolte alle giovani generazioni.

Il coordinamento tra sistema scolastico e regioni, nell’impegno e fattiva collaborazione tra operatori delle Aziende Sanitarie Locali, dirigenti scolastici e insegnanti delle classi interessate, con un attivo coinvolgimento delle famiglie, può rendere più efficace ciascun intervento.

### ***1.3.1 Il Progetto Okkio alla salute***

Il progetto “OKkio alla SALUTE”, in particolare, rappresenta un solido esempio di collaborazione pluriennale inter-istituzionale e i dati ottenuti contribuiscono sicuramente a fornire una visione dettagliata sulla salute dei bambini, nonché delle scuole italiane, dando un importante supporto allo sviluppo di interventi di promozione della salute efficaci e sostenibili.

OKkio alla SALUTE ha lo scopo di superare queste difficoltà e di descrivere la variabilità geografica e l'evoluzione nel tempo della stato ponderale dei bambini di 8-9 anni, dei loro stili alimentari, dell'abitudine all'esercizio fisico e delle attività scolastiche favorevoli la sana nutrizione e l'attività fisica, essendo la scuola il luogo dove i bambini trascorrono una lunga parte della giornata. È un Sistema di sorveglianza e, come tale, si concentra su fattori che possono essere modificati e su informazioni utili alla programmazione di attività di prevenzione. Nel caso specifico, soprattutto in considerazione delle caratteristiche della popolazione in studio, la sorveglianza è orientata alla raccolta di poche informazioni basilari, mediante l'utilizzo di strumenti e procedure accurate, ma semplici, altamente accettabili e sostenibili nella pratica. La raccolta dati avviene con cadenza regolare (ogni due anni) su campioni rappresentativi di popolazione a livello regionale e, in caso di loro scelta, a livello delle ASL. Come luogo di raccolta delle informazioni è stata scelta la scuola, che rappresenta l'ambiente ideale per la realizzazione della sorveglianza, per ragioni di efficienza operativa, in quanto i bambini vi si trovano concentrati nello stesso momento, e per ragioni di utilità in vista dei necessari interventi che seguiranno la sorveglianza. Nell'ambito della scuola primaria è stata scelta la classe terza, con bambini di 8-9 anni, per diverse ragioni: l'accrescimento a quest'età è ancora poco influenzato dalla pubertà e i bambini sono già in grado di rispondere con precisione e attendibilità ad alcune semplici domande. Il metodo di campionamento prescelto è quello cosiddetto “a grappolo” o cluster. Tale approccio prevede che le classi terze delle scuole primarie (denominate appunto “grappoli”) e non i bambini individualmente, siano selezionate dalle liste di campionamento predisposte dagli Uffici Scolastici Provinciali su base regionale e/o dalle ASL.

Questo tipo di campionamento presenta diversi vantaggi, quali la possibilità di concentrare il lavoro delle équipes su un numero limitato di classi rispetto al metodo classico (random o casuale semplice) che, probabilmente, richiederebbe di effettuare rilevazioni in quasi tutte le scuole di una ASL. Inoltre, non è necessario avere la lista nominativa degli alunni (in genere indisponibile) poiché nell'indagine vengono arruolati tutti gli alunni appartenenti alla classe campionata. Il principale svantaggio è di tipo statistico: i bambini all'interno dei cluster hanno la tendenza ad "assomigliarsi" e, di conseguenza, la variabilità stimata dal campione è una sottostima della reale variabilità nella popolazione. Questo inconveniente, comunque, è facilmente compensato aumentando il numero dei soggetti campionati, in ordine al raggiungimento.

### ***1.3.2 I dati in Italia***

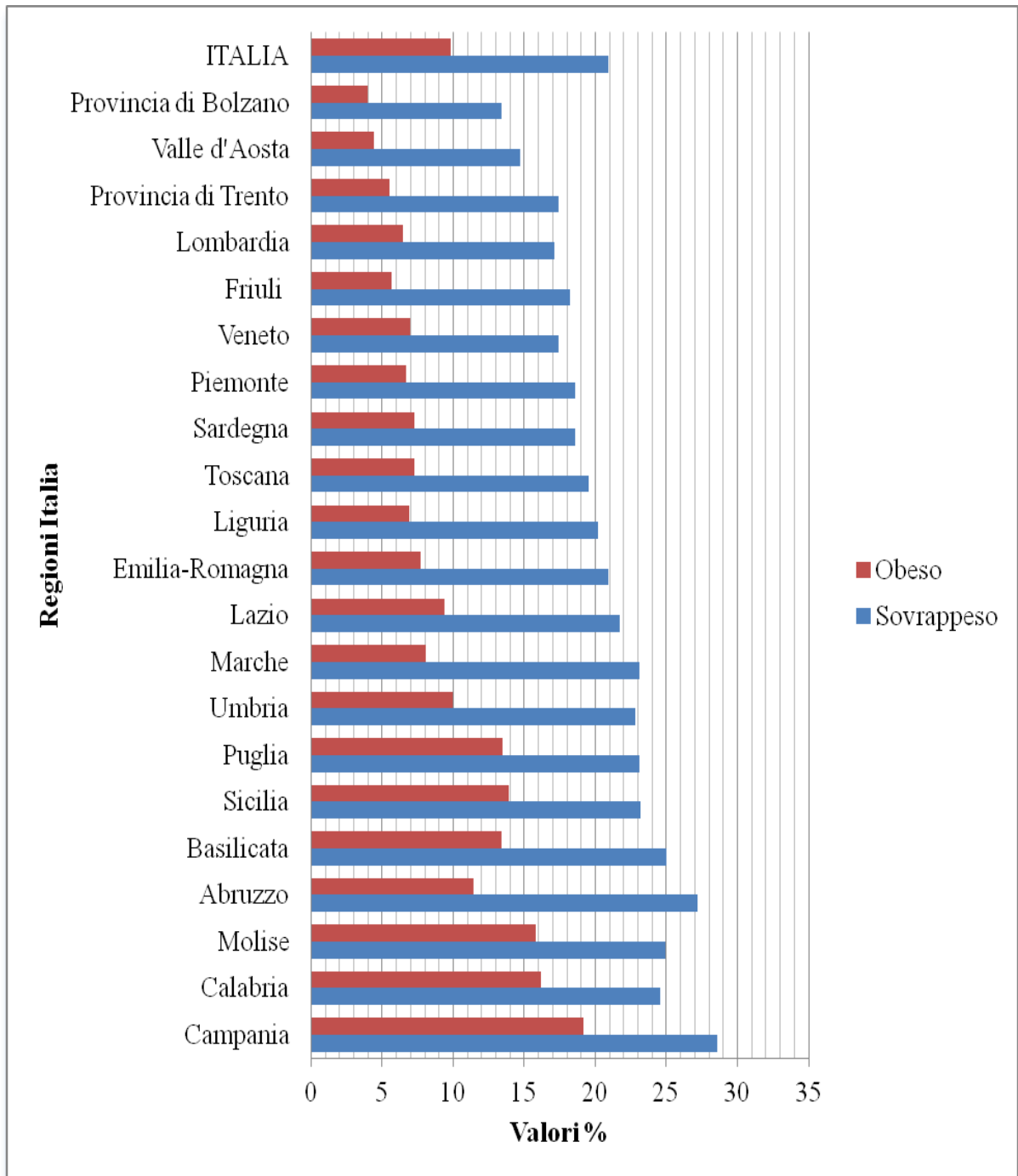
I risultati rilevati dal programma Okkio alla salute (Nardone, 2016) sul territorio nazionale nel 2014 mostrano i livelli di sovrappeso e obesità infantile nelle regioni d'Italia. Le ricerche condotte dal sistema di sorveglianza dell'Istituto Superiore della Sanità, dai primi risultati del 2008 ad oggi dicono che in media sono diminuiti, seppur di poco, i bambini di 8-9 anni in sovrappeso o obesi. Permangono, tuttavia, elevati i livelli di eccesso ponderale, che pongono l'Italia ai primi posti in Europa per sovrappeso e obesità infantile. L'obesità, oltre a fattori genetici, è imputabile principalmente a cambiamenti negli stili di vita (scorretta alimentazione, sedentarietà, inattività fisica).

In particolare, i dati del 2014 (Grafico 2) mostrano:

- i bambini in sovrappeso sono il 20,9%;
- i bambini obesi sono il 9,8%;
- le prevalenze più alte si registrano nelle Regioni del sud e del centro Italia;
- la Campania e a seguire Calabria e Molise risultano le regioni maggiormente interessate con i valori più alti sia per bambini sovrappeso che per bambini obesi;
- le regioni più virtuose sono quelle del nord con valori medi decisamente al di sotto della media nazionale.



**Grafico 2 - Sovrappeso ed obeso (%) nei bambini 8-9 anni per regione - Italia (2014)**



Per quanto riguarda le abitudini alimentari, che possono favorire un aumento di peso, specie se concomitanti con altri fattori. I dati mostrano che:

- l'8% dei bambini salta la prima colazione;
- il 31% fa una colazione non adeguata (ossia sbilanciata in termini di carboidrati e proteine);
- il 52% fa una merenda di metà mattina abbondante;
- il 25% dei genitori dichiara che i propri figli non consumano quotidianamente frutta e/o verdura;
- Il 41% dei genitori dichiara che i propri figli assumono abitualmente bevande zuccherate e/o gassate.

Si registra una discrepanza nelle dichiarazioni dei genitori rispetto alla precedente raccolta di dati su consumo di una merenda abbondante e di bevande zuccherate e/o gassate.

Relativamente al movimento e alla sedentarietà i dati del 2014, rilevano che:

- il 18% pratica sport per non più di un'ora a settimana;
- il 42% ha nella propria camera la TV;
- il 35% guarda la TV e/o gioca con i videogiochi più di 2 ore al giorno;
- un bambino su 4 si reca a scuola a piedi o in bicicletta;

I genitori non sempre hanno un quadro corretto dello stato ponderale del proprio figlio. Inoltre, le madri di bambini in sovrappeso o obesi (38%), non ritengono che il proprio figlio sia in eccesso ponderale e solo il 29% pensa che la quantità di cibo assunta dal proprio figlio sia eccessiva. Solo il 41% delle madri, di bambini risultati fisicamente poco attivi, ritiene che il proprio figlio svolga poca attività motoria.

Gli stili di vita sono una determinante riconosciuta delle malattie croniche non trasmissibili ed hanno un forte impatto sulla salute. Attraverso programmi come Guadagnare Salute,

approvato dal Governo con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 4 maggio 2007 in accordo con le Regioni e Province autonome, e piani nazionali come il Piano Nazionale della Prevenzione (2014-2018), l'Italia ha rafforzato le azioni volte alla promozione di stili di vita sani, sviluppando con un approccio "intersectoriale", interventi volti a modificare i comportamenti individuali non salutari e a creare condizioni ambientali che favoriscano corretti stili di vita. Sovrappeso e obesità, in particolare per la diffusione tra i bambini, rappresentano una sfida rilevante per la sanità pubblica.

Il problema dell'obesità non ha la stessa rilevanza nelle diverse regioni e nei diversi strati sociali. Le regioni più povere e i gruppi socialmente deboli e meno abbienti sono, infatti, più colpiti dall'obesità anche perché hanno meno accesso a messaggi educativi e a corrette informazioni su stili di vita e salute. Inoltre, i ceti meno abbienti consumano cibi più economici che hanno minore qualità nutrizionale ed elevata densità energetica. Le opportunità di svolgimento di attività fisica o di reperimento di tipologie di cibi utile per la salute non sono a disposizione di alcuni ceti sociali soprattutto coloro che vivono lontano dai centri abitati.

### ***1.3.3 I dati in Molise***

L'obesità infantile è diventata, negli ultimi 40 anni, il più comune problema nutrizionale in Italia (Branca, 2007), oltre un milione di bambini tra i 6 e gli 11 anni hanno problemi di sovrappeso e obesità.

Dal rapporto Okkio alla Salute le regioni dove tale fenomeno è più evidente sono la Campania, il Molise, e la Calabria. In particolare il fenomeno dell'obesità infantile in Molise coinvolge il 15,8% dei bambini, 6 punti percentuali in più rispetto alla media nazionale (ISTISAN, 2014).

Nel 2014, nella Regione Molise hanno partecipato all'indagine il 100% delle scuole selezionate, con una aderenza del 100% delle classi selezionate, dei 45 plessi scolastici e nelle 57 classi rispettivamente campionate (Tabella 1).

Le scuole e le classi partecipanti si trovano in comuni con diversa densità di popolazione.

**Tab. 1 Distribuzione delle classi per tipologia di comuni**

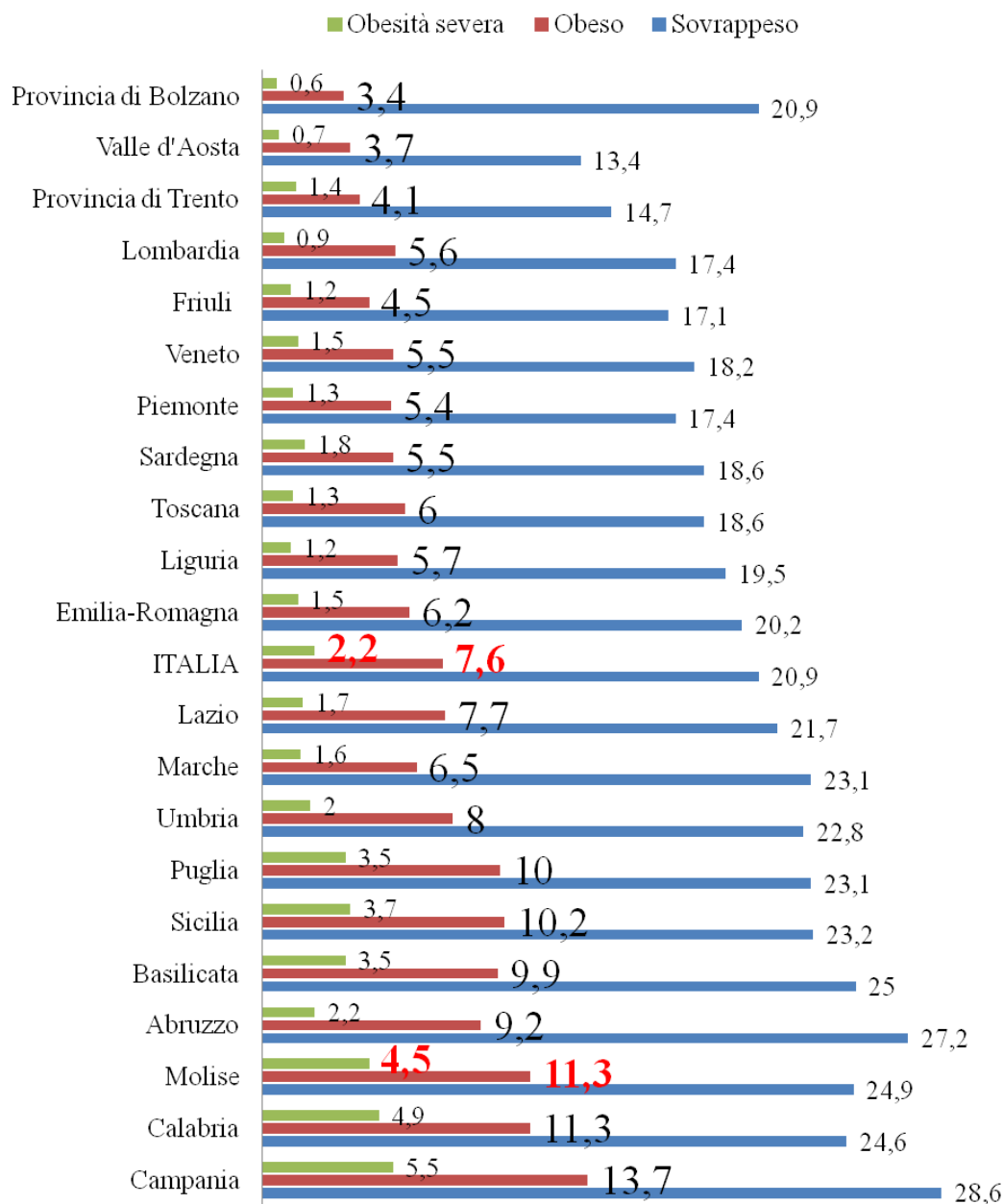
<b>Zona abitativa</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
≤ di 10.000 abitanti	31	54,8
Da 10.000 a > di 50.000 ab.	13	22,8
> di 50.000 ab.	13	22,8

Fonte: Okkio alla Salute - Rapporto (2014)

La misura della “risposta” delle famiglie, ovvero la percentuale di bambini/famiglie che ha partecipato all’indagine, è un importante indicatore di processo. La percentuale molto alta registrata, oltre ad aver garantito la rappresentatività del campione, ha dimostrato una buona efficacia nelle fasi preparatorie dell’indagine.

Dalla figura 3 si può notare che la percentuali di obesi in Molise è pari all’11.3%, collocandosi dietro soltanto alla regione Campania che risulta essere la regione maggiormente colpita da questa problematica. Anche nei giovani con obesità severa, le tre regioni maggiormente colpite risultano essere, in ordine la Campania, la Calabria e il Molise con valori decisamente superiori al 4% alla media nazionale del 2,2%. Nella classifica della patologia obesi oltre al sud si hanno valori rilevanti anche in regioni del centro come Abruzzo (9.2%) Umbria (8%) e Lazio (7.7%). In generale possiamo notare che per la classificazione della patologia di obesità severa sono le regioni del sud ad assumere percentuali maggiori di molto superiore al valore medio nazionale.

**Fig. 3 - Sovrappeso, obeso e obesità severa per Regione (%) bambini 8-9 anni**  
**Okkio alla Salute - 2014**



#### 1.4 Riferimenti bibliografici

1. Currie C et al., eds. Inequalities in young people's health. Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study: international report from the 2005/2006 survey Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2008 (Health Policy for Children and Adolescents, No. 5)
2. Smith, K. B., & Smith, M. S. (2016). Obesity statistics. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 43(1), 121-135.
3. Galuska, D. A. (2003). Controlling an epidemic: the problem of overweight in children and adolescents. *Sozial-und Präventivmedizin/Social and Preventive Medicine*, 48(3), 145-146.
4. Treuth, M. S., Figueroa-Colon, R., Hunter, G. R., Weinsier, R. L., Butte, N. F., & Goran, M. I. (1998). Energy expenditure and physical fitness in overweight vs non-overweight prepubertal girls. *International Journal of Obesity*, 22(5), 440-447.
5. Branca F, Nikogosian H, Lobstein T (Ed.). The challenge of obesity in the WHO European Region and the strategies for response Geneva: WHO; 2007.
6. World Health Organization. European Food and Nutrition Action Plan 2015-2020 Copenhagen: WHO; Regional Office for Europe; 2015.
7. European Union (EU). EU Action Plan on Childhood Obesity 2014-2020 European Commission: Brussels, Belgium; 2014
8. De Onis M, Onyango AW, Borghi E, et al Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ* 2007;85:660-7.10.
9. Spinelli A, Baglio G, Cattaneo C, et al OKkio alla SALUTE: promozione della salute e crescita sana nei bambini della scuola primaria. *Ann Ig* 2008; 20:337-344.
10. Nardone P, Spinelli A, Buocristiano M, Lauria L, Pizzi E, Andreozzi S, Galeone D. (Ed.). Il Sistema di sorveglianza OKkio alla SALUTE: risultati 2014. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2016; Supplemento 1; vol. 29.

11. Branca, F., Nikogosian, H., & Lobstein, T. (Eds.). The challenge of obesity in the WHO European Region and the strategies for response: summary. World Health Organization. 2007.

## **Capitolo 2 - Obesità: cause e patologie connesse**

### **2.1 Sovrappeso ed obesità**

Le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità definiscono un adulto con BMI di  $25 \text{ kg/m}^2$  o più come individuo in sovrappeso e BMI di  $30 \text{ kg/m}^2$  o più come obeso (WHO, 2000). Questi punti cut-off sono in relazione ai rischi per la salute degli adulti. Il BMI è identificato come indicatore di riferimento in quanto altamente correlato con molte misure dirette del grasso corporeo (Casey, 1992). Tuttavia, è ben nota la limitazione dell'utilizzazione del BMI come misura del grasso corporeo e i riferimenti sopra menzionati non sono applicabili per i bambini e gli adolescenti. Il BMI cambia durante la crescita e differisce tra femmine e maschi, quindi, sono necessari dati di riferimento specifici per età e sesso. Cole et al. (2000) ha definito dei punti cut-off, dai 2 ai 18 anni, relativi al BMI. Il 85° percentile, è comunemente utilizzato come valore cut-off per definire l'obesità infantile. Considerando i livelli di obesità in crescita nell'ambito delle popolazioni attuali, è facile che questo parametro debba aumentare nel tempo e diventare specifico per popolazioni diverse.

### **2.2 Classificazione e cause del sovrappeso corporeo e dell'obesità**

Nel corso degli anni, a mano a mano che aumentavano le conoscenze sulle cause e le forme cliniche, sono state proposte numerose classificazioni dell'obesità. Allo stato attuale delle conoscenze riteniamo utile proporre e adottare la seguente classificazione che risponde meglio ad una impostazione pratica del problema:

- Genetica;
- Ipotalamica;
- Endocrina;
- Da errori nutrizionali;
- Da insufficienza attività fisica.



### ***2.2.1 Impatto ambientale sull'obesità infantile***

Malgrado l'avanzamento scientifico nella ricerca genetica, quest'ultima da sola non riesce a spiegare questa epidemia di obesità. Sebbene la genetica possa predisporre alcuni individui all'obesità e ai disturbi correlati ad essa questa non è sufficiente da sola a determinare questa condizione. Una ricerca ha stabilito che il pool genetico umano non è cambiato sostanzialmente negli ultimi 35.000 anni invece, l'ambiente in cui vive è radicalmente trasformato particolarmente nell'ultimo secolo di industrializzazione (Eaton, 2005). Il genoma umano quindi, ha mostrato varie sensibilità nell'esprimere diversi disturbi dovuti alla civilizzazione e all'attuale ambiente. Oggi cibi altamente energetici e disponibili, abbinati alla bassa richiesta di attività fisica per la sopravvivenza, sembrerebbero condizionare uno stile di vita in cui la condizione di sovrappeso evolve e si incrementa. Si parla quindi di elevato introito calorico e bassa spesa energetica nello stile di vita occidentale (Mendez, 2005). Mentre, il corpo ha un eccellente meccanismo di difesa fisiologico contro la deplezione delle riserve di energia corporea, esso ha bassi meccanismi di difesa per prevenire l'accumulo e l'eccesso di riserve di grasso quando il cibo è abbondante. Inoltre, si sono verificati cambiamenti nei comportamenti sociali dell'assunzione di cibo: la pubblicità per il cibo e le grandi porzioni elargite possono sovvertire la normale sazietà indotta dalla leptina e favorire l'accumulo di peso. E' stato coniato il termine *obesogenico* per descrivere la somma di opportunità e condizioni di vita che conducono all'obesità in individui o popolazione (Swimburn, 2011).

I principali fattori ambientali, che potenzialmente aumentano l'aumento di peso e rischio di obesità, si identificano con le abitudini alimentari ed entità dell'attività fisica praticata in termini di energia introdotta e energia spesa (Ritchie, 2005). Di conseguenza lo sviluppo dell'obesità può essere meglio compreso studiando questi comportamenti, ciò che li determina e come potrebbero essere positivamente influenzati (Law, 2007). Ciò porterebbe ad intervenire sulle cause e non troppo tardi sulle conseguenze quali i disturbi per la salute. Le situazioni familiari influenzano lo sviluppo dell'obesità in forma molto marcata, considerando che i genitori strutturano le abitudini alimentari che condizionano i figli per tutto il corso della vita e determinano la partecipazione all'attività fisica creando le condizioni o meno a tale partecipazione. Moore et al. (2001) hanno dimostrato che i genitori fisicamente attivi hanno figli che adottano a loro volta grande frequenza di attività

fisica settimanale. Anche la posizione socio economica diversifica la maggiore o minore vulnerabilità a questo problema. Differenze sono evidenziabili nei comportamenti più o meno sedentari e nelle abitudini alimentari tra soggetti che vivono in città o in campagna. Possiamo quindi concludere che alcuni individui sono più sensibili all'ambiente *obesogenico* rispetto ad altri, capaci di resistere ad esso. Sebbene lo squilibrio tra introito di cibo e spesa energetica sia espressione di alcuni condizionamenti genetici, la vulnerabilità all'obesità spesso dipende da determinanti derivate da abitudini comportamentali ed influenze ambientali. Soprattutto nel caso dei bambini, che non possono essere sottoposti a regimi di restrizione alimentari troppo severe e degli adolescenti, l'attività fisica diventa lo strumento di controllo più importante. Il predittore più saliente, affinché i bambini assumano uno stile di vita attivo è il gradimento per l'attività e di conseguenza le esperienze di attività fisica nei bambini devono essere positive e condotte in modo da creare divertimento e gratificazione. Ciò condurrà a un senso di benessere e di autoefficacia che li porterà a continuare l'attività (Fiorilli, 2017). La scuola dovrebbe essere il naturale ambiente dove si struttura l'abitudine ad uno stile di vita attivo inserendo l'attività fisica nei programmi educativi di qualità e creando opportunità di esercizio per gli studenti (Sanigorski, 2007).

### ***2.2.2 Abitudini alimentari***

Un importante fattore che influenza la salute e il benessere è lo schema di consumo di cibo. Infatti, una non salutare organizzazione dei pasti implica obesità e diverse patologie metaboliche, ad esempio chi consuma solo due o addirittura meno pasti per giorno, ha una salute significativamente peggiore di coloro che consumano 5 o più pasti al giorno.

L'aumentato consumo di cibi altamente raffinati e di prodotti spesso ricchi di grasso è stato identificato come il fattore che maggiormente contribuisce al sovrappeso e all'obesità (Nelson 2006). In Europa ed in Nord America gli zuccheri semplici e la quantità di grassi costituiscono più della metà dell'introito energetico, il consumo di farina raffinata, che ha rimpiazzato la farina integrale, ha una correlazione significativa con l'obesità infantile (Rawat, 2012). Wang et al. (2006) tuttavia, non hanno identificato differenze nella qualità dell'introito di cibo tra bambini obesi e non obesi.

### **2.2.3 Metodi di misurazione dell'introito calorico**

La metodologia di valutazione dell'introito quotidiano di cibo è abitualmente basata su compilazioni di diari self-report che naturalmente conducono a potenziali *bias* di memoria e non sempre sono adatte per le popolazioni di pre-adolescenti ed adolescenti. Infatti, queste metodologie mancano gravemente di sofisticazioni e compromettono l'impatto dei risultati delle ricerche su questo argomento. Pertanto, è necessario lo sviluppo di approcci più sofisticati per determinare l'introito dietetico, includendo l'identificazione di *bio-markers* specifici dei nutrienti consumati e incorporare un approccio cognitivo ai questionari per valutare il richiamo della memoria.

### **2.3 Complicazioni inerenti dell'obesità in età adulta**

Il sovrappeso e l'obesità infantile spesso predispongono l'individuo a malattie croniche in età adulta e sono identificate come fattori di rischio (Ferreira, 2005). D'altro canto l'obesità familiare aumenta significativamente il rischio di obesità in età adulta sia per bambini obesi che sia per non obesi (Lake, 2006). Le conseguenze dell'obesità in età adulta sono ben documentate ed includono un'augmentata incidenza di ipertensione, diabete di tipo 2, dislipidemia e aumentato rischio di alcuni tumori. Le conseguenze a breve termine dell'obesità infantile includono elevato rischio cardio vascolare e patologie respiratorie (Reilly, 2011). Pochi studi hanno fornito informazioni sugli effetti a lungo termine sulla salute del sovrappeso in età infantile adolescenziali. Sicuramente c'è condivisione di risultati sulle condizioni di rischio a livello delle coronarie del cuore e dei disturbi cardio vascolari (Vos, 2003; Wright, 2010). Inoltre, diversi studi hanno suggerito che la mortalità precoce in età adulta è favorita dal sovrappeso e obesità infantile (Lawlor, 2006).

### **2.4 Patologie connesse al sovrappeso e all'obesità**

L'associazione di sovrappeso e patologie dovute ad errate abitudini alimentari ed a ridotti livelli di attività fisica hanno assunto un'importanza particolare a livello sociale e sanitario. In particolare l'obesità è associata a gravi malattie quali:

Malattie croniche:

- patologie cardiovascolari;
- diabete di tipo 2;
- cancro al colon, alla colecisti, alla mammella.

Disturbi endocrinici e metabolici:

- sindrome metabolica;
- dislipidemia (trigliceridemia e colesterolemia);
- influenza sulla fertilità e gravidanza;

Problemi debilitanti:

- infiammazioni croniche;
- osteoartrosi;
- malattie polmonari;
- disordini psicologici.

#### ***2.4.1 Diabete di tipo 1 e di tipo 2***

La prevalenza del diabete nei bambini in Europa è cresciuta lentamente ma progressivamente negli ultimi decenni ed è previsto che il numero sarà duplicato tra il 2005 e il 2020. La patofisiologia tra diabete, di tipo 1 di tipo 2, differisce per molti punti. Il diabete di tipo 1 è considerato dalla ricerca attuale e dagli studi scientifici come un disordine auto-immune, mentre il diabete di tipo 2 è considerato come un disordine metabolico acquisito, dovuto a una cattiva dieta, obesità, mancanza di esercizio fisico ed è caratterizzato da insulino resistenza, insufficienza delle cellule beta del pancreas ed incapacità di metabolizzare correttamente il glucosio e i lipidi con conseguenza di iperglicemia. Il diabete di tipo 1 è maggiormente comune tra i bambini. Recenti studi hanno indicato che la risposta auto immune è causata da un attacco mediato dalle cellule T sulle cellule beta delle isole del pancreas (Marandola, 2016; Pinhas-Hamiel, 2015). Spesso con la distruzione di queste ultime si verifica l'interruzione di produzione di insulina o un'insufficienza di tale produzione, lasciando il corpo incapace di regolare il livello di glucosio nel sangue. Molti a cui è stato diagnosticato il diabete di tipo 1 hanno avuto un

periodo prolungato asintomatico fino a che le cellule beta hanno raggiunto un tale punto di distruzione da portare poliuria, polifagia, e calo di peso.

Il diabete di tipo 2, generalmente è diagnosticato dopo i 40 anni anche se attualmente è in particolare crescita tra gli adolescenti. Esso è tipicamente considerato un disturbo secondario a disturbi metabolici dovuti ad una dieta ricca di carboidrati e zuccheri, mancanza di esercizio e in casi rari a seguito di trattamenti farmacologici prolungati.

Nuovi studi hanno mostrato una correlazione del diabete 2, non tanto con l'obesità in sé, ma nel modo in cui il grasso è distribuito nel corpo (Reinehr, 2013). Coloro che hanno molto grasso viscerale e intra mio cellulare sono più a rischio di incorrere nel diabete di tipo 2. La sintomatologia è simile a quella del diabete di tipo 1: come eccesso di fame e sete, fatica e frequenti infezioni (Bjornstad, 2015).

Inizialmente gli individui sono resistenti all'insulina prodotta dalle cellule beta del pancreas, successivamente le cellule beta smettono di funzionare.

#### ***2.4.2 Diabete di tipo 1 e attività fisica***

Il diabete di tipo 1 o diabete insulino dipendente, in passato denominato anche come diabete giovanile, dipende dalla deficienza funzionale del pancreas a produrre insulina, generando incapacità di controllo del livello di glicemia. Questa difficoltà si manifesta in modo più grave durante l'attività fisica per il rischio di grave ipoglicemia. Sarà quindi necessario che i soggetti affetti da questa patologia siano sottoposti ad una valutazione funzionale prima di prendere parte ad un programma di allenamento.

#### ***2.4.3 Diabete di tipo 2 e attività fisica***

Il diabete di tipo 2 o diabete mellito non insulino dipendente, è una malattia cronica metabolica caratterizzata da alta glicemia ossia elevati livelli di glucosio nel sangue e dovuta ad una alterazione del funzionamento dell'insulina. Esso si manifesta come una forma di resistenza delle cellule, in particolare le cellule muscolari, all'azione dell'insulina. Infatti si caratterizza per una normale secrezione di insulina e livelli plasmatici di questo ormoni normali o aumentati (Kim, 2008 Speliotes, 2010). Il concetto di insulino-resistenza si caratterizza per il fatto che il pancreas produce una dose massiccia di insulina, eccessiva

rispetto al carico glucidico e ciò porta ad una difficoltà di entrata del glucosio nelle cellule. L'incapacità del glucosio di entrare nelle cellule genera l'iperglicemia, con spesso la conseguenza di glicosuria. La presenza di glucosio nelle urine aumentando la pressione osmotica, ostacola il riassorbimento dell'acqua. Per questo nel diabete si verifica un aumento della diuresi e quindi una maggior perdita di liquidi corporei. Il soggetto diabetico non potendo ricorrere al glucosio, utilizza preferibilmente i lipidi con conseguente chetosi, liberazione di acidi chetonici e quindi acidosi. Il PH sanguigno può scendere sino a 7 condizione estrema del coma diabetico. Associati al diabete ci possono essere altri quadri patologici quali: arterio sclerosi, neuropatie, minor resistenza all'infezioni (Kannel, 2002).

Il diabete di tipo 2 rappresenta circa il 90% dei casi di diabete e l'obesità è considerata la causa principale di diabete di tipo 2. Generalmente l'esordio di questa malattia si manifesta con una sintomatologia intensa ad insorgenza improvvisa o addirittura ad essere asintomatica. Il paziente risulta avere come primo sintomo la poliuria e di conseguenza perde molti liquidi con le urine la cute e le mucose. L'organismo reagisce all'esigenza di reintegrare i liquidi con una forte sensazione di sete. La poliuria rappresenta un ottimo terreno di crescita di microorganismi con conseguente aumento di rischio infezioni.

La pratica regolare di attività fisica è cruciale per un soggetto diabetico insulino dipendente (Goldfield, 2013) in quanto può aiutare i soggetti affetti da diabete di tipo 2 a raggiungere numerosi obiettivi che includono una migliore fitness cardiorespiratoria, un migliore controllo glicemico, una diminuzione di resistenza all'insulina e un migliorato profilo lipidico, riduzione della pressione sanguigna ed il mantenimento della perdita di peso (Chudyk, 2011; Colberg, 2012). Malgrado i benefici universalmente riconosciuti dell'attività fisica per la gestione del diabete di tipo 2, la maggior parte della popolazione diabetica non raggiunge i limiti minimi di 150 minuti di attività fisica moderata-alta intensità per settimana (ACSM, 2013). Per un soggetto diabetico il principale problema dovuto all'attività fisica è l'ipoglicemia. In genere l'ipoglicemia si manifesta in seguito ad esercizio a bassa intensità e prolungato, in quanto il fegato non è in grado di liberare glucosio da compensare l'utilizzazione da parte dei muscoli. Spesso questi pazienti manifestano una scarsa resistenza allo sforzo, indipendente dal controllo della glicemia, probabilmente dipendente dallo stile di vita, dal sovrappeso e da una condizione fisica scadente. È stato dimostrato che l'attività fisica regolare contribuisce inoltre, a ritardare lo

sviluppo del diabete di tipo 2 o addirittura ne prevenga la comparsa (Espeland, 2014). Beneficiano in particolare i soggetti in sovrappeso che presentano obesità di tipo addominale.

#### **2.4.4 Infiammazione cronica nell'obesità**

Nell'obesità i livelli di *markers* infiammatori circolanti diventano elevatissimi, probabilmente per una produzione di citochine pro infiammatorie, secrete da diversi tessuti/cellule. Studi mostrano che l'aumento della concentrazioni di questi markers ed in particolare delle citochine pro-infiammatorie sono altamente correlate con l'obesità addominale e da un aumento della massa del tessuto adiposo, facendo incorrere i soggetti sovrappeso in patologie cliniche.

La risposta del sistema infiammatorio ha una funzione immunologica contro *stressors* interni ed esterni che alterano l'omeostasi. La risposta infiammatoria ad agenti patogeni è di tipo innata o adattativa. La risposta innata porta a secrezione di una varietà di citochine che include l'inter-leuchina-6 e il fattore di necrosi tumorale (TNF-alfa). Queste citochine amplificano localmente l'infiammazione e stimolano a distanza la secrezione di molecole da altri tessuti come ad esempio dal fegato. L'immunità adattativa è più lenta e con un sistema di risposta più focalizzato che riconosce delle molecole patogene e si esprime con degli antigeni altamente dipendenti. Tale risposta porta ad una distruzione delle cellule patogene attraverso le citochine T e la produzione di anticorpi.

Nell'obesità il tessuto adiposo è l'organo che maggiormente rilascia citochine infiammatorie e in particolare il tessuto adiposo viscerale (Meazza, 2014).

La disfunzione endoteliale associata all'obesità e alle patologie ad esse correlate come la sindrome metabolica, porta al danneggiamento delle pareti vascolari, all'accumulo di macrofagi (Ribeiro, 2016).

Recenti studi hanno indicato che nel tessuto adiposo i livelli di ossigeno sono ridotti, probabilmente per l'aumento di vasocostrizione, e la diminuzione di flusso sanguigno, genera ipossia che stimola il reclutamento delle cellule infiammatorie (Chu, 2017).

Anche l'ipossia aumenta l'infiltrazione di macrofagi e diminuisce la secrezione della adiponectina una proteina antinfiammatorio del tessuto adiposo (Trayhurn, 2013).

Le ragioni per cui il tessuto adiposo diventa carente di ossigeno sono:

- diminuzione della genesi di vasi sanguigni nel tessuto adiposo dell'obeso
- un'elevata vaso costrizione del tessuto adiposo

Questi risultati suggeriscono che negli individui obesi l'ampliamento del tessuto adiposo non solo causa locali infiammazioni croniche del tessuto adiposo stesso ma ha come risultato una disfunzione del sistema immunitario.

Sicuramente la restrizione calorica è un trattamento ragionevole per l'infiammazione nell'obesità tuttavia, la perdita di peso attraverso la dieta diventa poco efficace a lungo termine come intervento antiinfiammatorio (Espeland, 2014). L'esercizio regolare che potenzialmente modifica la secrezione di ormoni metabolici, indipendentemente dal suo effetto sull'adiposità, può essere importante per il trattamento delle infiammazioni croniche e delle condizioni correlate quali la sindrome metabolica.

I possibili meccanismi che l'esercizio in forma acuta, ma con sufficiente intensità provoca, in risposta ai processi infiammatori in atto sono:

- il rilascio di inter-leuchina-6 nei muscoli scheletrici che ha un azione profonda antinfiammatoria (McCann, 2015);
- l'effetto antiinfiammatorio sul tessuto adiposo, creando angiogenesi e aumento della densità capillare (Dorneles, 2016);
- l'effetto sulle cellule endoteliali nella riduzione dell'infiammazione cronica: l'aumento del numero di queste (Wahl, 2012) ostacola il meccanismo di distruzione dell'endotelio dovuto all'infiltrazione di leucociti e macrofagi tra i vari tessuti incluso quello adiposo (Sengenès, 2010);
- effetto sulla produzione di citokine (meccanismo ancora sconosciuto).

#### ***2.4.5 Sindrome metabolica***

La sindrome metabolica è stata inizialmente identificata in soggetti adulti ma attualmente è emersa l'evidenza che il grasso addominale nei bambini è altamente correlato con il rischio



di insorgenza di fattori quali l'elevato innalzamento dell'insulina e la concentrazione di lipidi nel sangue (Srinivasan, 2002). La sindrome è definita come una costellazione di fattori di rischio che includono la presenza di eccesso di grasso addominale, ipertensione, iperglicemia, dislipidemia, insulino resistenza ed infiammazione cronica. Il Report della National Cholesterol Education Program ha proposto uno schema di diagnosi che identifica una persona affetta da sindrome metabolica qualora abbia tre delle seguenti cinque caratteristiche:

- aumento della circonferenza addominale (> di 102 cm per gli uomini e 88 cm per le donne);
- elevato livello di trigliceridi (>150 mg/dl);
- ridotto livello di colesterolo HDL (<40 mg/dl nei maschi e <50 mg/dl nelle donne);
- aumento di pressione sanguigna (>130/85 mm Hg);
- elevato livello di glucosio (> 100 mg/dl).

Il vantaggio di misurare la circonferenza addominale è dato dal fatto che l'eccesso di grasso addominale è altamente correlato con la presenza di fattori di rischio più che il totale grasso corporeo. La causa principale della sindrome metabolica è comunque identificata nell'insulina resistenza, tanto che la sindrome metabolica è spesso denominata sindrome di insulina resistenza (Pinhas-Hamiel, 2015). Obesità e insulino resistenza implementano a vicenda i fattori di rischi a loro connessi ad esempio i prodotti rilasciati dagli adipociti che in caso di abnorme rilascio implicano lo sviluppo della sindrome metabolica. Tali prodotti sono gli acidi grassi non esterificati, le citochine, adiponectina e la leptina.

## 2.5 Riferimenti bibliografici

1. World Health Organization. (2000). *Obesity: preventing and managing the global epidemic* (No. 894). World Health Organization.
2. Casey, V. A., Dwyer, J. T., Coleman, K. A., & Valadian, I. (1992). Body mass index from childhood to middle age: a 50-y follow-up. *The American journal of clinical nutrition*, *56*(1), 14-18.
3. Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M., & Dietz, W. H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *Bmj*, *320*(7244), 1240.
4. Eaton, D. K., Lowry, R., Brener, N. D., Galuska, D. A., & Crosby, A. E. (2005). Associations of body mass index and perceived weight with suicide ideation and suicide attempts among US high school students. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, *159*(6), 513-519.
5. Mendez, M. A., Monteiro, C. A., & Popkin, B. M. (2005). Overweight exceeds underweight among women in most developing countries. *The American journal of clinical nutrition*, *81*(3), 714-721.
6. Swinburn, B. A., Sacks, G., Hall, K. D., McPherson, K., Finegood, D. T., Moodie, M. L., & Gortmaker, S. L. (2011). The global obesity pandemic: shaped by global drivers and local environments. *The Lancet*, *378*(9793), 804-814.
7. Ritchie, L. D., Welk, G., Styne, D., Gerstein, D. E., & Crawford, P. B. (2005). Family environment and pediatric overweight: what is a parent to do?. *Journal of the American Dietetic Association*, *105*(5), 70-79.
8. Law, D. G., Maclehole, R. F., & Longnecker, M. P. (2007). Obesity and time to pregnancy. *Human Reproduction*, *22*(2), 414-420.
9. Moore, D. B., Howell, P. B., & Treiber, F. A. (2001). Changes in overweight in youth over a period of 7 years: impact of ethnicity, gender and socioeconomic status. *Ethnicity & disease*, *12*(1), S1-83.

10. Fiorilli, G., Iuliano, E., Aquino, G., Campanella, E., Tsopani, D., Di Costanzo, A., ... & di Cagno, A. (2017). Different consecutive training protocols to design an intervention program for overweight youth: a controlled study. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, *10*, 37.
11. Sanigorski, A. M., Bell, A. C., & Swinburn, B. A. (2007). Association of key foods and beverages with obesity in Australian schoolchildren. *Public health nutrition*, *10*(02), 152-157.
12. Nelson, M. C., Gordon-Larsen, P., Song, Y., & Popkin, B. M. (2006). Built and social environments: associations with adolescent overweight and activity. *American journal of preventive medicine*, *31*(2), 109-117.
13. Rawat, R., Garg, S. K., Chopra, H., Bajpai, S. K., Bano, T., Jain, S., & Kumar, A. (2012). Prevalence of malnutrition among school children with reference to overweight and obesity and its associated factors. *Indian Journal of Community Health*, *24*(2), 97-101.
14. Wang, Y., & Lobstein, T. I. M. (2006). Worldwide trends in childhood overweight and obesity. *International Journal of Pediatric Obesity*, *1*(1), 11-25.
15. Ferreira, I., Twisk, J. W., van Mechelen, W., Kemper, H. C., & Stehouwer, C. D. (2005). Development of fatness, fitness, and lifestyle from adolescence to the age of 36 years: determinants of the metabolic syndrome in young adults: the Amsterdam growth and health longitudinal study. *Archives of internal medicine*, *165*(1), 42-48.
16. Lake, A., & Townshend, T. (2006). Obesogenic environments: exploring the built and food environments. *The Journal of the Royal society for the Promotion of Health*, *126*(6), 262-267.
17. Reilly, J. J., & Kelly, J. (2011). Long-term impact of overweight and obesity in childhood and adolescence on morbidity and premature mortality in adulthood: systematic review. *International journal of obesity*, *35*(7), 891-898.

18. Vos, L. E., Oren, A., Bots, M. L., Gorissen, W. H., Grobbee, D. E., & Uiterwaal, C. S. (2003). Does a routinely measured blood pressure in young adolescence accurately predict hypertension and total cardiovascular risk in young adulthood?. *Journal of hypertension, 21*(11), 2027-2034.
19. Wright, L. J., Schur, E., Noonan, C., Ahumada, S., Buchwald, D., & Afari, N. (2010). Chronic pain, overweight, and obesity: findings from a community-based twin registry. *The Journal of Pain, 11*(7), 628-635.
20. Lawlor, D. A., Martin, R. M., Gunnell, D., Galobardes, B., Ebrahim, S., Sandhu, J., ... & Smith, G. D. (2006). Association of body mass index measured in childhood, adolescence, and young adulthood with risk of ischemic heart disease and stroke: findings from 3 historical cohort studies. *The American journal of clinical nutrition, 83*(4), 767-773.
21. Marandola, L., Zampetti, S., & Buzzetti, R. (2016). Il diabete doppio: reale entità nosologica?. *G It Diabetol Metab, 36*, 241-247.
22. Pinhas-Hamiel, O., Levek-Motola, N., Kaidar, K., Boyko, V., Tisch, E., Mazor-Aronovitch, K., ... & Frumkin Ben-David, R. (2015). Prevalence of overweight, obesity and metabolic syndrome components in children, adolescents and young adults with type 1 diabetes mellitus. *Diabetes/metabolism research and reviews, 31*(1), 76-84.
23. Reinehr, T. (2013). Type 2 diabetes mellitus in children and adolescents. *World J Diabetes, 4*(6), 270-281.
24. Bjornstad, P., Pyle, L., Nguyen, N., Snell-Bergeon, J. K., Bishop, F. K., Wadwa, R. P., & Maahs, D. M. (2015). Achieving International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes and American Diabetes Association clinical guidelines offers cardiorenal protection for youth with type 1 diabetes. *Pediatric diabetes, 16*(1), 22-30.

25. Kim, H. J., & Kim, T. U. (2008). Effects of walking and band exercise on C-reactive protein and cardiovascular disease risk factor in overweight and obese children. *Journal of life Science*, *18*(2), 193-199.
26. Speliotes, E. K., Willer, C. J., Berndt, S. I., Monda, K. L., Thorleifsson, G., Jackson, A. U., ... & Randall, J. C. (2010). Association analyses of 249,796 individuals reveal 18 new loci associated with body mass index. *Nature genetics*, *42*(11), 937-948.
27. Kannel, W. B., Wilson, P. W., Nam, B. H., & D'Agostino, R. B. (2002). Risk stratification of obesity as a coronary risk factor. *The American journal of cardiology*, *90*(7), 697-701.
28. Goldfield, G. S., Saunders, T. J., Kenny, G. P., Hadjiyannakis, S., Phillips, P., Alberga, A. S., ... & Sigal, R. J. (2013). Screen viewing and diabetes risk factors in overweight and obese adolescents. *American journal of preventive medicine*, *44*(4), S364-S370.
29. Chudyk, A., & Petrella, R. J. (2011). Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes. *Diabetes care*, *34*(5), 1228-1237.
30. Colberg, S. R. (2012). Physical activity: the forgotten tool for type 2 diabetes management. *Frontiers in endocrinology*, *3*, 70.
31. American College of Sports Medicine. (2013). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
32. Espeland, M. A., Glick, H. A., Bertoni, A., Brancati, F. L., Bray, G. A., Clark, J. M., ... & Ghazarian, S. (2014). Impact of an intensive lifestyle intervention on use and cost of medical services among overweight and obese adults with type 2 diabetes: the action for health in diabetes. *Diabetes Care*, *37*(9), 2548-2556.
33. Meazza, C., Elsedfy, H. H., Pagani, S., Bozzola, E., El Kholy, M., & Bozzola, M. (2014). Metabolic parameters and adipokine profile in growth hormone deficient (GHD) children before and after 12-month GH treatment. *Hormone and Metabolic Research*, *46*(03), 219-223.

34. Madeira, I., Bordallo, M. A., Rodrigues, N. C., Carvalho, C., Gazolla, F., Collett-Solberg, P., ... & Ribeiro, R. (2016). Leptin as a predictor of metabolic syndrome in prepubertal children. *Archives of endocrinology and metabolism, (AHEAD)*, 0-0.
35. Chu, L., Shen, K., Liu, P., Ye, K., Wang, Y., Li, C., ... & Song, Y. (2017). Increased Cortisol and Cortisone Levels in Overweight Children. *Medical science monitor basic research*, 23, 25.
36. Trayhurn, P. (2013). Hypoxia and adipose tissue function and dysfunction in obesity. *Physiological reviews*, 93(1), 1-21.
37. McCann, J. C., Shigenaga, M. K., Mietus-Snyder, M. L., Lal, A., Suh, J. H., Krauss, R. M., ... & McHugh, T. H. (2015). A multicomponent nutrient bar promotes weight loss and improves dyslipidemia and insulin resistance in the overweight/obese: chronic inflammation blunts these improvements. *The FASEB Journal*, 29(8), 3287-3301.
38. Dorneles, G. P., da Silva, I. R. V., Korb, A., Bertoldi, K., Siqueira, I. R., Elsner, V. R., ... & Peres, A. (2016). High intensity interval exercise enhances the global HDAC activity in PBMC and anti-inflammatory cytokines of overweight-obese subjects. *Obesity Medicine*, 2, 25-30.
39. Wahl, S., Yu, Z., Kleber, M., Singmann, P., Holzapfel, C., He, Y., ... & Adamski, J. (2012). Childhood obesity is associated with changes in the serum metabolite profile. *Obesity facts*, 5(5), 660-670.
40. Sengenès, C., Bourlier, V., Galitzky, J., Zakaroff-Girard, A., Lafontan, M., & Bouloumie, A. (2010). Cellular Remodeling during the Growth of the Adipose Tissue. *Global Perspectives on Childhood Obesity: Current Status, Consequences and Prevention*, 183.

## **Capitolo 3 - Valutazione antropometrica, della composizione corporea e distribuzione del grasso corporeo nell'obesità adolescenziale.**

### **3.1 Antropometria**

I principali indicatori antropometrici che identificano una corretta crescita fisica nei bambini e negli adolescenti sono altezza e peso e la comparazione con dei dati di riferimento offre delle indicazioni sulla maturazione fisica e sullo stato nutrizionale, includendo il livello di sovrappeso. L'obesità infantile è caratterizzata da precoce maturazione fisica. Tale precoce maturazione si riflette su parametri antropometrici, quali altezza peso e BMI. La valutazione di circonferenze, diametri, proporzioni corporee e lunghezza dei segmenti e delle pliche corporee completa la valutazione antropometrica (Wearing, 2004). L'indice per individuare la massa grassa più largamente utilizzato è il BMI (Mc Carthy, 2006). I vantaggi delle tecniche antropometriche sono sicuramente dovuti al fatto di non essere invasivi, di utilizzare strumentazioni portatili, non eccessivamente costose e utilizzabili per una vasta gamma di modelli valutativi. C'è da tenere conto, affinché venga rispettata l'affidabilità della misurazione, tuttavia, che la valutazione è molto dipendente dall'esperienza dell'operatore. Di conseguenza un'accurata stima dei principali indicatori antropometrici e l'utilizzo di tecniche di composizione corporea sono essenziali per la rilevazione del sovrappeso e dell'obesità, ma anche per valutare lo stato fisico di bambini ed adolescenti.

#### **3.1.1 Body Mass Index**

Il BMI (peso in kg/Altezza al quadrato [ $m^2$ ]), malgrado sia il più utilizzato indice antropometrico per predire il sovrappeso, ne è stata messa in discussione l'appropriatezza di applicazione nei bambini e negli adolescenti. Il BMI non misura il grasso corporeo per sé e non è sensibile alle reali differenze nella composizione corporea, inclusa l'influenza della razza. Nei giovanissimi, meno di 15 anni d'età, il BMI non è totalmente indipendente dall'altezza e individui con lo stesso BMI possono essere alquanto differenti in termini di proporzione tra il grasso corporeo e i tessuti scheletrici e muscolari. Quindi prevedere la

composizione corporea dal BMI può non essere scelta affidabile soprattutto in individui con livelli di massa grassa o troppo elevati o viceversa troppo bassi.

### ***3.1.2 Circonferenza addominale***

Come misurazione isolata, la circonferenza addominale è utilizzata per la sua relazione con l'adiposità centrale negli adulti. Tale misurazione è stata anche utilizzata, con una crescente accettabilità, per le popolazioni più giovani, tuttavia, i punti di cut-off degli adulti non sono utilizzabili per identificare lo stato per i bambini e gli adolescenti (Rudolf, 2004). La International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) ha identificato come punto di reperi per tale circonferenza l'addome, nel punto più vicino tra il bordo inferiore della decima costola e quello superiore della cresta iliaca, perpendicolare all'asse lungo del tronco (Clarys, 2005). L'utilizzazione della circonferenza delle anche può essere utilizzata per delineare un profilo della forma e della taglia (Hills, 2001).

## **3.2 Valutazione della composizione corporea**

La valutazione della composizione corporea nei bambini e negli adolescenti varia a seconda del diverso grado di maturazione ad una data età cronologica.

I metodi per valutazione della composizione corporea permettono una buona stima ma anche predizione dello stato nutrizionale.

Un'accurata valutazione della composizione corporea è importante in molte aree di ricerca sull'obesità e sulla nutrizione. Il più comune approccio di analisi della composizione corporea è di dividere la massa corporea in due compartimenti basati su componenti di valutazione a livello anatomico, chimico e dei fluidi corporei. Massa magra e massa magra sono indicatori frequentemente usati per strutturare un modello di composizione corporea. I metodi utilizzati in vivo sono esclusivamente metodi indiretti. La mancanza di metodi diretti ha portato allo sviluppo di vari modelli di stima di massa grassa e massa magra, ciascuno dei quali è imperfetto e richiede un numero di assunzioni che devono essere definiti a seconda delle età dei soggetti e dallo stato di maturazione.

Metodi avanzati basati su valutazioni chimiche, utilizzando gli isotopi, hanno dato la possibilità di suddividere la massa magra in acqua, minerali e proteine. In più le tecniche di immagini hanno consentito di valutare la composizione corporea in termini di grasso, muscoli, ossa e altri tessuti molli (Pietrobelli, 2002). Tuttavia, degli aspetti pratici limitano



la possibilità di utilizzare queste tecniche per giovani in età pre-puberale, quale l'inserimento di tutto il corpo in acqua, l'assorbimento di raggi X della Densitometria Assiale a raggi X (DXA), la conduttività elettrica total body. Viceversa sono utilizzate tecniche più adatte a questa età come la valutazione delle pliche corporee la resistenza bio elettrica e altre valutazioni antropometriche cliniche come altezza, peso e Indice di Massa Corporea.

Ciò che è comunemente valutato nel modello a due compartimenti è:

- la densità costante della massa grassa e della massa magra (0,9 g/mL e 1.1 g/mL rispettivamente – (Visser, 1999)
- La quantità relativa dei tre maggiori componenti della massa magra (acqua, minerali e proteine) che generalmente sono costanti in tutti gli individui (Hills, 2007).

### ***3.2.1 Densitometria***

La densitometria è basata sulla stima della composizione corporea ottenuta dalla misurazione della densità di tutti i comparti del corpo. L'approccio maggiormente usato è di misurare il volume del corpo sott'acqua, e determinare la densità separando il peso dal volume. La tecnica è un modello a due compartimenti e si basa sulla differente densità dei tessuti della massa grassa e della massa magra. Attuali limitazioni all'applicazione della densitometria alla popolazione pediatrica includono problemi pratici e considerazioni teoriche. La tecnica richiede di rimanere sott'acqua per alcuni secondi. E' estremamente difficile per i giovani impossibile per i bambini piccoli. Dal punto di vista teorico il limite di una applicazione di successo di questo metodo richiede una conoscenza addizionale delle densità specifiche di massa grassa e massa magra nei bambini e negli adolescenti a differente stato di maturità, genere ed etnia (Cowel, 2009).

La DXA è basata sulla esponenziale attenuazione che risulta dall'assorbimento da parte dei tessuti del corpo di fotoni emessi a due livelli di energia per distinguere, nel peso corporeo, la massa dovuta alle ossa, ai muscoli ed al grasso corporeo. I vantaggi della DXA sono un tempo relativamente breve di applicazione (20 minuti) ed una minima dose di radiazione.

Un vantaggio teorico della DXA è che diversi studi hanno dimostrato la sua validità comparandola con le analisi chimiche effettuate su animali (Pintauro, 1996).

### ***3.2.2 Plicometria***

La stima della massa grassa attraverso la plicometria e l'antropometria, si basa sulla strutturazione di modelli di predizione in cui vengono utilizzate misure antropometriche relative alla massa grassa corporea quali, la somma delle pliche. Tali modelli si basano su diversi criteri che sviluppano delle particolari equazioni specifiche per età, genere ed etnia. La valutazione specifica del livello di maturazione dell'individuo è fondamentale per una corretta stima della composizione corporea basata sulla misurazione di pliche, diverse come numero e localizzazione a seconda della tipologia dei soggetti studiati (Deurenberg, 1990). Le pliche sottoscapolari e del tricipite, il peso, altezza al quadrato diviso resistenza bioelettrica e il genere sono i più forti predittori della massa grassa nei bambini (Mei, 2002). In assenza dei dati della resistenza bio-elettrica, una combinazione di pliche associate al peso corporeo possono essere validamente usate, utilizzando delle equazioni predittive. E' necessario tuttavia utilizzare metodi standardizzati di misurazione soprattutto nella rilevazione delle pliche, data la sensibilità nella variazione dei risultati a seconda della tecnica utilizzata dagli operatori, che non consente poi di comparare i risultati. Altra accortezza nell'utilizzazione di questi parametri per stimare la composizione corporea è effettuare la scelta dell'equazione appropriata alle caratteristiche della popolazione studiata.

### ***3.2.3 Metodi di diluizione isotopica***

Gli isotopi stabili, quale il deuterio ossido ( $H_2O$ ) e l'isotopo dell'ossigeno  $^{18}O$ , sono presenti naturalmente nel corpo. L'uso di questi isotopi è quindi non invasivo non lesivo ed efficace per stimare la totale acqua corporea nei bambini e negli adulti (Wells, 2007). La diluizione degli isotopi è utilizzata per stimare la massa grassa e la massa magra ma, come il peso sott'acqua, questa stima, in costante relazione con la massa magra, non è adatta per i giovani in quanto l'idratazione della massa magra varia notevolmente nel periodo puberale.

### **3.2.4 Analisi bio-Impedenziometrica**

Questa tecnica che è basata sulla misurazione della resistenza elettrica nei diversi tessuti sottoposti ad una impercettibile corrente elettrica, risulta un esame di facile e rapida esecuzione, non invasivo e consente di valutare anche specificatamente l'idratazione indipendentemente dal peso corporeo. La resistenza elettrica è in funzione del volume di conduzione del tessuto del corpo. Varie equazioni sono state sviluppate per predire la composizione corporea con questa tecnica, mirata per età, dato che la concentrazione elettrolitica nello spazio extra cellulare ed intra cellulare risulta diversa a seconda dello stato di maturazione. Ad esempio l'equazione di Kushner è raccomandata nei bambini malgrado non sia stata differenziata per gruppi etnici diversi. Una limitazione della resistenza bio-elettrica è che questo approccio stima la totale acqua corporea che poi deve essere trasformata in massa grassa, massa magra. Successivamente, integrandola con i dati antropometrici (peso, altezza, circonferenze etc.), consente con una buona approssimazione la valutazione della composizione corporea. Ciò richiede la conoscenza dell'idratazione della massa magra che generalmente è considerata costante negli adulti (73.2%) ma molto variabile nei giovani e nei bambini (Goran, 1993).

### **3.3 Distribuzione del grasso corporeo**

Negli adulti il tessuto adiposo intra-addominale situato, attorno agli organi viscerali, è correlato a conseguenze negative per la salute, indipendentemente dal totale grasso corporeo (Caprio, 1996). Tradizionalmente la distribuzione di grasso corporeo è misurata con l'antropometria. Recentemente tecniche di imaging in vivo (Magnetic Resonance Imaging MRI e Computed Tomography CT) hanno permesso più accurate valutazioni della distribuzione del grasso nei bambini e negli adolescenti (Goran, 1998).

La precoce accumulazione di tessuto adiposo intra-addominale è ancor più grave per la significativa correlazione con la dislipidemia e l'intolleranza al glucosio (Caprio, 1996). Tuttavia l'esistenza di tessuto adiposo intra-addominale è stato osservato anche in adolescenti non obesi. La costituzione, il genere e l'etnia condizionano le differenze di concentrazione del tessuto adiposo intra-addominale. I maschi hanno un maggiore quantità di tessuto adiposo intra-addominale delle femmine anche dopo aver considerato le differenze del totale grasso corporeo, e queste differenze si strutturano durante

l'adolescenza (Lemieux, 1993). In termini di differenze etniche, studi basati sulla plicometria hanno suggerito una maggiore distribuzione del grasso nella regione addominale nei bambini africani, messicani ed americani (Goran, 1997).

CT e MRI sono le tecniche più accurate per stabilire la distribuzione del grasso corporeo, tuttavia gli svantaggi sono i costi, l'esposizione a radiazione e quindi il limitato uso nei lavori di ricerca che non consentano la comparazione dei risultati. Gli indicatori indiretti della distribuzione della massa grassa, comunemente usati, sono waist-to-hip ratio e la circonferenza addominale. Tuttavia, nei bambini e negli adolescenti non è stata rilevata una significativa correlazione tra questi markers e il tessuto adiposo intra-addominale. Lo spessore delle pliche centrali nei bambini spiegano solo dal 25 al 60% della variazione del tessuto adiposo intra-addominale (De Ridder, 1990). Da queste ricerche sappiamo che le circonferenze non possano essere buoni indici di distribuzione del grasso mentre, la rilevazione delle pliche nella regione del tronco possono essere utili anche se non molto accurate.

L'uso del DXA fornisce un indice più forte, anche se questa tecnica non risolve in senso assoluto il problema della valutazione del grasso sub-cutaneo. La soluzione ottimale è sempre la combinazione tra i risultati della DXA, plicometria ed antropometria avendo una correlazione elevata. Sono state sviluppate delle equazioni specifiche per i bambini utilizzando la combinazioni di dati derivati dalla valutazione della DXA e le pliche addominali, con un modello che ha mostrato un elevata correlazione ( $R^2= 0.85$ ) con la CT.

### 3.4 Riferimenti bibliografici

1. Wearing, S. C., Hills, A. P., Byrne, N. M., Hennig, E. M., & McDonald, M. (2004). The arch index: a measure of flat or fat feet?. *Foot & ankle international*, 25(8), 575-581.
2. McCarthy, H. D., Cole, T. J., Fry, T., Jebb, S. A., & Prentice, A. M. (2006). Body fat reference curves for children. *International journal of obesity*, 30(4), 598-602.
3. Jebb, S. A., Cole, T. J., Doman, D., Murgatroyd, P. R., & Prentice, A. M. (2000). Evaluation of the novel Tanita body-fat analyser to measure body composition by comparison with a four-compartment model. *British Journal of Nutrition*, 83(02), 115-122.
4. Rudolf, M. C., Greenwood, D. C., Cole, T. J., Levine, R., Sahota, P., Walker, J., ... & Truscott, J. (2004). Rising obesity and expanding waistlines in schoolchildren: a cohort study. *Archives of disease in childhood*, 89(3), 235-237.
5. Clarys, J. P., Provyn, S., & Marfell-Jones, M. J. (2005). Cadaver studies and their impact on the understanding of human adiposity. *Ergonomics*, 48(11-14), 1445-1461.
6. Hills, A. P., Lyell, L., & Byrne, N. M. (2001). An evaluation of the methodology for the assessment of body composition in children and adolescents. In *Body composition assessment in children and adolescents* (Vol. 44, pp. 1-13). Karger Publishers.
7. Pietrobelli, A., Faith, M. S., Wang, J., Brambilla, P., Chiumello, G., & Heymsfield, S. B. (2002). Association of lean tissue and fat mass with bone mineral content in children and adolescents. *Obesity research*, 10(1), 56-60.
8. Visser, M., Fuerst, T., Lang, T., Salamone, L., Harris, T. B., & Body Composition Working Group. (1999). Validity of fan-beam dual-energy X-ray absorptiometry for measuring fat-free mass and leg muscle mass. *Journal of Applied Physiology*, 87(4), 1513-1520.
9. Hills, A. P., & Kagawa, M. (2007). 4 Body composition assessment in children and adolescents—implications for obesity. *Children, Obesity and Exercise*, 37.
10. Cowell, C. T., & Thompson, M. W. (2009). Prediction of appendicular skeletal and fat mass in children: excellent concordance of dual-energy X-ray absorptiometry

- and magnetic resonance imaging. *Journal of Pediatric Endocrinology & Metabolism*, 22, 795-804.
11. Pintauro, S. J., Nagy, T. R., Duthie, C. M., & Goran, M. I. (1996). Cross-calibration of fat and lean measurements by dual-energy X-ray absorptiometry to pig carcass analysis in the pediatric body weight range. *The American journal of clinical nutrition*, 63(3), 293-298.
  12. Deurenberg, P., Pieters, J. J., & Hautvast, J. G. (1990). The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood and young adolescence. *British Journal of Nutrition*, 63(02), 293-303.
  13. Mei, Z., Grummer-Strawn, L. M., Pietrobelli, A., Goulding, A., Goran, M. I., & Dietz, W. H. (2002). 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*, 75(6), 978-985.
  14. Wells, J. C. (2007). Sexual dimorphism of body composition. *Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism*, 21(3), 415-430.
  15. Goran, M. I., Driscoll, P., Johnson, R., Nagy, T. R., & Hunter, G. (1996). Cross-calibration of body-composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children. *The American journal of clinical nutrition*, 63(3), 299-305.
  16. Goran, M. I., Kaskoun, M. C., Carpenter, W. H., Poehlman, E. T., Ravussin, E. R., I. C., & Fontvieille, A. M. (1993). Estimating body composition of young children by using bioelectrical resistance. *Journal of Applied Physiology*, 75(4), 1776-1780.
  17. Goran, M. I. (1998). Measurement issues related to studies of childhood obesity: assessment of body composition, body fat distribution, physical activity, and food intake. *Pediatrics*, 101(Supplement 2), 505-518.
  18. Caprio, S., Tamborlane, W. V., Silver, D., Robinson, C., Leibel, R., McCarthy, S., ... & Sherwin, R. S. (1996). Hyperleptinemia: an early sign of juvenile obesity. Relations to body fat depots and insulin concentrations. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 271(3), E626-E630.
  19. Goran, M. I., Nagy, T. R., Treuth, M. S., Trowbridge, C., Dezenberg, C., McGloin, A., & Gower, B. A. (1997). Visceral fat in white and African American prepubertal children. *The American journal of clinical nutrition*, 65(6), 1703-1708.

20. Ridder, C. D., Bruning, P. F., Zonderland, M. L., Thijssen, J. H. H., Bonfrer, J. M. G., Blankenstein, M. A., ... & Erich, W. B. M. (1990). Body fat mass, body fat distribution, and plasma hormones in early puberty in females. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 70(4), 888-893.

## **Capitolo 4 - Obesità ed attività fisica**

### **4.1 Esercizio fisico nei giovani in sovrappeso ed obesi**

Nelle ultime tre decadi il numero di bambini e adolescenti obesi nel mondo è triplicato e la prevalenza di obesi in età pre-scolare è raddoppiata (Singh, 2011). La mancanza di attività fisica è risultata essere il fattore di maggiore contribuzione all'obesità, tuttavia la maggior parte dei bambini e della popolazione adolescente non effettua la quantità raccomandata di esercizio fisico (Tomporowsky, 2015).

Ciò è principalmente dovuto a diversi fattori come la mancanza di opportunità di attività adattata a questa problematica in molti comuni e regioni, o la struttura dell'orario scolastico che obbliga a lunghi periodi di sedentarietà durante l'orario curricolare. Possiamo addirittura parlare di ambiente che favorisce l'obesità, che diventa un costo sociale a causa delle patologie in cui spesso si incorre. Infine, a questa situazione negativa, si aggiunge la consistente mancanza di linee-guida professionali per coloro che utilizzano l'esercizio fisico per questa problematica, in termini di frequenza, durata, intensità e modalità di esercizio ed un'accurata preparazione di tali operatori. Recentemente diverse associazioni si sono espresse a favore dell'esercizio fisico come metodo efficace e sicuro per prevenire e migliorare lo stato di salute di bambini ed adolescenti obesi:

- American Accademy of Pediatrics (AAP) Commitee on Sports Medicine;
- American College of Sports medicine (ACSM);
- US Preventive of Task Force.

### **4.2 Fattori che limitano l'attività fisica nei bambini**

Diverse ricerche evidenziano che i bambini hanno un intrinseco bisogno di essere attivi fisicamente (Bayley, 1995), inoltre l'attività fisica è essenziale per un accrescimento ed uno sviluppo corretti (Milteer,2012). E' stato dimostrato che il miglioramento delle capacità motorie sviluppa capacità cognitive ed esecutive, come ad esempio l'abilità di lettura (Toporowsky, 2015). Sviluppare un'appropriata attività fisica, durante la fanciullezza e l'adolescenza, garantisce risultati scolastici migliori, aumenta l'autostima e



diminuisce l'insorgenza di problemi di comportamento (Davis, 2014). Malgrado questi risultati, la scuola riduce, progressivamente con l'aumentare dell'età, il tempo da dedicare all'attività fisica, sia strutturata sia libera. Tale riduzione appare più marcata nei giovani di livello sociale più basso e in coloro che vivono nelle realtà urbane (Sothorn, 2016.) Inoltre, l'attività fisica e il gioco promuovono interazioni sociali ed emotive tra pari, quali la capacità di comunicazione, negoziazione, cooperazione, problem-solving, e self-control (Murray,2013).

Sfortunatamente ci sono diverse barriere e fattori di rischio ambientale che limitano le opportunità di seguire uno stile di vita attivo:

- più di due ore al giorno davanti al televisore;
- spazi ristretti di gioco;
- inopportuna utilizzazione di zaino, sedie scolastiche inadeguate che sollecitano una postura sbagliata;
- paura per la salute e la sicurezza del soggetto obeso da parte dei genitori;
- spazi e stili di vita che limitano la possibilità di dedicarsi al cammino (Ward-Begnoche, 2006).

Diversi fattori distinguono i ragazzi sovrappeso ed obesi dai normo peso: maggiore difficoltà a svolgere attività fisica, assenteismo scolastico, problemi scolastici, depressione sviluppi di ritardo, allergie, mal di testa e problemi scheletrici articolari e muscolari (Halfon, 2013). Inoltre, recenti studi hanno dimostrato che l'obesità è associata ad una maturazione sessuale precoce nelle femmine (Biro 2012) e risultati misti per i maschi (Tinggaard, 2012). Le conseguenze di una precoce maturazione porta vantaggi quali ad esempio, una più elevata statura e una maggiore tesa degli arti superiori, che avvantaggiano i sovrappeso durante le attività fisiche e lo sport quali: football o volley, (Bar-Or, 2004), inoltre, un'avanzata età scheletrica ed una maggiore densità ossea e muscolare avvantaggiano questi soggetti nelle attività associate alla forza muscolare, al sollevamento pesi e i lanci (Sothorn, 2016; Van Vrancken-Tomkins, 2006). Avendo i ragazzi sovrappeso un rapporto più alto di massa grassa e magra, essi mostrano una capacità di galleggiamento molto maggiore dei loro coetanei. Ultimo vantaggio è che, essendo maggiormente termicamente coibentati dal grasso corporeo, hanno una maggiore resistenza per le attività in acqua fredda. Malgrado questi vantaggi l'obesità in questa popolazione è associata a a bassi livelli di fitness fisica (Joshi, 2015), riduzione di velocità

ed agilità (Cliff, 2012), un maggiore costo metabolico e spesa energetica rispetto ai normo peso nel momento in cui effettuano attività simili (Daniels, 2015). Di conseguenza una correlazione inversa altamente significativa appare tra accesso di peso e buona condizione fisica, soprattutto per ciò che coinvolge l'agilità e la deambulazione. Al contrario sono significativamente correlati massa corporea e forza (Yepes, 2016). Schultz e colleghi (2012) hanno effettuato una revisione della letteratura scientifica identificando durante l'attività fisica dolore muscolo-scheletrico agli arti inferiori dei giovani sovrappeso (Pearson, 2013), e un eccesso di fatica e dispnea durante l'esercizio, dovuto alla richiesta energetica extra per muovere un'eccessiva massa corporea (Danford, 2015). Infatti, malgrado gli adolescenti normopeso e sovrappeso abbiano in senso assoluto simile fitness cardio respiratoria, la difficoltà funzionale osservata nei sovrappeso è correlata significativamente a questa aumentata domanda energetica necessaria per muovere l'eccesso di peso, soprattutto rilevabile in maggiore consumo di ossigeno indotto dal movimento degli arti inferiori (Norman, 2005). Il consumo di ossigeno aumentato durante l'attività fisica, approssimativamente del 50% in più rispetto ai normopeso, riduce la tolleranza al lavoro (Maffeis, 2015). Anche le capacità coordinative e le abilità tecniche sportive sono influenzate negativamente dall'accesso di grasso corporeo nei bambini e negli adolescenti (Riddiford-Harland, 2016). La competenza motoria nella realizzazione di diversi compiti di movimento fa riferimento al grado di coordinazione motoria e ciò consente di praticare compiti locomotori come correre saltare, arrampicarsi e abilità di manipolazione che richiedono un controllo adeguato come lanciare, riprendere, calciare. Cliff e colleghi (2013) hanno messo a confronto questa maestria nei giovani sovrappeso e normo peso, rilevando che i soggetti sovrappeso avevano significativamente minore maestria soprattutto in quelle abilità relative ad attività antigravitarie a livello degli arti inferiori. Addirittura uno studio ha rilevato come i bambini sovrappeso avessero gravi difficoltà nel rialzarsi da una posizione seduta (Riddiford-Harland, 2015).

Inoltre, oltre alle difficoltà fisiologiche, metaboliche e biomeccaniche i giovani sovrappeso mostrano problemi psicologici nel momento in cui sono coinvolti nell'attività fisica (Salvy, 2016). In uno studio che esaminava la qualità di vita dei bambini obesi in base ad un questionario self-report, sono emersi risultati simili ai bambini terminali di cancro.

### **4.3 Attività fisica e controllo dell'appetito**

E' noto che l'attività fisica sia una strategia inefficace per perdere peso, dato che l'energia spesa aumenta il senso di appetito e l'introito di cibo. Questo compensatorio introito di cibo è la principale causa della mancanza di perdita di peso (Alkahtani, 2014). Ci sono molti modi in cui l'esercizio potrebbe potenzialmente modificare l'introito calorico. Questi includono l'aumento di frequenza, l'aumento delle porzioni e l'aumento di densità di energia del cibo ingerito. L'esercizio potrebbe anche alterare la preferenza nei macro nutrienti e nelle scelte del cibo. Come ci si aspetta, l'esigenza è di ripristinare quanto prima le scorte energetiche a breve termine, a seguito di episodi di attività fisica (Jakicic, 2015). Questi risultati sono frutto di ricerche a breve termine e difficilmente questo fenomeno è stato seguito per un lungo periodo di attività, che dovrebbe consentire un aumento di energia spesa ed un plateau della stimolazione dell'appetito. Una ragione per la perdita di accoppiamento tra questi fenomeni (spesa energetica e aumento dell'appetito) è che le reazioni acute alimentari vengono rimpiazzate da abitudini legate all'esercizio fisico regolari, assumendo una maggiore stabilità nelle dosi e nella qualità alimentare (Stubbs, 2014). Invece, associando un aumento di attività fisica ed una dieta alimentare restrittiva per sei settimane si è notato un significativo aumento dell'appetito in bambini obesi (Ling, 2014).

Dobbiamo notare che il fenomeno dell'accoppiamento non si verifica al contrario, ossia non è stata dimostrata una riduzione automatica dell'appetito riducendo l'attività fisica. Al contrario i soggetti sedentari tendono ad aumentare l'introito calorico specialmente consumando snacks ad alta densità energetica (Lawson, 2013). Di conseguenza i sedentari dovrebbero essere a rischio per due motivi: la naturale diminuzione di energia spesa e un aumento di introito energetico dovuto al consumo di cibi ad alto contenuto calorico.

### **4.4 Attività fisica e perdita di peso**

La debolezza dell'effetto dell'attività fisica sull'aumento dell'appetito genera un punto di vista ottimistico sul ruolo che l'esercizio può avere sul controllo dell'appetito e sulla prevenzione del guadagno di peso. In una prospettiva pratica l'attività fisica può essere un metodo di successo per la perdita di peso ma solo qualora si riesca a mantenere il 100% di aderenza ai regimi di esercizio dei programmi di allenamento. Naturalmente le scelte di

cibo, in qualità e in quantità non devono costituire una ricompensa al lavoro effettuato. Al contrario deve essere correttamente considerata l'energia spesa durante l'esercizio per valutare quanto cibo deve essere successivamente ingerito. La scelta del cibo deve essere controllata indipendentemente dall'aumento dell'attività fisica in quanto essa non protegge automaticamente contro un'inappropriata scelta di cibo. Infatti, l'attività fisica non può essere vista come un'opportunità di abbandonare un corretto regime alimentare, né indulgere in un eccessivo consumo di cibo. Inoltre, la risposta dell'appetito indotta dall'attività fisica non è uguale da individuo ad individuo e la variabilità interindividuale a questo proposito dovrebbe includere una distinzione del campione in sottogruppi di soggetti più o meno sensibili agli effetti di essa sull'appetito. Difficilmente gli studi scientifici considerano questa variabile considerando i soggetti studiati come buoni "responders" ed altri come "maintainers" (Alberga, 2015). Concludendo è fuori di dubbio che uno stile di vita attivo, anche per bambini ed adolescenti contribuisca a mantenere lo stato di salute, prevenendo disturbi e patologie (Animesh, 2015). L'associazione tra inattività e guadagno di peso è certa e vi è una forte evidenza per cui la perdita dell'accoppiamento tra energia spesa ed introito calorico sia indotto dall'esercizio fisico. Ciò porta a considerare l'esercizio come metodo di perdita di peso.

Considerando che le popolazioni stanno diventando sempre più sedentarie, è necessario promuovere strategie di incremento dell'attività fisica. Come strategia di prevenzione dell'obesità l'esercizio richiede totale aderenza dei partecipanti e comunque un controllo ulteriore della scelta di cibo in termini di basso contenuto calorico. E' possibile che una sovra stima dell'energia spesa durante l'esercizio e una sottostima dell'energia introdotta con il cibo possa condurre ad un'errata considerazione dell'effetto dell'attività fisica. Ogni intervento andrà individualizzato in modo da essere adeguato alle tipologie di risposta di ciascun organismo, sia allo stimolo dell'esercizio sia alla strutturazione della dieta alimentare affinché il messaggio di opportunità dell'esercizio fisico, in termini di salute sia appropriato.

#### **4.5 Interventi di attività fisica nei giovani in sovrappeso**

In generale le attività basate sulla corsa di lunga durata non possono essere sostenute dai bambini a causa del loro immaturo sistema metabolico (Barr-Or, 2004) e il sovrappeso

esacerba questo fenomeno (Hay, 2016), tuttavia i giovani, sia normopeso sia sovrappeso, possono affrontare relativamente cospicui volumi di lavoro intervallato. Anche l'attenzione si può ri-focalizzare sul lavoro da svolgere dopo un opportuno recupero (De Bock, 2013). Mentre gli adulti possono sopportare più facilmente lo sforzo, i bambini devono necessariamente trovare gradimento e divertirsi per potere continuare l'attività fisica (Laurson, 2014). Un'essenziale esigenza è sviluppare la forza e la resistenza muscolare che migliora la prestazione, riduce il rischio di infortuni (Behringer, 2016).

Le malattie associate all'obesità mettono inoltre, i giovani sovrappeso a grande rischio durante le fasi di esercizio. L'ipertensione sistemica e la pressione a riposo sono strettamente correlata al grado di adiposità e tale problema aumenta durante lo sforzo (Pescatello, 2015). L'obesità influisce negativamente in questi soggetti sulla terapia per l'asma con gravi conseguenze a causa della natura infiammatoria tipica dell'obesità (Vanhelst, 2015). Tuttavia sono stati dimostrati i benefici terapeutici dell'esercizio e protettivi nei confronti dei processi infiammatori (Forti, 2017).

Le malattie metaboliche si sviluppano durante l'obesità infantile infatti, gli obesi sono a rischio di sviluppo di diabete 2 in età molto giovane. E' stata dimostra una forte significativa correlazione tra sensibilità all'insulina e attività fisica (Brambilla 2017). Recenti studi hanno confermato questo risultato anche in soggetti obesi, bambini ed adolescenti, sia con l'esercizio aerobico sia con lavoro di resistance training (Fainganbaum, 2013). Migliorando la sensibilizzazione all'insulina e l'assorbimento di ossigeno nei muscoli scheletrici, l'attività fisica ha la potenzialità di ridurre l'incidenza del diabete 2 nei bambini e negli adolescenti (Fedewa, 2014).

I genitori rivestono un ruolo fondamentale nell'incoraggiare i propri figli a dedicare più tempo al gioco di movimento. Nell'impostare un programma di attività fisica per questa popolazione il primo obiettivo è quello di convincere e motivare i soggetti ad abbandonare le loro abitudini legate alla sedentarietà

#### 4.6 Riferimenti bibliografici

1. Singh, G. K., & Lin, S. C. (2013). Dramatic increases in obesity and overweight prevalence among Asian subgroups in the United States, 1992–2011. *ISRN preventive medicine*, 2013.
2. Tomporowski, P. D., McCullick, B., Pendleton, D. M., & Pesce, C. (2015). Exercise and children's cognition: the role of exercise characteristics and a place for metacognition. *Journal of Sport and Health Science*, 4(1), 47-55.
3. Bailey R. C., Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Cooper DM (1995) The level and tempo of children's physical activities. An observational study. *Medicine and science in Sports and Exercise*. 27, 1033-1044.
4. Milteer RM, Ginsburg KR. (2012) Committee on psychosocial aspects of child and family Health *Pediatrics* 129, e204-e213
5. Davis, C. L., Bustamonte, E. E., Williams, C., & Waller, J. L. (2014). Effects of regular exercise vs sedentary after school program on mood and quality of life of overweight children.
6. Sothorn, M. S., Gordon, S. T., & Von Almen, T. K. (Eds.). (2016). *Handbook of pediatric obesity: clinical management*. CRC Press.
7. Murray, R., Ramstetter, C., Devore, C., Allison, M., Ancona, R., Barnett, S., ... & Okamoto, J. (2013). The crucial role of recess in school. *Pediatrics*, 131(1), 183-188.
8. Ward-Begnoche, W., & Speaker, S. (2006). Overweight youth: changing behaviors that are barriers to health: practical advice for dealing with the family, the child, and socioeconomic environment. *Journal of family practice*, 55(11), 957-964.
9. Halfon, N., Larson, K., & Slusser, W. (2013). Associations between obesity and comorbid mental health, developmental, and physical health conditions in a nationally representative sample of US children aged 10 to 17. *Academic pediatrics*, 13(1), 6-13.
10. Biro, S., Barber, D., Williamson, T., Morkem, R., Khan, S., & Janssen, I. (2016). Prevalence of toddler, child and adolescent overweight and obesity derived from primary care electronic medical records: an observational study. *CMAJ open*, 4(3), E538.

11. Tinggaard J, Mieritz MG, Sorensen K, Hagen CP, Juul A. 2012 the physiology and timing of male puberty. *current opinion in endocrinology diabetes and obesity.* 19, 129-133.
12. Bar-Or Rowland TW.2004, *Pediatric exercise medicine from physiologic principles to health care application.* Champaign, IL. Human Kinetics.
13. Sothorn, M. S., Van Vrancken-Tompkins, C., Brooks, C., & Thélin, C. (2016). 14 Increasing Physical Activity in Overweight Youth in Clinical Settings. *Handbook of Pediatric Obesity: Clinical Management*, 173
14. Van Vrancken-Tomkins CL, Sothorn MS 2006 preventing obesity in children birth to five years. In *encyclopedia on Early Childhood Development.*Montreal, Quebec Canada.
15. Joshi, D., Missiuna, C., Hanna, S., Hay, J., Faight, B. E., & Cairney, J. (2015). Relationship between BMI, waist circumference, physical activity and probable developmental coordination disorder over time. *Human movement science*, 40, 237-247.
16. Cliff DP, Okely AD, Morgan PJ, Jones JR, Baur LA. 2012 Proficiency deficiency mastery of fundamental movement skills and skill components in overweight and obese children. *Obesity*; 20:1024-1033.
17. Daniels, S. R., & Hassink, S. G. (2015). The role of the pediatrician in primary prevention of obesity. *Pediatrics*, 136(1), e275-e292.
18. Yepes, M., Maurer, J., Stringhini, S., Viswanathan, B., Gedeon, J., & Bovet, P. (2016). Ideal Body Size as a Mediator for the Gender-Specific Association Between Socioeconomic Status and Body Mass Index: Evidence From an Upper-Middle-Income Country in the African Region. *Health Education & Behavior*, 43(1\_suppl), 56S-63S.
19. Schultz S, Browning R, Schultz Y, Maffeis C, Hills A 2012 Childhood obesity and walking guidelines and challenges. *International Journal of Pediatric Obesity*, 6; 332-341.
20. Pearson, V., Ruzas, C., Krebs, N. F., Goldenberg, N. A., Manco-Johnson, M. J., & Bernard, T. J. (2013). Overweight and obesity are increased in childhood-onset cerebrovascular disease. *Journal of child neurology*, 28(4), 517-519.

21. Danford, C. A., Schultz, C. M., Rosenblum, K., Miller, A. L., & Lumeng, J. C. (2015). Perceptions of low-income mothers about the causes and ways to prevent overweight in children. *Child: care, health and development*, 41(6), 865-872.
22. Norman, AC, Drinkard, B., McDuffie, JR., Ghorbani, S., Yanoff, L. B., & Yanovski, J. A. (2005). Influence of excess adiposity on exercise fitness and performance in overweight children and adolescents. *Pediatrics*, 115(6), e690-e696.
23. Maffeis, C. (2015). Overweight and obesity: prevention in the first 1,000 days of life. *Italian Journal of Pediatrics*, 41(2), A44.
24. Riddiford-Harland, D. L., Steele, J. R., Cliff, D. P., Okely, A. D., Morgan, P. J., & Baur, L. A. (2016). Does participation in a physical activity program impact upon the feet of overweight and obese children?. *Journal of science and medicine in sport*, 19(1), 51-55.
25. Cliff, D. P., Okely, A. D., Burrows, T. L., Jones, R. A., Morgan, P. J., Collins, C. E., & Baur, L. A. (2013). Objectively measured sedentary behavior, physical activity, and plasma lipids in overweight and obese children| NOVA. The University of Newcastle's Digital Repository.
26. Riddiford-Harland, D. L., Steele, J. R., Cliff, D. P., Okely, A. D., Morgan, P. J., Jones, R. A., & Baur, L. A. (2015). Lower activity levels are related to higher plantar pressures in overweight children. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(2), 357-362.
27. Salvy, S. J., Miles, J. N., Shih, R. A., Tucker, J. S., & D'Amico, E. J. (2016). Neighborhood, family and peer-level predictors of obesity-related health behaviors among young adolescents. *Journal of pediatric psychology*, jsw035.
28. Alkahtani, S. A., Byrne, N. M., Hills, A. P., & King, N. A. (2014). Acute interval exercise intensity does not affect appetite and nutrient preferences in overweight and obese males. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 23(2), 232-238.
29. Jakicic, J. M., King, W. C., Gibbs, B. B., Rogers, R. J., Rickman, A. D., Davis, K. K., ... & Belle, S. H. (2015). Objective versus self-reported physical activity in overweight and obese young adults. *Journal of Physical Activity and Health*, 12(10), 1394-1400.



30. Stubbs, R. J. (2014). Controlling appetite and food intake by regulating eating frequency and timing. *Managing and Preventing Obesity: Behavioural Factors and Dietary Interventions*, 149.
31. Ling, J., King, K. M., Speck, B. J., Kim, S., & Wu, D. (2014). Preliminary Assessment of a School-Based Healthy Lifestyle Intervention Among Rural Elementary School Children. *Journal of School Health*, 84(4), 247-255.
32. Lawson, J. A., Rennie, D. C., Dosman, J. A., Cammer, A. L., & Senthilselvan, A. (2013). Obesity, diet, and activity in relation to asthma and wheeze among rural dwelling children and adolescents. *Journal of obesity*, 2013.
33. Alberga, A. S., Prud'homme, D., Sigal, R. J., Goldfield, G. S., Hadjiyannakis, S., Phillips, P., ... & Wells, G. A. (2015). Effects of aerobic training, resistance training, or both on cardiorespiratory and musculoskeletal fitness in adolescents with obesity: the HEARTY trial. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(3), 255-265.
34. Animesh, H., Chakravarthy, K., & Swatik, M. (2015). Effect of aerobic exercise training on body composition and heart rate recovery in overweight and obese sedentary Indian women. *Journal of Medicine and Pharmaceutical Sciences*, 5(1), 1-6.
35. Hay, J., Wittmeier, K., MacIntosh, A., Wicklow, B., Duhamel, T., Sellers, E., ... & Shen, G. X. (2016). Physical activity intensity and type 2 diabetes risk in overweight youth: a randomized trial. *International Journal of Obesity*, 40(4), 607-614.
36. Laurson, K. R., Lee, J. A., & Eisenmann, J. C. (2015). The cumulative impact of physical activity, sleep duration, and television time on adolescent obesity: 2011 Youth Risk Behavior Survey. *Journal of Physical Activity and Health*, 12(3), 355-360.
37. De Bock, F., Genser, B., Raat, H., Fischer, J. E., & Renz-Polster, H. (2013). A participatory physical activity intervention in preschools: a cluster randomized controlled trial. *American journal of preventive medicine*, 45(1), 64-74.
38. Behringer, M., Schüren, T., McCourt, M., & Mester, J. (2016). Efficacy of manual versus free-weight training to improve maximal strength and performance for microgravity conditions. *Journal of sports sciences*, 34(7), 630-636.

39. Pescatello, L. S., MacDonald, H. V., & Johnson, B. T. (2015). The effects of Aerobic exercise on hypertension: current consensus and emerging research. In *Effects of Exercise on Hypertension* (pp. 3-23). Springer International Publishing.
40. Vanhelst, J., Fardy, P. S., Béghin, L., Bui-Xuan, G., & Mikulovic, J. (2015). Strategies in intervention programmes for obese youth: implication of the age and the type of physical activities. *Clinical physiology and functional imaging*, 35(1), 17-20.
41. Forti, L. N., Van Roie, E., Njemini, R., Coudyzer, W., Beyer, I., Delecluse, C., & Bautmans, I. (2017). Effects of resistance training at different loads on inflammatory markers in young adults. *European Journal of Applied Physiology*, 1-9.
42. Brambilla, P., Andreano, A., Antolini, L., Bedogni, G., Salvatoni, A., Iughetti, L., ... & Genovesi, S. (2017). How Accurate Is a Single Cutpoint to Identify High Blood Pressure in Adolescents?. *American journal of epidemiology*.
43. Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., & Myer, G. D. (2013). Youth resistance training: past practices, new perspectives, and future directions. *Pediatric exercise science*, 25(4), 591-604.
44. Fedewa, M. V., Gist, N. H., Evans, E. M., & Dishman, R. K. (2014). Exercise and insulin resistance in youth: a meta-analysis. *Pediatrics*, 133(1), e163-e174.

## Capitolo 5 - Lo studio sperimentale

### 5.1 Introduzione

Recentemente la ricerca scientifica raccomanda l'allenamento basato sulla resistenza muscolare per bambini e adolescenti. Infatti se applicato correttamente e somministrato anche con sovraccarichi, ma con tecniche adeguate e controllate da personale specializzato può essere un metodo efficace e altamente monitorabile (Lloyd, 2014). E' opinione comune che l'attività fisica proposta con sovraccarico a soggetti in accrescimento possa causare facili infortuni. Tale rischio può essere ridotto al minimo se si programma il lavoro con carichi di allenamento adeguati, utilizzando attrezzature appropriate all'età e garantendo un giusto recupero tra gli allenamenti proposti (Faingenbaum, 2010).

Diversi studi hanno mostrato che i programmi di allenamento a bassa intensità non danno uno stimolo sufficientemente elevato per produrre i necessari adattamenti al lavoro, compromettendo il risultato finale (Docherty, 1987). L'allenamento progressivo ad alta intensità, basato sul potenziamento muscolare, è stato proposto negli ultimi anni anche per ridurre l'obesità in bambini adolescenti e in sovrappeso, in quanto riduce l'adiposità aumentando la massa muscolare e migliorando la sensibilità all'insulina (Benson, 2008; Durrer, 2015). Sapendo che condizione necessaria per mantenere a lungo termine la perdita peso è svolgere attività fisica in maniera continuativa, è essenziale che il volume, le modalità e l'intensità debbano essere adeguati e soddisfacenti per i giovani adolescenti in sovrappeso ed obesi che la praticano (Donnelly, 2009; Thiel, 2011). Tradizionalmente si consigliava ai giovani in sovrappeso di effettuare allenamenti di tipo aerobico, con metodo prolungato ed estensivo, riconosciuto come mezzo elettivo per l'utilizzazione dei grassi corporei a scopo energetico. Tuttavia, tale metodo risulta quanto mai gravoso per soggetti che devono affrontare un lavoro anti gravitativo prolungato essendo corredati da sovra carico naturale rappresentato dal proprio sovrappeso. Si parla infatti, anche del pericolo di lesioni muscolo scheletriche a carico degli arti inferiori e della colonna, considerando che tali soggetti spesso non hanno sviluppato correttamente la muscolatura preparata ad ammortizzare l'impatto con il suolo (Gillis, 2006). Inoltre, tenendo presente che si tratta di giovani il metodo prolungato risulta noioso e poco motivante, compromettendo l'aderenza al programma e sicuramente la probabilità di continuarlo, a scopo di mantenimento, una

volta ottenuto l'obiettivo della perdita di peso. L'esercizio di tipo aerobico viene generalmente evitato dagli adolescenti in sovrappeso ed obesi per non incorrere in derisione da parte dei coetanei, a differenza di quanto avviene per gli esercizi di forza, che danno loro la possibilità ai soggetti sovrappeso di avere delle buone prestazioni e spesso migliori dei loro coetanei. L'allenamento orientato allo sviluppo della forza muscolare garantisce una migliore aderenza ai protocolli di questo allenamento, caratterizzati da esercizi strutturati con brevi fasi di carico e tempi di recupero frequenti tra le ripetizioni e le serie (Ekkekakis, 2009). Un programma di potenziamento muscolare nei giovani in sovrappeso consente risultati a breve termine, migliorando di conseguenza l'autostima dei praticanti (Faingbaum, 2009). Infatti, spesso l'obesità è associata ad una bassa autostima, ad un cattivo umore, depressione e mancanza di benessere emotivo (Haines, 2010; Patton, 2011). Pertanto, la tipologia e la metodologia dell'allenamento proposto a questa popolazione, pur considerando l'obiettivo della perdita di peso, devono rispettare le esigenze individuali, strutturando degli obiettivi parziali da raggiungere in breve tempo, in grado di ottimizzare i risultati, ma evitando che i soggetti si annoino o si vergognino del loro stato e quindi abbandonino l'attività (Wilson, 2012). Se i soggetti saranno gratificati dall'effettuazione dell'attività e dai risultati raggiunti, molto probabilmente inseriranno tale attività nel loro stile di vita. Sappiamo infatti, che il pericolo maggiore, dopo una terapia di riduzione del peso corporeo, è la facilità con cui il soggetto recupera il peso perso, durante il periodo di interruzione di essa.

Lo scopo dello studio è stato quello di identificare il programma di allenamento ottimale, raccomandato per gli adolescenti in sovrappeso ed obesi, con l'obiettivo di ridurre l'adiposità, aumentando la massa magra. Inoltre ci si è proposti di creare in tali soggetti un'aderenza positiva all'esercizio fisico, al fine di cambiare lo stile di vita sedentario di questi soggetti e quindi mantenere più a lungo possibile i benefici dell'attività fisica effettuata. E' stato dimostrato che programmi di allenamento di resistenza muscolare, a moderata ed alta intensità, possono fornire miglioramenti nella forza di questa popolazione speciale e prepararli ad affrontare qualsiasi programma di attività fisica successivo. A tal fine è stato strutturato e proposto in questo studio un protocollo di allenamento articolato in due fasi di lavoro: una prima di resistenza muscolare a diversa intensità, che rendesse idonei i partecipanti ad affrontare la seconda fase di allenamento aerobico, particolarmente adatto alla riduzione del peso. Ci si è proposti, inoltre, di creare nei partecipanti

gradimento e senso di auto efficacia nello svolgimento del programma di resistenza muscolare, che li motivi positivamente a continuare l'attività fisica con regolarità anche dopo l'intervento sperimentale, al fine di mantenere costante la perdita di peso raggiunta nella fase sperimentale dello studio.

## 5.2 Materiali e Metodi

### 5.2.1 Disegno dello studio

Tre gruppi di adolescenti sovrappeso ed obesi sono stati sottoposti a diversi protocolli di attività fisica articolati in due fasi: nella prima fase, della durata di 16 settimane, il primo gruppo ha svolto un protocollo di resistenza a moderata intensità mentre, il secondo gruppo ha svolto lavoro di resistenza muscolare ad alta intensità, il terzo gruppo ha svolto allenamento di tipo aerobico. Nella seconda fase, della durata di 6 settimane, tutti e tre i gruppi hanno svolto allenamento di tipo aerobico. Al termine dello studio, trascorse 12 settimane della fine della fase sperimentale, è stato effettuato un follow-up su tutti i soggetti dello studio (Figura 1). All'inizio dello studio, dopo la prima fase e dopo la seconda fase sono state valutate le misure antropometriche, i valori di composizione corporea e i valori di fitness fisica di tutti i partecipanti. Dopo il follow-up, sono stati analizzati i dati antropometrici e di composizione corporea di tutti i soggetti che hanno partecipato allo studio.

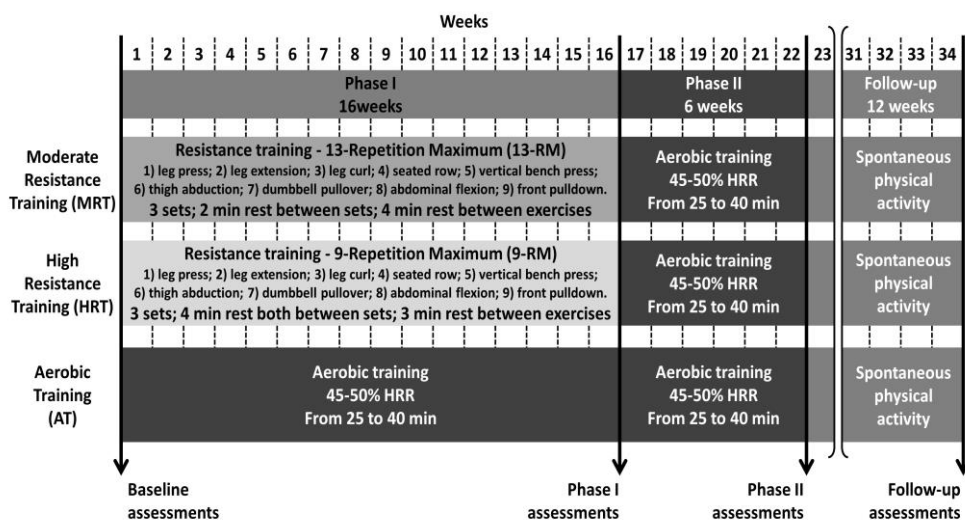


Figura 1 Disegno dello studio

### **5.2.2 Partecipanti**

Quarantacinque adolescenti sovrappeso, di entrambi i sessi, reclutati nelle scuole medie della provincia di Campobasso sono stati arruolati per lo studio. Quarantuno hanno terminato l'intera sperimentazione proposta. I criteri di inclusione sono stati: l'età ( $\geq$  di 12 anni e  $\leq$  15 anni), stile di vita sedentario secondo la definizione di Bennett et al. (2006), grasso corporeo  $\geq$  25% per adolescenti maschi e  $\geq$  30% per adolescenti di genere femminile, Body Mass Index (BMI)  $>$  85 ° percentile confrontati con i dati rappresentativi degli adolescenti della stessa età (Shah, 2012; Ratcliff, 2011) e certificato medico di idoneità all'attività fisica non agonistica. I criteri di esclusione sono stati recenti infortuni, presenza di sindrome metabolica, diabete, malattie cardiovascolari e numero di assenze elevate alle sedute di allenamento programmate nelle fasi dello studio. Il diagramma di flusso dello studio è riportato in Figura 2.

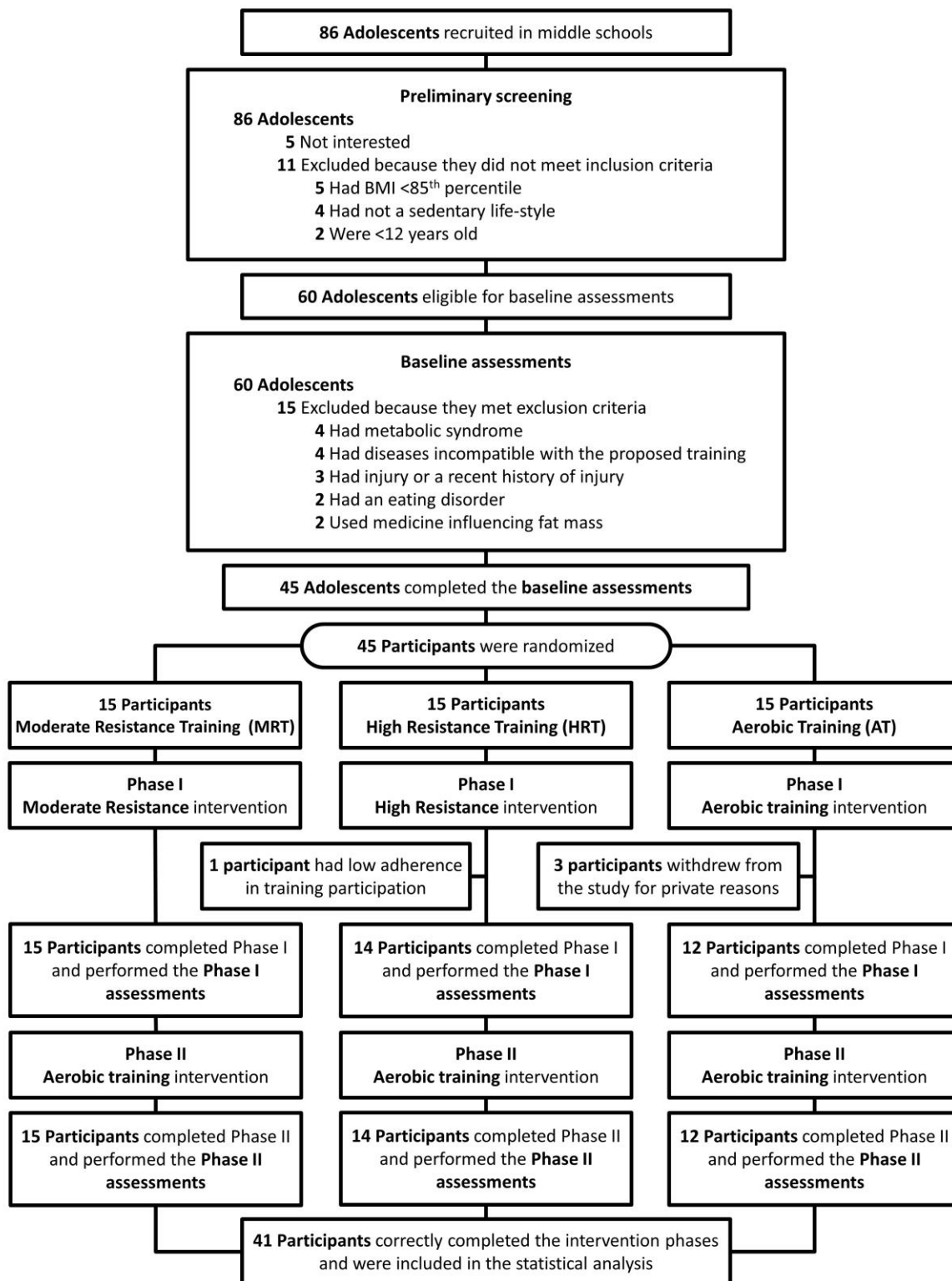
Il consenso informato è stato sottoscritto da tutti i partecipanti allo studio e dai loro genitori essendo i loro figli minorenni. Lo studio è stato condotto secondo i principi delineati nelle linee guide della Dichiarazione di Helsinki. Tutti i dati ottenuti dallo studio sono rimasti anonimi.

## **5.3 Procedure sperimentali**

### **5.3.1 I sessione: test d'ingresso**

Nella prima sessione sperimentale i partecipanti sono stati sottoposti a valutazione antropometrica dello stato nutrizionale e della composizione corporea.

La valutazione comprendeva la misurazione del peso, della statura e del calcolo degli indici pondero-staturali, misurazione delle circonferenze con il calcolo della distribuzione del grasso sotto cutaneo al livello del tronco; misurazioni delle lunghezze segmentali per una valutazione più accurata dell'accrescimento. I dati antropometrici sono stati rilevati per ogni soggetto utilizzando le procedure di raccolta dati secondo Lohman et al. (1989).



**Figura 2** Diagramma di flusso

### **5.3.1.1 Peso**

Il peso corporeo da un'indicazione non precisa della composizione corporea e del bilancio energetico. Esso rappresenta la somma della massa magra (massa proteica 20%; massa minerale 6% e glicogeno 1%), massa grassa, totale acqua corporea. Tuttavia, a livello molecolare una modificazione del peso corporeo può dipendere da uno o più compartimenti corporei. La massa grassa, la massa proteica e il glicogeno hanno anche un significato energetico per cui il peso, a sua volta, può essere considerato come un indicatore del bilancio energetico, anche se un po' grossolano. Infatti, un bilancio energetico a lungo negativo causa la contrazione di massa grassa, massa proteica e glicogeno e un bilancio a lungo positivo il loro aumento.

Il peso corporeo è stato misurato impiegando una bilancia a scala digitale con accuratezza di peso a 0.1 Kg. L'operatore si è accertato che ciascun partecipante indossando solo biancheria intima, abbia distribuito il peso uniformemente sui due piedi al centro della piattaforma della bilancia. La misurazione è stata effettuata al mattino e a digiuno.

### **5.3.1.2 Statura**

Utilizzata congiuntamente al peso la statura consente di valutare le dimensioni corporee e i livelli di accrescimento. La statura è stata misurata con lo stadiometro Harpenden (St Albans, UK), strumento costituito da una barra verticale incorporante un metro e da una barra orizzontale da portare a contatto con il punto più alto del capo. La lettura è stata approssimata a 0,1 cm.

### **5.3.1.3 Indici pondero-staturali**

Gli indici pondero-staturali consentono una prima valutazione obiettiva della malnutrizione per eccesso o difetto e delle turbe dell'accrescimento. Ciò viene ottenuto controllando la dimensione statura sulla dimensione peso. È noto infatti, che la variabilità del peso dai 5 anni si mantiene superiore a quella della statura per la maggior parte della vita. L'indice pondero-staturale utilizzato in questo studio è stato il Body Mass Index (BMI). La ragione di ciò dipende dal fatto che il BMI è un indicatore prognostico sia nel paziente mal nutrito per eccesso sia per difetto. Questo indice è ottenuto dal rapporto tra peso e statura al quadrato valutati in Kg diviso in m<sup>2</sup>. Pur non offrendo informazioni sulla composizione corporea in quanto il suo numeratore, il peso, include sia la massa magra che la massa grassa, vi è un crescente interesse per lo studio del BMI, soprattutto in associazioni con altri indici. Essendo la variabilità del BMI elevata nell'infanzia e nell'adolescenza è stato



necessario riferire i valori del BMI all'età dei partecipanti. Il BMI è in grado di spiegare il 36-64% della varianza di percentuale di massa grassa nell'adulto e il 20-75% nel bambino.

#### **5.3.1.4 Circonferenza vita**

La circonferenza della vita è un indice del tessuto adiposo profondo (Borkan G et al., 1983) ed è correlata alla massa grassa (Jackson AS & Pollock ML, 1976). Per valutare la circonferenza della vita sono stati utilizzati i valori di cut-off validati a livello internazionale (Moreno, 2002). La circonferenza della vita è altamente correlata con il BMI, che è un indice di adiposità e magrezza. Si stima che valori della circonferenza vita pari o superiori a 88 cm per le donne e 102 cm per gli uomini siano fortemente associati ad un aumento del rischio di numerose malattie considerate complicanze metaboliche dell'obesità. Quest'associazione è spiegata dal fatto che la circonferenza vita rappresenta un valido indice della distribuzione del tessuto adiposo in sede viscerale, ed è quindi in grado di fornire utili indicazioni sulla topografia del grasso corporeo. (Price GM et al, 2006).

#### **5.3.1.5 Circonferenza fianchi**

La circonferenza fianchi, detta più correttamente dei glutei, rappresenta il tessuto adiposo che in questa zona è largamente sottocutaneo e correlato all'adiposità del distretto inferiore del corpo. Utilizzata congiuntamente alla circonferenza vita, in forma di rapporto vita-fianchi, essa è un indice di distribuzione del tessuto sottocutaneo, associato al rischio di diabete mellito, particolarmente alto nelle donne. Inoltre è (Mueller, 1987). La circonferenza viene misurata orizzontalmente a livello della maggiore estensione laterale dei fianchi. Il livello dei fianchi è reperibile all'altezza del trocantere più facile da localizzare e meglio correlato al tessuto adiposo del distretto inferiore. A livello di attendibilità è risultato di livello ottimo.

#### **5.3.1.6 Rapporto circonferenza vita - fianchi**

Il rapporto tra circonferenza vita e circonferenza fianchi è molto importante per valutare la distribuzione del grasso corporeo e per determinare l'incidenza o il probabile sviluppo di alcune patologie cardiache (rapporto valutato  $WHR = \frac{\text{circ. vita} \times 100}{\text{circ. fianchi}}$ ). Viene utilizzato anche per indicare il tipo di distribuzione del tessuto adiposo sottocutaneo che può essere in particolare di due tipi: androide o a mela tipicamente maschile e ginoide o a pera tipicamente femminile. Il rapporto viene valutato in base a certi valori di riferimento differenti per i due sessi. Nell'uomo, valori superiori a 0.95 sono considerati corrispondenti

ad un aumento di rischio per le malattie cardiache, nelle donne da 0.80 in su. Dobbelsteyn et al. (2001) hanno potuto verificare una correlazione significativa tra il livello di fitness e distribuzione del tessuto adiposo. La riduzione del grasso di deposito addominale e del rapporto circonferenza vita/fianchi sono positivamente correlati al miglioramento del grado di efficienza fisica, misurato attraverso la determinazione del consumo di ossigeno e della soglia anaerobica.

#### **5.3.1.7 Valutazione della composizione corporea**

La composizione corporea è stata valutata attraverso l'utilizzo del plicometro, costituito da una pinza e da una scala graduata che misura la distanza tra le punte. Le pliche sono state misurate sul lato destro dei partecipanti allo studio e registrate con una tolleranza di 0.1 mm. Ciascuna misurazione è stata ripetuta tre volte dallo stesso operatore e la media delle tre misurazioni è stata considerata per l'analisi statistica. Il plicometro è stato utilizzato per misurare le pliche dei bicipiti, tricipiti, addominale, sottoscapolare e sovrailiaca. Le misure ottenute in millimetri sono state riportate nell'equazione di Johnnton et al. (1988) per ottenere i valori di densità corporea dei partecipanti. La densità corporea è stata utilizzata per calcolare la percentuale di massa grassa o Fat Mass (FM) utilizzando l'equazione di Weststrate e Deurenberg (1989), adatta per la popolazione adolescente. Uno studio di Rodriguez et al. (2005) ha dimostrato che la valutazione di %FM con l'utilizzo di questa procedura, confrontata con la misurazione ottenuta attraverso l'utilizzo della Densitometria Assiale a raggi X (DXA), ha un errore assoluto del 5,92% per le ragazze e del 3,9% per i maschi. La valutazione di massa magra o Free Fat Mass (FFM) dei partecipanti è stata calcolata per valutare le modificazioni di quest'ultima durante lo studio sperimentale e successivamente al follow-up.

#### **5.3.1.8 Pliche**

Nella sua accezione antropometrica, il termine plica designa lo spessore di una piega della cute e del tessuto adiposo sottocutaneo, in un punto specifico del corpo. La misura della plica viene effettuata con un calibro le cui estremità esercitano una pressione costante e standardizzata. La plicometria è una tecnica utile alla quantificazione del grasso sottocutaneo e può essere considerata uno degli indicatori indiretti dello stato di salute di un soggetto. Il grado di correlazione del grasso sottocutaneo con quello totale è funzione dell'età e varia in differenti individui e popolazioni. Il valore predittivo delle pliche corporee per la massa grassa totale varia inoltre in base al sito di misurazione: alcuni siti

sono strettamente correlati alla massa grassa totale mentre altri sono relativamente indipendenti ad essa. Le pliche corporee figurano quali importanti variabili di numerose equazioni antropometriche per la predizione della composizione corporea (Durnin JVGA, 1974). Inoltre, la plicometria consente di definire la topografia del grasso sottocutaneo. E' importante standardizzare i criteri di selezione e localizzazione dei siti di misurazione, in quanto anche piccole variazioni possono compromettere grandemente la misurazione. La misurazione della plica avviene con l'utilizzo del plicometro, (figura 3), uno strumento in acciaio, calibrato, che permette di misurare i millimetri di grasso sottocutaneo (plica). Il plicometro Harpenden, di John Bull, misura con una precisione del quinto di millimetro.



**Figura 3**

Esso produce, sul punto applicato, una forza costante di 10gr/mm<sup>2</sup>.

La misura delle pliche è una tecnica semplice, non invasiva, per valutare la relazione tra grasso sottocutaneo e grasso corporeo. Per misurare la plica bisogna sollevare solo la cute e sottocute e non la massa muscolare, perpendicolarmente al punto di valutazione. La misurazione è più difficile quanto è maggiore la massa grassa e quindi la plica da misurare, in quanto è più difficile in questi casi staccare bene la massa muscolare da quella grassa e questo risulta essere una limitazione molto forte, che impedisce di ottenere una valida e sicura validazione dei soggetti obesi (Bray, 1987). Le pliche sottoscapolari e soprailiaca risultano le più complesse nella misurazione in soggetti obesi, mentre quelle bicipitale e tricipitale possono essere rilevate facilmente in tutti i soggetti. Queste osservazioni, accurate

durante un esperimento di Bray, indicano le severe limitazioni associate alla misurazione delle pliche nel soggetto obeso (figura 4).



**Figura 4**

#### ***5.3.1.9 Plica bicipitale***

La plica bicipitale, insieme ad altre pliche, è un indice del tessuto adiposo sottocutaneo totale ed dello spessore della cute della superficie anteriore del braccio. Sia la plica bicipitale che quella tricipitale consentono di valutare il somatotipo sono predittivi del grasso totale corporeo (Durnin JV et al, 1974) e sono misure molto utili soprattutto per gli obesi, nei quali altre pliche sono difficilmente valutabili. L'International Biologic Program annovera la plica bicipitale tra le possibili 10 da utilizzare negli studi di crescita, stato nutrizionale e capacità di lavoro.

#### ***5.3.1.10 Plica tricipitale***

La plica tricipitale è quella più comunemente misurata, in parte per la sua facile accessibilità. Essa è strettamente correlata con il grasso corporeo percentuale e totale ma è meno correlata delle pliche del tronco con la pressione arteriosa. Per questo motivo la plica tricipitale è spesso inclusa negli studi della distribuzione del grasso corporeo. Molti autori, tra cui Cameron N. (1978), considerano la tricipitale, la sottoscapolare, la soprailiaca e la bicipitale come il numero minimo di pliche rappresentative del grasso corporeo.

#### ***5.3.1.11 Plica addominale***

La plica addominale è un indicatore dei depositi adiposi sottocutanei della regione addominale. Essa è inclusa in diverse equazioni predittive della FM. Il soggetto è in posizione eretta, con le braccia rilassate ai lati del tronco. La muscolatura addominale deve essere rilassata e la respirazione non deve produrre variazioni significative dell'escursione

addominale. In casa contrario, l'operatore chiederà al soggetto di trattenere il respiro al termine di una normale espirazione e soltanto allora effettuerà la misurazione. La plica viene sollevata sul piano orizzontale, 3 cm lateralmente all'ombelico e 1 cm inferiormente ad esso.

#### **5.3.1.12 Plica soprailiaca**

La plica soprailiaca è utilizzata, unitamente ad altre pliche corporee, come indice del grasso corporeo (Durnin JV et al., 1974). Essa è utile nello studio della distrettualità del tessuto adiposo, la cui valutazione è importante in relazione al rischio di malattia (Lapidus L et al., 1984).

#### **5.3.1.13 Plica sottoscapolare**

La plica sottoscapolare è una misura dello spessore della cute e della sottocute della superficie posteriore del tronco. Essa è un importante indice di valutazione dello stato nutrizionale e, usata in combinazione con altre corporee, è un utile predittore della massa grassa totale, della pressione arteriosa e dei lipidi plasmatici

### **5.3.2 II sessione: test d'ingresso**

Nelle giornate successive alla prima sessione, tutti i soggetti hanno effettuato una batteria di tests per valutare la loro condizione fisica.

La valutazione fisica dei partecipanti è stata effettuata utilizzando i test specifici della batteria di test Eurofit, per la flessibilità, l'agilità, la resistenza e l'equilibrio (Eurofit Test, 1988) e attraverso il test Queens College è stato valutato il massimo consumo di ossigeno ( $VO_2 \text{ max}$ ) (Catterjee, 2001) (figura 5). Tutti i test sono stati eseguiti tra le 9 e le 12 del mattino.. Il protocollo consiste nell'intensificare la velocità di salita e discesa da un rialzo di 41,3 cm partendo da una velocità di 22 (per le femmine) e 24 (per i maschi) battute al minuto, per 3 minuti totali di esercizio. I partecipanti dopo il terzo minuto interrompono l'esercizio per misurare la frequenza cardiaca attraverso il calcolo dei battiti al minuto (bpm), dopo 20 secondi di recupero. La frequenza cardiaca è stata misurata attraverso l'utilizzo di un cardiofrequenzimetro Polar modello A300 con sensore H7. La stima del massimo consumo di ossigeno è stata effettuata utilizzando una delle seguenti equazioni in base al genere dei partecipanti. Per i maschi,  $VO_2 \text{ max (mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = 111.33 - (0.42 \times \text{bpm})$ ; per le femmine,  $VO_2 \text{ max (mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = 65.81 - (0,1847 \times \text{bpm})$  (Mc Ardle, 1972).



**Figura 5:** Step-test

Il test del Sit and Reach (Figura 6) è stato eseguito per misurare la flessibilità della schiena e dei muscoli adduttori (Vanhees, 2005).



**Figura 6:** Sit and Reach

Per valutare la resistenza dei muscoli addominali è stato utilizzato il Curl Test (Figura 7) valutando il numero delle ripetizioni fatte dai partecipanti in 60 secondi (YMCA, 2000).



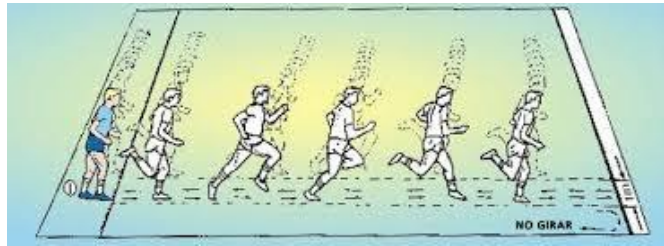
**Figura 7: Curl test**

Il Flamingo Balance Test (Figura 8) ha valutato la capacità di equilibrio dei partecipanti sull'appoggio di una gamba su una barra lunga 50 cm, alta 5 cm e larga 3 cm. L'obiettivo è stato valutare quante volte i partecipanti in 60 secondi perdono l'equilibrio toccando terra con la gamba che resta sospesa (Rothman, 2000).



**Figura 8: Flamingo Balance Test**

La prova della navetta (Figura 9) ha potuto valutare la potenza anaerobica, la velocità e l'agilità dei partecipanti attraverso il tempo impiegato per coprire, in sequenza di 10 volte, la distanza di 5 metri, con un percorso di andata e ritorno (Vanhees, 2005).



**Figura 9:** Test della navetta

### **5.3.3 III sessione: protocolli sperimentali di attività fisica**

I partecipanti sono stati divisi casualmente in tre gruppi: Moderate Resistance Training (MRT); High Resistance Training (HRT) ed Aerobic Training (AT). I soggetti partecipanti sono stati randomizzati in gruppi di sei, con due soggetti randomizzati per ciascun gruppo secondo una sequenza di numeri casuali generati da un software specifico. Questa procedura è stata adottata per ottenere gruppi di pari dimensione per evitare *bias* in fase di ripartizione di gruppi.

Durante la prima fase il gruppo di MRT ha lavorato con macchine isotoniche di potenziamento muscolare per arti inferiori e superiori, con un'intensità massima di 13 ripetizioni (13 RM), con tre sedute di allenamento alla settimana. Il gruppo di HRT ha svolto lo stesso protocollo di allenamento con macchine isotoniche uguali ma con un'intensità massima di 9 ripetizioni (9 RM). Il numero di serie e di ripetizioni durante la prima fase non è stato modificato. I carichi di lavoro sono stati modificati rispetto ai miglioramenti riscontrati nei partecipanti.

Per la valutazione della forza in termini di 1-RM è stato utilizzato il metodo sub massimale (Brzycki, 1993) che stima indirettamente questo valore. Questa valutazione indiretta è stata utilizzata per garantire la sicurezza dei partecipanti. La 9-RM e 13-RM, utilizzate rispettivamente nei protocolli HRT e MRT, sono state valutate per ciascun partecipante, all'inizio della prima sessione e rivalutate ogni 3 settimane.

Il gruppo AT ha svolto tre sedute di allenamento con un'intensità di lavoro pari al 45-50% della riserva di frequenza cardiaca. Le macchine utilizzate per svolgere tale attività fisica sono stati il cicloergometro e il nastro trasportatore. La durata di ogni sessione di allenamento è stata progressivamente aumentata dai 25 minuti iniziali sino a 40 minuti



finali, aggiungendo 5 minuti ad ogni successiva seduta di allenamento e prevedendo ad ogni seduta di allenamento 10 minuti rispettivamente di riscaldamento e di defaticamento.

Durante la fase II tutti e tre i gruppi hanno svolto attività aerobica, seguendo le stesse modalità del gruppo aerobico della I Fase di lavoro.

L'attività fisica in tutte le fasi dello studio e per tutti e tre gruppi di studio è stata supervisionata da tre personal trainers, assegnati ad ogni gruppo (con un rapporto personal trainer – partecipanti di 1 a 5), al fine di garantire la massima sicurezza dei partecipanti nel corretto utilizzo delle macchine, di controllare l'esecuzione corretta degli esercizi, e assicurarsi la massima aderenza ai protocolli programmati nelle due fasi di lavoro e per i rispettivi gruppi. E' stata monitorata la frequenza cardiaca dei partecipanti attraverso l'utilizzo di cardio-frequenzimetri Polar Team System 2 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia).

Tutti i partecipanti hanno eseguito due sessioni preliminari per familiarizzare con l'uso corretto delle macchine isotoniche, con i ciclo ergometri e i tapis roulant e di valutare carico ottimale individuale di lavoro (13 RM e 9 RM).

Al termine della fase sperimentale, complessivamente della durata di 22 settimane, i partecipanti sono stati incoraggiati a continuare l'attività fisica e dopo 12 settimane dalla data di chiusura dello studio, sono stati rivalutati sulle misure antropometriche e di composizione corporea. Inoltre, è stato somministrato un questionario al fine di indagare se i partecipanti avessero condotto uno stile di vita attivo, continuando a praticare attività fisica dopo l'interruzione della sperimentazione.

Sulla base dei risultati del questionario somministrato ai partecipanti sono state individuate due categorie di soggetti: soggetti che hanno continuato a svolgere attività fisica, Positive Continuers (POS-CO) e soggetti che hanno smesso di svolgere attività fisica o che hanno continuata in maniera sporadica, Negative Continuers (NEG-CO). La valutazione del follow-up ha potuto valutare se i tre gruppi dello studio avessero mantenuto dei benefici ottenuti, basandosi sull'osservazione dell'eventuale variazione su misure antropometriche e su misure di composizione corporee confrontata con i risultati osservati prima dell'inizio dello studio (valutazione basale) e con quelli di fine studio (fase II).

## 5.4 Analisi Statistica

L'analisi della varianza (ANOVA) è stata effettuata per valutare la omogeneità dei tre gruppi in termini di età, sesso, BMI, peso, % FM e FFM, prima della sperimentazione. E' stata effettuata l'ANOVA per misure ripetute per valutare se vi fossero delle differenze significative delle misure antropometriche, della composizione corporea e dei valori della fitness dei partecipanti durante le tre differenti rilevazioni (within factor named time: pre vs. intermediate vs. post evaluation), tra i tre gruppi (between factor named groups: MRT vs. HRT vs. AT) e nell'interazione tempo x gruppo. Le variabili dipendenti analizzate sono mostrate in tabella 1.

Il test Bonferroni è stato utilizzato per valutare le differenze tra i valori medi delle variabili qualora la F di Fisher avesse mostrato significatività statistica. Il livello di significatività statistica è stato settato a 0.05. E' stato calcolato effect size per valutare la numerosità del campione.

Per l'analisi dei dati di follow-up, è stato calcolato il numero di POS-CO, ossia soggetti che hanno continuato l'attività fisica dopo la fine della sperimentazione e NEG-CO coloro che hanno interrotto l'attività. Il valore del chi-quadro,  $3 \times 2$  (tre gruppi  $\times$  due categorie), è stato calcolato per rilevare differenze significative tra i tre gruppi nell'entità numerica di partecipazione all'attività fisica dopo la fine della sperimentazione. Chi-quadro  $2 \times 2$  è stato invece utilizzato per confrontare i gruppi. Sono stati calcolati le variazioni ( $\Delta$ s) tra i risultati dei dati antropometrici e di composizione corporea del follow-up e della rilevazione effettuata dopo la fase I e dopo la fase II. Il  $\Delta$  è stato calcolato per ogni gruppo (MRT, HRT e AT) e per ogni categoria (POS-CO e NEG-CO) per le seguenti quattro variabili: peso, BMI, % FM e FFM. Quest'analisi è stata finalizzata a valutare le variazioni antropometriche e di composizione corporea a lungo termine dei partecipanti in ogni gruppo di lavoro, confrontando la condizione di partenza e la condizione al termine dell'intervento con i dati di follow-up, valutando separatamente coloro che erano ancora in attività dai sedentari.

Per tutte le analisi statistiche è stato utilizzato il pacchetto software SPSS (version 20.0; IBM).

## 5.5 Risultati

L'ANOVA per misure ripetute ha mostrato differenze significative nel tempo per la statura ( $F = 2.76$ ,  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.365$ ), la % FM ( $F = 2.76$  5.843;  $p = 0.004$ ;  $\eta^2 = 0.133$ ), la FFM ( $F = 2.76$  6.254;  $p = 0.003$ ;  $\eta^2 = 0.141$ ), il Flamingo balance ( $F = 2.76$  32.597;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.462$ ), il Sit and Reach Test ( $F = 2.76$  9.678;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.203$ ), il Test a navetta ( $F = 2.76$  7.988;  $p = 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.174$ ), il Curl Test addominale ( $F = 2.76$  8.477;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.182$ ), e VO 2 max ( $F = 2.76$  32.692;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.462$ ). Dall'analisi post-hoc si evince che il peso dei partecipanti si mantiene sostanzialmente invariato in tutti e tre i gruppi per tutto il periodo della sperimentazione. La statura aumenta significativamente nei soggetti partecipanti allo studio (Tabella 1), dall'inizio della sperimentazione fino al termine della stessa dopo 22 settimane. Né il BMI, né la circonferenza dell'addome, né il rapporto WHR (circonferenza addome/circonferenza glutea) hanno mostrato modificazioni con valori significativi, anche se una leggera tendenza alla diminuzione è visibile dall'osservazione dei dati in Tabella 2.

Differenze significative sono emerse per i dati di composizione corporea relativamente ai comparti di massa magra e grassa, ma solo per i gruppi che hanno effettuato nella fase di sperimentazione un allenamento orientato alla resistenza muscolare. Da notare è che il gruppo che ha lavorato a moderata intensità ha mostrato incrementi significativi della massa magra, già nella valutazione intermedia. Nel terzo gruppo non si evincono modificazioni significative della composizione corporea, anche se una tendenza all'aumento della massa magra sembrerebbe evidenziarsi soprattutto nell'ultima valutazione.

Si evidenzia una differenza significativa tra i gruppi nel Flamingo balance Test ( $F = 2.38$  72.555;  $p = 0.013$ ;  $\eta^2 = 0.205$ ), nel test della navetta ( $F = 2.38$  11.637;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.380$ ), e nei valori di VO 2 max ( $F = 2.38$  4.264;  $p = 0.021$ ;  $\eta^2 = 0.183$ ). Infine, differenze significative sono state trovate nell'interazione tempo  $\times$  gruppo per la % FM ( $F = 4.76$  3.333;  $p = 0.014$ ;  $\eta^2 = 0.149$ ) e per il test del Flamingo balance ( $F = 4.76$  8.331;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.304$ ). I risultati delle successive sessioni di tests in termini di valori medi e deviazione standard e i risultati dell'analisi post-hoc sono riportati in Tabella 2.

L'analisi post-hoc evidenzia un miglioramento di tutti e tre i gruppi nel Flamingo Balance test, nello shuttle-test e nello Step-test. Solo i due gruppi di resistenza muscolare migliorano significativamente nell'Abdominal Curl e nessuno nel Sit and Reach.

Differenze significative tra i gruppi, a vantaggio di tutti e due i gruppi di resistenza muscolare rispetto al gruppo di allenamento aerobico, sono evidenziate nel Flamingo Balance test, nello Shuttle-test e nello Step-test.

L'aderenza al programma di esercizio nel periodo compreso tra l'inizio della sperimentazione e le 16 settimane, è stata in media del 94% (ogni partecipante ha effettuato almeno 40 sessioni sulle 48 programmate, con una media di 45 sessioni effettuate) sia per il gruppo MRT sia per il gruppo HRT, senza nessuna differenza significativa tra i due gruppi mentre, per il gruppo AT è stata dell'83%. Dalla sedicesima alla ventiduesima settimana (fase II) l'aderenza è stata maggiore del 98% per i due gruppi di resistenza muscolare (almeno 16 sessioni effettuate sulle 18 programmate), mentre per il gruppo AT è stata del 78%.

I risultati del  $\chi^2$  mostrano differenze significative tra i tre gruppi relativamente alla continuazione dell'attività fisica dopo la fine della sperimentazione ( $\chi^2$  value = 6.73;  $p = 0.035$ ). Il confronto dei gruppi due a due ha mostrato che il MRT ( $\chi^2$  value = 4.64;  $p = 0.031$ ) e HRT ( $\chi^2$  value = 5.57;  $p = 0.018$ ) hanno un numero significativamente più alto di soggetti che hanno continuato l'attività fisica rispetto al gruppo AT. Il  $\% \Delta$  dei punteggi di follow-up, in confronto ai dati pre e post fase II, sono riportati in Tabella 3.

Per quanto riguarda la rivalutazione dei parametri antropometrici, dopo le 12 settimane di follow-up, si evince che i gruppi che hanno interrotto l'attività, sia di resistenza muscolare che di aerobico, hanno riguadagnato peso in maniera sostanzialmente uguale mentre tutti i gruppi che hanno proseguito l'attività hanno continuato a perdere peso e in maniera maggiore coloro che hanno effettuato resistenza muscolare. La percentuale di massa grassa è aumentata maggiormente nei gruppi di allenamento alla resistenza muscolare che hanno interrotto l'attività rispetto al gruppo aerobico. In questi gruppi la perdita di massa magra è stata sostanzialmente identica. Tutti i soggetti che hanno continuato l'attività hanno mostrato un sostanziale mantenimento della percentuale di massa grassa e di massa magra alla fine del follow-up.

**Tabella 1. Descrizione del Campione**

<b>Group</b>	<b>Age (years)</b>	<b>Weight (kg)</b>	<b>Height (m)</b>	<b>BMI (kg·m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Fat Mass (%)</b>
<b>MRT</b>	12.73 ± 0.70	69.18 ± 18.72	1.57 ± 0.09	27.81 ± 5.41	34.07 ± 6.70
<b>HRT</b>	12.21 ± 0.43	68.51 ± 13.15	1.56 ± 0.08	27.48 ± 3.59	33.33 ± 7.29
<b>C</b>	12.67 ± 0.65	68.32 ± 14.05	1.59 ± 0.07	26.93 ± 3.92	32.92 ± 6.42
<b>Total</b>	12.54 ± 0.64	68.59 ± 15.45	1.57 ± 0.08	27.25 ± 4.51	33.48 ± 6.67

MRT = Moderate Resistance Training; HRT = High Resistance Training; C = Control group; BMI = Body Mass Index.

**Tabella 2.** Results obtained by the 3 groups in the Pre, Intermediate and Post assessments

		<b>MRT</b>	<b>HRT</b>	<b>C</b>
<b>Anthropometric measures</b>		<b>Means (SD)</b>	<b>Means (SD)</b>	<b>Means (SD)</b>
Weight (kg)	Pre	69.18 (18.72)	68.51 (13.15)	68.32 (14.05)
	Intermediate	70.04 (16.70)	70.47 (11.37)	68.50 (13.62)
	Post	71.25 (15.46)	72.24 (11.39)	70.00 (11.42)
Height (m)	Pre	1.57 (0.09) <sup>c</sup>	1.56 (0.08) <sup>c</sup>	1.59 (0.07)
	Intermediate	1.59 (0.10)	1.58 (0.07) <sup>c</sup>	1.60 (0.07)
	Post	1.61 (0.07) <sup>a</sup>	1.60 (0.05) <sup>ab</sup>	1.62 (0.06)
BMI (kg·m <sup>-2</sup> )	Pre	27.81 (5.41)	27.48 (3.59)	26.93 (3.92)
	Intermediate	27.54 (4.23)	28.58 (4.67)	27.57 (4.39)
	Post	26.96 (3.85)	27.84 (1.48)	26.45 (3.44)
Waist Circumference (cm)	Pre	84.20 (9.67)	88.21 (9.61)	88.54 (10.89)
	Intermediate	83.35 (8.97)	83.75 (9.1)	88.38 (10.85)
	Post	83.23 (7.97)	83.64 (6.39)	85.40 (11.97)
WHR	Pre	0.81 (0.05)	0.88 (0.09)	0.89 (0.07)
	Intermediate	0.84 (0.10)	0.86 (0.08)	0.89 (0.07)
	Post	0.84 (0.09)	0.87 (0.09)	0.87 (0.12)
<b>Body composition</b>				
%FM	Pre	34.07 (6.70) <sup>bc</sup>	33.33 (7.29) <sup>bc</sup>	32.92 (6.42)
	Intermediate	31.11 (5.00) <sup>a</sup>	30.92 (6.04) <sup>a</sup>	33.50 (6.23)
	Post	29.41 (3.52) <sup>a</sup>	30.28 (3.39) <sup>a</sup>	32.56 (5.41)
FFM (kg)	Pre	46.80 (10.05)	45.31 (8.55) <sup>c</sup>	45.78 (10.59)
	Intermediate	45.77 (11.81) <sup>c</sup>	48.40 (8.01)	46.45 (10.6)
	Post	49.92 (8.16) <sup>b</sup>	49.83 (5.87) <sup>a</sup>	48.66 (8.61)
<b>Physical fitness test</b>				
Flamingo Balance Test (s)	Pre	7.83 (2.98) <sup>bc</sup>	7.50 (2.71) <sup>bc</sup>	7.25 (2.77)
	Intermediate	3.23 (3.19) <sup>a*</sup>	3.30 (2.45) <sup>a*</sup>	8.08 (2.78) <sup>c</sup>
	Post	2.36 (2.98) <sup>a*</sup>	3.00 (2.42) <sup>a*</sup>	5.70 (2.63) <sup>b</sup>
Shuttle Test (s)	Pre	25.36 (2.49) <sup>c</sup>	25.05 (2.53) <sup>c</sup>	26.17 (1.66)
	Intermediate	24.06 (3.46) <sup>*</sup>	23.10 (1.46) <sup>*</sup>	27.41 (2.54) <sup>c</sup>
	Post	22.44 (2.57) <sup>a*</sup>	22.43 (1.00) <sup>a*</sup>	24.9 (1.08) <sup>b</sup>
Abdominal Curl (repetitions in 60s)	Pre	18.88 (4.9) <sup>c</sup>	19.79 (8.86) <sup>c</sup>	19.33 (5.26)
	Intermediate	19.85 (2.95) <sup>c</sup>	20.00 (2.51) <sup>c</sup>	19.83 (5.75)
	Post	23.45 (3.59) <sup>ab</sup>	25.86 (2.89) <sup>ab</sup>	21.80 (5.09)
Sit and Reach Test (cm)	Pre	12.92 (5.91)	10.86 (4.31)	12.00 (4.66)
	Intermediate	15.60 (5.34)	14.57 (3.29)	12.33 (3.95)
	Post	16.14 (6.10)	14.79 (2.87)	12.65 (3.54)
VO <sub>2</sub> max (mLO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	Pre	31.40 (3.63) <sup>c</sup>	30.21 (3.02) <sup>c</sup>	31.50 (2.15)
	Intermediate	32.47 (3.43)	31.36 (3.39)	31.53 (1.98)
	Post	34.23 (3.20) <sup>a*</sup>	33.36 (3.27) <sup>a*</sup>	32.52 (2.54)

MRT = Moderate Resistance Training; HRT = High Resistance Training; C = Control group. BMI = Body Mass Index; WHR = Waist/Hip Ratio; %FM = percentage of Fat Mass; FFM = Free Fat Mass.

<sup>a</sup> = significant *p*-value in the comparison vs. pre score

<sup>b</sup> = significant *p*-value in the comparison vs. intermediate score

<sup>c</sup> = significant *p*-value in the comparison vs. post score

\* = significant *p*-value in the comparison vs. C

**Tabella 3.** Differences between Follow-Up scores compared to Pre and Post scores.

Group	MRT		HRT		C	
	POS-AD	NEG-AD	POS-AD	NEG-AD	POS-AD	NEG-AD
<b>Numerosity</b>	10	5	10	4	3	9
<b>Significance</b>	$Chi^2 = 4.64; p = 0.031^*$		$Chi^2 = 5.57; p = 0.018^*$			
<b>Comparison with the Pre assessments</b>						
<b>Weight (kg)</b>	-5.4	+3.1	-6.0	+2.9	-2.4	+3.1
<b>BMI (kg·m<sup>-2</sup>)</b>	-2.6	+2.8	-0.9	+1.1	-1.3	+1.6
<b>%FM</b>	-4.8	+1.8	-5.4	+2.2	-2.3	+0.5
<b>FFM (kg)</b>	+4.7	-0.8	+5.1	-1.7	+1.2	-0.6
<b>Comparison with the Post assessments</b>						
<b>Weight (kg)</b>	-7.2	+1.9	-8.3	+0.7	-3.9	+2.2
<b>BMI (kg·m<sup>-2</sup>)</b>	-1.5	+3.3	-1.7	+0.6	-1.1	+2.1
<b>%FM</b>	-0.7	+6.3	-2.7	+5.6	-2.2	+2.2
<b>FFM (kg)</b>	+1.9	-2.2	+1.1	-4.4	+0.4	-3.3

\* = Statistically significant in comparison with C

MRT = Moderate Resistance Training; HRT = High Resistance Training; C = Control group.

BMI = Body Mass Index; WHR = Waist/Hip Ratio; %FM = percentage of Fat Mass; FFM = Free Fat Mass.

POS-AD = positive adherence, that were the participants who continued to perform physical activities after the end of the study;

NEG-AD = Negative adherence that were the participants who did not continue to perform physical activities after the end of the study.

## 5.6 Discussione

Lo studio ha proposto una nuova combinazione di protocolli di allenamento per adolescenti sovrappeso ed obesi, disegnato con una prima fase di potenziamento muscolare a moderata ed alta intensità (MRT o HRT), strutturato al fine di preparare i soggetti ad una seconda fase di lavoro di tipo aerobico (AT). Il programma di allenamento di tipo aerobico è un tradizionale programma d'intervento finalizzato ad influenzare in modo positivo l'equilibrio tra introito calorico e spesa energetica, ed ha come obiettivo principale l'aumento del consumo energetico, e conseguentemente far perdere peso. L'allenamento aerobico rappresenta il programma maggiormente utilizzato per la diminuzione della massa corporea attraverso un aumento della spesa energetica (Sawczyn, 2002). Il problema che questo tipo di protocollo di allenamento non ha una grande sostenibilità per soggetti in sovrappeso ed obesi (Gillis, 2006), data l'alta richiesta da un punto fisico e fisiologico e quindi non concretizza la migliore scelta di esercizio per questa popolazione.

Inoltre, nel momento in cui i soggetti sovrappeso ed obesi si mettono a confronto con i loro pari normopeso se effettuano esercizi di tipo aerobico estensivi prolungati, non solo hanno delle prestazioni molto inferiori ma si sentono sotto il costante giudizio negativo dei loro

pari, se non addirittura derisi (Faingenbaum, 2002). Al contrario nell'allenamento della forza, considerando la massa degli adolescenti sovrappeso e spesso il loro sviluppo precoce, questi soggetti tendono ad eccellere in confronto ai loro pari (Stankov, 2012). Inoltre, dato che questo tipo di allenamento è gradito e soddisfacente per questi soggetti, tale atteggiamento positivo può influenzare l'adozione di comportamenti di stile di vita attivo (Rothman, 2000). Dobbiamo, infatti, tenere presente che l'inattività fisica è fortemente correlata all'obesità in età adolescente (Page, 2005).

Nella prima parte dello studio abbiamo provato a stabilire la relazione dose-risposta, in termini d'intensità di effettuazione dei protocolli di resistenza muscolare (moderata vs elevata) e conseguentemente di stabilire quale fosse l'intensità più adeguata per giovani in sovrappeso. I nostri risultati hanno mostrato come tutti e due protocolli sono ugualmente efficaci, evidenziando lo stesso effetto sulla composizione corporea e sui parametri di fitness. Precedenti studi hanno mostrato che allenamenti che progressivamente portano all'alta intensità diminuiscono l'adiposità e migliorano gli esiti metabolici, più di allenamenti a bassa e moderata intensità (Benson, 2008; De Araujo, 2012). Nel presente studio la differenza d'intensità tra i due protocolli non è stata molto rilevante (9RM vs 13RM) perché un'intensità troppo vigorosa non è consigliabile in generale per l'adolescenti in sovrappeso. Dopo la seconda fase i partecipanti dei due gruppi di allenamento per la resistenza muscolare hanno mostrato un generale miglioramento rispetto ai risultati ottenuti all'inizio della sperimentazione ed anche rispetto al gruppo che ha effettuato solamente allenamento aerobico e che fungeva da gruppo di controllo.

Il peso dei partecipanti si è mantenuto sostanzialmente invariato in tutti e tre i gruppi per tutto il periodo della sperimentazione. Considerando che la statura aumenta significativamente e la massa grassa diminuisce altrettanto significativamente, il profilo antropometrico complessivo sembrerebbe indicare, da questo dato, un miglioramento soprattutto a carico della composizione corporea a favore della FFM. La statura aumenta significativamente nei soggetti partecipanti allo studio, dall'inizio della sperimentazione fino al termine della stessa dopo 22 settimane. Il campione è infatti costituito da adolescenti in un periodo di rapido accrescimento sia staturale sia ponderale.

Nello studio sono state valutate anche la circonferenza della vita e l'accumulo di grasso addominale, fattori altamente correlati a sviluppare patologie importanti per adolescenti in



sovrappeso (Sigal, 2014). Né il BMI, né la circonferenza dell'addome, né il rapporto WHR (circonferenza addome/circonferenza glutea) hanno mostrato modificazioni con valori significativi, anche se una leggera tendenza alla diminuzione è visibile dall'osservazione dei dati in tabella 2. E' possibile che le modificazioni significative di parametri antropometrici richiedano un periodo più lungo di attività per strutturarsi (Cadenas-Sánchez, 2015). Differenze significative sono emerse tra i dati di composizione corporea relativamente ai comparti di massa magra e grassa, ma solo per i gruppi che hanno effettuato nella fase di sperimentazione, un allenamento orientato alla resistenza muscolare. Da notare è che il gruppo che ha lavorato a moderata intensità ha mostrato incrementi significativi della massa magra già nella valutazione intermedia. Malgrado di intensità moderata, l'effetto di un lavoro di resistenza muscolare più prolungato sembrerebbe più efficace a modificare questo parametro.

Nel terzo gruppo non si evincono modificazioni significative della composizione corporea anche se una tendenza all'aumento della massa magra sembrerebbe evidenziarsi soprattutto nell'ultima valutazione. E' possibile che l'allenamento aerobico a bassa intensità richieda tempi più lunghi per indurre questi adattamenti ed inoltre, essendo una tipologia di lavoro meno gradita a questa popolazione, la frequenza di partecipazione minore e la poca motivazione al lavoro è possibile che abbiano inficiato i risultati.

Un miglioramento di tutti e tre i gruppi nell'equilibrio, nel test a navetta, che valuta la capacità di accelerazione, e nello Step-test, che stima il massimo consumo di ossigeno, è stato evidenziato soprattutto nella valutazione finale, tuttavia, i due gruppi di resistenza muscolare hanno mostrato miglioramenti più evidenti rispetto al gruppo di allenamento aerobico. Sappiamo infatti, che un miglioramento della forza consente da un lato il miglioramento dell'equilibrio e della velocità dall'altro una minore spesa energetica per il lavoro (Cattuzzo, 2016). Solo i due gruppi di resistenza muscolare migliorano significativamente la forza addominale.

Per quanto riguarda la rivalutazione dei parametri antropometrici, dopo le 12 settimane di follow-up si evince che i gruppi che hanno interrotto l'attività sia di resistenza muscolare che di aerobico hanno riguadagnato peso in maniera sostanzialmente uguale mentre, tutti i gruppi che hanno proseguito l'attività hanno continuato a perdere peso e in maniera maggiore di coloro che hanno effettuato resistenza muscolare. La percentuale di massa

grassa è aumentata maggiormente nei gruppi di allenamento alla resistenza muscolare che hanno interrotto l'attività, rispetto al gruppo aerobico. Probabilmente la più cospicua perdita della massa magra, guadagnata nella fase sperimentale, è stata sostituita dalla massa grassa. (Javed, 2015) In questi gruppi la perdita di massa magra è stata sostanzialmente identica. Tutti i soggetti che hanno continuato l'attività hanno mostrato un sostanziale mantenimento della percentuale di massa grassa e di massa magra alla fine del follow-up.

Concludendo, il miglioramento della massa magra e delle capacità fisiche che condiziona, come equilibrio e velocità, confermano l'utilità di effettuare l'allenamento di resistenza muscolare prima di quello aerobico. Ciò infatti consente al soggetto sovrappeso di affrontare fasi di carico e scarico, a livello degli arti inferiori, in modo più controllato ed efficace. Il risultato negativo sulle misure antropometriche, specialmente relative alle circonferenze, possono anche essere dovute anche al fatto che nel progetto di questo studio è stato escluso l'intervento di controllo dietetico. D'altro canto è sempre necessario interrogarsi sulla composizione del calo ponderale di un soggetto sovrappeso sottoposto a trattamento di riduzione di peso: la condizione ideale è che la riduzione sia a carico della massa grassa e risparmi o addirittura incrementi la massa magra. Diete fortemente ipocaloriche o sbilanciate possono produrre una perdita di massa metabolicamente attiva quale la massa magra. Un lento aumento di peso (settimane o mesi) suggerisce l'aumento di massa grassa. Sappiamo infatti, che all'età dei soggetti presi in considerazione per lo studio, un regime di restrizione alimentare, oltre ad essere mal tollerato, causa una perdita di massa muscolare in concorrenza negativa con i guadagni di resistenza muscolare (Lee, 2012; di Cagno, 2012). Inoltre, l'intervento sulla dieta combinato con l'attività fisica avrebbe potuto essere una variabile confondente gli effetti dell'attività fisica (Hamasaki, 2015; Schranz, 2013; Faingenbaum, 2002).

I risultati di altri studi hanno messo in luce che un allenamento che combinava allenamento di resistenza muscolare a quello aerobico poteva essere la migliore scelta alternativa rispetto ad un trattamento farmacologico, per combattere il sovrappeso e l'obesità (Sigal, 2014). Tuttavia, la combinazione di due attività così articolate può essere pesante, troppo lunga e non gradevole perché faticosa, accelerando la probabilità di perdita di motivazione e di abbandono dell'attività, con il rischio di riacquisire il peso (Thiel, 2011).

I partecipanti sovrappeso scegliendo attività, come la resistenza muscolare, che in poco tempo garantisce cambiamenti fisici e fisiologici, conducendo ad una buona prestazione, può migliorare la fiducia in se stessi e la sensazione di efficacia nell'affrontare protocolli di allenamento anche di tipo aerobico (Campos, 2014).

Il livello di soddisfazione degli adolescenti per il programma d'intervento è stato verificato attraverso l'aderenza che essi hanno mostrato ai programmi di attività e dal numero di soggetti che hanno abbandonato. I soggetti che hanno abbandonato erano per lo più partecipanti di genere femminile. Le femmine sovrappeso sono maggiormente sensibili ad ogni criticità relativa al proprio corpo, meno inclini alla prestazione fisica ed ai rapporti sociali (Curtis, 2008). Inoltre, è da mettere in luce che tutti gli abbandoni provenivano dal gruppo che praticava allenamento aerobico. L'aderenza dei due gruppi sperimentali è stata significativamente maggiore di quella del gruppo aerobico e la maggior parte dei partecipanti dei gruppi sperimentali ha affrontato agevolmente la seconda fase, senza differenze sostanziali tra i due gruppi. Infatti, ambedue i gruppi sperimentali hanno mostrato maggiore aderenza allo svolgimento dell'allenamento aerobico nella seconda fase della sperimentazione, rispetto al gruppo che ha effettuato unicamente l'allenamento aerobico. Il programma di allenamento alla forza prepara i partecipanti non solo ad essere più efficienti nel continuare l'allenamento, ma sembrerebbe predisporli ha uno stile di vita più attivo come dimostrato dai risultati del follow-up.

## **5.7 Conclusioni**

Un periodo di allenamento basato sull'allenamento della resistenza muscolare seguito dall'allenamento aerobico può essere un protocollo ottimale e un efficace opzione di trattamento non farmacologico per giovani sovrappeso ed obesi.

Questo è stato il primo studio che ha proposto un intervento basato su protocolli di esercizi in sequenza per la popolazione giovanile sovrappeso. Gli adolescenti sovrappeso che vogliono massimizzare l'effetto dell'attività fisica devono prepararsi preventivamente praticando esercizi di resistenza muscolare che assicurino loro di affrontare qualsiasi altra attività successiva, in modo sicuro e quindi con benefici per la salute (di Cagno, 2013; di Cagno, 2014).

L'effetto maggiormente positivo del programma proposto in questo studio è stato il mantenimento degli effetti dell'allenamento dopo l'intervento (Piazza, 2014), probabilmente perché ha motivato gli adolescenti ad adottare lo stile di vita attivo (Haines, 2010). L'allenamento per la resistenza muscolare, sia moderata sia ad alta intensità, ha aumentato l'aderenza ai protocolli di esercizio, rispetto alla sola attività aerobica (Gillis, 2006). Questi risultati rappresentano un avanzamento nell'intervento basato sull'attività fisica in funzione della salute per adolescenti in sovrappeso ed obesi.

## 5.8 Riferimenti bibliografici

1. Lloyd RS, Faigenbaum AD, Stone MH, et al. Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *Br J Sports Med.* 2014;48(7):498–505.
2. Faigenbaum AD, Myer GD. Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *Br J Sports Med.* 2010;44(1):56–63.
1. Docherty D, Wenger HA, Collis ML. The effects of resistance training on aerobic and anaerobic power of young boys. *Med Sci Sports Exerc.* 1987;19(4):389–392.
2. Benson AC, Torode ME, Fiatarone Singh MA. The effect of highintensity progressive resistance training on adiposity in children: a randomized controlled trial. *Int J Obes (Lond).* 2008;32(6):1016–1027.
3. Durrer C, Robinson E, Wan Z, et al. Differential impact of acute highintensity exercise on circulating endothelial microparticles and insulin resistance between overweight/obese males and females. *PLoS One.* 2015;10(2):e0115860.
4. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(2):459–471.
5. Thiel C, Vogt L, Claussnitzer G, Banzer W. Energy cost of youth obesity exercise modes. *Int J Sports Med.* 2011;32(2):142–146.
6. Gillis LJ, Kennedy LC, Bar-Or O. Overweight children reduce their activity levels earlier in life than healthy weight children. *Clin J Sport Med.* 2006;16(1):51–55.
7. Ekkekakis P. Let them roam free? Physiological and psychological evidence for the potential of self-selected exercise intensity in public health. *Sports Med.* 2009;39(10):857–888.

8. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJ, et al. Youth resistance training: updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *J Strength Cond Res.* 2009;23(5 Suppl):S60–S79.
9. Haines J, Kleinman KP, Rifas-Shiman SL, Field AE, Austin SB. Examination of shared risk and protective factors for overweight and disordered eating among adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2010;164(4):336–343.
10. Patton GC, Coffey C, Carlin JB, et al. Overweight and obesity between adolescence and young adulthood: a 10-year prospective cohort study. *J Adolesc Health.* 2011;48(3):275–280.
11. Wilson AJ, Jung ME, Cramp A, Simatovic J, Prapavessis H, Clarson C. Effects of a group-based exercise and self-regulatory intervention on obese adolescents' physical activity, social cognitions, body composition and strength: a randomized feasibility study. *J Health Psychol.* 2012;17(8):1223–1237.
12. Bennett, G. G., & Wolin, K. Y. (2006). Satisfied or unaware? Racial differences in perceived weight status. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 3(1), 40.
13. Shah NR, Braverman ER. Measuring adiposity in patients: the utility of body mass index (BMI), percent body fat, and leptin. *PLoS One.* 2012;7(4):e33308.
14. Ratcliff MB, Jenkins TM, Reiter-Purtill J, Noll JG, Zeller MH. Risktaking behaviors of adolescents with extreme obesity: normative or not? *Pediatrics.* 2011;127(5):827–834.
15. Lohman, T. G. (1989). Assessment of body composition in children. *Pediatric Exercise Science*, 1(1), 19-30.
16. Borkan, G. A., Hulth, D. E., Gerzof, S. G., Robbins, A. H., & Silbert, C. K. (1983). Age changes in body composition revealed by computed tomography. *Journal of gerontology*, 38(6), 673-677.

17. Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British journal of nutrition*, 40(03), 497-504.
18. Moreno LA, Pineda I, Rodríguez G, Fleta J, Sarría A, Bueno M. Waist circumference for the screening of the metabolic syndrome in children. *Acta Paediatr.* 2002;91(12):1307–1312.
19. Price, G. M., Uauy, R., Breeze, E., Bulpitt, C. J., & Fletcher, A. E. (2006). Weight, shape, and mortality risk in older persons: elevated waist-hip ratio, not high body mass index, is associated with a greater risk of death. *The American journal of clinical nutrition*, 84(2), 449-460.
20. Mueller, W. H., & Malina, R. M. (1987). Relative reliability of circumferences and skinfolds as measures of body fat distribution. *American Journal of Physical Anthropology*, 72(4), 437-439.
21. Dobbelsteyn, C. J., Joffres, M. R., MacLean, D. R., & Flowerdew, G. (2001). A comparative evaluation of waist circumference, waist-to-hip ratio and body mass index as indicators of cardiovascular risk factors. The Canadian Heart Health Surveys. *International journal of obesity*, 25(5), 652.
22. Johnston JL, Leong MS, Checkland EG, Zuberbuhler PC, Conger PR, Quinney HA. Body fat assessed from body density and estimated from skinfold thickness in normal children and children with cystic fibrosis. *Am J Clin Nutr.* 1988;48(6):1362–1366.
23. Weststrate JA, Deurenberg P. Body composition in children: proposal for a method for calculating body fat percentage from total body density or skinfold-thickness measurements. *Am J Clin Nutr.* 1989;50(5):1104–1115.
24. Rodríguez G, Moreno LA, Blay MG, et al; AVENA-Zaragoza Study Group. Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur J Clin Nutr.* 2005;59(10):1158–1166.

25. Durnin, J. V., & Womersley, J. V. G. A. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British journal of nutrition*, 32(01), 77-97.
26. Bray, G. A. (1987). Overweight is risking fate. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 499(1), 14-28.
27. Cameron, N. (1978). The methods of auxological anthropometry. In *Human growth* (pp. 35-90). Springer US.
28. Lapidus, L., Bengtsson, C., Larsson, B. O., Pennert, K., Rybo, E., & Sjöström, L. (1984). Distribution of adipose tissue and risk of cardiovascular disease and death: a 12 year follow up of participants in the population study of women in Gothenburg, Sweden. *Br Med J (Clin Res Ed)*, 289(6454), 1257-1261.
29. Council of Europe, Committee for the Development of Sport. EUROFIT. European Test of Physical Fitness. Rome: Council of Europe, Committee for the Development of Sport; 1988.
30. Chatterjee S, Chatterjee P, Bandyopadhyay A. Enumeration of validity for predicted VO<sub>2</sub>max by Queen's College Step Test in Bengalee boys. *Ind J Physiol Allied Sci*. 2001;55(3):123–127.
31. McArdle WD, Katch FI, Pechar GS, Jacobson L, Ruck S. Reliability and interrelationships between maximal oxygen intake, physical work capacity and step test scores in college women. *Med Sci Sports*. 1972;4(4):182–186.
32. Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, et al. How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2005;12(2):102–114.
33. Brzycki M. Strength testing—predicting a one-rep max from reps-tofatigue. *J Phys Educ Recreat Dance*. 1993;64(1):88–90.



34. YMCA of the USA. YMCA Fitness Testing and Assessment Manual. Golding LA, editor. Champaign, IL: Human Kinetics; 2000.
35. Rothman AJ. Toward a theory-based analysis of behavioral maintenance. *Health Psychol.* 2000;19(1 Suppl):64–69.
36. Sigal RJ, Alberga AS, Goldfield GS, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on percentage body fat and cardiometabolic risk markers in obese adolescents: the healthy eating aerobic and resistance training in youth randomized clinical trial. *JAMA Pediatr.* 2014;168(11):1006–1014.
37. Sawczyn S, Mishchenko V, Moska W, et al. Strength and aerobic training in overweight females in Gdansk, Poland. *Open Med.* 2015;10:152–162.
38. Faigenbaum AD. Strength training for overweight teenagers. *Strength Cond J.* 2002;24(5):67–68.
39. Stankov I, Olds T, Cargo M. Overweight and obese adolescents: what turns them off physical activity? *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2012;9:53.
40. Page A, Cooper AR, Stamatakis E, et al. Physical activity patterns in nonobese and obese children assessed using minute-by-minute accelerometry. *Int J Obes (Lond).* 2005;29(9):1070–1076.
41. De Araujo, A. C. C., Roschel, H., Picanço, A. R., do Prado, D. M. L., Villares, S. M. F., de Sa Pinto, A. L., & Gualano, B. (2012). Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. *PloS one*, 7(8), e42747.
42. Cadenas-Sánchez, C., Artero, E. G., Concha, F., Leyton, B., & Kain, J. (2015). Anthropometric characteristics and physical fitness level in relation to body weight status in Chilean preschool children.
43. Cattuzzo, M. T., dos Santos Henrique, R., Ré, A. H. N., de Oliveira, I. S., Melo, B. M., de Sousa Moura, M., ... & Stodden, D. (2016). Motor competence and health

- related physical fitness in youth: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(2), 123-129.
44. Javed, A., Jumean, M., Murad, M. H., Okorodudu, D., Kumar, S., Somers, V. K., ... & Lopez-Jimenez, F. (2015). Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Pediatric obesity*, 10(3), 234-244.
45. Lee S, Bacha F, Hannon T, Kuk JL, Boesch C, Arslanian S. Effects of aerobic versus resistance exercise without caloric restriction on abdominal fat, intrahepatic lipid, and insulin sensitivity in obese adolescent boys: a randomized, controlled trial. *Diabetes*. 2012;61(11):2787–2795.
46. Di Cagno A, Marchetti M, Battaglia C, et al. Is menstrual delay a serious problem for elite rhythmic gymnasts? *J Sports Med Phys Fitness*. 2012;52(6):647–653.
47. Hamasaki H, Kawashima Y, Tamada Y, et al. Associations of low intensity resistance training with body composition and lipid profile in obese patients with type 2 diabetes. *PLoS One*. 2015;10(7): e0132959.
48. Schranz N, Tomkinson G, Olds T. What is the effect of resistance training on the strength, body composition and psychosocial status of overweight and obese children and adolescents? A systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2013;43(9):893–907.
49. Campos, R. M., de Mello, M. T., Tock, L., Silva, P. L., Masquio, D. C., de Piano, A., ... & Tufik, S. (2014). Aerobic plus resistance training improves bone metabolism and inflammation in adolescents who are obese. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(3), 758-766.
50. Curtis, P. The experiences of young people with obesity in secondary school: some implications for the healthy school agenda. *Health Soc Care Community*. 2008;16(4):410–418.

51. di Cagno A, Battaglia C, Giombini A, et al. Time of day-effects on motor coordination and reactive strength in elite athletes and untrained adolescents. *J Sports Sci Med.* 2013;12(1):182–189.
52. di Cagno A, Fiorilli G, Iuliano E, et al. Time-of-day effects on static and dynamic balance in elite junior athletes and untrained adolescents. *Int J Sports Sci Coach.* 2014;9(4):615–625.
53. Piazza M, Battaglia C, Fiorilli G, et al. Effects of resistance training on jumping performance in pre-adolescent rhythmic gymnasts: a randomized controlled study. *Ital J Anat Embryol.* 2014;119(1):10–19.

# Different consecutive training protocols to design an intervention program for overweight youth: a controlled study

This article was published in the following Dove Press journal:  
Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy  
16 January 2017  
Number of times this article has been viewed

Giovanni Fiorilli<sup>1</sup>  
Enzo Iuliano<sup>1</sup>  
Giovanna Aquino<sup>1</sup>  
Emidio Campanella<sup>1</sup>  
Despina Tsopani<sup>2</sup>  
Alfonso Di Costanzo<sup>1</sup>  
Giuseppe Calcagno<sup>1</sup>  
Alessandra di Cagno<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Medicine and Health Sciences, University of Molise, Campobasso, Italy; <sup>2</sup>Department of Motor and Health Sciences, National Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece; <sup>3</sup>Department of Motor, Human and Health Sciences, University of Rome "Foro Italico", Rome, Italy

**Objective:** To find the optimal exercise program to be recommended in reducing adiposity and promoting long-term physical activity adherence in a sample of overweight adolescents.

**Methods:** Forty-five overweight adolescents were randomly divided into three exercise groups, to perform two phases of physical activity as follows: in the first phase, the first group performed a 16-week moderate-intensity resistance training (RT), the second group performed a 16-week high-intensity RT, and the third group performed a 16-week aerobic training (AT); in the second phase, all groups performed a 6-week AT. Anthropometric body composition and fitness measures were considered as outcome measures.

**Results:** After the second protocol, both RT groups showed a significant improvement in percentage of fat mass ( $F_{2,76} = 5.843$ ;  $p = 0.004$ ;  $\eta^2 = 0.133$ ) and free fat mass ( $F_{2,76} = 6.254$ ;  $p = 0.003$ ;  $\eta^2 = 0.141$ ), and in fitness tests ( $p < 0.01$ ). The  $VO_{2\max}$  values of the RT groups were significantly higher than those of the AT group ( $F_{2,35} = 4.264$ ;  $p = 0.021$ ;  $\eta^2 = 0.183$ ). The rate of adherence to exercise was an average of 94% in both RT groups, whereas in the AT group, it was 83%. During the 12-week post-intervention follow-up, the number of participants who continued to perform physical activities was significantly higher in both the RT groups than in the AT group ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** The present study provides preliminary evidence that moderate-to-intense RT, followed by AT, can be an effective treatment for overweight adolescents, and the positive effects are maintained even after 12 weeks of follow-up.

**Keywords:** exercise, obesity, adolescents, adherence, resistance training

## Introduction


In the last decades, resistance training (RT) has been recommended for children and adolescents which is to be applied with appropriate techniques and correctly supervised.<sup>1</sup> Indeed, the risks of injuries, due to the physical activity proposed to overweight adolescents, can be minimized by reducing training loads, using age-adequate equipment and ensuring adequate recovery between the training sessions.<sup>2</sup> Low-intensity RT programs do not guarantee an adequate training stimulus and could lead to difficulty in differentiating training adaptation from normal growth.<sup>3</sup> High-intensity progressive RT leads to reduction in adiposity and metabolic risk in normal-weight and overweight children,<sup>4</sup> increasing the muscle mass, which has been associated with improved insulin sensitivity.<sup>5</sup> Considering that continuity of physical activity is a necessary condition for long-term maintenance of weight loss, it is essential that the dose, mode and intensity should be appropriate and enjoyable to this target group.<sup>6,7</sup> Although overweight youth have traditionally been encouraged to participate in aerobic activities, the excess of

Correspondence: Giuseppe Calcagno  
Department of Medicine and Health Sciences, University of Molise, Via de Sanctis, I 86100 Campobasso, Italy  
Tel +39 87 440 4402  
Email giuseppe.calcagno@unimol.it

submit your manuscript | [www.dovepress.com](http://www.dovepress.com)  
Dovepress      
<https://doi.org/10.2147/DMSO.S122119>

Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy 2017:10 37–45

37

 © 2017 Fiorilli et al. This work is published and licensed by Dove Medical Press Limited. The full terms of this license are available at <http://www.dovepress.com/terms.php> and incorporate the Creative Commons Attribution – Non Commercial (unported, v3.0) License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>). By accessing the work you hereby accept the Terms, Non-commercial use of the work are permitted without any further permission from Dove Medical Press Limited, provided the work is properly attributed. For permission for commercial use of the work, please see paragraphs 4.2 and 5 of our Terms (<http://www.dovepress.com/terms.php>).

body weight increases the risk of musculoskeletal injuries, decreasing self-confidence and enjoyment.<sup>8</sup> Aerobic exercise is usually avoided by overweight and obese adolescents to avoid being further ridiculed by their peers, whereas strength training provides an opportunity for them to experience success and feel good about their performance in which they often are better than their underweight peers.<sup>9</sup> Overweight adolescents show better adherence to RT, typically characterized by short period of loading exercises, with rest periods between sets and repetitions. An RT-conditioning program improves the socialization and mental discipline of participants who perceive fast self-improvement.<sup>10</sup> In fact, obesity is associated with low self-esteem, depressive mood and impairment in emotional well-being.<sup>11,12</sup> Consequently, the typology and methodology of training should respect the individual needs, goals and abilities in order to optimize gains, to prevent boredom and to promote exercise adherence.<sup>13</sup>

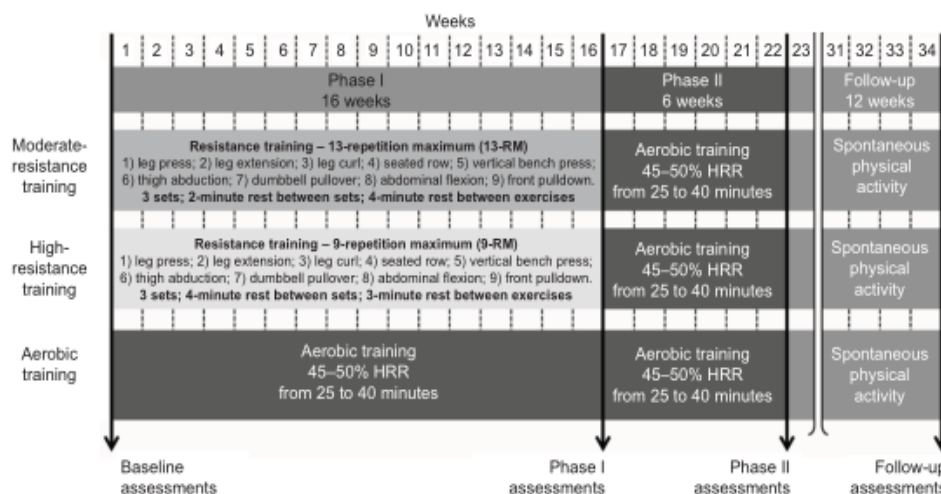
The aim of this study was to find the optimal exercise program to be recommended for overweight adolescents to reduce adiposity, improve free fat mass (FFM) and to promote long-term physical activity adherence in order to maintain the benefits of physical activity. It was hypothesized that both moderate- and high-intensity programs of RT may provide strength and metabolic benefits to this population and may positively prepare them to the successive phase of aerobic program (AP). Moreover, it was expected that the RT, promoting satisfaction with RT-related outcomes, could lead the participants to continue the following AP, important in terms of weight reduction.

### Methods

This was an intervention study with three parallel groups. The study protocol was divided into two phases: in the first (phase I), lasting 16 weeks, the first of the two RT groups performed a moderate-intensity RT and the second group a high-intensity RT, and the aerobic training (AT) group performed AP; in the second phase (phase II), lasting 6 weeks, all the three groups performed AP. At the end of the intervention, a 12-week post-intervention follow-up was made. Anthropometric measures, body composition and fitness parameters were assessed at baseline, after phase I and phase II and after follow-up period (Figure 1).

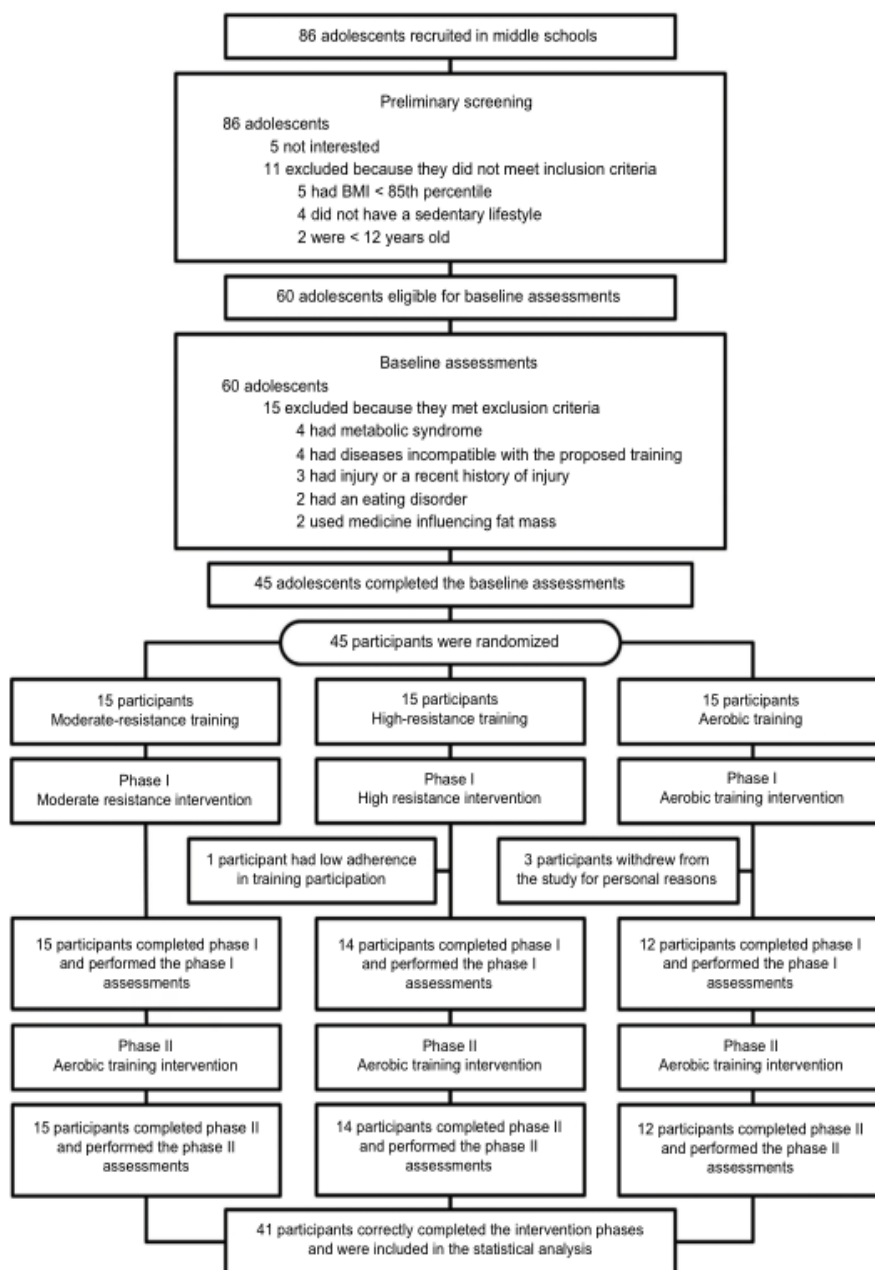
Forty-five overweight adolescents of both genders were enrolled in the study, but only 41 completed all phases of the study. The eligibility requirements were age  $\geq 12$  and  $\leq 15$  years, sedentary lifestyle, percentage of body fat  $\geq 25\%$  for male and  $\geq 30\%$  for female and body mass index (BMI)  $> 85$ th percentile, in comparison with the representative data of adolescents of the same age,<sup>14,15</sup> and a valid medical certificate. The exclusion criteria were: recent history of injury, presence of metabolic syndrome, cardiovascular diseases and low adherence to the training sessions (absences  $> 20\%$ ). The flowchart of the study is reported in Figure 2.

The Ethics Committee of University of Molise reviewed and approved this study. A written informed consent was obtained from all participants and their parents before the participants were recruited for the study, in accordance with the principles outlined in the Declaration of Helsinki. All data obtained for the study were anonymized.



**Figure 1** Study design.  
**Abbreviation:** HRR, heart rate reserve.

Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy downloaded from: https://www.dovepress.com/ by 193.205.105.8 on 20-Feb-2017  
For personal use only.



**Figure 2** Flowchart of the intervention program.  
**Abbreviation:** BMI, body mass index.

After the baseline assessment, the participants were randomly divided into three groups: moderate-resistance training (MRT), high-resistance training (HRT) and AT.

They were randomized into groups of six, with two subjects randomly assigned to each group according to a sequence of computer-generated random numbers (SPSS version 20.0;

IBM, Armonk, NY, USA). This procedure was designed to obtain groups of equal sizes and to avoid selection bias.

During phase I, the MRT group performed the RT at isotonic machines with an intensity of 13-repetition maximum (13-RM), three sessions per week. The HRT performed the same exercises protocol with the same modality of MRT group, but with higher intensity (9-repetition maximum, 9-RM). The number of sets and repetitions was not modified during phase I, but the loads were modified in accordance with the strength improvement reached by the participants in order to assure an intensity of 9-RM and 13-RM. At baseline, the 9-RM and the 13-RM intensities, respectively used in HRT and MRT, were assessed during the familiarization sessions, and in the following weeks, the 9-RM and the 13-RM intensities were assessed every 3 weeks during the session of training. For the interpretation of the strength improvement, 1-RM was also indirectly estimated using the Brzycki submaximal method.<sup>16</sup> This indirect evaluation was used in order to ensure the safety of the participants.

The AT group performed AP, three sessions per week, at 45–50% of heart rate reserve, using cycle-ergometers and treadmills. The duration of each session was progressively increased from 25 minutes up to 40 minutes, adding 5 minutes every following session, with 10 minutes of warm-up and cool-down. During phase II, all the three groups performed AP with the same modalities of the AT group in phase I.

The physical activity was supervised by three professional personal trainers appointed for each group (the ratio of personal trainer and participants was at least 1:5) in order to assure the safety of the participants, the correct execution of the exercises and the adherence to the protocols. The heart rate was monitored using Polar Team 2 system (Polar Electro Oy, Kempele, Finland). All the participants performed two preliminary sessions to get familiarized with the correct use of isotonic machines and ergometers and to assess the RT loads (13-RM and 9-RM).

At the end of the intervention, the participants were exhorted to continue the physical activity, and after 12 weeks, they were reassessed (follow-up). A questionnaire was administered in order to investigate if they had an active daily life and continued their physical activity program. Based on the results of the questionnaire, the participants were classified into two categories: positive continuer (POS-CO) consisting of the participants who continued the physical activities, and negative continuer (NEG-CO) consisting of those who did not continue the physical activity properly, after the end of the intervention. The follow-up assessment aimed to evaluate if the three groups had long-term benefits on anthropometric measures and body composition in comparison with their

starting condition (baseline evaluation) and the condition achieved at the end of the intervention (phase II evaluation).

## Anthropometric and body composition evaluation

Height, weight, BMI, waist circumference and waist-hip ratio were measured in order to evaluate macroscopic changes in the body measures. Internationally acceptable cut-off points for waist circumference were used in this study.<sup>17</sup> Body composition was assessed using skinfold measurements. The skinfolds were measured on the right side of the body and recorded to the nearest 0.1 mm. The measurements were taken in triplicate by the same investigator, and the average of the three measurements was used in the data analysis.

A skinfold caliper was used to measure biceps, triceps and subscapular and supra-iliac skinfolds. The measures obtained (in millimeters) were included in the Johnston et al<sup>18</sup> equation in order to obtain the body density of the participants. The body density was therefore used to calculate their percentage of fat mass (%FM) using the equation of Weststrate and Deurenberg,<sup>19</sup> specific for adolescent population. A study of Rodríguez et al<sup>20</sup> calculated that the predicted %FM assessed with this procedure has an absolute error of 5.92% in female and 3.90% in male subjects compared with the measurement obtained with the dual-energy X-ray absorptiometry. The FFM (in kilograms) of the participants was also calculated in order to evaluate modification in their lean body mass.

## Physical assessment

Physical assessment was carried out using the specific tests of the Eurofit Test Battery for flexibility,<sup>21</sup> agility, resistance and balance, and the Queens College Step Test for aerobic fitness.<sup>22</sup> All the tests were performed between 9 and 12 am. The Queens College Step Test is used for estimating maximal oxygen uptake. The protocol consisted of stepping up and down on a platform of 41.3 cm, at a rate of 22 and 24 steps per minute (for females and males, respectively), for 3 minutes. The participants stopped the test after the third minute, and their heart rate was measured as beats per minute (bpm) after 20 seconds of recovery. The heart rate was assessed using a Polar A300 heart rate monitor, with H7 heart rate sensor. The estimation of maximum oxygen consumption ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) was made using one of the two following equations according to the gender: for males,  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) =  $111.33 - (0.42 \times \text{bpm})$ ; for females,  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) =  $65.81 - (0.1847 \times \text{bpm})$ .<sup>23</sup> The Sit and Reach Test was performed to measure the flexibility of the lower back and hamstring muscles.<sup>24</sup> The Abdominal Curl Test, an endurance strength test for abdominal muscles, was used to record the

total number of curl-ups performed by each participant in 60 seconds.<sup>25</sup> The Flamingo Balance Test assessed the ability to balance on a single-leg-standing position. The total number of times of loss of balance in 60 seconds was recorded.<sup>26</sup> The Shuttle Test assessed anaerobic power, speed and agility. The total time taken to consecutively run 10 times the distance of 5 m between two markers was recorded.<sup>24</sup>

## Statistical analysis

Analysis of variance (ANOVA) was performed to assess the homogeneity of the three groups in terms of age, gender,

BMI, weight, %FM and FFM, measured at baseline. Repeated-measures ANOVA was performed to assess significant differences in the anthropometric measures, body composition and fitness parameters scores, among the three different time point evaluations (within factor named time: pre vs. intermediate vs. post evaluation), among the three groups (between factor named groups: MRT vs. HRT vs. AT) and for the interaction time × groups. The dependent variables analyzed are shown in Table 1. Bonferroni post hoc test was used to assess mean differences where a significant *F* was observed. The alpha test level for statistical significance

**Table 1** Results obtained by the three groups in the pre, intermediate and post assessments

		MRT	HRT	AT
		Means (SD)	Means (SD)	Means (SD)
<b>Anthropometric measures</b>				
Weight (kg)	Pre	69.18 (18.72)	68.51 (13.15)	68.32 (14.05)
	Intermediate	70.04 (16.70)	70.47 (11.37)	68.50 (13.62)
	Post	71.25 (15.46)	72.24 (11.39)	70.00 (11.42)
Height (m)	Pre	1.57 (0.09) <sup>a</sup>	1.56 (0.08) <sup>a</sup>	1.59 (0.07)
	Intermediate	1.59 (0.10)	1.58 (0.07) <sup>a</sup>	1.60 (0.07)
	Post	1.61 (0.07) <sup>a</sup>	1.60 (0.05) <sup>a,c</sup>	1.62 (0.06)
BMI (kg·m <sup>-2</sup> )	Pre	27.81 (5.41)	27.48 (3.59)	26.93 (3.92)
	Intermediate	27.54 (4.23)	28.58 (4.67)	27.57 (4.39)
	Post	26.96 (3.85)	27.84 (1.48)	26.45 (3.44)
Waist circumference (cm)	Pre	84.20 (9.67)	88.21 (9.61)	88.54 (10.89)
	Intermediate	83.35 (8.97)	83.75 (9.1)	88.38 (10.85)
	Post	83.23 (7.97)	83.64 (6.39)	85.40 (11.97)
WHR	Pre	0.81 (0.05)	0.88 (0.09)	0.89 (0.07)
	Intermediate	0.84 (0.10)	0.86 (0.08)	0.89 (0.07)
	Post	0.84 (0.09)	0.87 (0.09)	0.87 (0.12)
<b>Body composition</b>				
%FM	Pre	34.07 (6.70) <sup>a,c</sup>	33.33 (7.29) <sup>a,c</sup>	32.92 (6.42)
	Intermediate	31.11 (5.00) <sup>b</sup>	30.92 (6.04) <sup>b</sup>	33.50 (6.23)
	Post	29.41 (3.52) <sup>b</sup>	30.28 (3.39) <sup>b</sup>	32.56 (5.41)
FFM (kg)	Pre	46.80 (10.05)	45.31 (8.55) <sup>a</sup>	45.78 (10.59)
	Intermediate	45.77 (11.81) <sup>a</sup>	48.40 (8.01)	46.45 (10.6)
	Post	49.92 (8.16) <sup>c</sup>	49.83 (5.87) <sup>b</sup>	48.66 (8.61)
<b>Physical fitness test</b>				
Flamingo Balance Test (seconds)	Pre	7.83 (2.98) <sup>a,c</sup>	7.50 (2.71) <sup>a,c</sup>	7.25 (2.77)
	Intermediate	3.23 (3.19) <sup>b,c</sup>	3.30 (2.45) <sup>b,c</sup>	8.08 (2.78) <sup>a</sup>
	Post	2.36 (2.98) <sup>b,c</sup>	3.00 (2.42) <sup>b,c</sup>	5.70 (2.63) <sup>a</sup>
Shuttle Test (seconds)	Pre	25.36 (2.49) <sup>a</sup>	25.05 (2.53) <sup>a</sup>	26.17 (1.66)
	Intermediate	24.06 (3.46) <sup>b</sup>	23.10 (1.46) <sup>b</sup>	27.41 (2.54) <sup>a</sup>
	Post	22.44 (2.57) <sup>b,c</sup>	22.43 (1.00) <sup>b,c</sup>	24.9 (1.08) <sup>a</sup>
Abdominal Curl Test (repetitions in 60 seconds)	Pre	18.88 (4.9) <sup>a</sup>	19.79 (8.86) <sup>a</sup>	19.33 (5.26)
	Intermediate	19.85 (2.95) <sup>a</sup>	20.00 (2.51) <sup>a</sup>	19.83 (5.75)
	Post	23.45 (3.59) <sup>b,c</sup>	25.86 (2.89) <sup>b,c</sup>	21.80 (5.09)
Sit and Reach Test (cm)	Pre	12.92 (5.91)	10.86 (4.31)	12.00 (4.66)
	Intermediate	15.60 (5.34)	14.57 (3.29)	12.33 (3.95)
	Post	16.14 (6.10)	14.79 (2.87)	12.65 (3.54)
VO <sub>2</sub> max (mL O <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	Pre	31.40 (3.63) <sup>a</sup>	30.21 (3.02) <sup>a</sup>	31.50 (2.15)
	Intermediate	32.47 (3.43)	31.36 (3.39)	31.53 (1.98)
	Post	34.23 (3.20) <sup>b,c</sup>	33.36 (3.27) <sup>b,c</sup>	32.52 (2.54) <sup>b</sup>

**Notes:** <sup>a</sup>Significant *p*-value in the comparison vs. post score. <sup>b</sup>Significant *p*-value in the comparison vs. pre score. <sup>c</sup>Significant *p*-value in the comparison vs. intermediate score. <sup>a</sup>Significant *p*-value in the comparison vs. AT.

**Abbreviations:** MRT, moderate-resistance training; HRT, high-resistance training; AT, aerobic training; SD, standard deviation; BMI, body mass index; WHR, waist-hip ratio; %FM, percentage of fat mass; FFM, free fat mass.



was set at 0.05. Effect size was calculated as  $\eta^2$ . For all the statistical analyses, the SPSS statistical software package was used (version 20.0; IBM).

For the analysis of the follow-up data, the number of POS-CO and NEG-CO of each group was calculated, and a chi-squared  $3 \times 2$  (three groups  $\times$  two categories) was performed to find significant differences among the three groups in physical activities participation after the end of the intervention (chi-squared  $2 \times 2$  was instead used for paired comparisons among the groups). The variations ( $\Delta$ s) between the follow-up scores and the phase I and phase II evaluation scores were calculated. The  $\Delta$  was calculated for each group (MRT, HRT and AT) and for each category (POS-CO and NEG-CO) for the following four variables: weight, BMI, %FM and FFM. This analysis aimed to assess the long-term modification of the three-group participants in comparison with their starting condition (baseline evaluation) and the condition at the end of the intervention (phase II evaluation), depending on whether they continued to perform physical activity.

The alpha test level for statistical significance was set at 0.05.

## Results

The sample characteristics are shown in Table 2.

The repeated-measures ANOVA showed significant differences among the time for height ( $F_{2,76} = 21.836$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.365$ ), %FM ( $F_{2,76} = 5.843$ ;  $p = 0.004$ ;  $\eta^2 = 0.133$ ), FFM ( $F_{2,76} = 6.254$ ;  $p = 0.003$ ;  $\eta^2 = 0.141$ ), Flamingo Balance Test ( $F_{2,76} = 32.597$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.462$ ), Sit and Reach Test ( $F_{2,76} = 9.678$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.203$ ), Shuttle Test ( $F_{2,76} = 7.988$ ;  $p = 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.174$ ), Abdominal Curl Test ( $F_{2,76} = 8.477$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.182$ ), and  $VO_2$ max ( $F_{2,76} = 32.692$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.462$ ). Significant differences among the groups were found for Flamingo Balance Test ( $F_{2,38} = 72.555$ ;  $p = 0.013$ ;  $\eta^2 = 0.205$ ), Shuttle Test ( $F_{2,38} = 11.637$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.380$ ), and  $VO_2$ max ( $F_{2,38} = 4.264$ ;  $p = 0.021$ ;  $\eta^2 = 0.183$ ). Finally, significant differences in the interaction time  $\times$  group were found for %FM ( $F_{4,76} = 3.333$ ;  $p = 0.014$ ;  $\eta^2 = 0.149$ ) and Flamingo

Balance Test ( $F_{4,76} = 8.331$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.304$ ). The scores obtained by each group at baseline, phase I and phase II assessments and post hoc statistical analysis results are reported in Table 1.

From baseline to 16 weeks (phase I), the rate of adherence to exercise program was an average of 94% (each participant performed at least 40 sessions of the expected 48, with an average of 45 sessions performed) in both MRT and HRT groups with no significant differences between groups, whereas in the AT group, it was 83%. From the 16th to the 22nd week (phase II), the rate of adherence was  $> 98\%$  for the two groups (at least 16 sessions performed of the expected 18), and in the AT group, it was 78%.

The results of the chi-squared test showed significant differences among the three groups relative to participation in physical activity after the end of the intervention (chi<sup>2</sup> value = 6.73;  $p = 0.035$ ). The comparison in pair showed that MRT (chi<sup>2</sup> value = 4.64;  $p = 0.031$ ) and HRT (chi<sup>2</sup> value = 5.57;  $p = 0.018$ ) groups had a significantly high number of subjects who continued the physical activity in comparison with the AT group. The  $\% \Delta$  of the follow-up scores compared with baseline and phase II assessment scores are reported in Table 3.

## Discussion

This study proposed a new combination of training protocols for overweight adolescents, designed with a first phase of RT (MRT or HRT) that prepares the subjects to the successive second phase of AP, and compared it to AP performed in both the first and the second phase.

AP is the traditional intervention program to shift the balance between the intake and expenditure of energy, decreasing waist circumferences and consequently abdominal fat accumulation, which is associated with a great risk of developing overweight pathologies.<sup>27</sup> AP represents the widely used type of physical training for correction of excessive body mass by increasing the energy expenditure.<sup>28</sup> The problem is that this kind of training does not have a great sustainability for overweight subjects,<sup>8</sup> given the higher physical and physiological demands, and does not provide the best chance

**Table 2** Sample description

Group	Age (years)	Weight (kg)	Height (m)	BMI (kg m <sup>-3</sup> )	Fat mass (%)
MRT	12.73 $\pm$ 0.70	69.18 $\pm$ 18.72	1.57 $\pm$ 0.09	27.81 $\pm$ 5.41	34.07 $\pm$ 6.70
HRT	12.21 $\pm$ 0.43	68.51 $\pm$ 13.15	1.56 $\pm$ 0.08	27.48 $\pm$ 3.59	33.33 $\pm$ 7.29
AT	12.67 $\pm$ 0.65	68.32 $\pm$ 14.05	1.59 $\pm$ 0.07	26.93 $\pm$ 3.92	32.92 $\pm$ 6.42
Total	12.54 $\pm$ 0.64	68.59 $\pm$ 15.45	1.57 $\pm$ 0.08	27.25 $\pm$ 4.51	33.48 $\pm$ 6.67

**Note:** The three groups were homogeneous at baseline.

**Abbreviations:** BMI, body mass index; MRT, moderate-resistance training; HRT, high-resistance training; AT, aerobic training.

**Table 3** Differences between follow-up scores compared to pre and post scores

Group	MRT		HRT		AT	
	POS-CON	NEG-CON	POS-CON	NEG-CON	POS-CON	NEG-CON
<b>Category</b>						
<b>Numerosity</b>	10	5	10	4	3	9
<b>Significance</b>	Chi <sup>2</sup> = 4.64; p = 0.031*		Chi <sup>2</sup> = 5.57; p = 0.018*			
<b>Comparison with the pre assessments</b>						
Weight (kg)	-5.4	+3.1	-6.0	+2.9	-2.4	+3.1
BMI (kg·m <sup>-2</sup> )	-2.6	+2.8	-1.9	+1.1	-1.3	+1.6
%FM	-4.8	+1.8	-5.4	+2.2	-2.3	+0.5
FFM (kg)	+4.7	-0.8	+5.1	-1.7	+1.2	-0.6
<b>Comparison with the post assessments</b>						
Weight (kg)	-5.2	+1.9	-6.3	+1.7	-2.9	+2.2
BMI (kg·m <sup>-2</sup> )	-1.5	+3.3	-1.7	+2.6	-1.1	+2.1
%FM	-0.7	+6.3	-2.7	+5.6	-2.2	+2.2
FFM (kg)	+1.9	-3.2	+1.1	-4.4	+0.4	-3.3

**Notes:** POS-CON (positive continuer): participants who continued to perform physical activities after the end of the study; NEG-CON (negative continuer): participants who did not continue to perform physical activities after the end of the study. \*Statistically significant in comparison with AT.

**Abbreviations:** MRT, moderate-resistance training; HRT, high-resistance training; AT, aerobic training; BMI, body mass index; %FM, percentage of fat mass; FFM, free fat mass.

to compete with slimmer peers. Moreover, overweight teenagers, performing prolonged periods of aerobic exercise in which most overweight teens "fail", perceived themselves to be under constant scrutiny from their peers and ridiculed by them.<sup>29</sup> Conversely, RT is an exercise modality in which overweight adolescents can excel relatively to their peers, given their larger FFM.<sup>30</sup> Since this kind of training is enjoyable and satisfying, it can influence the adoption of active behaviors,<sup>26</sup> considering that physical inactivity is strongly related to adolescent obesity.<sup>31</sup> In the first part of this study, we tried to establish a dose-response relationship comparing moderate- vs. high-intensity RT protocols, and consequently to assess the most effective RT intensity. Our results showed the same effect of both RT protocols on body composition and fitness parameters. Previous studies showed that high-intensity progressive training decreases adiposity and improves the related metabolic outcomes, more than low- and moderate-intensity trainings. In the present study, the differences in intensity between the two RT protocols were not very relevant (9-RM vs. 13-RM) because more vigorous intensity would have not been suitable for this population. After phase II, the participants of both RT groups showed significant improvements in body composition (%FM and FFM) and in physical fitness tests (Flamingo Balance Test, Shuttle Test and VO<sub>2</sub>max), compared to baseline and AT groups, with no differences between them (Table 1). AT group showed a significant improvement only in the Flamingo Balance Test, Shuttle Test and VO<sub>2</sub>max after phase II. The significant improvements in FFM and related skills, such as balance and speed (assessed by Flamingo Balance Test and Shuttle Test, respectively), after phase II, confirmed the utility

of performing RT before AP. The nonsignificant changes in anthropometric measures may be due to the intervention without a dietary control. However, dietary restriction has been shown to cause FFM loss that could negatively counteract the RT gains.<sup>32,33</sup> Moreover, dietary intervention in addition to physical activity protocol would have been a confounding variable in the present study.<sup>27,34,35</sup> Previous findings indicated that the combined training (RT plus AP) was the best choice for obese and overweight adolescent physical activity treatment.<sup>27</sup> However, the combination of the two activities may be heavy, too long and unpleasant, accelerating the risk of incurring a decrease in enjoyment and endangering the lifelong commitment to physical activity necessary to prevent weight regain.<sup>7</sup> Overweight participants, choosing activities as RT which promote vigorous exertion and physical changes, may improve their self-confidence and self-efficacy in carrying out the successive AP protocol. The level of satisfaction of adolescents with the intervention program was assessed by the adherence to the physical activity programs and by the number of dropped-out subjects. The dropped-out subjects in this study were all girls, and it is well known that overweight females are more acutely sensitive to any implied criticism relating to their body, bodily performance or social practices. Nevertheless, it has to be remarked that almost all the dropped-out subjects belonged to the AT group.<sup>36</sup>

The adherence of the two experimental groups was significantly higher than that of AT, and more participants in the experimental groups passed from the first phase to the second phase. Participants in MRT and HRT groups, in fact, showed significantly more adherence and compliance in the following AP than those in AT. The subjects who discontinued

physical activity after all the three intervention protocols showed a weight increase especially in terms of %FM and loss of FFM. Those who carried on the physical activity after the intervention continued to lose weight, maintaining the FFM level achieved.

Therefore, this program of training may prepare participants to be more available to continue the AP and to assume a more active lifestyle as it was demonstrated by follow-up results.

## Conclusion

RT followed by AP can be an effective treatment option for obese youth. This is the first study that proposes an intervention based on different exercise protocols in sequence for overweight population. Overweight adolescents, who want to maximize the effect of the physical activity, should prepare themselves through RT before performing AP exercises, which assures them safe physical and health benefits.<sup>37,38</sup>

The positive effect of the programs proposed in this study was the global maintenance of training effects after intervention,<sup>39</sup> motivating the adolescents to adopt an active lifestyle.<sup>11</sup> MRT or HRT performed before AP, in fact, increased long-term exercise adherence, compared to AP alone.<sup>8</sup> These findings represent an advancement in the theory-based physical activity intervention for overweight adolescents.

## Disclosure

The authors report no conflicts of interest in this work.

## References

- Lloyd RS, Faigenbaum AD, Stone MH, et al. Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *Br J Sports Med*. 2014;48(7):498–505.
- Faigenbaum AD, Myer GD. Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *Br J Sports Med*. 2010;44(1):56–63.
- Docherty D, Wenger HA, Collis ML. The effects of resistance training on aerobic and anaerobic power of young boys. *Med Sci Sports Exerc*. 1987;19(4):389–392.
- Benson AC, Torode ME, Fiatarone Singh MA. The effect of high-intensity progressive resistance training on adiposity in children: a randomized controlled trial. *Int J Obes (Lond)*. 2008;32(6):1016–1027.
- Durrer C, Robinson E, Wan Z, et al. Differential impact of acute high-intensity exercise on circulating endothelial microparticles and insulin resistance between overweight/obese males and females. *PLoS One*. 2015;10(2):e0115860.
- Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(2):459–471.
- Thiel C, Vogt L, Claussnitzer G, Banzer W. Energy cost of youth obesity exercise modes. *Int J Sports Med*. 2011;32(2):142–146.
- Gillis LJ, Kennedy LC, Bar-Or O. Overweight children reduce their activity levels earlier in life than healthy weight children. *Clin J Sport Med*. 2006;16(1):51–55.
- Ekkekakakis P. Let them roam free? Physiological and psychological evidence for the potential of self-selected exercise intensity in public health. *Sports Med*. 2009;39(10):857–888.
- Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJ, et al. Youth resistance training: updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *J Strength Cond Res*. 2009;23(5 Suppl):S60–S79.
- Haines J, Kleinman KP, Rifas-Shiman SL, Field AE, Austin SB. Examination of shared risk and protective factors for overweight and disordered eating among adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2010;164(4):336–343.
- Patton GC, Coffey C, Carlin JB, et al. Overweight and obesity between adolescence and young adulthood: a 10-year prospective cohort study. *J Adolesc Health*. 2011;48(3):275–280.
- Wilson AJ, Jung ME, Cramp A, Simatovic J, Prapavessis H, Clarson C. Effects of a group-based exercise and self-regulatory intervention on obese adolescents' physical activity, social cognitions, body composition and strength: a randomized feasibility study. *J Health Psychol*. 2012;17(8):1223–1237.
- Shah NR, Braverman ER. Measuring adiposity in patients: the utility of body mass index (BMI), percent body fat, and leptin. *PLoS One*. 2012;7(4):e33308.
- Ratcliff MB, Jenkins TM, Reiter-Purtill J, Noll JG, Zeller MH. Risk-taking behaviors of adolescents with extreme obesity: normative or not? *Pediatrics*. 2011;127(5):827–834.
- Brzycki M. Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *J Phys Educ Recreat Dance*. 1993;64(1):88–90.
- Moreno LA, Pineda I, Rodriguez G, Fleta J, Sarria A, Bueno M. Waist circumference for the screening of the metabolic syndrome in children. *Acta Paediatr*. 2002;91(12):1307–1312.
- Johnston JL, Leong MS, Checkland EG, Zuberbuhler PC, Conger PR, Quinney HA. Body fat assessed from body density and estimated from skinfold thickness in normal children and children with cystic fibrosis. *Am J Clin Nutr*. 1988;48(6):1362–1366.
- Weststrate JA, Deurenberg P. Body composition in children: proposal for a method for calculating body fat percentage from total body density or skinfold-thickness measurements. *Am J Clin Nutr*. 1989;50(5):1104–1115.
- Rodriguez G, Moreno LA, Blay MG, et al; AVENA-Zaragoza Study Group. Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur J Clin Nutr*. 2005;59(10):1158–1166.
- Council of Europe, Committee for the Development of Sport. *EUROFIT. European Test of Physical Fitness*. Rome: Council of Europe, Committee for the Development of Sport; 1988.
- Chatterjee S, Chatterjee P, Bandyopadhyay A. Enumeration of validity for predicted VO<sub>2</sub>max by Queen's College Step Test in Bengalee boys. *Ind J Physiol Allied Sci*. 2001;55(3):123–127.
- McArdle WD, Katch FI, Pechar GS, Jacobson L, Ruck S. Reliability and interrelationships between maximal oxygen intake, physical work capacity and step test scores in college women. *Med Sci Sports*. 1972;4(4):182–186.
- Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, et al. How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2005;12(2):102–114.
- YMCA of the USA. *YMCA Fitness Testing and Assessment Manual*. Golding LA, editor. Champaign, IL: Human Kinetics; 2000.
- Rothman AJ. Toward a theory-based analysis of behavioral maintenance. *Health Psychol*. 2000;19(1 Suppl):64–69.
- Sigal RJ, Alberga AS, Goldfield GS, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on percentage body fat and cardiometabolic risk markers in obese adolescents: the healthy eating aerobic and resistance training in youth randomized clinical trial. *JAMA Pediatr*. 2014;168(11):1006–1014.
- Sawczyn S, Mischechenko V, Moska W, et al. Strength and aerobic training in overweight females in Gdansk, Poland. *Open Med*. 2015;10:152–162.
- Faigenbaum AD. Strength training for overweight teenagers. *Strength Cond J*. 2002;24(5):67–68.

30. Stankov I, Olds T, Cargo M. Overweight and obese adolescents: what turns them off physical activity? *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2012;9:53.
31. Page A, Cooper AR, Stamatakis E, et al. Physical activity patterns in nonobese and obese children assessed using minute-by-minute accelerometry. *Int J Obes (Lond).* 2005;29(9):1070–1076.
32. Lee S, Bacha F, Hannon T, Kuk JL, Boesch C, Arslanian S. Effects of aerobic versus resistance exercise without caloric restriction on abdominal fat, intrahepatic lipid, and insulin sensitivity in obese adolescent boys: a randomized, controlled trial. *Diabetes.* 2012;61(11):2787–2795.
33. Di Cagno A, Marchetti M, Battaglia C, et al. Is menstrual delay a serious problem for elite rhythmic gymnasts? *J Sports Med Phys Fitness.* 2012;52(6):647–653.
34. Hamasaki H, Kawashima Y, Tamada Y, et al. Associations of low-intensity resistance training with body composition and lipid profile in obese patients with type 2 diabetes. *PLoS One.* 2015;10(7):e0132959.
35. Schranz N, Tomkinson G, Olds T. What is the effect of resistance training on the strength, body composition and psychosocial status of overweight and obese children and adolescents? A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2013;43(9):893–907.
36. Curtis, P. The experiences of young people with obesity in secondary school: some implications for the healthy school agenda. *Health Soc Care Community.* 2008;16(4):410–418.
37. di Cagno A, Battaglia C, Giombini A, et al. Time of day-effects on motor coordination and reactive strength in elite athletes and untrained adolescents. *J Sports Sci Med.* 2013;12(1):182–189.
38. di Cagno A, Fiorilli G, Iuliano E, et al. Time-of-day effects on static and dynamic balance in elite junior athletes and untrained adolescents. *Int J Sports Sci Coach.* 2014;9(4):615–625.
39. Piazza M, Battaglia C, Fiorilli G, et al. Effects of resistance training on jumping performance in pre-adolescent rhythmic gymnasts: a randomized controlled study. *Ital J Anat Embryol.* 2014;119(1):10–19.

### Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy

Dovepress

#### Publish your work in this journal

Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy is an international, peer-reviewed open-access journal committed to the rapid publication of the latest laboratory and clinical findings in the fields of diabetes, metabolic syndrome and obesity research. Original research, review, case reports, hypothesis formation, expert

opinion and commentaries are all considered for publication. The manuscript management system is completely online and includes a very quick and fair peer-review system, which is all easy to use. Visit <http://www.dovepress.com/testimonials.php> to read real quotes from published authors.

Submit your manuscript here: <https://www.dovepress.com/diabetes-metabolic-syndrome-and-obesity-targets-and-therapy-journal>