



Università degli Studi di Cagliari

DOTTORATO DI RICERCA
BIOLOGIA E BIOCHIMICA DELL'UOMO E DELL'AMBIENTE
Ciclo XXVII

**COMPOSIZIONE CORPOREA, NUTRIZIONE PERSONALIZZATA E
COSTO ENERGETICO DELLA CORSA: STUDIO LONGITUDINALE SU
UNA POPOLAZIONE DI INDIVIDUI FISICAMENTE ATTIVI.**

Settori scientifico disciplinari di afferenza

BIO/09-M-EDF/02

Presentata da: DOTT.ssa GIOVANNA GHIANI
Coordinatore Dottorato PROF. EMANUELE SANNA
Tutor/Relatore PROF. ALBERTO CONCU

Esame finale anno accademico 2013 – 2014

INDICE

Abstract	3
Introduzione	4
Scopo dello studio	10
Materiali e Metodi	11
• Soggetti	11
• Disegno sperimentale	11
• approccio nutrizionale ed antropometrico	11
• Test sul treadmill	14
• Analisi statistica	17
Risultati	18
Discussione	19
Conclusioni	22
Ringraziamenti	23
Bibliografia	24
Tabelle	30
Figure	33
Allegato 1: Schema nutrizionale tipo	38

Abstract

Considering the relation between body weight-composition and energy cost of running, we tested the hypothesis that modifying body composition by means of a combined protocol of specific diet and training, the energy cost of motion (C_r) may be reduced. 45 healthy and normal-weight subjects were divided into three groups that performed a different treatment: the first group attended only a dietary protocol (D), the second only a running program (R) and the third both (R&D). Each subject underwent three anthropometric and exercise evaluation tests during one year (at T0, T6, T12) to assess body composition and C_r adjustments. The mean fat mass (FM) values were reduced in R&D from 12.0 ± 4.0 to 10.4 ± 3.0 kg ($p < 0.05$ T0 vs. T12) and in the D group from 14.2 ± 5.8 to 11.6 ± 4.7 kg ($p < 0.05$ T0 vs. T12). Conversely, the mean fat free mass values increased in R&D (from 56.3 ± 8.8 to 58.3 ± 9.8 kg, $p < 0.05$ T0 vs. T12) and in the D group (from 50.6 ± 13.2 to 52.9 ± 13.6 kg, $p < 0.05$ T0 vs. T12). The mean C_r values of the 2 groups were significantly modified throughout the one year protocol (1.48 ± 0.16 and 1.40 ± 0.15 kcal·kg^{-b}·km⁻¹ in the R&D group at T0 and T12 respectively; 1.83 ± 0.17 and 1.76 ± 0.23 kcal·kg^{-b}·km⁻¹ in D group at T0 to T12 respectively). The R&D and D groups that underwent the diet protocol had a positive change in body composition during the year (FM-fat free mass ratio decline) which determined a C_r reduction.

Keywords: Diet; body composition; energy cost of motion; fat mass; fat free mass; running program.

Introduzione

E' un fatto risaputo che nella corsa di endurance gli atleti con la massa corporea (BM) più bassa generalmente raggiungono i risultati migliori (Sedeaud 2014). Questo è probabilmente attribuibile al fatto che la forza applicata per spostare la massa corporea è il primo determinante del costo energetico della corsa (Taylor et al. 1980; Kramer and Taylor 1990; Farley and McMahon 1992, Lacour and Bourdin 2015). Soprattutto una bassa percentuale di massa grassa (FM) caratterizza i corridori di brevi e lunghe distanze e probabilmente riveste un ruolo chiave nella riuscita delle loro performance atletiche (Kong e de Heer 2008). Inoltre, la differenza nel contenuto di grasso corporeo tra i due sessi sembrerebbe essere uno dei fattori principalmente responsabili dei migliori risultati ottenuti dagli atleti di sesso maschile (Wilmore et al. 1977), ed infatti quando i corridori di sesso maschile e femminile mostrano una abilità simile sulla stessa distanza hanno anche una percentuale di FM sovrapponibile (Pate et al. 1995).

Tuttavia un recente lavoro (Taboga et al. 2012) ha dimostrato che nei soggetti obesi il costo energetico (Cr) della corsa rimane costante piuttosto che incrementare con l'aumento del BM, probabilmente perchè il tessuto elastico riesce ad adattarsi all'incremento della massa aumentando la sua abilità di accumulare e restituire energia elastica. D'altra parte Teunissen and coll. (2007) hanno dimostrato che una riduzione della massa corporea determina un decremento nel costo energetico netto anche se non direttamente proporzionale alla riduzione del BM. E' importante però, sottolineare il fatto che la riduzione del costo energetico nello studio sopra menzionato sia stata ottenuta tramite un sistema che attraverso una imbracatura che riduceva il peso corporeo e non attraverso riduzione della massa corporea.

Viste le premesse di cui sopra, in linea teorica si potrebbe pensare che, inducendo delle modificazioni nella composizione corporea e nello specifico diminuendo la massa grassa e aumentando quella magra (FFM), il Cr diminuirebbe a causa dell'aumentata abilità del sistema durante la corsa di accumulare e liberare l'energia elastica ad ogni passo.

La misurazione metabolica risulta essere, al momento, il criterio d'elezione per la misurazione della performance nelle specialità di corsa di endurance (Lacour and Bourdin 2015). Inoltre, recentemente si è investigato sul modo in cui le diverse dimensioni corporee e le caratteristiche antropometriche influenzano la performance di corsa, evidenziando la necessità di tenere in considerazione il ruolo del ridimensionamento allometrico nella stima del costo metabolico della corsa (Tartaruga et al 2010; Tartaruga et al. 2013a)

Considerando che le ricerche sulla relazione esistente tra massa corporea, composizione corporea, e costo energetico della corsa sono relativamente scarse, in questo lavoro abbiamo testato l'ipotesi che il Cr potesse essere ridotto modificando la composizione corporea nell'arco di un anno. A questo scopo, abbiamo studiato un protocollo che prevede l'abbinamento di una dieta specifica atta ad indurre una riduzione della FM ed un aumento della FFM, e di un programma di esercizio fisico. Per fare questo abbiamo monitorato l'efficienza nella corsa di 45 volontari (divisi in tre gruppi e sottoposti a tre diversi trattamenti) durante un intero anno, attraverso l'utilizzo di misure metaboliche indicizzate tenendo conto delle differenze allometriche tra i 3 gruppi (Tartaruga et al. 2013).

Infatti, ai fini del raggiungimento di una condizione fisica ottimale sono necessarie ambedue le componenti succitate. Per questo motivo nel corso degli ultimi anni è cresciuto progressivamente l'interesse per le problematiche nutrizionali connesse all'esercizio fisico, e lo dimostra un numero crescente di evidenze scientifiche raccolte in differenti Paesi del mondo.

L'International Consensus Conference (Losanna 1991) sostiene che “la dieta adeguata (in qualità e quantità) prima, durante e dopo l'allenamento e la gara ottimizza la prestazione”; dello stesso avviso è anche la “Position Statement (J Am Diet Assoc, 2000) approvata anche dall'American Dietetic Association in un documento redatto insieme alla Dietitians Of Canada e all'American College of Sports Medicine che recita: “L'attività fisica, la prestazione sportiva, la fase di recupero dopo l'esercizio sono favorite da un'alimentazione ottimale” (Rodriguez et al. 2009).

Dal momento che solo uno stato di buona salute garantisce la massima espressione delle potenzialità fisiche e atletiche di un individuo, l'alimentazione deve essere considerata come parte integrante del programma di allenamento, non solo degli atleti, ma di chiunque miri a raggiungere una forma fisica ottimale.

Se in passato l'alimentazione degli atleti era orientata prevalentemente alla prescrizione di diete specifiche in occasione della gara, attualmente si tende a proporre una "preparazione nutrizionale" da seguire per tutta la vita dell'atleta e slegata dall'impegno agonistico. Il regime alimentare per gli sportivi, soggetti sani caratterizzati da un maggior dispendio energetico, deve essere direttamente correlato allo specifico programma di allenamento e deve scaturire da un protocollo di valutazione che comprenda aspetti clinici, antropometrici, metabolici e nutrizionali.

Non esistono, quindi, alimenti particolari o diete "miracolose" capaci di migliorare la preparazione e/o la prestazione atletica, ma solo buone o cattive abitudini alimentari che condizionano l'efficienza metabolica, il rendimento fisico ed atletico e la composizione corporea.

Come per la popolazione generale, anche per lo sportivo la maggiore parte della razione alimentare deve essere costituita dai *carboidrati*; questi devono rappresentare il 55-60% circa dell'intera quota giornaliera di energia (Gianpietro 2005). Per la maggior parte (80%) devono essere carboidrati complessi, come quelli contenuti nei cereali (pasta, pane, biscotti, fette biscottate, riso, mais) e nei tuberi (patate). Gli zuccheri semplici (saccarosio, miele, marmellate, dolci, frutta) devono fornire il restante 20% (dal 10 al 12% delle calorie totali). I carboidrati costituiscono il principale substrato per i muscoli in esercizio e forniscono una buona quantità di energia, circa 4 kcal/g di sostanza.

Le *proteine* svolgono principalmente una funzione plastica e sono indispensabili per tutte le funzioni vitali dell'organismo; vanno assunte in quantità variabili da 1,2 a 1,7 grammi per kg/peso corporeo a seconda delle esigenze e possono provenire sia da alimenti di origine animale (latte e derivati, carni, pesci, uova) che di origine vegetale (legumi, frutta oleosa, cereali) con una discreta

prevalenza delle carni che rappresentano la fonte di ferro più facilmente assorbibile e biodisponibile. Le proteine forniscono 4 kcal/g di sostanza (Gianpietro 2005).

I *grassi* sono nutrienti ad elevato contenuto energetico (9 kcal/g). Vengono utilizzati come fonte energetica, insieme ai carboidrati. Devono rappresentare una quota variabile, a seconda delle circostanze, tra il 25 ed il 30% dell'energia totale giornaliera e vengono assunti sia come grassi contenuti negli alimenti (latte, formaggio, carne, salumi, uova) sia come condimenti (oli, burro, lardo). Tra questi ultimi sono da preferire le fonti di origine vegetale con particolare riguardo all'olio extravergine di oliva, più facilmente digeribile e ricco di sostanze antiossidanti (Gianpietro 2005).

E' importante sottolineare che nella dieta equilibrata, la razione alimentare deve essere varia, cioè composta da alimenti diversi, ricca di frutta e di verdure, consumate sia crude sia cotte, per garantire un corretto apporto di acqua, minerali, vitamine, antiossidanti e di fibra alimentare.

L'efficacia e la salubrità della dieta, dipendono non solo dalla quantità, qualità e proporzione con cui vengono assunti i nutrienti contenuti negli alimenti, ma anche dalla distribuzione quantitativa e qualitativa dei pasti durante la giornata.

In una sana alimentazione riveste un ruolo molto importante la colazione che deve essere un vero e proprio pasto saziante, nutriente e completo.

Il consumo abituale della colazione comporta dei benefici sia a breve che a lungo termine e si associa a un migliore stato di salute e benessere a tutte le età. Lo confermano studi effettuati in differenti paesi del mondo, che hanno evidenziato come un buono stato di forma fisica, una minore probabilità di sviluppare sovrappeso e obesità e una maggiore sazietà nel corso della giornata siano correlati alla consuetudine di consumare, per colazione, un pasto che copra circa il 20% del fabbisogno calorico giornaliero (Agostoni et al., 2009).

Ciò nonostante, le indagini statistiche condotte su ampi campioni di popolazione, documentano come questo pasto della giornata sia in realtà quello più trascurato. Infatti, secondo una ricerca Eurisko del 2005, confermata da un'ulteriore indagine del 2007, solo il 30% della popolazione

italiana consuma un pasto adeguato dal punto di vista qualitativo e quantitativo prima di affrontare la giornata, la maggior parte degli adulti consuma frettolosamente un caffè o ad un cappuccino al bar (Agostoni et al, 2009).

Il ruolo fondamentale della prima colazione dipende, innanzitutto, dalla sua funzione di fornire, al termine del digiuno notturno, l'energia necessaria per affrontare le attività della giornata. Un effetto dell'omissione di questo pasto, si manifesta, sia nei bambini che negli adulti, con una minore capacità di concentrazione e di resistenza durante l'esercizio fisico già nelle prime ore della giornata (Rampersaud et al, 2005; Fanjiang e Kleinman 2007)

Inoltre, la colazione deve essere in grado di modulare il senso di fame e sazietà nell'arco dell'intera giornata; pertanto, deve includere sia fonti energetiche di rapido utilizzo che fonti a rilascio più lento.

I carboidrati semplici e complessi, che devono fornire almeno il 50% delle calorie complessive (preziosi 1999), sono introdotti col consumo di prodotti a base di cereali, i dolci e la frutta. Gli zuccheri semplici forniscono energia facilmente disponibile per cominciare la giornata, mentre i carboidrati complessi, a più lento assorbimento, contenuti nei cereali, soprattutto integrali, garantiscono la riserva energetica per le ore successive (Truswell 2002; Björck e Elmståhl 2003) carboidrati e le fibre, migliorano direttamente l'utilizzazione del glucosio e modulano la risposta insulinica. Ne deriva un maggiore senso di sazietà e l'assunzione di una minore quantità di calorie nei pasti successivi (Blom et al., 2005; De Castro 2004).

Inoltre, i carboidrati complessi influenzano il rilascio di diversi ormoni, come il GIP (gastric inhibitory peptide), il GLP-1 (glucagon-like peptide-1) e la colecistochinina (CCK), che sono coinvolti nella regolazione postprandiale della sazietà e della glicemia (Bornet et al., 2007; Druce e Bloom, 2006)

L'effetto saziante della prima colazione deve derivare non solo dai carboidrati ma anche dalla presenza di una significativa quota proteica e lipidica che contribuisce a ridurre l'indice glicemico dei carboidrati consumati, e quindi la risposta glicemica postprandiale, rafforzando, così, il senso di

sazietà. In aggiunta, questi componenti, sono efficaci nel controllare la grelinemia, e quindi l'appetito (Foster-Schubert et al., 2008).

Il consumo di cibo nelle prime ore della giornata, con una prima colazione qualitativamente e quantitativamente adeguata, ha un potere saziante particolarmente marcato, che permette di controllare e ridurre la quantità totale di energia assunta durante la giornata (Cho et al., 2003)

Secondo diversi studi, gli adolescenti normopeso che saltano spesso questo pasto vanno più facilmente incontro all'aumento dell'indice di massa corporea in età adulta, mentre, i consumatori regolari della prima colazione sono meno predisposti al sovrappeso e all'obesità (Affenito et al., 2005; Timlin et al. 2008)

Risultati analoghi sono stati forniti anche da studi condotti su adulti, per i quali il consumo abituale della colazione facilita il controllo del peso (Van der Heijden et al., 2007; Purslow et al. 2008).

Pertanto, così come confermato da uno studio recente, ne deriva che la prima colazione potrebbe svolgere un ruolo importante anche nelle strategie atte alla perdita di peso e nel miglioramento della composizione corporea (Garaulet et al., 2013).

La colazione, così come proposto in questo lavoro, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, deve essere considerata un pasto vero e proprio. Analogamente al pranzo e alla cena, non deve costituire un modello unico e stereotipato, ma può e deve variare la propria composizione attraverso la differente combinazione delle scelte alimentari.

La presenza e l'alternanza di alimenti diversi favorisce l'assunzione di quantità non trascurabili di micronutrienti. Il profilo nutrizionale di chi fa regolarmente la prima colazione, sembra essere caratterizzato da un maggior apporto di fibra, calcio, vitamine, minerali e un minore apporto di grassi, colesterolo e calorie totali. Al contrario, l'abitudine a "saltare" la prima colazione comporta una maggiore probabilità di mancato raggiungimento dei livelli di assunzione raccomandati di specifici micronutrienti nell'arco dell'intera giornata (Stanton e Kearns, 1989; Ruxton e Kirk, 1997).

Scopo dello studio

L'alimentazione e l'attività fisica influenzano a breve e lungo termine la composizione corporea (Sinning WE. 1996) ed è importante che l'alimentazione degli individui che praticano attività sportiva in maniera costante sia adeguata alle loro esigenze. La nostra ipotesi è stata quella che le modificazioni indotte sulla composizione corporea da un particolare regime alimentare, che fornisce una abbondante porzione delle calorie giornaliere nella prima parte della giornata, si potessero ripercuotere sulla riduzione del costo energetico della corsa.

Lo scopo di questo lavoro è stato quindi quello di fornire a due gruppi di sportivi, dopo aver stimato il loro fabbisogno energetico, un'alimentazione adatta alle loro necessità sia in termini quantitativi che qualitativi, che fornisca circa il 30% dell'energia giornaliera a colazione, e di osservare, durante il corso di un anno, i mutamenti nella loro composizione corporea ed i mutamenti nel costo energetico della corsa. A tale scopo, dopo aver selezionato un campione di individui fisicamente attivi, si sono creati tre gruppi, il primo è stato sottoposto ad allenamento di corsa e regime dietetico, il secondo ha praticato attività fisica diversa dalla corsa ed è stato sottoposto al regime dietetico, il terzo gruppo ha praticato la corsa mantenendo le precedenti abitudini alimentari.

Materiali e metodi

Soggetti

Sono stati arruolati 45 soggetti in buona salute ed in condizioni di normopeso (BMI medio 23.6 ± 2.3 SD), 29 maschi e 16 femmine. I volontari sono stati reclutati tramite un annuncio messo su Facebook. I criteri di inclusione nello studio erano: a) avere uno stile di vita attivo e praticare la corsa o altre attività sportive a livello amatoriale per almeno tre giorni alla settimana, da almeno cinque anni; b) non aderire a nessun specifico regime alimentare; c) non avere patologie metaboliche.

Le caratteristiche antropometriche e metaboliche dei soggetti partecipanti allo studio sono riportati nella tabella 1. Tutte le misure antropometriche sono state eseguite seguendo il manuale di standardizzazione antropometrica di Lohman et al. (1988).

Tutti i partecipanti sono stati intervistati circa la loro storia clinica, in modo da escludere che prendessero medicinali che potessero influenzare il loro metabolismo, inoltre sono stati informati sul protocollo di ricerca ed è stato fatto firmare loro un consenso informato. Lo studio è stato approvato dal locale comitato etico ed è stato portato avanti in accordo con la dichiarazione di Helsinki.

Disegno sperimentale

I partecipanti allo studio sono stati divisi in tre gruppi che hanno seguito tre trattamenti differenti durante i dodici mesi dello studio: il primo gruppo (non corridori) ha seguito solo il protocollo dietetico (D), il secondo ha mantenuto le proprie abitudini alimentari ed ha aderito ad un protocollo di allenamento di corsa (R), ed il terzo gruppo (R&D) ha aderito sia al protocollo dietetico che a quello motorio della corsa. Ogni partecipante è stato sottoposto a delle misurazioni antropometriche ed ha effettuato un test rettangolare al treadmill, all'inizio dello studio (T0), dopo 6 mesi (T6) ed al termine dello stesso cioè dopo 12 mesi (T12), in modo da poter valutare le variazioni nella composizione corporea e nel Cr.

Approccio Nutrizionale ed Antropometrico.

Su ciascun soggetto sono state prese le misure antropometriche basali ossia la massa corporea (BM, kg), la statura e la massa grassa (FM, kg); la massa priva di grasso (FFM, kg) è stata invece ricavata per differenza dalla massa corporea. E' stata calcolata anche la superficie corporea (BSA) attraverso la formula di Mosteller (1987). La massa corporea è stata misurata con una bilancia elettronica SECA 709. La composizione corporea è stata stimata tramite plicometria utilizzando, per la predizione della FM l'equazione di Durnin and Womersley (1974) che utilizza quattro pliche: tricipitale, bicipitale, sovrailiaca e sottoscapolare. Dalla differenza tra il BM e la FM espresse in kg, è stata stimata la FFM. Lo spessore delle pliche corporee è stato misurato con un plicometro di Lange (Beta technology) nella parte destra del corpo e, dal momento che la variabilità inter-esaminatore è la maggior fonte di errore in questa metodica, sono state misurate sempre dallo stesso operatore. Inoltre, per valutare l'affidabilità intra-test dell'operatore è stato effettuato un confronto tra la somma del valore di 4 pliche rilevate in due trial eseguiti su 16 soggetti (8 femmine ed 8 maschi); un test T di student per dati appaiati non ha mostrato alcuna differenza significativa tra un trial e l'altro. Inoltre, le misure sono state prese sempre alla stessa ora, i partecipanti sono stati istruiti di astenersi dall'esercizio fisico e di astenersi dal consumo di bevande alcoliche e contenenti caffeina nelle 24 ore precedenti la misurazione. Inoltre, ai partecipanti è stato chiesto di non consumare liquidi nelle 4 ore precedenti il test e di urinare 30 minuti prima dello svolgimento dello stesso. Lo spessore delle pliche corporee è stato misurato tre volte ed il valore medio è stato inserito nell'equazione.

Questionario Food frequency.

Ciascun partecipante allo studio ha compilato un questionario di frequenza dei consumi alimentari semi-quantitativo (Fidanza et al. 1995) in modo da poter stabilire la sua assunzione abituale di calorie e macronutrienti. Il questionario validato consiste di 16 moduli prestampati e di 16 pagine con foto a colori che rappresentano i principali alimenti e pietanze consumati nell'alimentazione italiana, al questionario sono allegate le istruzioni di compilazione, ed è stato ripetuto ad ogni

controllo (T6 e T12) per verificare l'aderenza ai consigli nutrizionali somministrati ed il loro gradimento.

Dispendio energetico.

Un accelerometro multifunzione (SenseWear Pro armband, Bodymedia, Inc., Pittsburgh, PA, USA) indossabile sul braccio destro è stato utilizzato per stimare il dispendio energetico giornaliero (EE) dei soggetti partecipanti allo studio. L'apparecchio multifunzione stima il EE attraverso un accelerometro biassiale e sensori che quantificano la risposta galvanica della pelle, il flusso di calore tra il corpo e l'ambiente circostante e la temperatura corporea. L'accelerometro a due assi registra, inoltre, il numero dei passi e la durata dell'attività fisica (Drenowatz C, Eisenmann JC. 2011). Il livello di attività fisica giornaliero dei partecipanti (PAL) è stato in seguito calcolato dividendo il EE per il consumo energetico durante il sonno (REE) (Sijtsma et al. 2013)

Protocollo dietetico.

A ciascun componente dei gruppi R&D e D è stato preparato uno schema dietetico con dei consigli nutrizionali personalizzati, in modo che fosse coperto sia il fabbisogno quantitativo, in termini di calorie e qualitativo, in termini di nutrienti (vedi allegato 1). Tutte le diete differivano tra loro in termini di calorie e grammi di nutrienti, in quanto personalizzate, ma in tutte le calorie provenivano all'incirca per il 20% dalle proteine, per il 30% dai lipidi e per il 50% dai carboidrati. L'introito energetico nelle 24 h era suddiviso in tre pasti giornalieri bilanciati: colazione (30%), pranzo (45%) e cena (25%). La particolarità delle diete somministrate era quella di consigliare una colazione più ricca, sia in calorie che nutrienti, rispetto a quella consumata abitualmente. Questa scelta è stata dettata dal fatto che studi recenti hanno dimostrato uno stretto legame tra distribuzione giornaliera dei pasti, obesità, e perdita di peso e di massa grassa (Jakubowicz et al. 2013; Wang et al. 2013).

Programma di allenamento.

Il gruppo R ed il gruppo R&D hanno praticato, durante i 12 mesi di sperimentazione, un programma di allenamento che prevedeva la percorrenza di almeno 40 km settimanali all'aperto in modo da mantenere un adeguato dispendio energetico (Slentz et al. 2005). In dettaglio, ai partecipanti è stato

chiesto di praticare 4 sessioni di allenamento (di circa 10 km per sessione alla stessa velocità a cui abbiamo calcolato il Cr, vedi sotto) a settimana intervallate da un giorno di riposo. Il nostro obiettivo era che loro raggiungessero un dispendio energetico di circa 400-600 kcal al giorno così da evocare un adeguato aumento del metabolismo e della FFM (Zuti and Goldin 1976). Per verificare l'aderenza al programma di allenamento, e la velocità tenuta nelle sessioni di allenamento, i volontari hanno registrato le sessioni attraverso un cronometro dotato di rilevatore satellitare di posizione (GPS).

Test sul treadmill.

Su ciascun soggetto partecipante allo studio è stato preliminarmente effettuato un test incrementale ad esaurimento sul treadmill (RunRace, Tecnogym, Forlì, Italy), in modo da stabilire la soglia aerobica (AT) di ciascuno. Il test è stato svolto nel seguente modo: dopo tre minuti di riposo in piedi il treadmill è stato azionato a 6 km h^{-1} e la sua velocità è stata aumentata di 1 km h^{-1} ogni 3 minuti fino ad esaurimento. La pendenza del tappeto è stata mantenuta costante all'1% durante tutto il test per simulare l'azione di attrito dell'aria nella corsa all'aperto (Jones and Doust 1996). Il raggiungimento del $\text{VO}_{2\text{max}}$ è stato valutato attraverso almeno due dei seguenti criteri: 1) un plateau nel VO_2 , nonostante l'incremento della velocità; 2) un quoziente respiratorio >1.10 ; e 3) una frequenza cardiaca $\pm 10 \text{ battiti min}^{-1}$ rispetto alla frequenza cardiaca massima predetta (HR) calcolata secondo la formula 220-età in anni (Howley et al. 1995). Per determinare la AT è stato utilizzato il metodo degli equivalenti ventilatori (Davis et al. 1979). In breve, la AT è stata determinata seguendo l'aumento negli equivalenti ventilatori per l'ossigeno, [i.e. rapporto tra ventilazione polmonare (V_E) e consumo di ossigeno (V_E/VO_2)] senza alcun incremento associato negli equivalenti per l'anidride carbonica [i.e. rapporto tra ventilazione polmonare (V_E) produzione di anidride carbonica (V_E/VCO_2)].

Dopo almeno una settimana ciascun partecipante ha sostenuto un test sul treadmill che calcolasse il costo energetico della sua corsa. Per fare ciò, dopo tre minuti di riscaldamento ai partecipanti è stato chiesto di correre alla velocità di 1 km h^{-1} al di sotto della AT per 5 minuti, in modo da ottenere

una condizione aerobica stazionaria per calcolare il Cr. La velocità fissata è stata sempre la stessa sia al T0 che al T6 e al T12 (il range delle velocità era da 8 a 13 km h⁻¹). Dal momento che entro questo range di velocità l'ampiezza del passo rimane costante (Cavagna 2010), un eventuale aumento della efficienza nella corsa (prodotta dal nostro trattamento) indicherebbe così un aumento del riuso di energia elastica derivante dalle unità muscolo tendinee dei soggetti. In questo caso il Cr si sarebbe dovuto ridurre.

Valutazione dei parametri respiratori

Durante il test è stato chiesto agli atleti di indossare un metabolimetro portatile per l'analisi dei gas respiratori (MedGraphics VO2000, St. Paul, Minneapolis, USA). Il sistema telemetrico è in grado di registrare una media di tre respiri che si è dimostrata affidabile nel confronto coi metabolimetri standard utilizzati in laboratorio (Crouter et al. 2006). Prima del test il VO2000 è stato calibrato secondo le istruzioni del fabbricante. Attraverso il VO2000 sono stati misurati i seguenti parametri: VO₂, VCO₂ e V_E.

Misurazione del dispendio energetico aerobico.

Il Cr (kcal kg⁻¹ km⁻¹) è stato calcolato dividendo il consumo medio di ossigeno (indicizzato per il BM) per la distanza coperta nell'unità di tempo (Fletcher et al. 2009). Attraverso l'equazione di Weir (Weir 1949; Mansell et al. 1990), questa quantità è stata moltiplicata usando la seguente equazione: $Cr = 3.941 VO_2 + 1.106 VCO_2$ in modo da ottenere le calorie dal consumo di ossigeno. L'equazione è stata utilizzata quando il RER < 1 *i.e.* assumendo che tutta l'energia arrivasse dall'ossidazione dei grassi e degli zuccheri. Il Cr è stato misurato durante l'ultimo dei cinque minuti percorsi alla velocità di 1 km h⁻¹ più lenta della velocità alla AT. Inoltre, dal momento che precedenti ricerche hanno sottolineato che un utilizzo arbitrario del ml kg⁻¹ min⁻¹ possa essere inappropriato per confrontare il Cr tra soggetti con conformazioni fisiche diverse (Markovic et al. 2007; Tartaruga et al. 2013b), abbiamo indagato anche l'effetto del ridimensionamento allometrico sul Cr. La relazione tra una variabile (VO₂) rispetto all'altra (BM) può essere riassunta dal coefficiente allometrico dell'equazione della relazione. Per ottenere il coefficiente allometrico la

prima variabile potrebbe essere espressa come una funzione del secondo utilizzando l'equazione esponenziale generale (1) $y = ax^b$ dove y è il VO_2 assoluto, x è il BM, a è una costante caratteristica per l'organismo e b è il coefficiente di ridimensionamento allometrico. Questa funzione esponenziale può essere trasformata in una funzione lineare (equazione 2): $\log y = \log a + b \log x$, in cui b , la pendenza della retta, è il coefficiente allometrico. Quindi la relazione logaritmica tra il VO_2 ed il BM dei soggetti al T0-T6 e T12 è stata utilizzata per determinare l'esponente allometrico per il ridimensionamento del Cr dei soggetti (Fig. 5).

Analisi statistica

L'assunzione di normalità è stata verificata utilizzando il test di Kolmogorov-Smirnov. Il livello di α è stato fissato a $p < 0,05$. I confronti tra i test sono stati fatti utilizzando la analisi della varianza (ANOVA) per misure ripetute seguite dal test post hoc di Neuman-Keuls quando ritenuto appropriato. Le differenze tra i gruppi sono state analizzate attraverso la ANOVA a due vie per misure ripetute seguite dal Tukey post-hoc quando ritenuto appropriato. Le differenze intra-gruppo legate al tempo (media \pm SD) sono mostrate come valori delta (Δ) tra T0 e T6 e tra T0 e T12 e valutate con una ANOVA ad una via per misure ripetute, seguite da un Tukey post-hoc quando appropriato. La statistica è stata prodotta utilizzando un software commerciale (Graph-Pad, Prism). La significatività statistica è stata fissata ad un valore di $\alpha < 0.05$ in tutti i casi.

Risultati

I valori assoluti di Cr, BM, FM e FFM misurati all'inizio dello studio (T0), dopo sei mesi (T6), e dopo un anno (T12) sono riportati nella tabella 3. Tutti i gruppi mostrano, dopo un anno, una riduzione significativa del Cr senza modificazione significativa del BM.

La composizione corporea dei soggetti del gruppo R&D è cambiata significativamente sia dopo 6 che dopo 12 mesi, infatti la loro FM si è ridotta del 15% dal T0 al T6 e T12 ($p<0.05$), e la FFM è, conseguentemente, incrementata del 3% al T6 ed al T12 ($p<0.05$).

Nel gruppo R la composizione corporea non si è sostanzialmente modificata durante l'anno.

Comunque, si è osservato un leggero calo nella FM al T6, che però è nuovamente incrementata al T12 ($p<0.05$ vs. T6), rientrando ai valori di partenza. Al contrario si è osservato che la FFM è lievemente incrementata al T6 e ridotta al T12 ($p<0.05$ vs. T6), riportandosi ai valori del T0.

La composizione corporea del gruppo D si è significativamente modificata durante l'anno, in quanto la FM è diminuita del 15% al T6 ed al T12 ($p<0.05$ vs. T0) e la FFM è, conseguentemente, incrementata del 3,4% al T6 e del 4% al T12 ($p<0.05$ vs. T0).

Le figure da 1 a 4 mostrano i valori espressi come Δ per ogni parametro esaminato al T0, T6 e T12, in modo da poter valutare le differenze tra i gruppi sottoposti ai tre differenti trattamenti.

In dettaglio, non abbiamo riscontrato dopo 6 mesi alcuna differenza significativa nel Δ Cr (Fig. 1, pannello superiore), mentre dopo 12 mesi Δ Cr si è ridotto sia nel gruppo D che nel gruppo R&D (Fig. 1, pannello inferiore). La figura 2 mostra che non si sono riscontrati differenze nel Δ FM dopo 6 mesi (pannello superiore), mentre al T12 la FM del gruppo R è incrementata di 0.48 ± 1.18 Kg ($p<0.05$ vs. R&D e D, che mostrano invece un trend in diminuzione). Al contrario, Δ FFM era aumentata nei gruppi D ed R&D sia dopo 6 che dopo 12 mesi, mentre invece dopo un anno il gruppo R ha mostrato un decremento nella FFM (-0.37 ± 0.65 kg, $p<0.05$ vs. R&D e D), come illustrato nella Figura numero 3. Conseguentemente alle modifiche speculari delle FM e FFM i valori di Δ BM sono risultati immutati sia dopo 6 che dopo 12 mesi in tutti i gruppi (Fig. 4, pannelli superiore ed inferiore).

Discussione

Lo scopo del nostro studio era quello di verificare se, mediante un protocollo combinato tra dieta isocalorica ad alto introito calorico a colazione, e corsa, si potessero avere delle modificazioni nella composizione corporea e queste potessero a loro volta causare una riduzione del Cr. La nostra ipotesi era basata sulle maggiori capacità da parte del tessuto muscolare di trattenere e rilasciare l'energia elastica rispetto al tessuto adiposo. Gli atleti provvisti di una maggiore FFM potenzialmente possono conservare più energia elastica nella corsa perché i loro muscoli più forti possono imporre maggiore tensione sui tendini. Basandomi sulla mia ricerca bibliografica questo sembra essere il primo studio che analizza la relazione esistente tra il rapporto FFM e FM, ed il costo energetico della corsa sul treadmill.

Come ci si poteva aspettare il trattamento dietetico ha modificato la composizione corporea dei gruppi R&D e D: la dieta isocalorica con una colazione ad alto impatto energetico ha provocato la diminuzione della FM e, conseguentemente, incrementato la FFM senza modificazioni significative nella BM. Una recente analisi di Garaulet e Gómez-Abellan (2014) ha messo in luce tale importanza nel legame tra la distribuzione dei macronutrienti e l'ora della loro assunzione. In un'altra ricerca simile, i soggetti cui era stata assegnata una colazione ricca in calorie persero più massa corporea rispetto a quelli cui era stata assegnata una cena ricca in calorie, a parità di calorie giornaliere totali (Jakubowics et al. 2013). Si può dire quindi, sulla base dei lavori scientifici di cui sopra e di altri (Wang et al. 2009), come esista un orologio circadiano che sarebbe presente in diversi organi, in relazione all'assunzione di cibo, che sarebbe in grado di influenzare i cambiamenti nel BM e nella composizione corporea.

Durante il nostro studio, durato un anno, abbiamo registrato solo aggiustamenti nella FM e nella FFM, senza alcun cambiamento nella BM. In ogni caso, nei due gruppi sottoposti a dieta abbiamo verificato una diminuzione della FM ed un conseguente aumento della FFM, mentre il gruppo R ha mostrato risultati opposti. I nostri risultati farebbero quindi supporre che la dieta specifica abbia modificato con successo la composizione corporea, mentre il solo esercizio fisico non lo ha fatto. E'

doveroso, comunque, evidenziare che i nostri risultati sono stati differenti rispetto a quelli ottenuti nello studio di Jakubowicz e colleghi (2013), dove infatti la dieta isocalorica ha provocato la diminuzione della massa corporea. Per spiegare questo differente risultato si può considerare come il nostro campione fosse rappresentato da atleti amatori normopeso e non da obesi, come negli studi menzionati sopra.

In accordo con la nostra ipotesi iniziale il Cr dopo 12 mesi è diminuito rispetto al T0 con inoltre sensibili differenze quantitative tra i gruppi. Infatti, i due gruppi che seguivano il regime dietetico hanno avuto il decremento maggiore (Fig. 1, pannello inferiore). E' verosimile quindi, come ci aspettavamo, che le modifiche avvenute tra FM e FFM siano state capaci di incrementare l'abilità totale di conservare e rilasciare l'energia elastica durante la corsa e, conseguentemente, far diminuire il Cr misurato ad una data velocità.

Di particolare interesse e rilevanza è l'osservazione che qualora il Cr calcolato non avesse tenuto in conto il ridimensionamento allometrico specifico per ogni gruppo, la riduzione riscontrata non sarebbe stata differente tra i gruppi. Questo avrebbe portato all'errata conclusione che il Cr fosse indipendente dai mutamenti nella composizione corporea evocati dal nostro protocollo. Quindi ci sembra importante evidenziare come un ridimensionamento allometrico in questo tipo di studi sia fortemente raccomandato così come suggerito recentemente da vari autori (Tartaruga et al. 2010; Tartaruga et al. 2013a).

Sia i primi studi sul costo metabolico della corsa che studi più recenti (Margaria et al. 1963; Ferretti et al. 2011) hanno dimostrato che il Cr non sembra essere facilmente modificabile in un range assai ampio di velocità. Lo studio di Margaria et al. (1963) indicò che l'efficienza meccanica della corsa risultava piuttosto stabile negli atleti, e pertanto l'allenamento non è facilmente in grado di indurre dei miglioramenti apprezzabili. Infatti i valori di Cr risultano solo del 5-7% più bassi negli atleti d'élite rispetto ai soggetti non allenati. Una recente analisi fatta da Ferretti et al. (2011) ha reiterato il concetto che il Cr è '*scarsamente*' modificabile nella corsa perché è intrinsecamente legato alle caratteristiche individuali connesse alla natura umana, mentre l'evoluzione del supporto '*tecnico*'

(suole, scarpe) ha contribuito progressivamente a migliorare la performance. Tuttavia, gli studi sopra menzionati riportano il punto di vista classico che non considera il ridimensionamento allometrico. Nel nostro studio, nel momento in cui abbiamo tenuto conto dei differenti fattori antropometrici tra i gruppi abbiamo ottenuto un risultato diverso.

Infine, nel nostro lavoro non abbiamo riscontrato alcuna variazione nel BM in nessuno dei tre gruppi, e forse se questo fosse avvenuto avremmo potuto osservare dei risultati differenti. Considerando l'importanza delle modificazioni del BM sul costo energetico della corsa Farley e McMahon (1992) hanno ipotizzato che lo stesso fosse proporzionale alla massa corporea, mentre recentemente altri autori hanno riscontrato che con una diminuzione del peso corporeo, ottenuta con un sistema ad imbracatura, il Cr diminuiva seppur non in maniera proporzionale alla diminuzione del peso (Teunissen et al., 2007). In ogni caso da questi studi sembrerebbe come che il Cr dipenda principalmente dal BM. Differente è invece il punto di vista espresso in una recente revisione della letteratura fatta da Lacour e Bourdin (2015) che ha evidenziato, tra gli aspetti fondamentali della performance nella corsa, il ruolo di altri fattori, come l'architettura della gamba e la conservazione, ed il riutilizzo dell'energia elastica.

Conclusioni

Riassumendo, la modificazione dei rapporti tra FM e FFM senza modificazioni nel BM, riscontrata nei 2 gruppi R&D e D, ha condotto ad una diminuzione del Cr durante la corsa. Quindi il Cr sembrerebbe inversamente correlato alla FFM e direttamente correlato alla FM, quantomeno all'interno delle condizioni studiate nel nostro protocollo.

Ringraziamenti

Ringrazio Filippo Tocco per la pazienza e la conoscenza che mi ha trasmesso, il Prof. Concu e tutto il LABFS per aver accolto, calorosamente, nel loro attivissimo gruppo di lavoro una attempata farmacista, Nardino Degortes per l'assistenza tecnica durante i test, ed il Cagliari Marathon Club per aver messo, generosamente, a disposizione i suoi soci per la scienza.

Bibliografia

1. Affenito S.G., Thompson D.R., Barton B.A., Franko D.L., Daniels S.R., Obarzanek E., Schreiber G.B. and Striegel-Moore R.H. 2005. Breakfast consumption by African-American and white adolescent girls correlates positively with calcium and fiber intake and negatively with body mass index. *J Am Diet Assoc.*;105(6):938-45.
2. Agostoni C., Di Pietro P., Cricelli C., Brignoli O., Giovannini M., et al. 2009. A consensus document on the role of breakfast in the attainment and maintenance of health and wellness. *Acta Biomed.* Aug;80(2):166-71
3. Blom W.A., Stafleu A., de Graaf C., Kok F.J., Schaafsma G. and Hendriks H.F. 2005. Ghrelin response to carbohydrate-enriched breakfast is related to insulin. *Am J Clin Nutr.*;81(2):367-75.
4. Bornet F.R., Jardy-Gennetier A.E., Jacquet N. and Stowell J. 2007. Glycaemic response to foods: impact on satiety and long-term weight regulation. *Appetite.* 49(3):535-53
5. Cavagna, G.A. 2010. Symmetry and asymmetry in bouncing gaits. *Symmetry* 2: 1270-1321.
6. Cho S., Dietrich M., Brown C.J., Clark C.A. and Block G. 2003. The effect of breakfast type on total daily energy intake and body mass index: results from the Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III). *J Am Coll Nutr.* 22(4):296-302.
7. Crouter, S.E., Antczak, A., Hudak, J.R., DellaValle, D.M., and Haas, J.D. 2006. Accuracy and reliability of the ParvoMedics TrueOne 2400 and MedGraphics VO2000 metabolic systems. *Eur J Appl Physiol* 98: 139-151.
8. Davis, J.A., Frank, M.H., Whipp, B.J., and Wasserman, K. 1979. Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle age man. *J Appl Physiol* 46:1039-1046.

9. De Castro J.M. 2004. The time of day of food intake influence overall intake in human. *Journal of Nutrition*. 2004. *J. Nutr.* 134 (1) 104-11
10. Drenowatz C, Eisenmann JC. 2011. Validation of the SenseWear Armband at high intensity exercise. *Eur J Appl Physiol* 111:883–887.
11. Druce M., Bloom S.R. 2006. The regulation of appetite. *Arch Dis Child*. 91(2):183-7.
12. Durnin, J., and Womersley, J. 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. *Br J Nutr* 32: 77-97.
13. Fanjiang G. and Kleinman R.E. 2007. Nutrition and performance in children. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.*;10(3):342-7.
14. Farley, C.T., and McMahon, T.A. 1992. Energetics of walking and running – insights from simulated reduced-gravity experiments. *J Appl Physiol* 73: 2709 -2712.
15. Ferretti, G., Bringard, A., Perini, R. 2011. An analysis of performance in human locomotion. *Eur J Appl Physiol* 111: 391-401.
16. Fidanza, F., Gentile, M.,G., and Porrini, M.A. 1995. Self-administered semi quantitative food-frequency questionnaire with optical reading and its concurrent validation. *Eur J Epidemiol* 11: 163-170.
17. Fletcher, J.R., Esau, S.P., and Macintosh, B.R. 2009. Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake. *J Appl Physiol* 107: 1068-1075.
18. Foster-Schubert K.E., Overduin J., Prudom C.E., Liu J., Callahan H.S., Gaylinn B.D., Thorner M.O. and Cummings D.E. 2008. Acyl and total ghrelin are suppressed strongly by ingested proteins, weakly by lipids, and biphasically by carbohydrates. *J Clin Endocrinol Metab.*;93(5):1971-9.
19. Garaulet, M., and Gomez-Abellan, P. 2014. Timing of food intake and obesity: A novel association. *Physiology & Behavior* 134: 44-50.

20. Garaulet M., Gomez-Abellan P., Alburquerque-Bejar J.J., Lee Y.C., Ordovas J.M. and Scheer F.A. 2013. Timing of food intake predicts weight loss effectiveness. *Int J Obes (Lond)*;37:604–11
21. Giampietro M. 2005. *L'alimentazione per l'esercizio fisico e lo sport*. Il pensiero scientifico Editore, Roma.
22. Howley, E.T., Bassett, D.R., and Welch, H.G. 1995. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 27: 1292-1301.
23. Jakubowicz, D., Barnea, M., Wainstein, J., and Froy, O. 2013. High caloric intake at breakfast vs. dinner differentially influences weight loss of overweight and obese women. *Obesity* 21: 2504-2512.
24. Jones, A., and Doust, J. 1996. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *J Sports Sci* 14: 321-327.
25. Kong, P.W., and de Heer, H. 2008. Anthropometric, gait and strength characteristics of Kenyan distance runners. *J Sports Sci Med* 7(4): 499-504.
26. Kramer, R., and Taylor, C.R. 1990. Energetics of Running: a new perspective. *Nature* 346: 265-267.
27. Lacour, J.R., and Bourdin M. 2015. Factors affecting the energy cost of level running at submaximal speed. *Eur J Appl Physiol* 115(4): 651-673.
28. Lohman, T.G., Roche, A., and Martorell, R. 1988. *Anthropometric standardization Reference Manual*. Human Kinetics, Champaign, IL.
29. Margaria, R., Cerretelli, P., Aghemo, P., and Sassi, G. 1963. Energy cost of running. *J Appl Physiol* 18: 367-370.
30. Markovic, G., Vucetic, V., and Nevill, A.M. 2007. Scaling behaviour of VO₂ in athletes and untrained individuals. *Ann Hum Biol* 34: 315-328.

31. Mansell, P.I., Fellows, I.W., MacDonald, I.A., and Allison, S.P. 1990. Defect in Thermoregulation in Malnutrition Reversed by Weight Gain. *Physiological Mechanisms and Clinical Importance. Q J Med* 76(280): 817-829.
32. Mosteller, R.D. 1987. Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med* 22: 317(17):1098.
33. Pate, R.R., Barnes, C., and Miller, W. 1995. A physiological comparison of performance-matched female and male distance runners. *Res Q Exerc Sport* 56: 245-250.
34. Preziosi P., Galan P., Deheeger M., Yacoub N., Drewnowski A. and Hercberg S. 1999. Breakfast type, daily nutrient intakes and vitamin and mineral status of French children, adolescents, and adults. *J Am Coll Nutr.*;18(2):171-8.
35. Purslow L.R., Sandhu M.S., Forouhi N., Young E.H., Luben R.N., Welch A.A., Khaw K.T., Bingham S.A. and Wareham N.J. 2008. Energy intake at breakfast and weight change:prospective study of 6,764 middle-aged men and women. *Am J Epidemiol.*167(2):188-92.
36. Rampersaud G.C., Pereira M.A., Girard B.L., Adams J. and Metz J.D. 2005. Breakfast habits, nutritional status, body weight, and academic performance in children and adolescents. *J Am Diet Assoc.*;105(5):743-60.
37. Rodriguez N.R., Di Marco N.M. and Langley S. 2009, Position of the American Dietetic Association; Dietitians of Canada; American College of Sports Medicine 'Nutrition and athletic performance'. *Med. Sci. Sports Exerc*, 41, pp.709-731.
38. Ruxton C.H. and Kirk T.R. 1997. Breakfast: a review of associations with measures of dietary intake, physiology and biochemistry. *Br J Nutr.*;78(2):199-213
39. Schutz Y., Weinsier R.L., and Hunter G.R. 2001. Assessment of free-living physical activity in humans: an overview of currently available and proposed new measures. *Obes Res.* 9(6):368-79.

40. Sedeaud, A., Marc, A., Marck, A., Dor, F., Schipman, J., Dorsey, M., Haida, A., Berthelot, G., and Toussaint, J.F. 2014. BMI, a performance parameter for speed improvement. *PLoS One*. 25; 9(2): e90183. doi: 10.1371.
41. Sijtsma, A., Schierbeek, H., Goris, A.H.C., Joosten, K.F.M., van Kessel, I., Corpeleijn, E., and Sauer, P. J.J. 2013. Validation of the tracmor D triaxial accelerometer to assess physical activity in preschool children. *Obesity* 21: 1877-1883.
42. Slentz, C.A., Aiken, L.B., Houmard, J.A., Bales, C.W., Johnson, J.L., Tanner, C.J., Duscha, B.D., and Kraus, W.E. 2005. Inactivity, exercise, and visceral fat. STRRIDE: a randomized, controlled study of exercise intensity and amount. *J Appl Physiol* 99: 1613-1618.
43. Stanton J.L. Jr and Keast D.R. 1989. Serum cholesterol, fat intake, and breakfast consumption in the United States adult population. *J Am Coll Nutr.*;8(6):567–572.
44. Taboga, P., Lazzer, S., Fessehatsion, R., Agosti, F., Sartorio, A., and di Prampero P.E. 2012. Energetics and mechanics of running men: the influence of body mass. *Eur J Appl Physiol* 112: 4027-4033.
45. Tartaruga, M.P., de Medeiros, M.H., Alberton, C.L., Cadore, E.L., Peyré-Tartaruga, L.A., Baptista, R.R., Coertjens, M., and Kruel, L.F.M. 2010. Application of the allometric scale for the submaximal oxygen uptake in runners and rowers. *Biol Sport* 27: 297-300.
46. Tartaruga, M.P., Bolli Mota, C., Peyré-Tartaruga, L.A., Kruel, L.F.M., Vallier, J.M., and Brisswalter, J. 2013a. Running efficiency and long-distance performance prediction: Influence of allometric scaling. *Science & Sports* 28: 165-171.
47. Tartaruga, M.P., Brisswalter, J., Bolli Mota, C., Alberton, C.L., Gomeňuka, N.A., Peyré-Tartaruga, L.A. 2013b. Mechanical work and long-distance performance prediction: the influence of allometric scaling. *J Hum Kinet* 38: 73-82.

48. Taylor, C.R., Heglund, N.C., McMahon, T.A., and Looney, T.R. 1980. Energetic cost of generating muscular force during running: a comparison of small and large animals. *J Exp Biol* 86: 9-18.
49. Teunissen, L.P.J, Grabowski, A., and Kram, R. 2007. Effects of independently altering body weight and body mass on the metabolic cost of running. *J Exp Biol* 210: 4418-4427.
50. Timlin M.T., Pereira M.A., Story M. and Neumark-Sztainer D. 2008. Breakfast eating and weight change in a 5-year prospective analysis of adolescents: Project EAT (Eating Among Teens). *Pediatrics*. Mar;121(3):e638-45.
51. Troosters, T., Sciurba, F., Battaglia, S., Langer, D., Valluri, S.R., Martino, L., Benzo, R., Andre, D., Weisman, I., and Decramer, M. 2010. Physical inactivity in patients with COPD, a controlled multi center pilot study. *Respir Med* 104(7):1005-1011.
52. Van der Heijden A.A., Hu F.B., Rimm E.B. and van Dam R.M. 2007. A prospective study of breakfast consumption and weight gain among U.S. men. *Obesity*;15(10):2463-9.
53. Zuti, W.B., and Golding, L.A. 1976. Comparing diet and exercise as weight reduction tools. *The Physician and Sports Medicine* 4: 49-53.
54. Wang, J.B., Patterson, R.E., Ang, A., Emond, J.A., Shetty, N., and Arab, L. 2013. Timing of energy intake during the day is associated with the risk of obesity in adults. *J Hum Nutr Diet* 27: 255-262.
55. Weir, J.B. 1949. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 109:1-9.
56. Wilmore, J.H., Brown, C.H., and Davis. J.A. 1977. Body physique and composition of female distance runner. *Ann N Y Acad Sci* 301: 764-776.

Tabella 1. Parametri antropometrici e metabolici dei soggetti all'inizio dello studio (T0)

GRUPPI	R&D	R	D	CAMPIONE IN TOTO
Età (anni)	43.7±4.3	43.9±3.0	41.5±9.7	41.1±7.5
BM (kg)	68.3±7.8	64.8±9.4	64.8±15.5	66.5±10.3
H (cm)	168.8±8.4	167.3±7.7	164.2±8.0	167.3±8.2
BSA (m²)	1.6±0.01	1.51±0.01	1.48±0.01	1.54±0.01
FM (kg)	12.0±4.0	12.3±3.2	14.2±5.8	12.5±4.2
FFM (kg)	56.3±8.75	52.5±10.3	50.6±13.2	53.9±10.4
P (%)	15.4±2.7	15.8±2.5	15.5±2.0	15.5±2.5
L (%)	37.2±5.7	37.1±6.3	35.5±4.2	36.8±5.5
C (%)	47.4±7.1	47.2±7.1	49.0±4.8	47.7±6.6
TEE (kcal/24h)	2733±443	2656±386	2747±503	2653±443
PAL	1.7±0.2	1.7±0.2	1.6±0.1	1.7±0.2

I valori sono espressi come media ± DS. **BM:** massa corporea; **H:** statura; **BSA:** area di superficie corporea; **FM:** massa grassa; **FFM:** massa priva di grasso; **FFQ:** questionario di frequenza dei consumi; **P:** introito proteico giornaliero; **L:** introito lipidico giornaliero; **C:** introito giornaliero di carboidrati; **TEE:** dispendio energetico giornaliero; **PAL:** livello di attività fisica. R&D: gruppo corsa e dieta; R: gruppo corsa; D: gruppo dieta.

Tabella 2. Aderenza allo schema nutrizionale individuale. Risultati all'inizio dello studio, al T6 ed al T12.

GRUPPI	R&D	R	D
FFQ (T0) (kcal/24h)	2299±753	2393±1019	2530±771
FFQ (T6) (kcal/24h)	2352±635	2424±852	2512±546
FFQ (T12) (kcal/24h)	2235±563	2476±987	2523±611

I valori sono espressi come media \pm DS; **FFQ**: questionario di frequenza dei consumi. R&D: gruppo corsa e dieta; R: gruppo corsa; D: gruppo dieta.

Tabella 3. Dati dei gruppi misurati all'inizio dello studio (T0), dopo sei mesi (T6) e dopo un anno (T12).

	Tempo	R&D	R	D
Cr (kcal· kg ^{-b} · km ⁻¹)	T0	1.48±0.16	1.16±0.10	1.83±0.17
	T6	1.34±0.16*	1.05±0.11*	1.72±0.22*
	T12	1.40±0.15*†	1.14±0.12*†	1.76±0.23*†
BM (kg)	T0	68.3±7.8	64.8±9.4	64.8±15.5
	T6	68.0±8.7	64.6±9.6	64.1±15.1
	T12	68.5±9.0	64.9±9.5	65.5±15.7
FM (kg)	T0	12.0±4.0	12.3±3.2	14.2±5.8
	T6	10.1±2.8*	11.4±2.4	11.9±5.0*
	T12	10.4±3.0*	12.7±3.0†	11.6±4.7*
FFM (kg)	T0	56.3±8.75	52.5±10.3	50.6±13.2
	T6	58.2±9.2*	53.0±10.0	52.2±13.4*
	T12	58.3±9.8*	52.1±10.2†	52.9±13.6*

Cr: costo energetico della corsa; **BM:** massa corporea; **FM:** massa grassa; **FFM:** massa priva di grasso. R&D: gruppo corsa e dieta, valore b = 0,79 ; R: gruppo corsa, valore b = 0,98; D: gruppo dieta, valore b = 0,67.

I valori sono espressi come media ± DS. *= $p < 0.05$ vs. T0; †= $p < 0.05$ vs. T6

Didascalie delle figure

Figura 1. Variazione (Δ) nel costo energetico (Cr) dopo 6 mesi (T_0 - T_6 , pannello superiore) e 12 mesi (T_0 - T_{12} , pannello inferiore) nei tre gruppi. R&D: gruppo corsa e dieta; R: gruppo corsa; D: gruppo dieta. $*=p<0,05$ vs. gruppo corsa.

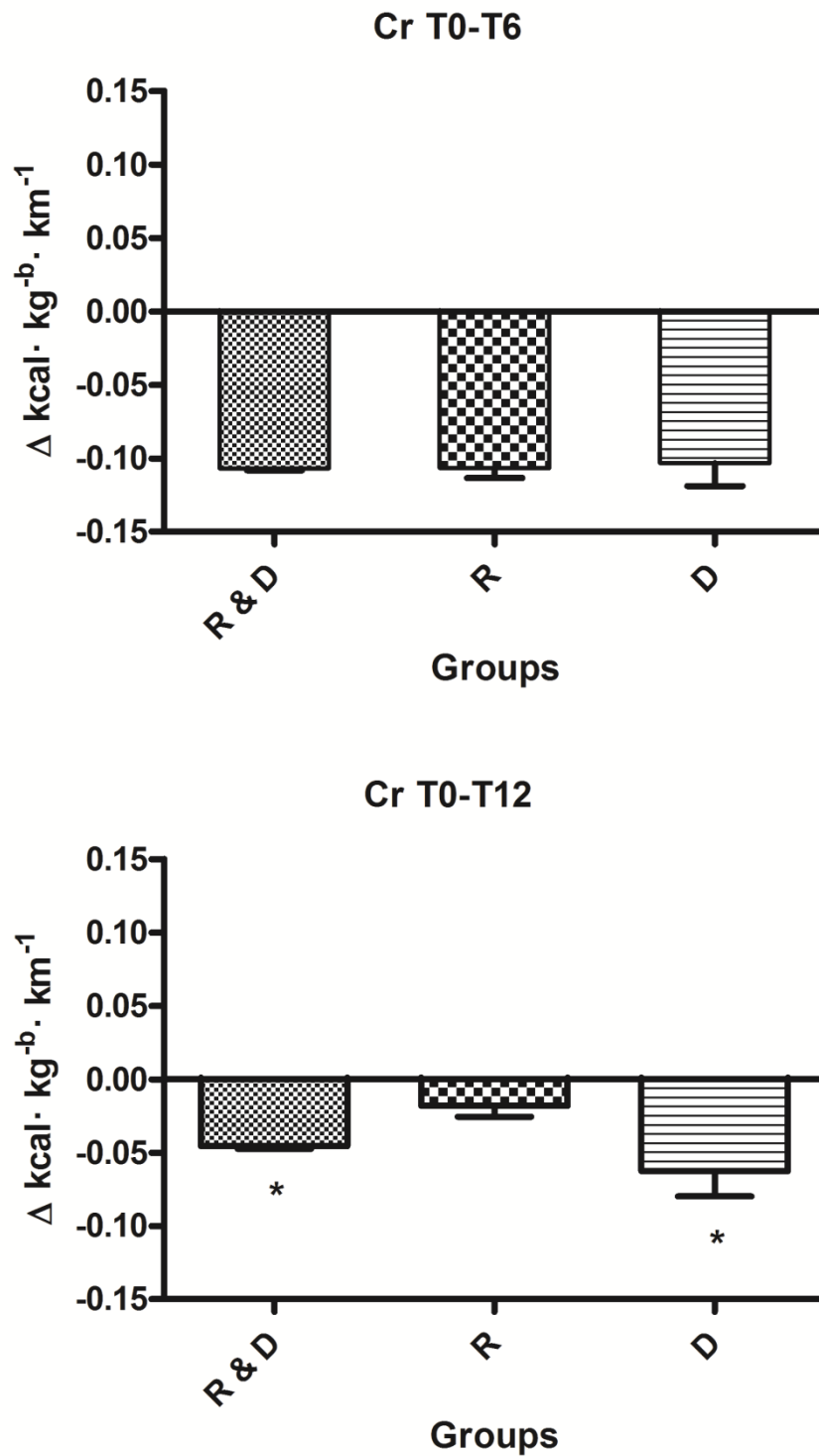


Figura 2. Variazione (Δ) nella massa grassa(FM) dopo 6 mesi (T_0 - T_6 , pannello superiore) e 12 mesi (T_0 - T_{12} , pannello inferiore) nei tre gruppi. R&D: gruppo corsa e dieta; R: gruppo corsa; D: gruppo dieta. $*=p<0,05$ vs. gruppo corsa

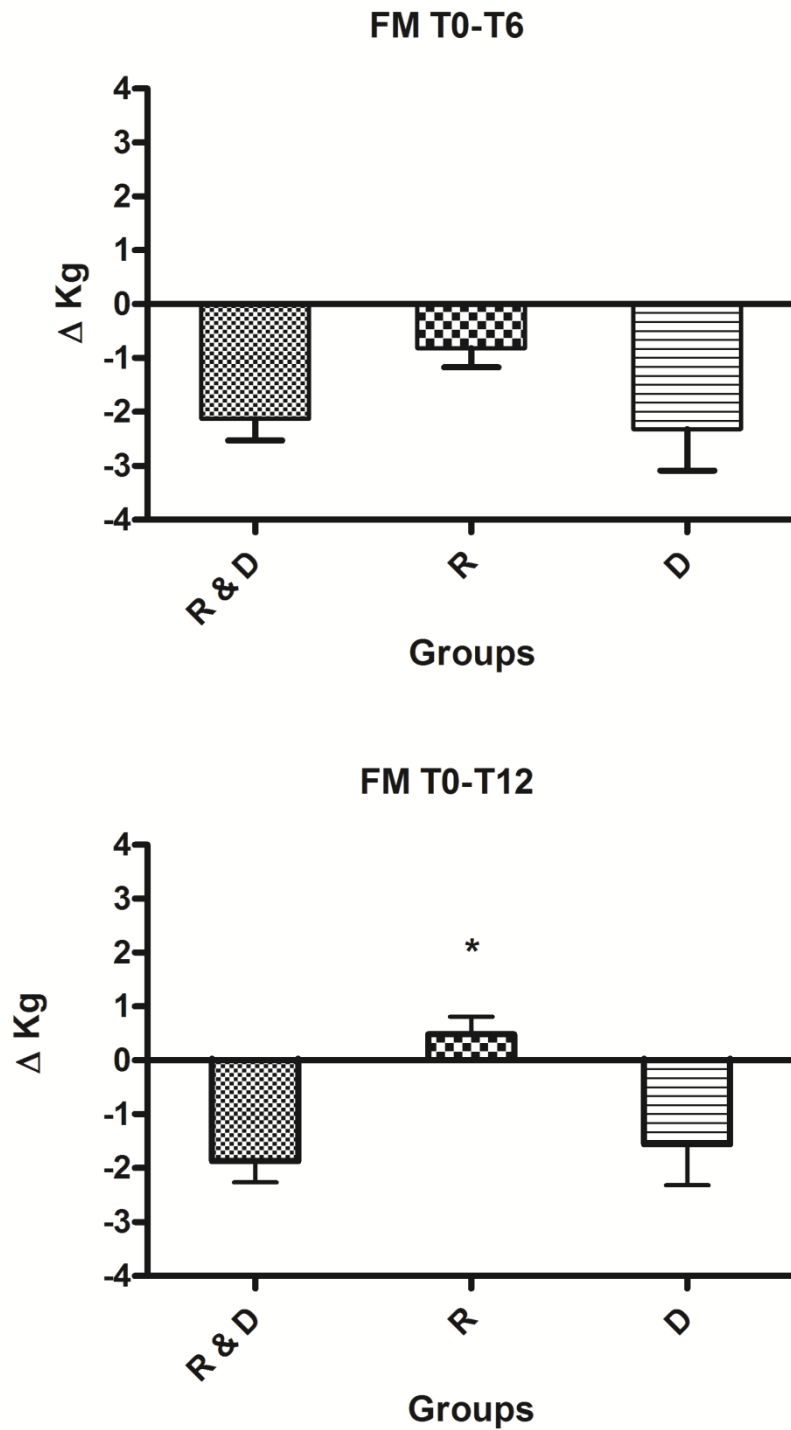


Figura 3. Variazioni (Δ) nella massa priva di grasso (FFM) dopo 6 mesi (T_0 - T_6 , pannello superiore) e 12 mesi (T_0 - T_{12} , pannello inferiore) nei tre gruppi. R&D: gruppo corsa e dieta; R: gruppo corsa; D: gruppo dieta. $*=p<0,05$ vs. gruppo corsa.

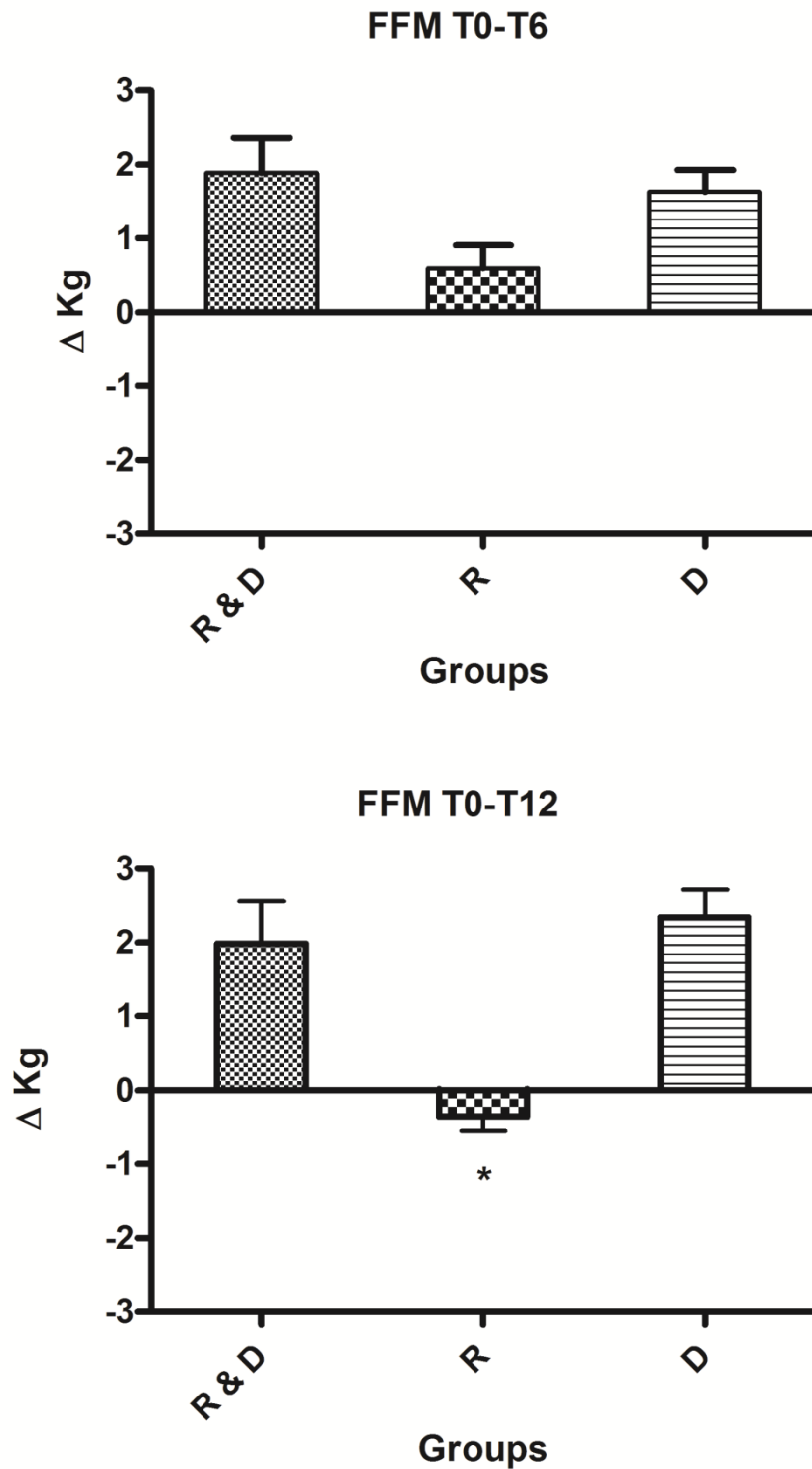


Figure 4. Body Mass (BM) variation (Δ) after 6 months (T_0 - T_6 , top panel) and 12 months (T_0 - T_{12} , bottom panel) in the three groups. R&D: gruppo corsa e dieta; R: gruppo corsa; D: gruppo dieta.

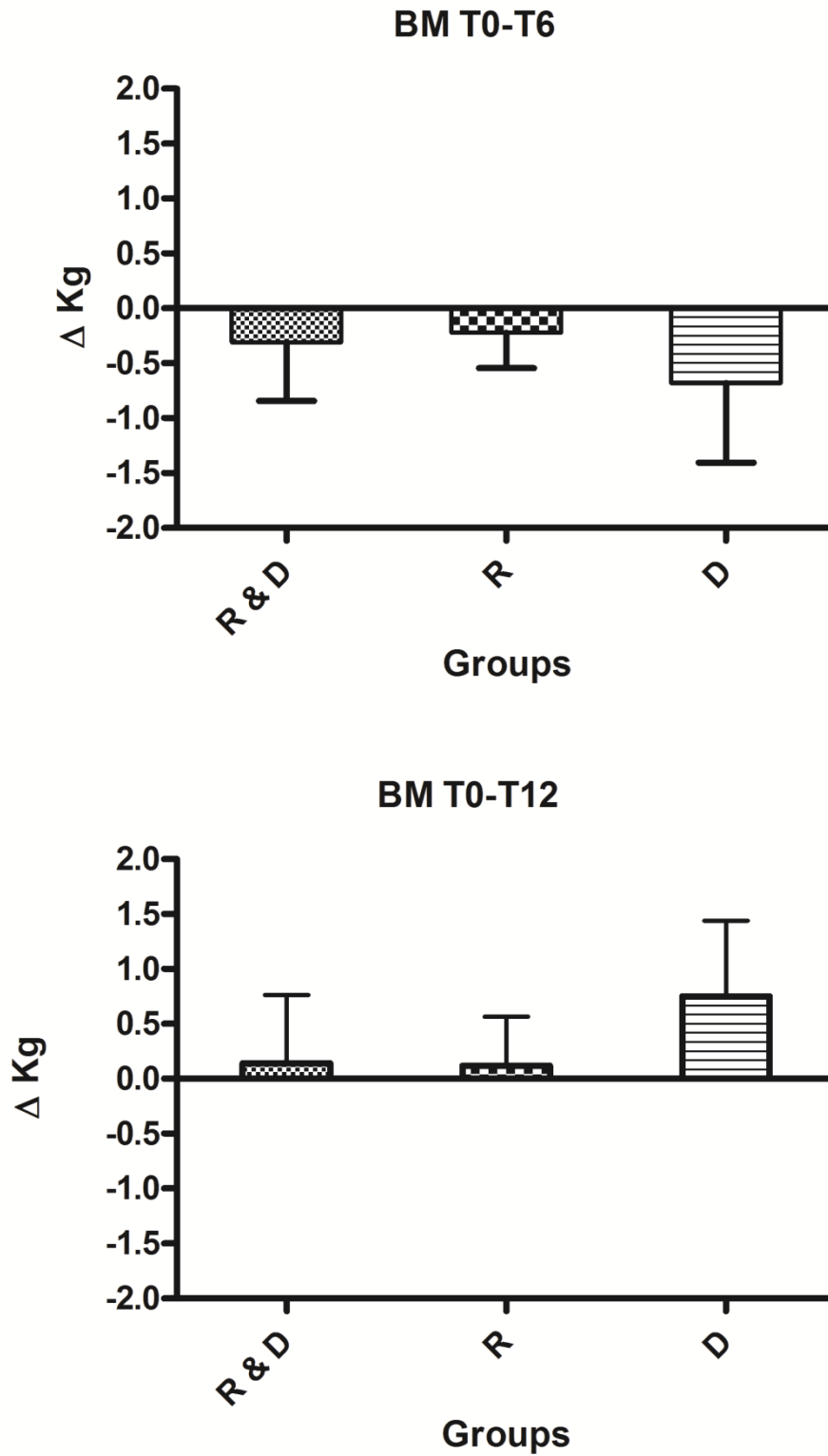
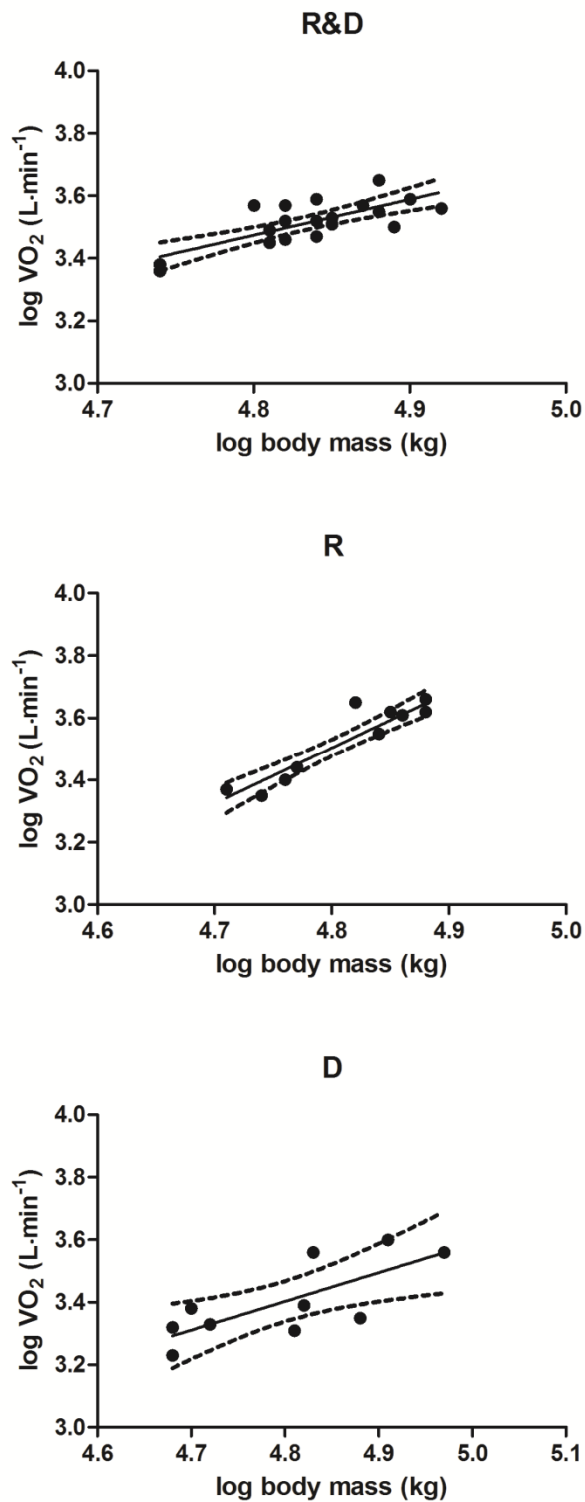


Figure 5. Relazione tra consumo di ossigeno espresso in valori assoluti (VO_2) e massa corporea ottenuta utilizzando la relazione allometrica logaritmica per i tre gruppi (R&D, pannello superiore; R, pannello intermedio; D, pannello inferiore). La regressione lineare è mostrata con un intervallo di confidenza del 95%.



ALLEGATO 1

Composizione qualitativa della dieta consigliata.

COMPOSIZIONE DELLA COLAZIONE

Frutta fresca	Oppure spremuta o succo non zuccherato
Base liquida	The Caffè Latte Yogurt bianco intero
Carboidrati complessi integrali	Fette biscottate Pane integrale Biscotti integrali Cereali integrali Muesli Galette di riso o altri cereali circa
Fonte proteica	Ricotta Formaggio Salumi (prosciutto crudo, cotto, bresaola) Semi oleosi (mandorle, noci, nocciole, arachidi, pinoli, pistacchi, anacardi)
Marmellata senza zucchero o miele	Da utilizzare come dolcificante oppure spalmare sulle fette

COMPOSIZIONE DEL PRANZO

Carboidrati complessi integrali	Pasta/Riso/altri cereali Pane/Patate
Alimenti proteici <u>Scegli uno degli alimenti riportati a fianco</u>	<ul style="list-style-type: none">• Carne (qualsiasi tipo)• Pesce (qualsiasi tipo) (consumalo almeno tre volte alla settimana)• Uova (due) (consumane quattro alla settimana)• Affettati (prosciutto crudo, cotto, salmone affumicato, bresaola)• Formaggio stagionato (parmigiano, pecorino, emmenthal)• Formaggio fresco tipo stracchino o crescenza circa• Mozzarella circa• Tonno sott'olio sgocciolato
Verdura e frutta	Il consumo di frutta e verdura è libero
Condimenti	Olio extravergine d'oliva: a crudo ed anche per cotture.

COMPOSIZIONE DELLA CENA

Carboidrati complessi integrali In quantità inferiore a quelli assunti a pranzo	<ul style="list-style-type: none">• Pane/Patate
Alimenti proteici	<ul style="list-style-type: none">• Carne (qualsiasi tipo)• Pesce (qualsiasi tipo)• Uova• Affettati (prosciutto crudo, cotto, salmone affumicato, bresaola)• Formaggio stagionato (parmigiano, pecorino, emmenthal)• Mozzarella circa• Formaggio fresco tipo stracchino o crescenza• Tonno sott'olio sgocciolato
Verdura e frutta (questa parte, volendo, anche più abbondante)	Il consumo di frutta e verdura, soprattutto se crudo e scondito, è libero
Condimenti	Olio extravergine d'oliva: a crudo ed anche per cotture.