



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**PRINCIPALI PARAMETRI DELL'INATTIVITÀ FISICA DURANTE UN
PERIODO DI RIDUZIONE DEI PASSI: METODI A CONFRONTO**

Relatore: Prof. Martino Franchi

Laureando: Vasco Clerici

N° di matricola: 2015459

Anno Accademico 2023/2024

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	3
2. L'ATTIVITÀ FISICA.....	3
2.1 Parametri attività fisica	4
2.2 Effetti dell'attività fisica sulla salute	5
2.3 L'Attività fisica e l'obesità.....	5
2.4 La sedentarietà.....	7
2.5 La sedentarietà durante il Covid-19.....	8
2.6 Effetti socio-economici.....	9
2.7 Promozione dell'attività fisica.....	10
3. MISURAZIONE DELL'ATTIVITÀ FISICA.....	12
3.1 Passi giornalieri	12
3.2 Misurazione indiretta	13
3.3 Misurazione diretta.....	14
4. LA CAMMINATA.....	15
4.1 Camminata e ciclo del passo.....	15
5. MODELLI DI RIDUZIONE DELL'ATTIVITÀ FISICA	17
5.1 Step reduction.....	17
5.2 Bed rest	18
5.3 Sospensione unilaterale degli arti inferiori.....	19
6. SCOPO DELLA TESI.....	19
7. MATERIALI E METODI.....	20
7.1 Partecipanti.....	20
7.2 Disegno sperimentale	20
7.3 Recruiting.....	21
7.4 Familiarizzazione preliminare	21
7.5 Familiarizzazione in presenza.....	21
7.6 Settimana di controllo	22
7.7 Test pre-step reduction	22
7.8 Attivazione accelerometri	24
7.9 Step reduction.....	25
8. ANALISI STATISTICA	26
8.1 Parametri rilevati.....	27
8.2 Risultati	27
9. DISCUSSIONE	33
10. CONCLUSIONE	35

1. INTRODUZIONE

Nei mesi di maggio e giugno 2023 ho avuto l'opportunità di partecipare come tesista al progetto di ricerca incentrato sugli effetti fisiologici e neuromuscolari indotti dalla riduzione di attività fisica condotto nel laboratorio di fisiologia dell'Università degli studi di Padova.

Lo studio prevedeva il coinvolgimento di 10 soggetti ad un protocollo di riduzione dell'attività fisica attraverso il modello "*step reduction*" per un periodo di 14 giorni.

Questo modello si prefigge di simulare una momentanea riduzione dei passi giornalieri comparabile a quella che può essere determinata da uno stato di malattia o convalescenza e quindi a un temporaneo stile di vita più sedentario.

Potendo così valutare quelli che sono gli effetti sulla salute indotti dalla riduzione dell'attività fisica anche se moderata, ciò risulta essere di notevole rilevanza visto l'aumento delle attività sedentarie da parte della popolazione mondiale nella propria quotidianità (Arocha Rodulfo, 2019).

Le nuove linee guida internazionali raccomandano 150-300 minuti alla settimana di attività fisica d'intensità moderata o 75-150 minuti di attività fisica vigorosa (OMS, 2020).

2. ATTIVITÀ FISICA

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) definisce l'attività fisica come "qualsiasi movimento corporeo prodotto dall'apparato muscolo-scheletrico che richiede dispendio energetico" (2020) e include tutte le attività che vengono praticate nella vita quotidiana, sia durante l'attività lavorativa che nel tempo libero, compresi i lavori domestici o gli spostamenti a piedi e in bicicletta.

I benefici in termini di salute indotti dall'attività fisica vengono evidenziati in diversi studi; infatti, se praticata regolarmente contribuisce a mantenere e migliorare il benessere psicofisico (Warburton, 2017); aumentando i propri livelli di attività fisica, a prescindere dall'intensità, e diminuendo il tempo trascorso in atteggiamenti sedentari, diminuisce il rischio di mortalità prematura (Ekelund et al., 2019).

L'attività fisica porta a una diminuzione del rischio della mortalità prematura in quanto riduce l'insorgenza di patologie cardiovascolari, indotte da un calo della VO₂ max. e minor capacità d'estrazione dell'ossigeno da parte dei tessuti.

Praticare attività fisica con regolarità porta a dei chiari benefici per la propria salute, in quanto la sedentarietà rappresenta uno dei fattori principali di mortalità (Guthold et al., 2018).

2.1 PARAMETRI ATTIVITÀ FISICA

I parametri principali dell'attività fisica sono: il tipo, la durata e l'intensità.

Il tipo corrisponde a che tipologia di attività viene svolta, legata quindi al tipo di metabolismo energetico utilizzato durante la stessa, il quale può essere: anaerobico lattacido, aerobico lattacido e aerobico.

Nello specifico l'OMS indica che l'attività fisica negli adulti dovrebbe includere sia attività svolte nel tempo libero, che esercizio strutturato di tipo prevalentemente aerobico.

Anche se dovrebbero essere integrate attività di rinforzo muscolare attraverso dei protocolli di allenamento contro resistenza per minimo due volte a settimana.

Per rafforzare gli apparati cardio-respiratorio e muscolo-scheletrico, riducendo così il rischio di malattie croniche non trasmissibili ma anche patologie psichiche come la depressione.

Per quanto riguarda la durata viene raccomandato di praticare a settimana 150 minuti di attività fisica aerobica di moderata intensità, o almeno 75 minuti di attività fisica aerobica vigorosa, ma è possibile anche una combinazione equivalente delle due.

Non è più indicato un lasso di tempo minimo continuativo da dedicare ad attività fisiche, come nelle linee guida risalenti al 2008 proposte dall'ACSM (American College of sports medicine) e dal CDC (center for disease control and prevention) che raccomandavano una durata minima di 10 minuti continuativi per ottenere effetti rilevanti sulla salute, ciò infatti è stato smentito dagli studio di Saint-Maurice et al. del 2018 e Jakicic et al. del 2019.

I quali affermano che già con attività svolte per meno di 10 minuti continuativi si possono ottenere effetti benefici rilevanti per la salute.

L'intensità raccomandata viene definita come quella in grado di aumentare la frequenza cardiaca e determinare una sensazione soggettiva di lieve mancanza di fiato, equivalente a un valore tra il 12 e il 13 nella scala di Borg, ossia circa un 65-70% della frequenza cardiaca massima (Warburton, 2017).

Un'attività fisica d'intensità moderata si può raggiungere praticamente con tutte le attività sportive e con una buona parte delle attività quotidiane.

L'intensità elevata si ottiene invece quando sopraggiungono sudorazione e fiato corto (Dempsey et al., 2022).

2.2 EFFETTI DELL'ATTIVITÀ FISICA SULLA SALUTE

Dal punto di vista delle ricadute sullo stato di salute, negli ultimi 10 anni è stato confermato da numerosi studi che uno stile di vita sedentario agisce come potenziale fattore di rischio per molte condizioni croniche, tra cui la sindrome metabolica, il diabete mellito di tipo 2, e patologie cardiovascolari, oltre che per la mortalità in generale (Edwardson et al., 2012 e Wu et al., 2022).

Mentre livello psicologico porta a una generale riduzione dell'ansia, dello stress e riduce il rischio dell'insorgenza di stati depressivi e solitudine, in quanto può essere svolta in compagnia di altri individui permettendo così una maggior socializzazione e instaurazione di nuove relazioni interpersonali o consolidamento di quelle già esistenti (Paluch et al., 2022 e Inoue et al., 2023).

Tale considerazione va tenuta particolarmente presente, soprattutto in relazione all'elevata incidenza dell'adozione di comportamenti sedentari in paesi occidentali, soprattutto nella fascia d'età adulta, in cui la maggior parte del tempo viene trascorso seduti, anche durante l'orario di lavoro.

Maggiore è il tempo che viene trascorso da seduti durante la giornata maggiore sarà il rischio di morte per tutte le cause, nello specifico è stata evidenziata un'elevata correlazione tra il tempo trascorso a guardare la tv da seduti e il rischio di sviluppare il diabete di tipo 2.

Questa correlazione aumenta notevolmente con volumi di tempo trascorso seduti maggiore di 6-8 ore al giorno (Patterson et al., 2018).

Inoltre, elevati volumi di tempo trascorso da seduti sono stati associati ad un maggior rischio di sviluppare malattie cardio-vascolari indipendentemente dall'attività fisica svolta (Bailey et al., 2019).

Non essere sufficientemente attivi fisicamente è comparabile ad altri gravi fattori di rischio per la salute; infatti, l'incremento del 58% del rischio di mortalità riscontrato in coloro che restano seduti per più di 8 ore al giorno e che non praticano attività fisica è comparabile a quello dovuto al fumo di sigaretta (Schumacher, 2014) e all'obesità (Prospective Studies Collaboration, 2009).

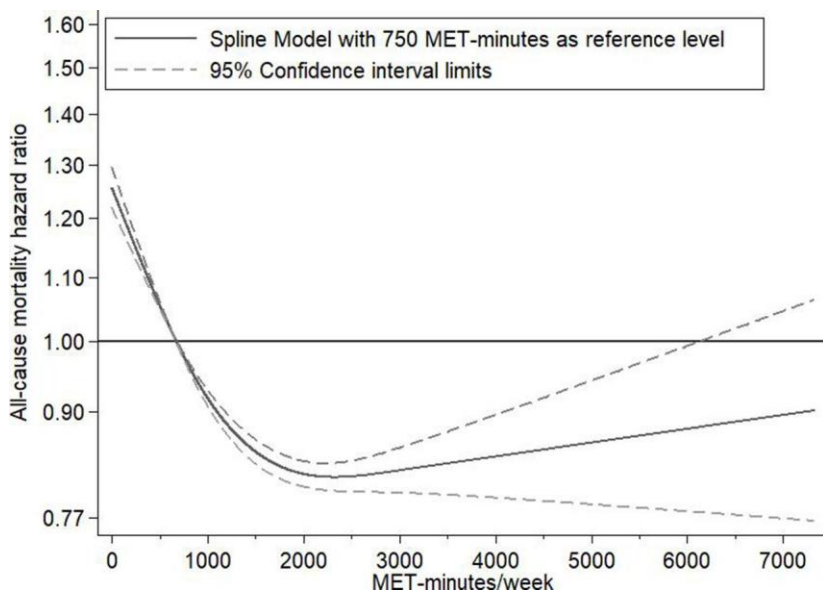


Tabella rappresentante la correlazione tra tutte le cause di mortalità e attività fisica (Blond et al., 2018).

Il raggiungimento della soglia minima di attività fisica d'intensità moderata o vigorosa prevista dalle linee guida è stato associato a quasi il massimo beneficio in termini di longevità (Arem et al., 2015).

Inoltre, non è stato riscontrato alcun rischio legato all'eccesso di esercizio fisico oltre 10 volte alla soglia minima consigliata, per questo motivo figure sanitarie quali medici dovrebbero incoraggiare gli adulti inattivi a svolgere attività fisica nel tempo libero e non c'è motivo di scoraggiare coloro che già svolgono attività ad elevati livelli (Arem et al., 2015).

Infine svolgere esercizio fisico determina la comprensione dei benefici che esso stesso provoca, migliorando l'autocontrollo e gestione dello stress, arrivando quindi a

determinare, un cambiamento nello stile di vita a lungo termine, verso delle abitudini più sane (Guthold et al., 2018).

2.3 ATTIVITÀ FISICA E OBESITÀ

Nel rapporto dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) sull'obesità vengono evidenziati tassi di sovrappeso e obesità che hanno raggiunto proporzioni epidemiche, il 59% degli adulti europei è in sovrappeso o è affetto dall'obesità, principalmente dovuti a un generale aumento della sedentarietà nella quotidianità (Silveira, 2022).

Sovrappeso e obesità sono infatti tra le principali cause di morte e disabilità in Europa e le stime determinano che causano più di 1,2 milioni di decessi all'anno, corrispondenti a oltre il 13% della mortalità totale nella regione europea (Yumuk et al., 2015).

L'obesità inoltre aumenta il rischio di molte malattie non trasmissibili, inclusi tumori, malattie cardiovascolari, diabete mellito di tipo 2 e malattie respiratorie croniche (Silveira, 2022).

Infatti, in generale l'inattività fisica contribuisce tra il 12% e il 19% ai rischi associati alle cinque principali NCDs (Noncommunicable diseases), comunemente chiamate malattie non trasmissibili, le quali sono responsabili del 74% delle morti globali ogni anno con un conteggio pari a 17.9 milioni.

Sono patologie croniche che derivano dalla combinazione di fattori genetici, fisiologici, ambientali e comportamentali.

Tra le quali troviamo patologie cardiovascolari, patologie respiratorie croniche, diabete mellito di tipo 2, disturbi muscolo-scheletrici e tumori (Del Pozo Cruz et al., 2022).

Inoltre, la pandemia di COVID-19 ha peggiorato la situazione; infatti, in questo periodo la popolazione ha avuto una maggiore esposizione ai fattori di rischio dell'obesità, tra cui un aumento della sedentarietà e adozione di una dieta squilibrata (Celis-Morales et al., 2020).

2.4 LA SEDENTARIETÀ

Condizione determinata da un comportamento umano che si presenta con il non raggiungimento dei livelli minimi raccomandati di attività fisica, ossia almeno 30 minuti di

attività moderata almeno 5 giorni della settimana oppure 20 min di attività intensa per almeno 3 giorni alla settimana

L'importanza del monitoraggio della sedentarietà è legata agli effetti indotti dalla stessa, dal punto di vista statistico è stato osservato in soggetti che trascorrevano 9,5 ore o più al giorno con atteggiamenti sedentari un rischio di morte significativamente maggiore (Ekelund et al., 2019).

Nella quotidianità della popolazione occidentale sono molto presenti atteggiamenti di sedentarietà, alcuni esempi possono essere i periodi di tempo trascorsi sdraiati sul divano o a letto, soprattutto nel tempo libero magari davanti allo schermo di uno smartphone oppure guardando la televisione.

Ma vengono comprese anche tutte le attività che sono svolte in stazione seduta, quali mansioni lavorative, guidare la macchina, usare i mezzi di trasporto stando seduti.

Tutti questi atteggiamenti fanno già parte della nostra routine, tuttavia a causa della pandemia da covid-19 sono purtroppo aumentati in maniera drastica.

2.5 LA SEDENTARIETÀ DURANTE IL COVID-19

Soprattutto a causa dei lockdown i comportamenti sedentari sono aumentati in tutta la popolazione (Runacres et al., 2021)

Portando a un aumento di tempo degli atteggiamenti sedentari durante il giorno, andando a influenzare anche i soggetti che durante la normale routine riuscivano a mantenere buoni standard di movimento durante la giornata, essendo limitati da parte delle politiche di contenimento del corona virus.

Il lockdown ha avuto un impatto negativo sullo svolgimento di attività fisica tra gli studenti universitari del nord Italia, portando ad un esponenziale aumento dei comportamenti sedentari (Bertocchi et al., 2021).

Oltre all'aumento della sedentarietà durante il periodo pandemico il tempo medio trascorso nello svolgere attività fisica è diminuito significativamente, il 43,8% dei partecipanti allo studio "COVID-19 confinement impact on weight gain and physical activity in the older

adult population: Data from the LOST in Lombardia study” ha segnalato una diminuzione dell’attività fisica di 1 ora alla settimana (Stival et al., 2022).

Una diminuzione che rapportata alle indicazioni dell’OMS, le quali raccomandano di praticare a settimana almeno 150 minuti di attività fisica aerobica di moderata intensità, oppure almeno 75 minuti di attività fisica aerobica vigorosa; risulta essere una diminuzione estremamente significativa.

Tale diminuzione è stata correlata con un peggioramento della qualità e quantità del sonno, un aumento di stati d’ansia e sintomi depressivi (Stival et al., 2022).

Nel territorio italiano a seguito del progressivo allentamento delle misure restrittive, la situazione è migliorata, senza però ritornare ai livelli pre-pandemici (Bertocchi et al., 2021).

È quindi di fondamentale importanza studiare nuove strategie per promuovere stili di vita sani al fine di riportare la popolazione a livelli di attività fisica e sedentarietà tali a quelli pre-pandemica.

2.6 EFFETTI SOCIO-ECONOMICI

Non essere sufficientemente attivi e adottare per lunghi periodi di tempo comportamenti sedentari rappresenta un rischio per la salute pubblica, con un elevato carico per il sistema sanitario e relativi costi sociali (Ding et al., 2016)

Gli effetti positivi di un’ampia diffusione dell’attività fisica a livello comunitario sono del resto evidenti sia a livello sociale che economico. (Chenoweth, 2006 e Zhang, 2013).

La collettività ne trae giovamento non solo in termini di riduzione dei costi della sanità pubblica, di aumento della produttività, di miglior efficienza in ambito lavorativo, ma anche con un aumento della partecipazione ad attività ricreative e relazionali (Santos et al., 2022).

Le malattie croniche non trasmissibili hanno un forte impatto sul mercato del lavoro e sulla produttività durante le mansioni lavorative; la loro presenza è direttamente correlata a un aumento dei congedi per malattia (Mills et al., 2007 e Merkur et al., 2013).

Il motivo principale per cui la spesa sanitaria determina pressioni finanziarie elevate, le quali gravano sui sistemi sanitari nazionali degli stati europei, è il fatto che le spese sanitarie negli ultimi anni sono cresciute maggiormente rispetto allo sviluppo economico (Papanicolas et al., 2018).

2.7 PROMOZIONE ATTIVITÀ FISICA

Generalmente la scelta di adottare uno stile di vita attivo è determinata da una serie di variabili individuali e sociali, tuttavia alcuni sottogruppi di popolazione, generalmente anziani e persone con basso livello socioeconomico, possono trovarsi in una condizione di svantaggio nell'essere fisicamente attivi.

A questo proposito è stato istituito il "Piano d'azione globale OMS 2018-2030 per promuovere l'attività fisica" risponde alla necessità di avere una guida aggiornata e un sistema di riferimento per delle azioni politiche efficaci e attuabili per aumentare i livelli di attività fisica nella popolazione, definendo obiettivi strategici per contrastare la diffusione del sedentarismo e promuovendo la pratica dell'attività fisica e sportiva.

I punti cardine contenuti all'interno del "Piano d'azione globale OMS 2018-2030 per promuovere l'attività fisica sono:

- fare un po' di attività fisica è meglio di niente;
- aumentare l'attività fisica svolta permette di ottenere ulteriori benefici per la salute e di ridurre la sedentarietà;
- "every move counts", ossia qualsiasi tipo di movimento conta, non solo l'attività fisica con finalità sportive ma anche quella svolta in contesti diversi da quello prettamente sportivo.

Sulla base di questi presupposti, ciascun individuo dovrebbe cercare d'incrementare l'attività fisica svolta, indipendentemente dal livello di partenza e aumentarne la quantità in modo graduale.

Infatti, anche lo svolgimento di attività fisica leggera è correlato a una sostanziale riduzione del rischio di morte pre-matura (Ekelund et al., 2019), ciò rimarca il principio di "every move counts".

Contrastando così la sedentarietà in tutte le sue forme e non solo nel rimanere seduti. Questa direttiva è supportata dallo studio Women's Health Initiative, (Lee et al., 2016) in cui sono stati confrontati gruppi di donne che rimanessero sedute per più di 10 ore al giorno da almeno 6 anni, con un gruppo che trascorresse meno di 9 ore al giorno sedute. Le donne del secondo gruppo mostravano una mortalità minore del 35% rispetto al primo.

Riguardo i comportamenti sedentari, le linee guida del 2020 non riportano indicazioni quantitative, ma si raccomanda in generale una riduzione del tempo trascorso in condizioni di inattività e un parallelo incremento di attività fisica.

Una più facile promozione del movimento può essere supportata dallo studio condotto da Jakicic et al. del 2019, il quale sostiene che sono evidenti i benefici per la salute, inclusa la mortalità per tutte le cause, anche per attività svolte per periodi inferiori ai 10 minuti.

Questo può considerarsi un ottimo incentivo alla pratica anche per periodi brevi, soprattutto nei casi in cui le persone siano particolarmente inattive e poco propense al movimento.

Sia per soggetti che non sono disposti a muoversi che per coloro i quali non in grado in quanto impossibilitati da vari fattori.

Promuovere l'attività fisica è un'azione di sanità pubblica prioritaria.

Dunque, sono importanti tutte le iniziative di studio e di promozione dell'attività fisica sul territorio.

Tra le possibili linee d'intervento in tema di promozione dell'attività fisica ci sono quella di accrescere il tempo dedicato all'esercizio fisico all'interno e all'esterno di ambienti lavorativi e didattici; sostenere lo svolgimento di pratiche sportive individuali o di squadra da parte di cittadini attraverso, l'organizzazione di manifestazioni; promuovere lo sviluppo di ambienti urbani che facilitino l'attività fisica, con la realizzazione di piste ciclabili e percorsi pedonali.

È importante evidenziare che la scelta, la disponibilità e la motivazione individuale sono fondamentali per uno stile di vita attivo, ma in ottica di promozione occorre un lavoro intersettoriale che possa favorire la creazione di contesti che facilitino l'attività fisica affinché possa essere parte integrante della vita quotidiana di ogni cittadino.

In linea con quelle che sono le direttive proposte dall'OMS risulta indispensabile, in primo luogo, l'adozione di metodiche e strumenti necessari a valutare l'attività fisica svolta dai cittadini.

Mentre in secondo luogo sono necessarie delle strategie per monitorizzare l'attività svolta in prima persona affinché lo stesso soggetto abbia la possibilità di controllare le prestazioni personali con una conseguente responsabilizzazione verso la propria salute.

3. MISURAZIONE DELL' ATTIVITÀ FISICA

3.1 PASSI GIORNALIERI

I passi giornalieri possono essere un parametro di riferimento quando si parla di attività fisica, in quanto risultano essere facilmente comprensibili anche da soggetti senza esperienza sportiva.

Sebbene 10.000 passi al giorno siano ampiamente pubblicizzati come benefici per la salute, ci sono poche prove a sostegno di questa raccomandazione, infatti ha origine dalla diffusione del primo contapassi, commercializzato in Giappone con una campagna di marketing incentrata sui 10000 passi al giorno (Tudor-Locke e Bassett, 2004).

I risultati indicano che sono necessari solo 4000 passi/giorno per ridurre significativamente la mortalità per tutte le cause, e ancora meno passi per ottenere una significativa riduzione del rischio di morte per cause cardio-vascolari (Banach et al., 2023).

Ponendo così le basi per una ridefinizione del significato di sedentarietà, che fino ad oggi veniva attribuita a soggetti che compiessero meno di 5000 passi al giorno.

Fare più passi al giorno però è associato a un rischio progressivamente inferiore di mortalità (Edwardson et al. 2012 e Warburton, 2017).

3.2 MISURAZIONE INDIRETTA

Ritornando all'importanza di sensibilizzare i cittadini sul controllo dei livelli di attività fisica esploriamo quelli che sono le metodiche di misurazione e valutazione dell'attività fisica.

La misurazione dell'attività fisica ricopre un ruolo rilevante nella salute pubblica non solo con finalità statistiche, in modo da poter indagare quelle che sono le abitudini della popolazione e poter sfruttare queste conoscenze per strutturare dei programmi di promozione e incentivazione dell'attività stessa.

Ricopre quindi anche un importante ruolo nella "formazione" e responsabilizzazione dell'individuo verso il proprio benessere.

Le misurazioni possono essere effettuate in maniera diretta con l'utilizzo di strumenti come pedometri ed accelerometri, mentre per una misurazione indiretta vengono utilizzati dei questionari.

I questionari più utilizzati per il monitoraggio dell'attività fisica e della sedentarietà sono il GPAQ e l'IPAQ.

IPAQ

L'International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) è uno strumento utilizzato per ottenere stime dell'attività fisica comparabili tra popolazioni a livello internazionale. Lo scopo del questionario è quello di fornire strumenti per ottenere dati comparabili a livello internazionale sull'attività fisica connessa alla salute.

Lo sviluppo di una misura internazionale per l'attività fisica è iniziato a Ginevra nel 1998 ed è stato seguito da test approfonditi di affidabilità e validità effettuati in 12 paesi.

La struttura del questionario prevede 5 sezioni:

La prima sezione riguarda il proprio lavoro, includendo sia il lavoro retribuito che il volontariato o altri lavori non retribuiti che vengono svolti fuori casa.

La seconda sezione riguarda gli spostamenti, quindi ogni volta che viene utilizzato un mezzo di trasporto motorizzato e non, inclusi gli spostamenti a piedi.

La terza sezione prevede le attività fisiche durante mansioni domestiche, di giardinaggio o di cura dei propri familiari.

La quarta sezione riguarda l'attività fisica svolta come attività ricreativa o sportiva.

L'ultima sezione misura il tempo trascorso da seduti durante le mansioni lavorative, a casa e nel tempo libero, il quale può comprendere il tempo trascorso alla scrivania, seduti a leggere o sdraiati a guardare la televisione.

GPAQ

Dato l'importante ruolo dell'attività fisica nella prevenzione delle patologie croniche non trasmissibili l'OMS ha sviluppato il Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ), usato per la sorveglianza dell'attività fisica nel mondo, è una versione modificata del questionario internazionale sull'attività fisica (IPAQ) in vigore già dal 2002.

Raccoglie informazioni valutando intensità, durata e frequenza dell'attività fisica.

È composto da 16 domande le quali fanno riferimento a una settimana tipica, sono suddivise in tre ambiti: attività fisica sul luogo di lavoro, attività fisica per gli spostamenti, attività fisica nel tempo libero e comportamento sedentario.

Il protocollo prevede che durante lo svolgimento del questionario vengano utilizzate delle immagini per rappresentare i tipi di attività fisica, in modo che vengano adattate al contesto locale per attenuare le differenze culturali (D. Keating et al., 2019).

Limiti dei questionari

Nonostante entrambi i questionari danno come risultato dei punteggi metabolici espressi in MET (Metabolic Equivalent of Task); il parametro riferito al tasso metabolico, espresso come la quantità di ossigeno consumata a riposo (da seduto in silenzio su una sedia), pari a circa 3,5 ml di O₂/kg/minuto, o come il consumo calorico, pari a 1Kcal/kg/ora (Ainsworth et al., 2011); il quale è un'unità di misura standardizzabile in modo che possa essere applicata a persone con peso corporeo differente.

I limiti nell'utilizzo di strumenti di stima dell'attività fisica sono principalmente legati alla difficoltà nell'ottenere dei dati oggettivi; infatti, con l'utilizzo di questi strumenti si tende a sovrastimare l'attività moderata e vigorosa nella popolazione adulta, principalmente nelle categorie di attività domestiche come pulizie e giardinaggio (Bermúdez, 2013).

Inoltre secondo Bermúdez l'IPAQ è meglio implementato in studi di sorveglianza più ampi che confrontano gruppi all'interno o tra paesi piuttosto che su base individuale.

I soggetti obesi, e in generale coloro i quali non sono fisicamente attivi, nel compilare un questionario possono sovrastimare l'attività svolta rispetto ai dati registrati da un accelerometro, probabilmente a causa di una valutazione basata sul maggiore sforzo necessario per svolgere qualsiasi attività fisica rispetto a un soggetto normopeso o allenato (Kwak, 2012).

Questo è il principale limite dell'utilizzo di strumenti di monitoraggio indiretto; infatti, i risultati sono strettamente correlati alla percezione dello sforzo da parte dei soggetti.

Mentre sono più pratici per stimare il livello di attività fisica su ampie popolazioni, in quanto richiedono meno tempo e sono più economici rispetto a una tecnica di misurazione diretta (Cleland, 2018), in quanto sono disponibili gratuitamente online.

3.3 MISURAZIONE DIRETTA

Risultano quindi necessari per una misurazione più attendibile degli strumenti di misurazione diretta dell'attività fisica intesa come passi quotidiani, quali contapassi e accelerometri.

Tra i pedometri, comunemente detti contapassi, disponibili sul mercato si distinguono alcune tipologie differenti.

- Pedometri da polso, i quali sempre più spesso possono essere incorporati in dispositivi smartwatch;
- Pedometri da cintura, dotati di una clip per essere indossati a livello pelvico;
- Applicazioni contapassi disponibili nei dispositivi smartphone.

Un altro dispositivo che può essere utilizzato per la misurazione dei passi giornalieri è l'accelerometro, uno strumento sicuramente più preciso ma che trova maggior applicazione da un punto di vista sperimentale rispetto a un utilizzo quotidiano come quello del pedometro.

Entrambi questi dispositivi registrano il numero di passi giornalieri effettuati durante il cammino anche se la sostanziale differenza tra un pedometro di derivazione commerciale e un accelerometro che viene utilizzato con finalità di ricerca è la precisione nella rilevazione dei dati e di conseguenza anche il costo.

4. LA CAMMINATA

4.1 CAMMINATA E CICLO DEL PASSO

La camminata è il principale metodo di deambulazione nell'uomo, uno schema motorio di base che prevede un movimento ritmico degli arti inferiori che combinati a quelli della zona pelvica, del core e degli arti superiore, permettono lo spostamento del corpo nello spazio (Cicirelli et al., 2022).

Le fasi del ciclo del passo sono otto, da un punto di vista funzionale e biomeccanico si dividono in due fasi: fase di stance e fase di swing.

La fase di stance è caratterizzata dall'appoggio del piede il quale rimane a contatto con il terreno e durante la camminata occupa il 60% del tempo, mentre diminuisce fino al 37% durante la corsa.

La fase di stance può essere divisa in 5 ulteriori fasi:

- Initial contact (heel contact): è una fase istantanea che va dallo 0 al 2% del ciclo del passo in cui il piede proiettato in avanti, tocca il suolo con il tallone;

- Loading response (foot flat): questa fase coinvolge circa il 10% del ciclo del passo, il piede va ad appoggiare interamente al suolo, nello stesso momento la caviglia ha una leggera flessione dorsale in risposta al carico sull'arto del peso del corpo;
- Mid Stance Time: questa fase si estende dal 10% al 30% del ciclo del passo, inizia con lo stacco del piede controlaterale e termina quando il piede è interamente supportato dal calcagno, dalle ossa del metatarso e dalle dita del piede.
L'articolazione femoro-rotulea è mantenuta in estensione dalla contrazione del quadricipite, la caviglia si flette per azione del tibiale anteriore.
- Terminal Stance Time: si estende dal 30% al 50% del ciclo del passo e termina quando l'arto controlaterale tocca il suolo.
L'arto ha superato la verticale del corpo, che di conseguenza inizierà a proiettarsi in avanti.
Il ginocchio si flette lievemente sotto il suo peso e il centro di gravità si abbassa.
- Pre Swing: si estende dal 50% al 60% del ciclo del passo, terminando con lo stacco dal terreno delle dita dell'arto interessato, grazie all'estensione della caviglia e flessione plantare, fornendo una spinta verso l'alto e in avanti.
Al termine della fase di stance c'è un trasferimento del peso del corpo e prosegue il ciclo del passo con la fase di swing, dove l'arto viene portato avanti per prepararsi all'appoggio successivo, in questa si suddividono ulteriori tre fasi:
 - Initial Swing: in questa fase, che si estende dal 60% al 73% del ciclo del passo, l'arto inferiore di interesse si sposta in avanti e conseguentemente provoca una flessione di anca, ginocchio ed una leggera dorsiflessione del piede;
 - Mid Swing: questa fase si estende dal 73% al 87% del ciclo del passo; coinvolge lo spostamento dell'arto interessato da una posizione posteriore ad una anteriore rispetto al tronco.
Contemporaneamente la caviglia si flette per azione del tibiale anteriore e recupera l'estensione che aveva spinto il corpo in avanti alla fine dell'appoggio.
 - Terminal Swing: in questa fase si compie l'ultimo intervallo del ciclo del passo. Il movimento progressivo dell'arto ed il completamento dell'estensione del ginocchio e della caviglia predisponendo la prima fase del ciclo successivo (Vu et al., 2018 e Castermans et al., 2014).

5. MODELLI DI RIDUZIONE DELL' ATTIVITÀ FISICA

Tra le principali metodiche di utilizzo sperimentale per indagare la riduzione totale o parziale dell'attività fisica nell'uomo ci sono la step reduction, il bed rest e la sospensione unilaterale dell'arto inferiore.

5.1 STEP REDUCTION

Il modello "*step reduction*" è un protocollo di riduzione dell'attività fisica il quale viene usato per indagare gli effetti di brusche riduzioni di attività ma non completo disuso, è stato impiegato con successo per studiare gli effetti della riduzione dell'attività fisica su vari sistemi fisiologici (Olsen et al., 2008 e Phillips, 2014).

È un modello che permette di esaminare la risposta fisiologica negli individui che riducono i passi giornalieri a causa di lesioni, patologie o adozione di uno stile di vita meno attivo per determinati periodi di tempo (Bowden, Davies et al., 2019).

I livelli abituali di attività fisica dei partecipanti dovrebbero essere monitorati per almeno 3-7 giorni prima dell'intervento tramite contapassi e accelerometri; inoltre, dovrebbe essere riportata una descrizione dettagliata della routine dei soggetti.

Il limite massimo giornaliero dei passi deve essere compreso tra i 750 e i 4500 passi, esso viene definito in funzione della popolazione presa in esame e dell'interesse dello studio.

La prima differenza rilevante tra SR e modelli più rigidi d'inattività fisica è quella dal contesto di applicazione.

Questi ultimi sono spesso impiegati nel contesto della microgravità, come analoghi del volo spaziale (Tesch et al., 2005 e Narici, 2010).

Nonostante le differenze tra gli effetti del volo spaziale e l'effetto della gravità sulla terra esistono modelli basati sullo scarico meccanico, i quali sono utili per valutare i meccanismi di perdita muscolare durante il riposo a letto prolungato (Qaisar, 2020).

Mentre il modello SR è utile per studiare gli effetti indotti da un aumento della sedentarietà e quindi per indagare gli effetti di riduzioni di attività ma non da completo disuso.

Nella SR sono presenti effetti sistemici anche se in misura minore rispetto al BR (Oikawa et al., 2019).

La SR riduce la sensibilità all'insulina (Krogh-Madsen et al., 2010), ed è stato ipotizzato che una settimana di ridotta attività fisica e aumento del tempo di sedentarietà ridurrebbe i tassi giornalieri di sintesi proteica miofibrillare.

Pochi studi hanno valutato il suo impatto sulla regolazione della massa muscolare scheletrica; effettivamente, l'obiettivo dello studio sperimentale a cui ho preso parte è proprio quello di andare ad indagare adattamenti neuromuscolari indotti da una riduzione di attività fisica tramite un protocollo di step reduction.

Un chiaro vantaggio del modello SR è quello di avere un impatto limitato sulla vita privata e sociale dei volontari senza particolari rischi per la salute.

Invece uno dei limiti più evidenti dell'SR è quello che la conformità non può essere completamente monitorata non trascorrendo il periodo di riduzione dei passi in laboratorio. Questo limite è presente anche con i modelli unilaterali di sospensione degli arti inferiori. Per questo motivo i volontari dovrebbero essere reclutati solo dopo un'attenta valutazione della loro possibilità di incorporare un intervento di SR considerando la loro routine e gli impegni quotidiani.

Le strategie per ridurre le fasi quotidiane dovrebbero essere pianificate e discusse con i ricercatori prima dell'inizio dello studio.

Al fine di facilitare il rispetto del limite dei passi giornalieri prestabiliti, i ricercatori dovrebbero considerare la possibilità di fornire ai partecipanti biglietti per il trasporto pubblico, assistenza di trasporto o altre opzioni di trasporto appropriate, come i monopattini elettrici.

5.2 BED REST

Il modello di bed rest è un modello di riduzione totale dell'attività fisica che viene utilizzato per indagare gli effetti della microgravità spaziale, in quanto gli effetti risultano comparabili. Dato che il riposo a letto richiede inattività di tutto il corpo, fornisce un ottimo modello per comprendere l'effetto sistemico del disuso su più sistemi fisiologici (Sheng et al., 2021).

Nel protocollo di bed rest i soggetti inclusi nello studio vengono mantenuti a letto. Oltre ad evidenti segni di atrofia e cali di forza dei muscoli estensori del ginocchio in seguito a periodi di bed rest (Marusic et al., 2021), si possono presentare altri disturbi quali

disturbi muscolo-scheletrici, in particolare lombalgia, ma anche segni di ansia e depressione, vertigini, nausea, riduzione dell'appetito e reflusso gastroesofageo. Inoltre i partecipanti agli studi di BR sono potenzialmente esposti al rischio d'insorgenza di calcoli renali, infezioni del tratto urinario e trombosi venosa profonda, quest'ultimo anche riportato in modelli di disuso unilaterale degli arti inferiori (Perry e Puthuchear, 2015). A differenza del modello di SR e sospensione unilaterale degli arti inferiori nelle campagne di riposo a letto essendo svolte in laboratorio i soggetti vengono sorvegliati durante tutta la durata dello studio. Questo rende il BR meno economico rispetto al modello SR dovendo ricoverare i partecipanti (Sarto et al., 2023), ma presenta risultati sicuramente più attendibili rispetto a modelli in cui i soggetti non vengono ospedalizzati.

5.3 SOSPENSIONE UNILATERALE DEGLI ARTI INFERIORI

Il modello di sospensione unilaterale degli arti inferiori è un modello in cui la riduzione dell'attività è limitata a un solo arto del corpo e al contrario rispetto agli altri modelli le conseguenze fisiologiche significative che si verificano dovute al disuso si presentano a livello muscolare locale e non sistemico (Rakobowchuk et al., 2011 e Oikawa et al., 2019). La perdita muscolare indotta dall'immobilizzazione è in gran parte applicabile agli scenari clinici d'immobilizzazione dell'arto singolo o chirurgia ortopedica, durante i quali il recupero dell'arto interessato può essere senza carico per diverse settimane (McGlory et al., 2018).

6. SCOPO DELLA TESI

In questo progetto di tesi sperimentale mi concentrerò principalmente sull'utilizzo di strumenti di misura diretta dell'attività fisica che durante il progetto di ricerca fornivano i dati relativi alla attività fisica svolta giornalmente.

Gli obiettivi di questo progetto di tesi sono in primo luogo il monitoraggio dell'attività fisica quotidiana in un gruppo di giovani adulti durante un periodo di step reduction e in secondo luogo il confronto tra gli strumenti di misurazione diretta dei passi giornalieri quali accelerometro e contapassi.

Ciò è stato possibile grazie allo studio sperimentale del gruppo di ricerca di fisiologia dell'Università di Padova, attraverso il quale vengono studiati gli effetti neuromuscolari indotti dalla riduzione dell'attività fisica con l'utilizzo del modello step reduction.

7. MATERIALI E METODI

7.1 PARTECIPANTI

Per lo studio in questione sono stati inclusi 10 partecipanti di cui 5 maschi e 5 femmine.

I criteri di inclusione per la scelta dei partecipanti sono stati i seguenti:

- entrambi i sessi;
- età compresa fra i 18 e i 35 anni;
- stile di vita moderatamente attivo, con un minimo di 6000 passi giornalieri;
- effettiva possibilità di adeguare la propria routine a un protocollo di step reduction della durata di 14 giorni, non dovendo superare i 1500 passi al giorno di media.

7.2 DISEGNO SPERIMENTALE

Lo studio a cui ho preso parte come tesista prevedeva diverse fasi: il recruiting, una familiarizzazione preliminare in via telematica, una seconda familiarizzazione più approfondita in presenza, una settimana di controllo senza riduzione dei passi giornalieri, batteria di test pre-step reduction, due settimane di step reduction e infine la batteria di test post con successiva analisi dei dati.

La mia tesi si concentrerà principalmente sui dati raccolti dagli accelerometri e contapassi durante la settimana di controllo (baseline) e durante le due settimane di riduzione dei passi giornalieri (step reduction), con valutazione del rispetto del protocollo da parte dei soggetti e correlazione tra le misurazioni del contapassi e dell'accelerometro.

7.3 RECRUITING

La prima fase è stata quella di ricerca di potenziali soggetti da poter coinvolgere all'interno dello studio.

Nonostante si tratti della fase meno tecnica di tutto lo studio risulta comunque indispensabile, in quanto cercare di raggiungere quante più persone possibili permette,

oltre che avere un numero sufficiente di partecipanti, di selezionare i soggetti che risultano più adatti o che riuscirebbero a seguire minuziosamente le istruzioni a loro date.

Riguardo ciò a me e agli altri tesisti sono stati forniti volantini e locandine da distribuire a persone potenzialmente interessate o da affiggere in luoghi di passaggio.

Inoltre, all'interno della locandina era visibile un QR code scannerizzabile che avrebbe indirizzato gli interessati a una pagina google forms contenente alcuni campi per poter inserire il proprio indirizzo email e un recapito telefonico in modo da essere contattati per la familiarizzazione preliminare.

7.4 FAMILIARIZZAZIONE PRELIMINARE

Questo tipo di familiarizzazione avveniva in via telematica per avere un primo contatto con i soggetti, in modo da spiegare nel dettaglio quali sarebbero state le fasi dello studio..

Erano poi previste delle forme di rimborso spese, legate all'uso dei trasporti pubblici, per garantire il mantenimento dei passi giornalieri.

Inoltre questa fase permetteva una prima selezione dei soggetti potendo accertare l'effettivo interesse nel prendere parte a uno studio di ricerca da parte dei possibili partecipanti.

7.5 FAMILIARIZZAZIONE IN PRESENZA

In questo incontro venivano applicati ai soggetti l'accelerometro e il contapassi, dando indicazioni riguardo all'utilizzo nei giorni successivi.

L'accelerometro veniva direttamente applicato alla coscia del soggetto e coperto con un cerotto idrorepellente, invece il contapassi fatto indossare a livello della cintura.

Inoltre, veniva consegnato un diario alimentare nel quale il soggetto doveva riportare le proprie abitudini alimentari.

7.6 SETTIMANA DI CONTROLLO (BASELINE)

Nei giorni successivi alla seconda familiarizzazione trascorreva la settimana di controllo, la quale aveva la finalità di verificare il grado di attività fisica richiesta; difatti, era necessario

che nella settimana di baseline i soggetti facessero una media di minimo 6000 passi al giorno per poter essere inclusi nello studio.

Oltre ciò avevano modo di prendere confidenza con gli strumenti di misura, dovendo aggiornare giornalmente il gruppo di ricerca indicando i passi effettuati.

Al termine della settimana di controllo vennero definiti i partecipanti definitivi, in accordo con quest'ultimi furono scelte le settimane nelle quali avrebbero ridotto i passi, anche in funzione di alcuni impegni personali.

7.7 TEST PRE STEP REDUCTION

Prima dell'inizio del periodo di step reduction furono effettuati i test fisiologici e funzionali. Nelle 24 ore precedenti ai test i soggetti non potevano svolgere attività fisica con intensità elevata né assumere caffeina e alcolici.

Nello specifico i test fisiologici comprendevano:

- Elettrostimolazione per ricerca del punto motore;
- Esami del sangue;
- Ecografia a ultrasuoni;
- Biopsia muscolare nel vasto laterale del quadricipite.

Mentre i test funzionali includevano:

- Massima contrazione volontaria degli estensori del ginocchio;
- Elettromiografia ad ago;
- Elettromiografia ad alta densità;

L'ordine di svolgimento dei test era il medesimo, i soggetti venivano fatti distendere supini su un lettino con pantaloncini corti in modo da avere i quadricipiti scoperti.

In primo luogo tramite un'elettrostimolazione a basso voltaggio si andava a ricercare il punto motore del vasto laterale del quadricipite, ossia il punto in cui il nervo motore entra nel muscolo e presenta la massima eccitabilità.

Una volta individuato si segnava con un pennarello indelebile, affinché rimanesse facilmente individuabile come riferimento per l'applicazione degli elettrodi della EMG ad alta densità.

Veniva poi effettuata un' ecografia muscolare con raccolta di immagini dei quadricipiti sia longitudinalmente che trasversalmente rispetto al femore, così da avere una rappresentazione dell'architettura muscolare, quindi lunghezza dei fascicoli muscolari, angolo di pennazione, i volumi muscolari e la presenza di adipe sottocutaneo.

Seguiva un prelievo ematico e la biopsia muscolare, grazie a una precedente anestesia locale, veniva incisa la cute con un bisturi a livello del vasto laterale del quadricipite e con l'utilizzo di un concotomo veniva asportato un piccolo campione di tessuto muscolare.



Fotografia di un concotomo.

Seguivano i test funzionali per valutare l'estensione del ginocchio da parte del quadricipite. Al soggetto si applicava la matrice dell'EMG ad alta densità sulla coscia, la quale era collegata a un amplificatore che si collega a sua volta al computer e forniva i dati di attivazione elettromiografica.

Lo stesso avveniva per l'EMG ad ago la quale è stata applicata nella stessa zona.

Il test di MCV (massima contrazione volontaria) dei muscoli estensori del ginocchio veniva fatto eseguire da seduti con l'arto inferiore destro vincolato a un braccio metallico il quale è collegato ad una cella di carico che quindi rileva la forza espressa dal quadricipite durante la contrazione isometrica.

Per garantire maggior stabilità durante la prova il soggetto era posto seduto e legato con una cinghia al femore e bacino, braccia incrociate al petto e il busto eretto.

Nella MCV deve essere ricercato da parte del soggetto un picco immediato grazie anche a un incitamento verbale nei test per tutti i partecipanti.

Venivano fatte eseguire 3 prove massimali con recupero di 1 minuto tra esse.

Seguirono dei test submassimali al 20, 25 e 50% del massimale, per la valutazione del potenziale di azione (PDA).

7.8 ATTIVAZIONE ACCELEROMETRI

Terminati i test funzionali seguiva la parte di attivazione e applicazione degli accelerometri.

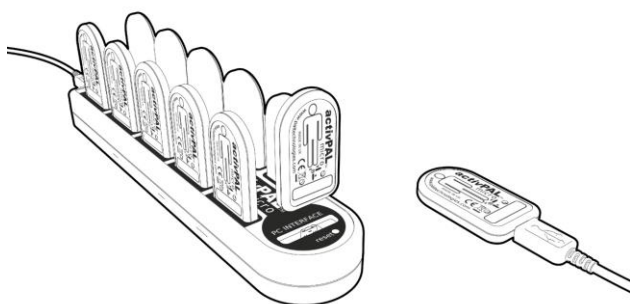
I dispositivi utilizzati nello studio sono degli accelerometri activPAL, inclusi come strumento di misurazione in più di 150 studi clinici registrati nel database della U.S. National Library of Medicine.

Sono costituiti da un microprocessore, un elemento di rilevamento dei movimenti, un elemento di registrazione e l'alimentazione.

Il microprocessore controlla l'elaborazione e la registrazione del segnale ricevuta dal sensore e la comunica ad un PC host.

Sono progettati per misurare attività quotidiane e garantiscono una durata di registrazione fino a quattordici giorni.

Quindi nei dispositivi veniva attivata la registrazione dal pc host grazie al software PALconnect, denominando il dispositivo con un numero identificativo e impostando la durata di registrazione.



Accelerometri ActviPAL inseriti nel supporto di connessione al pc.



Contapassi Yamax Digi-walker sw200.

Dopodiché l'accelerometro s'inseriva in un involucro in lattice, posto sulla coscia anteriormente a livello del retto del femore, coperto da una pellicola affinché fosse impermeabile.

Al termine della procedura veniva consegnato anche il diario alimentare e il contapassi da indossare sulla cintura.

7.9 STEP REDUCTION

Durante questo periodo di 14 giorni i soggetti dovevano mantenere una media di passi al giorno non superiore ai 1500, in questo li aiutava l'uso del contapassi in quanto riesce a fornire un dato immediato riguardo ai passi effettuati.

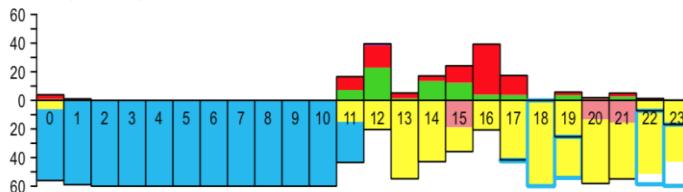
Il mantenimento dei passi entro la soglia prevista è inoltre stato favorito dall'utilizzo di mezzi privati e pubblici per il trasporto tra cui anche l'uso degli sharing di monopattini, largamente disponibili nel centro città.

Al termine del periodo di step reduction i partecipanti si sono quindi presentati al laboratorio di fisiologia, dove hanno riconsegnato i dispositivi terminando la registrazione e raccogliendo i dati misurati.

I dati quindi furono asportati dal chip e trasferiti al pc host grazie al software PALanalysis.



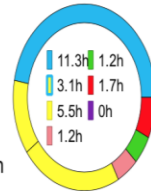
Tuesday 9th May 2023



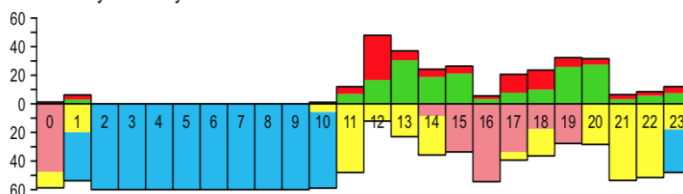
Steps
8916

Sit to Stands
37

Activity Score
33.67 MET.h



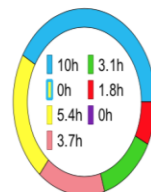
Wednesday 10th May 2023



Steps
8456

Sit to Stands
48

Activity Score
33.8 MET.h



Rappresentazione grafiche di PALanalysis di due giornate di baseline di SR2.

8. ANALISI STATISTICA

L'analisi statistica dei dati è stata svolta con l'utilizzo di Excel e il software statistico Graphpad Prism 10.0.0, grazie ai quali è stato possibile ricavare risultati e grafici del T-test.

Il T-test appaiato è un test statistico parametrico il quale verifica se il valore medio di una distribuzione si discosta significativamente da un certo valore di riferimento; quindi, è utile per confrontare le medie di passi giornalieri tra il periodo di baseline e quello di step reduction, questa correlazione tra le due misurazione lo rende appaiato.

Il T-test appaiato è quindi uguale a: $\text{media delle differenze tra i dati appaiati} / (\text{deviazione standard delle differenze} * \text{numero di coppie})$.

In questa analisi di dati è stato imposto un P-value di 0.05, quindi i risultati del calcolo del P-value minori di 0.05 risulteranno essere statisticamente significativi.

8.1 PARAMETRI RILEVATI

Tra i parametri rilevabili dall'accelerometro sono stati scelti:

- Total number steps, ossia passi giornalieri;
- Total sitting time, tempo trascorso da seduti;
- Number sit to stand transitions, transizioni da stazione seduta a eretta;
- Activity score, equivalente metabolico misurato in MET;
- Primary laying time, tempo totale trascorso in decubito.

Nella fase di SR si sono verificate alcune complicanze legate ai partecipanti SR1 e SR8, le quali hanno portato a non poter includere nello studio le misurazioni effettuate su di loro.

Nello specifico riguardo SR1 a causa di un errore nell'avviamento della registrazione dell'accelerometro non è stato rilevato alcun dato durante il periodo di SR.

Mentre per quanto riguarda SR8 a causa di un'effettiva impossibilità da parte del soggetto di adattare la propria routine a un protocollo di questo tipo ha riportato un aumento dei passi giornalieri, rendendo quindi i dati raccolti inutilizzabili.

8.2 RISULTATI

TOTAL STEPS

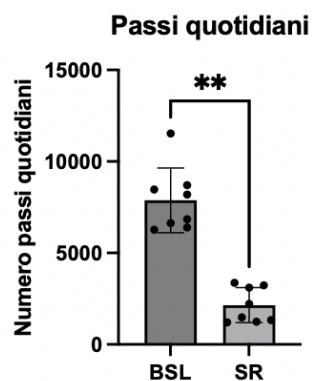
Questo parametro rappresenta la misura dei passi giornalieri totali.

Riporto quindi i dati dei passi giornalieri della baseline e della step reduction in tabella con una successiva rappresentazione grafica.

PASSI GIORNALIERI		
Partecipanti	MEDIE BASELINE	MEDIE STEP REDUCTION
SR1	9218	ND
SR2	8702.571429	1241.285714
SR3	6270	1329.428571
SR4	6838.571429	3362.714286
SR5	8189.714286	2223.571429
SR6	6629.714286	1210.857143
SR7	11528.28571	3111.142857
SR8	7348.571429	8136.571429
SR9	8470	1481.428571
SR10	6393.428571	3234.857143
MEDIE TOTALI	7877.7857	2149.4107

In questa tabella sono riportati i passi giornalieri dei periodi di baseline e step reduction, riguardo al primo periodo il requisito minimo di 6000 passi giornalieri è stato rispettato da parte di tutti i partecipanti, in quanto rappresentava il requisito principale per l'inclusione nello studio.

Ad eccezione dei partecipanti SR1 e SR8, a causa delle complicanze precedentemente citate, nei partecipanti c'è stato in importante diminuzione dei passi giornalieri con un P-value pari a 0.0014, rendendo quindi significativa la differenza dei passi tra periodo di



baseline e step reduction.

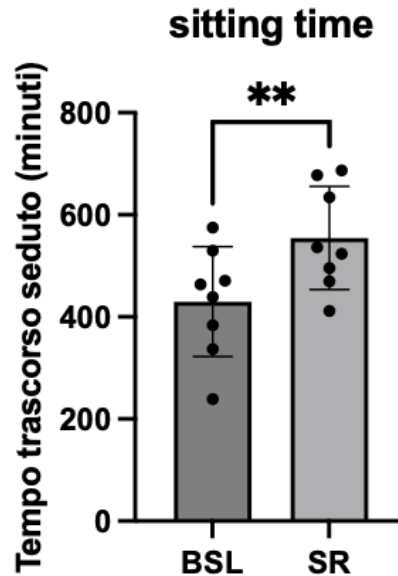
Rappresentazione grafica T-test dei passi quotidiani.

TOTAL SITTING TIME

Il secondo parametro rilevato è stato il total sitting time ossia il tempo trascorso da seduti, espresso in minuti al giorno.

SITTING TIME		
Partecipanti	MEDIE BSL	MEDIE SR
SR1	454.4527571	ND
SR2	383.5611	687.1536429
SR3	574.947	634.1887143
SR4	529.836	523.8780714
SR5	463.8356714	411.8801429
SR6	239.3055714	469.6985714
SR7	438.9885714	536.0131429
SR8	147.9049143	271.8046429
SR9	337.0322857	677.9359286
SR10	470.7594286	495.9816429
MEDIE TOTALI	429.7832	554.5912

In generale vi è stato un significativo aumento del tempo trascorso da seduti, con un P-value di 0.0083.



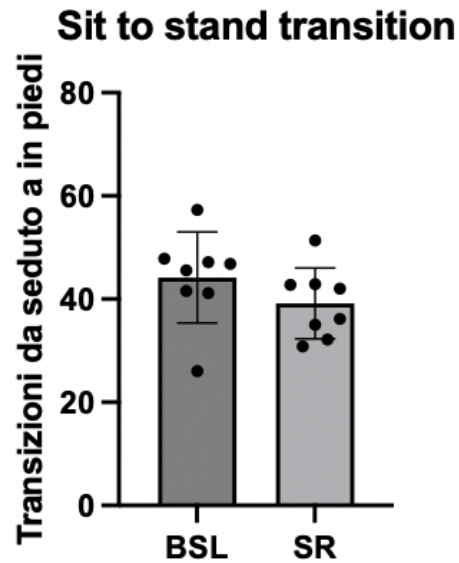
Rappresentazione grafica T-test del sitting time (tempo trascorso da seduti).

SIT TO STAND TRANSITION

Parametro il quale indica il numero di transizioni dalla stazione seduta a quella eretta.

Partecipanti	MEDIE BSL	MEDIE SR
SR1	48.42857143	ND
SR2	47.14285714	35
SR3	41.14285714	36.14285714
SR4	45.57142857	51.35714286
SR5	41.57142857	32.14285714
SR6	26.04081633	30.85714286
SR7	57.28571429	42.78571429
SR8	29.85714286	42.14285714
SR9	46.85714286	42
SR10	47.85714286	42.92857143
MEDIE TOTALI	44.1836	39.1517

In questo caso c'è stata una leggera diminuzione del numero di transizioni da seduti a in piedi, infatti presentando un P-value di 0.3554 non risulta statisticamente rilevante.



Rappresentazione grafica T-test delle transizioni da seduti a in piedi.

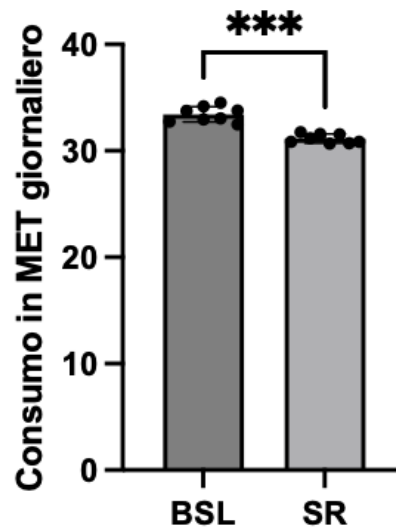
ACTIVITY SCORE

L'activity score rappresenta il dispendio energetico giornaliero espresso tramite il coefficiente metabolico in MET al giorno.

Partecipanti	MEDIE BSL	MEDIE SR
SR1	34.14682857	
SR2	33.78858571	30.69506429
SR3	32.73822857	30.72588571
SR4	33.03347143	31.76061429
SR5	33.74127143	31.18787857
SR6	32.49513857	30.84042857
SR7	34.51760571	31.54169286
SR8	34.19511429	34.25228571
SR9	34.18807143	30.83445714
SR10	32.95487143	31.59555
MEDIE TOTALI	33.4321	31.1476

Anche in termini di consumo d'energia si è evidenziata una generale diminuzione, con un P-value di 0.0009.

Activity score (MET)



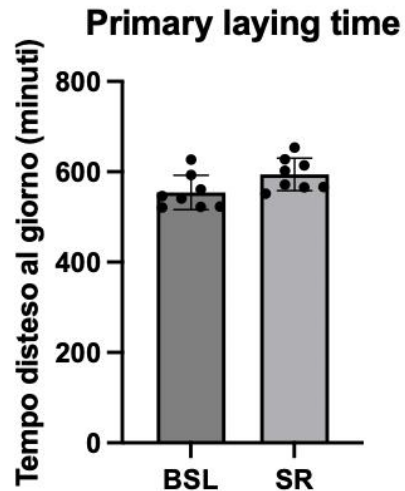
Rappresentazione grafica T-test dell'equivalente metabolico.

PRIMARY LAYING TIME

Questo parametro riporta il tempo totale, espresso in minuti, trascorso in decubito da parte dei partecipanti.

Partecipanti	MEDIE BSL	MEDIE SR
SR1	589.1164714	ND
SR2	560.7125714	551.6301429
SR3	593.0851429	614.2928571
SR4	522.421	571.3719286
SR5	540.7008571	627.3384286
SR6	627.1257143	565.9222143
SR7	523.0274286	653.9700714
SR8	578.8023857	514.031
SR9	521.2994714	566.4179286
SR10	546.1529571	602.3996429
MEDIE TOTALI	554.3156	594.1679

Anche il tempo trascorso da distesi è aumentato ma non significativamente, con un P-value di 0.2418.



Rappresentazione grafica T-test del tempo trascorso in decubito.

CONFRONTO TRA ACCELEROMETRI E CONTAPASSI

Sono state poi confrontate le misurazioni ottenute dai pedometri e contapassi, prendendo in esame il periodo di baseline in modo tale da poter utilizzare anche i dati relativi al partecipante SR1, i quali non sono disponibili nel periodo di SR come anticipato in precedenza.

Mentre non è stato possibile prendere in esame il partecipante SR8 in quanto presenta un'eccessiva differenza tra il numero di passi registrati dal pedometro e quelli dell'accelerometro, dovuta a un parziale utilizzo durante il giorno del contapassi.

PARTECIPANTI	MEDIE CONTAPASSI BSL	MEDIE ACCELEROMETRI BSL
SR1	9501.714	9218.0000
SR2	6520.714	8702.5714
SR3	6146.714	6270.0000
SR4	7026.714	6838.5714
SR5	8719.714	8189.7142
SR6	7485.714	6629.7142
SR7	8856.286	11528.2857
SR8*	3687.571*	7348.5714*
SR9	9787.857	8470.0000
SR10	6094.143	6393.4285
MEDIA TOT	7793.285	8026.698

Secondo i dati riportati in tabella si è evidenziato un bias di -233.4, con dei picchi di -2861 e 2394 passi rispetto alla media.

9. DISCUSSIONE

Il presente studio ha valutato gli adattamenti neuromuscolari indotti dalla riduzione dell'attività fisica, mediante l'utilizzo di un protocollo di riduzione dei passi giornalieri. Nello specifico la parte che ho affrontato in questa tesi verte a valutare i principali parametri rilevati dagli accelerometri che sono stati indossati durante il periodo di step reduction, ma anche a confrontare i due strumenti di misurazione implicati nello studio, ossia il pedometro Yamax SW-200 digi-walker e l'accelerometro activePAL.

Riguardo il protocollo di step reduction, è riconosciuto per essere meno invasivo e più economico rispetto ad altri modelli utilizzati per lo studio dell'inattività fisica, come il bed rest o la sospensione temporanea dell'uso di uno degli arti inferiori.

Nello specifico rispetto al bed rest non induce adattamenti estremi a livello fisiologico oltre alla difficoltà nel trovare soggetti disposti a permanere a letto per periodi così lunghi, correlato anche ai costi di realizzazione dello studio dovuti alle forme d'indennizzo rivolte a partecipanti, infatti l'immobilizzazione porta a serie complicazioni.

Le quali possono essere muscolo-scheletriche, come la perdita di forza muscolare e resistenza, contratture e modificazioni dei tessuti molli, osteoporosi da disuso e altre malattie degenerative delle articolazioni; oppure di natura cardiovascolare con un aumento della frequenza cardiaca (Perry, 2015).

Nella step reduction invece c'è maggior autonomia dei partecipanti, i quali possono condurre la loro routine seguendo però quelle che sono le limitazioni che la SR impone. Infatti nonostante la diminuzione dei passi registrata sia stata significativa, solo 4 dei 10 partecipanti sono rimasti effettivamente al di sotto dei 1500 passi giornalieri prestabiliti. Quindi sicuramente risulta essere un modello più facilmente applicabile rispetto al bed rest, però presenta come limite quello che i soggetti trascorrendo le due settimane senza un controllo diretto rischiano di eccedere il limite giornaliero.

Assume quindi un'importanza cruciale le fasi di recruiting e familiarizzazione in modo da individuare i soggetti che possano effettivamente riuscire a seguire le indicazioni fornite, adeguando la propria routine a un protocollo di questo tipo.

Per quanto riguarda altri parametri rilevati, com'era prevedibile, indicano tutti una diminuzione dell'attività fisica, anche se solo il sitting time e il dispendio energetico risultano significativi.

Infatti essendo quasi tutti i partecipanti coinvolti degli studenti, ed essendo stato svolto lo studio nei mesi di maggio e giugno quindi durante il periodo di sessione d'esame, hanno trascorso la maggior parte del tempo, durante le giornate, a studiare quindi stando seduti piuttosto che distesi.

Anche le transizioni da seduti a in piedi non sono variate in maniera significativa, perché i soggetti hanno cercato di ridurre i movimenti e spostamenti per cercare di rimanere entro il limite dei passi giornalieri.

Invece i risultati ottenuti dal confronto tra le misurazioni rilevate dal contapassi e quelle degli accelerometro definiscono una bassa correlazione.

Vanno fatte delle considerazioni, i due dispositivi usano due tecnologie differenti, il pedometro Yamax digiwalker sw-200 usa un sistema a pendolo mentre l'activPAL è un accelerometro triassiale con frequenza di campionamento di 20Hz.

Quindi un dispositivo molto più sofisticato in grado di registrare decine dei parametri e non solo i passi giornalieri come il contapassi.

Inoltre il contapassi presenta delle problematiche ulteriori, infatti essendo indossabile a livello della cintura può essere soggetto a dimenticanze da parte del soggetto che lo usa, soprattutto quando avviene un cambio del vestiario, rischiando di non conteggiare la totalità dei passi.

Oltre ad essere sensibile alle vibrazioni e ai cambi di posizione del corpo nello spazio come le salite e le discese da veicoli o il sedersi e rialzarsi.

10. CONCLUSIONE

Gli effetti negativi dovuti all'inattività fisica sono molteplici e gravano non solo in termini di salute della popolazione ma anche a livello socio-economico.

L'adozione di strumenti per il monitoraggio diretto dell'attività fisica possono indurre ad un aumento delle prestazioni (Bravata et al., 2007) e quindi favorire il contrasto della sedentarietà.

Nonostante la correlazione tra accelerometri e contapassi si sia dimostrata poco significativa, a discapito del contapassi, in quanto può non venire indossato a causa di dimenticanze da parte dei soggetti.

Può comunque fornire un dato di riferimento riguardo all'attività svolta giornalmente e quindi favorire la pratica della stessa.

D'altro canto si tratta di uno strumento avente un costo molto più accessibile, poche decine di euro, e di più facile utilizzo rispetto all'accelerometro che ha un uso sperimentale, il quale risulta complicato da usare per soggetti i quali non abbiano dimestichezza con questi strumenti.

Proprio in ottica di promozione dell'attività fisica potrebbe ricoprire un importante ruolo nello stimolare la popolazione ad adottare comportamenti meno sedentari.

Conclusione personale

Infine, avevo piacere di esprimere un pensiero personale riguardo l'esperienza in laboratorio.

È stata una esperienza estremamente formativa, in cui ho avuto modo di vedere e toccare con mano quello che è il lavoro all'interno di un laboratorio di ricerca universitario.

Infatti oltre all'interesse legato agli argomenti e nozioni trattati ho potuto vivere in prima persona il teamwork e la cooperazione tra i componenti della squadra di ricerca e

assistere poi all'utilizzo di strumentazione di ricerca all'avanguardia, che non avrei avuto altrimenti possibilità di approfondire.

Adam, Kelly A. Mackintosh, Rachel L. Knight, Liba Sheeran, Rhys Thatcher, James Shelley, e Melitta A. McNarry. «Impact of the COVID-19 Pandemic on Sedentary Time and Behaviour in Children and Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18, fasc. 21 (27 ottobre 2021): 11286. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111286>.

Ainsworth, Barbara E., William L. Haskell, Stephen D. Herrmann, Nathanael Meckes, David R. Bassett, Catrine Tudor-Locke, Jennifer L. Greer, Jesse Vezina, Melicia C. Whitt-Glover, e Arthur S. Leon. «2011 Compendium of Physical Activities: A Second Update of Codes and MET Values». *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43, fasc. 8 (agosto 2011): 1575–81. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821ece12>.

Arem, Hannah, Steven C. Moore, Alpa Patel, Patricia Hartge, Amy Berrington De Gonzalez, Kala Visvanathan, Peter T. Campbell, et al. «Leisure Time Physical Activity and Mortality: A Detailed Pooled Analysis of the Dose-Response Relationship». *JAMA Internal Medicine* 175, fasc. 6 (1 giugno 2015): 959. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2015.0533>.

Arocha Rodulfo, J. Ildefonso. «Sedentarismo, la enfermedad del siglo xxi». *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis* 31, fasc. 5 (settembre 2019): 233–40. <https://doi.org/10.1016/j.arteri.2019.04.004>.

Banach, Maciej, Joanna Lewek, Stanisław Surma, Peter E Penson, Amirhossein Sahebkar, Seth S Martin, Gani Bajraktari, et al. «The Association between Daily Step Count and All-Cause and Cardiovascular Mortality: A Meta-Analysis». *European Journal of Preventive Cardiology*, 9 agosto 2023, zwad229. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwad229>.

Bermúdez, Valmore J., Joselyn J. Rojas, Evelyn B. Córdova, Roberto Añez, Alexandra Toledo, Miguel A. Aguirre, Climaco Cano, Naillet Arraiz, Manuel Velasco, e José López-Miranda. «International Physical Activity Questionnaire Overestimation Is Ameliorated by Individual Analysis of the Scores». *American Journal of Therapeutics* 20, fasc. 4 (luglio 2013): 448–58. <https://doi.org/10.1097/MJT.0b013e318235f1f2>.

Bertocchi, Lucia, Riccardo Vecchio, Sebastiano Sorbello, Leandro Gentile, Maddalena Gaeta, e Anna Odone. «Impact of the COVID-19 Pandemic on Physical Activity among University Students in Pavia, Northern Italy.» *Acta Biomedica Atenei Parmensis* 92, fasc. S6 (10 dicembre 2021): e2021443. <https://doi.org/10.23750/abm.v92iS6.12232>.

Blackwood, Jennifer, Rie Suzuki, Noah Webster, Hannah Karczewski, Tyler Ziccardi, e Shailee Shah. «Use of activPAL to Measure Physical Activity in Community-Dwelling Older

Adults: A Systematic Review». *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation* 4, fasc. 2 (giugno 2022): 100190. <https://doi.org/10.1016/j.arrct.2022.100190>.

Bravata, Dena M., Crystal Smith-Spangler, Vandana Sundaram, Allison L. Gienger, Nancy Lin, Robyn Lewis, Christopher D. Stave, Ingram Olkin, e John R. Sirard. «Using Pedometers to Increase Physical Activity and Improve Health: A Systematic Review». *JAMA* 298, fasc. 19 (21 novembre 2007): 2296. <https://doi.org/10.1001/jama.298.19.2296>.

Bull, Fiona C, Salih S Al-Ansari, Stuart Biddle, Katja Borodulin, Matthew P Buman, Greet Cardon, Catherine Carty, et al. «World Health Organization 2020 Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour». *British Journal of Sports Medicine* 54, fasc. 24 (dicembre 2020): 1451–62. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>.

Castermans, Thierry, Matthieu Duvinage, Guy Cheron, e Thierry Dutoit. «Towards Effective Non-Invasive Brain-Computer Interfaces Dedicated to Gait Rehabilitation Systems». *Brain Sciences* 4, fasc. 1 (31 dicembre 2013): 1–48. <https://doi.org/10.3390/brainsci4010001>.

Celis-Morales, Carlos, Carlos Salas-Bravo, Aquiles Yáñez, e Marcelo Castillo. «Inactividad Física y Sedentarismo. La Otra Cara de Los Efectos Secundarios de La Pandemia de COVID-19». *Revista Médica de Chile* 148, fasc. 6 (giugno 2020): 885–86. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872020000600885>.

Chenoweth, David, e Joe Leutzinger. «The Economic Cost of Physical Inactivity and Excess Weight in American Adults». *Journal of Physical Activity and Health* 3, fasc. 2 (aprile 2006): 148–63. <https://doi.org/10.1123/jpah.3.2.148>.

Cicirelli, Grazia, Donato Impedovo, Vincenzo Dentamaro, Roberto Marani, Giuseppe Pirlo, e Tiziana R. D’Orazio. «Human Gait Analysis in Neurodegenerative Diseases: A Review». *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* 26, fasc. 1 (gennaio 2022): 229–42. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2021.3092875>.

Cleland, Claire, Sara Ferguson, Geraint Ellis, e Ruth F. Hunter. «Validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) for Assessing Moderate-to-Vigorous Physical Activity and Sedentary Behaviour of Older Adults in the United Kingdom». *BMC Medical Research Methodology* 18, fasc. 1 (dicembre 2018): 176. <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0642-3>.

Colley, Rachel C., Gregory Butler, Didier Garriguet, Stephanie A. Prince, e Karen C. Roberts. «Comparison of Self-Reported and Accelerometer-Measured Physical Activity in Canadian Adults». *Health Reports* 29, fasc. 12 (19 dicembre 2018): 3–15.

Del Pozo Cruz, Borja, Matthew N. Ahmadi, I-Min Lee, e Emmanuel Stamatakis. «Prospective Associations of Daily Step Counts and Intensity With Cancer and Cardiovascular Disease Incidence and Mortality and All-Cause Mortality». *JAMA Internal Medicine* 182, fasc. 11 (1 novembre 2022): 1139. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2022.4000>.

Dempsey, Paddy C, Alex V Rowlands, Tessa Strain, Francesco Zaccardi, Nathan Dawkins, Cameron Razieh, Melanie J Davies, et al. «Physical Activity Volume, Intensity, and Incident Cardiovascular Disease». *European Heart Journal* 43, fasc. 46 (7 dicembre 2022): 4789–4800. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac613>.

Ding, Ding, Kenny D Lawson, Tracy L Kolbe-Alexander, Eric A Finkelstein, Peter T Katzmarzyk, Willem Van Mechelen, e Michael Pratt. «The Economic Burden of Physical Inactivity: A Global Analysis of Major Non-Communicable Diseases». *The Lancet* 388, fasc. 10051 (settembre 2016): 1311–24. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30383-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30383-X).

Edwardson, Charlotte L., Trish Gorely, Melanie J. Davies, Laura J. Gray, Kamlesh Khunti, Emma G. Wilmot, Thomas Yates, e Stuart J. H. Biddle. «Association of Sedentary Behaviour with Metabolic Syndrome: A Meta-Analysis». A cura di Kathleen A. O'Connor. *PLoS ONE* 7, fasc. 4 (13 aprile 2012): e34916. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034916>.

Ekelund, Ulf, Jakob Tarp, Jostein Steene-Johannessen, Bjørge H Hansen, Barbara Jefferis, Morten W Fagerland, Peter Whincup, et al. «Dose-Response Associations between Accelerometry Measured Physical Activity and Sedentary Time and All Cause Mortality: Systematic Review and Harmonised Meta-Analysis». *BMJ*, 21 agosto 2019, l4570. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4570>.

Inoue, Kosuke, Yusuke Tsugawa, Elizabeth Rose Mayeda, e Beate Ritz. «Association of Daily Step Patterns With Mortality in US Adults». *JAMA Network Open* 6, fasc. 3 (28 marzo 2023): e235174. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.5174>.

Jakicic, John M., William E. Kraus, Kenneth E. Powell, Wayne W. Campbell, Kathleen F. Janz, Richard P. Troiano, Kyle Sprow, Andrea Torres, e Katrina L. Piercy. «Association between Bout Duration of Physical Activity and Health: Systematic Review». *Medicine & Science in Sports & Exercise* 51, fasc. 6 (giugno 2019): 1213–19. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001933>.

Keating, Xiaofen D., Ke Zhou, Xiaolu Liu, Michael Hodges, Jingwen Liu, Jianmin Guan, Ashley Phelps, e Jose Castro-Piñero. «Reliability and Concurrent Validity of Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ): A Systematic Review». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16, fasc. 21 (26 ottobre 2019): 4128. <https://doi.org/10.3390/ijerph16214128>.

Kortebein, P., T. B. Symons, A. Ferrando, D. Paddon-Jones, O. Ronsen, E. Protas, S. Conger, J. Lombeida, R. Wolfe, e W. J. Evans. «Functional Impact of 10 Days of Bed Rest in Healthy Older Adults». *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 63, fasc. 10 (1 ottobre 2008): 1076–81. <https://doi.org/10.1093/gerona/63.10.1076>.

Krogh-Madsen, Rikke, John P. Thyfault, Christa Broholm, Ole Hartvig Mortensen, Rasmus H. Olsen, Remi Mounier, Peter Plomgaard, Gerrit Van Hall, Frank W. Booth, e Bente K. Pedersen. «A 2-Wk Reduction of Ambulatory Activity Attenuates Peripheral Insulin

Sensitivity». *Journal of Applied Physiology* 108, fasc. 5 (maggio 2010): 1034–40. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00977.2009>.

Kwak, Lydia, Maria Hagströmer, e Michael Sjostrom. «Can the IPAQ-Long be Used to Assess Occupational Physical Activity?» *Journal of Physical Activity and Health* 9, fasc. 8 (novembre 2012): 1130–37. <https://doi.org/10.1123/jpah.9.8.1130>.

Lee, I-Min, Eric J Shiroma, Felipe Lobelo, Pekka Puska, Steven N Blair, e Peter T Katzmarzyk. «Effect of Physical Inactivity on Major Non-Communicable Diseases Worldwide: An Analysis of Burden of Disease and Life Expectancy». *The Lancet* 380, fasc. 9838 (luglio 2012): 219–29. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61031-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61031-9).

Lee, J., J. L. Kuk, e C. I. Ardern. «The Relationship between Changes in Sitting Time and Mortality in Post-Menopausal US Women». *Journal of Public Health* 38, fasc. 2 (giugno 2016): 270–78. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdv055>.

Marusic, Uros, Marco Narici, Bostjan Simunic, Rado Pisot, e Ramona Ritzmann. «Nonuniform Loss of Muscle Strength and Atrophy during Bed Rest: A Systematic Review». *Journal of Applied Physiology* 131, fasc. 1 (1 luglio 2021): 194–206. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00363.2020>.

Matthews, C. E., K. Y. Chen, P. S. Freedson, M. S. Buchowski, B. M. Beech, R. R. Pate, e R. P. Troiano. «Amount of Time Spent in Sedentary Behaviors in the United States, 2003–2004». *American Journal of Epidemiology* 167, fasc. 7 (14 marzo 2008): 875–81. <https://doi.org/10.1093/aje/kwm390>.

McGlory, Chris, Mark T Von Allmen, Tanner Stokes, Robert W Morton, Amy J Hector, Briony A Lago, Amogelang R Raphenya, et al. «Failed Recovery of Glycemic Control and Myofibrillar Protein Synthesis With 2 Wk of Physical Inactivity in Overweight, Prediabetic Older Adults». *The Journals of Gerontology: Series A* 73, fasc. 8 (9 luglio 2018): 1070–77. <https://doi.org/10.1093/gerona/glx203>.

«Metabolic Responses to Reduced Daily Steps in Healthy Nonexercising Men». *JAMA* 299, fasc. 11 (19 marzo 2008): 1261. <https://doi.org/10.1001/jama.299.11.1259>.

«Metabolic Responses to Reduced Daily Steps in Healthy Nonexercising Men». *JAMA* 299, fasc. 11 (19 marzo 2008): 1261. <https://doi.org/10.1001/jama.299.11.1259>.

Mills, Peter R., Ronald C. Kessler, John Cooper, e Sean Sullivan. «Impact of a Health Promotion Program on Employee Health Risks and Work Productivity». *American Journal of Health Promotion* 22, fasc. 1 (settembre 2007): 45–53. <https://doi.org/10.4278/0890-1171-22.1.45>.

Narici, M. V., e M. D. De Boer. «Disuse of the Musculo-Skeletal System in Space and on Earth». *European Journal of Applied Physiology* 111, fasc. 3 (marzo 2011): 403–20. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1556-x>.

- Oikawa, Sara Y., Tanya M. Holloway, e Stuart M. Phillips. «The Impact of Step Reduction on Muscle Health in Aging: Protein and Exercise as Countermeasures». *Frontiers in Nutrition* 6 (24 maggio 2019): 75. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00075>.
- Orr, Krystn, Holly S. Howe, Janine Omran, Kristina A. Smith, Tess M. Palmateer, Alvin E. Ma, e Guy Faulkner. «Validity of Smartphone Pedometer Applications». *BMC Research Notes* 8, fasc. 1 (dicembre 2015): 733. <https://doi.org/10.1186/s13104-015-1705-8>.
- Paluch, Amanda E, Shivangi Bajpai, David R Bassett, Mercedes R Carnethon, Ulf Ekelund, Kelly R Evenson, Deborah A Galuska, et al. «Daily Steps and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis of 15 International Cohorts». *The Lancet Public Health* 7, fasc. 3 (marzo 2022): e219–28. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(21\)00302-9](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00302-9).
- Papanicolas, Irene, Liana R. Woskie, e Ashish K. Jha. «Health Care Spending in the United States and Other High-Income Countries». *JAMA* 319, fasc. 10 (13 marzo 2018): 1024. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.1150>.
- Parry, Selina M., e Zudin A. Puthuchery. «The Impact of Extended Bed Rest on the Musculoskeletal System in the Critical Care Environment». *Extreme Physiology & Medicine* 4, fasc. 1 (dicembre 2015): 16. <https://doi.org/10.1186/s13728-015-0036-7>.
- Patterson, Richard, Eoin McNamara, Marko Tainio, Thiago Hérick De Sá, Andrea D. Smith, Stephen J. Sharp, Phil Edwards, James Woodcock, Søren Brage, e Katrien Wijndaele. «Sedentary Behaviour and Risk of All-Cause, Cardiovascular and Cancer Mortality, and Incident Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Dose Response Meta-Analysis». *European Journal of Epidemiology* 33, fasc. 9 (settembre 2018): 811–29. <https://doi.org/10.1007/s10654-018-0380-1>.
- Phillips, Stuart M., e Chris McGlory. «CrossTalk Proposal: The Dominant Mechanism Causing Disuse Muscle Atrophy Is Decreased Protein Synthesis». *The Journal of Physiology* 592, fasc. 24 (15 dicembre 2014): 5341–43. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.273615>.
- Prateek, G. V., Pietro Mazzoni, Gammon M. Earhart, e Arye Nehorai. «Gait Cycle Validation and Segmentation Using Inertial Sensors». *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 67, fasc. 8 (agosto 2020): 2132–44. <https://doi.org/10.1109/TBME.2019.2955423>.
- Prospective Studies Collaboration. «Body-Mass Index and Cause-Specific Mortality in 900 000 Adults: Collaborative Analyses of 57 Prospective Studies». *The Lancet* 373, fasc. 9669 (marzo 2009): 1083–96. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60318-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60318-4).
- Qaisar, Rizwan, Asima Karim, e Adel B. Elmoselhi. «Muscle Unloading: A Comparison between Spaceflight and Ground-based Models». *Acta Physiologica* 228, fasc. 3 (marzo 2020): e13431. <https://doi.org/10.1111/apha.13431>.
- Rakobowchuk, Mark, Jennifer Crozier, Elisa I. Glover, Nobuo Yasuda, Stuart M. Phillips, Mark A. Tarnopolsky, e Maureen J. MacDonald. «Short-Term Unilateral Leg

Immobilization Alters Peripheral but Not Central Arterial Structure and Function in Healthy Young Humans». *European Journal of Applied Physiology* 111, fasc. 2 (febbraio 2011): 203–10. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1636-y>.

Romero-Blanco, Cristina, Julián Rodríguez-Almagro, María Dolores Onieva-Zafra, María Laura Parra-Fernández, María Del Carmen Prado-Laguna, e Antonio Hernández-Martínez. «Physical Activity and Sedentary Lifestyle in University Students: Changes during Confinement Due to the COVID-19 Pandemic». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17, fasc. 18 (9 settembre 2020): 6567. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186567>.

Saint-Maurice, Pedro F., Richard P. Troiano, Charles E. Matthews, e William E. Kraus. «Moderate-to-Vigorous Physical Activity and All-Cause Mortality: Do Bouts Matter?» *Journal of the American Heart Association* 7, fasc. 6 (20 marzo 2018): e007678. <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.007678>.

Santos, Andreia Costa, Juana Willumsen, Filip Meheus, Andre Ilbawi, e Fiona C Bull. «The Cost of Inaction on Physical Inactivity to Public Health-Care Systems: A Population-Attributable Fraction Analysis». *The Lancet Global Health* 11, fasc. 1 (gennaio 2023): e32–39. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(22\)00464-8](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(22)00464-8).

Sara Y., Tanya M. Holloway, e Stuart M. Phillips. «The Impact of Step Reduction on Muscle Health in Aging: Protein and Exercise as Countermeasures». *Frontiers in Nutrition* 6 (24 maggio 2019): 75. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00075>.

Sarto, Fabio, Roberto Bottinelli, Martino V. Franchi, Simone Porcelli, Bostjan Simunič, Rado Pišot, e Marco V. Narici. «Pathophysiological Mechanisms of Reduced Physical Activity: Insights from the Human Step Reduction Model and Animal Analogues». *Acta Physiologica* 238, fasc. 3 (luglio 2023): e13986. <https://doi.org/10.1111/apha.13986>.

Schumacher, Martin, Gerta Rücker, e Guido Schwarzer. «Meta-Analysis and the Surgeon General's Report on Smoking and Health». *New England Journal of Medicine* 370, fasc. 2 (9 gennaio 2014): 186–88. <https://doi.org/10.1056/NEJMc1315315>.

Silveira, Erika Aparecida, Carolina Rodrigues Mendonça, Felipe Mendes Delpino, Guilherme Vinícius Elias Souza, Lorena Pereira De Souza Rosa, Cesar De Oliveira, e Matias Noll. «Sedentary Behavior, Physical Inactivity, Abdominal Obesity and Obesity in Adults and Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis». *Clinical Nutrition ESPEN* 50 (agosto 2022): 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.06.001>.

So, Rina, e Tomoaki Matsuo. «Validity of Domain-Specific Sedentary Time Using Accelerometer and Questionnaire with activPAL Criterion». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18, fasc. 23 (3 dicembre 2021): 12774. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312774>.

Stival, Chiara, Alessandra Lugo, Cristina Bosetti, Andrea Amerio, Gianluca Serafini, Luca Cavalieri d'Oro, Anna Odone, et al. «COVID-19 Confinement Impact on Weight Gain and Physical Activity in the Older Adult Population: Data from the LOST in Lombardia

Study». *Clinical Nutrition ESPEN* 48 (aprile 2022): 329–35. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.01.024>.

Tesch, Per A., Hans E. Berg, Daniel Bring, Harlan J. Evans, e Adrian D. LeBlanc. «Effects of 17-Day Spaceflight on Knee Extensor Muscle Function and Size». *European Journal of Applied Physiology* 93, fasc. 4 (gennaio 2005): 463–68. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1236-9>.

Tudor-Locke, Catrine, e David R Bassett. «How Many Steps/Day Are Enough?: Preliminary Pedometer Indices for Public Health». *Sports Medicine* 34, fasc. 1 (2004): 1–8. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434010-00001>.

Vanroy, Christel, Dirk Vissers, Patrick Cras, Saskia Beyne, Hilde Feys, Yves Vanlandewijck, e Steven Truijen. «Physical Activity Monitoring in Stroke: SenseWear Pro2 Activity Accelerometer versus Yamax Digi-Walker SW-200 Pedometer». *Disability and Rehabilitation* 36, fasc. 20 (settembre 2014): 1695–1703. <https://doi.org/10.3109/09638288.2013.859307>.

Vu, Huong, Felipe Gomez, Pierre Cherelle, Dirk Lefeber, Ann Nowé, e Bram Vanderborght. «ED-FNN: A New Deep Learning Algorithm to Detect Percentage of the Gait Cycle for Powered Prostheses». *Sensors* 18, fasc. 7 (23 luglio 2018): 2389. <https://doi.org/10.3390/s18072389>.

Warburton, Darren E.R., e Shannon S.D. Bredin. «Health Benefits of Physical Activity: A Systematic Review of Current Systematic Reviews». *Current Opinion in Cardiology* 32, fasc. 5 (settembre 2017): 541–56. <https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000437>.

Wu, Jingjie, Hui Zhang, Lili Yang, Jing Shao, Dandan Chen, Nianqi Cui, Leiwen Tang, et al. «Sedentary Time and the Risk of Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Dose–Response Meta-analysis». *Obesity Reviews* 23, fasc. 12 (dicembre 2022): e13510. <https://doi.org/10.1111/obr.13510>.

Yumuk, Volkan, Constantine Tsigos, Martin Fried, Karin Schindler, Luca Busetto, Dragan Micic, e Hermann Toplak. «European Guidelines for Obesity Management in Adults». *Obesity Facts* 8, fasc. 6 (2015): 402–24. <https://doi.org/10.1159/000442721>.

Zhang, Juan, e Jad Chaaban. «The Economic Cost of Physical Inactivity in China». *Preventive Medicine* 56, fasc. 1 (gennaio 2013): 75–78. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2012.11.010>.