

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO



DIPARTIMENTO DI SCIENZE UMANE, FILOSOFICHE E DELLA
FORMAZIONE

X CICLO DOTTORATO DI RICERCA IN

“METODOLOGIA DELLA RICERCA EDUCATIVA”

TESI DI DOTTORATO IN

“ANALISI DEL MOVIMENTO E NUOVE TECNOLOGIE”

Vol. 1

Coordinatore

Prof. Giuliano Minichiello

Tutor

Prof. Maurizio Sibilio

Dottorando

Dott.re Giuseppe Baldassarre

Anno Accademico

2011/2012

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare al Prof. Maurizio Sibilio tenace e paziente costruttore di quella scuola di pensiero che ha visto noi tutti allievi e allo stesso tempo istitutori dell'innovazione e del cambiamento per le future generazioni. Un ringraziamento al Prof. Giuliano Minichiello e a tutti i docenti del X ciclo di Dottorato in Metodologia della Ricerca Educativa.

**A Enza compagna di vita,
Marco e Gianluca
pietre miliari sulla mia strada.**

INDICE

Premessa	»6
Introduzione.....	»7
Cap. 1	
Storia dell'evoluzione dell'analisi del movimento	»9
L'analisi del movimento oggi	»27
I segnali biomedicali	»29
• Caratteristiche di un biosegnale.....	»31
• Categorie dei segnali.....	»32
• Acquisizione del segnale e relative problematiche.....	»33
• Acquisizione dei dati	»34
Cap. 2	
Gli strumenti di acquisizione	»36
• Videocamera	»36
Analisi del passo	»37
• Pedana stabilometrica/dinamometrica	»38
• L'esame statico/stabilometrico	»39
• Il ciclo del cammino – Esame dinamico	»44
Analisi automatica del movimento.....	»48
• Sistema optoelettronico SMART – D	»48
• Sistema Xsens Moven.....	»51
Elettromiografia	»52
• Elettromiografo ZeroWire	»54
Energia, Lavoro e potenza	»57
• Sistema Tekscan Grip	»59
Realtà virtuale	»60
• BTS Nirvana.....	»61

Consumo Energetico.....	»67
• Calorimetria	»67
• Calorimetro Sensewear Armband	»71
• Impedenziometro Bodycomp MF.....	»73
Performance Analysis	»75
• Focus/Dartfish	»76
I protocolli di valutazione	»77
Cap. 3	
Metodologia della ricerca	»79
La ricerca:	
• in campo educativo	»84
• in campo motorio-sportivo	»88
Esperienze sul campo	»93
• Ricerche sperimentali in campo educativo	»93
• Ricerche sperimentali in campo sportivo	»111
Conclusioni	»159
Analisi bibliografica	»161

Premessa

*Lo scritto può comunicare la dottrina ma
non può stimolare la ricerca.*

Socrate

Lo studio dell'analisi del movimento attraverso l'uso delle nuove tecnologie, negli ultimi decenni, anche registrando notevoli passi avanti, rappresenta uno spazio di ricerca ancora inesplorato. Questo lavoro cercherà di approfondire la conoscenza delle tecniche e dei nuovi strumenti utilizzati nell'analisi del movimento degli esseri umani e come loro possono determinare una gamma vastissima di rilevazioni finalizzate alla comprensione della statica e della dinamica del corpo umano, sia per quanto riguarda gli aspetti biomeccanici (descrizione cinematica e dinamica, modelli muscolo-scheletrici, simulazione del movimento), sia per quelli neurali connessi al controllo motorio e alla coordinazione del movimento. L'uso delle moderne tecnologie per l'analisi del movimento, inoltre, riveste un ruolo importante in diverse aree della medicina e delle scienze umane. In neurofisiologia, in ortopedia e nella riabilitazione motoria, queste tecniche, consentono una più dettagliata diagnosi funzionale e un più adeguato trattamento terapeutico.

Le ricerche e gli studi nel campo dell'analisi del movimento, possono sicuramente contribuire a fornire indicazioni e rappresentare nuovi filoni di studio per le loro applicazioni in ambito educativo.

Le attività di movimento per la loro natura rientrano in tutti i campi d'interesse del genere umano, salutistico, sportivo, ricreativo, sociale, rappresentando un contesto formativo ad alto significato educativo e un valore aggiunto alla formazione della persona.

Questo lavoro basato sulla ricerca sperimentale cercherà di fornire utili informazioni in grado di unire il versante educativo e psicopedagogico dello sport, cogliendone gli aspetti salienti e le spinte emozionali, con quello cognitivo, per una loro piena utilizzazione in un ambiente educativo - formativo.

Introduzione

L'analisi del movimento si è sviluppata abbastanza recentemente grazie all'evoluzione delle tecnologie e agli studi bioingegneristici. Le nuove tecniche permettono di ricavare in modo non invasivo informazioni dettagliate e quantificate sulla funzionalità del nostro apparato locomotore. I nuovi sistemi come le telecamere video o a raggi infrarossi, le piattaforme stabilometriche/dinamometriche e i sistemi elettromiografici permettono di effettuare analisi multifattoriali statiche, dinamiche del cammino, mediante le quali si possono evidenziare e quantificare le alterazioni del gesto motorio rispetto ai pattern fisiologici di movimento, le asimmetrie e le anomale correlazioni tra grandezze biomeccaniche e attività muscolare.

Uno dei punti forti di queste tecniche è la possibilità di poter confrontare quantitativamente le condizioni funzionali di un paziente nelle varie fasi di studio di patologie o trattamenti riabilitativi. L'adozione di tecniche e metodologie oggettive, ripetibili, misurabili, confrontabili e riproducibili, può aiutare a superare le difficoltà d'interpretazione e valutazione diagnostica nei diversi campi di applicazione Neurofisiologica, Ortopedica, Riabilitativa e Performativa.

E' solo negli ultimi anni che attraverso l'uso delle nuove tecnologie non invasive e facilmente trasportabili che si è incominciato a ricercare una serie di possibili correlazioni tra dati quantitativi e dati qualitativi in ambiente educativo. Uno degli esempi che riportiamo nei capitoli successivi di questo lavoro è la ricerca I Care uno studio sulle possibili correlazioni tra apprendimento-metodologia e consumo calorico. Altri studi effettuati in ambiente educativo hanno riguardato le possibili correlazioni tra la postura e le attività motorie. L'ipotesi di questa ricerca era di stabilire se esisteva un nesso tra la pratica delle attività motorie e la postura in bambini di età compresa fra i 6 e i 10 anni.

Se negli anni novanta i concetti relativi alle ricerche psicopedagogiche di tipo educativo erano finalizzate esclusivamente alla soluzione di problemi all'interno di contesti educativi, così come affermavano molti autori dell'epoca (J.B. Carroll,

1963, D. Ausubel, 1968, R.M.W. Travers, 1973)¹ evidenziando che i contesti privilegiati dalla psicologia dell'educazione sono quelli scolastici, è grazie alle teorie di autori come G. Rizzolatti, C. Sinigaglia (2006), H. Gardner (1985), D. Goleman (2001), J. LeDoux (2003), M. Sibilio (2002), che hanno, attraverso i loro studi, ampliato questo tipo di ricerche fornendo risposte significative sui meccanismi cognitivi ed emotivi, sulla corporeità e sul movimento e sulle sorprendenti capacità del nostro cervello, aprendo nuovi orizzonti alla didattica e ai processi educativi sia in ambiente scolastico che in ambiente sportivo.

La visione quindi di un approccio neurofisiologico già elaborato da Donald Hebb che ha evidenziato lo stretto rapporto tra emozione e apprendimento, orientando una ricerca dello stimolo forte nei processi formativi.

Infatti, la sua teoria scarica-connetti ha aperto nuovi orizzonti per la didattica che trae spunto, per l'applicazione di nuove metodologie, dalle esperienze motorie e corporee.

In quest'ottica le attività motorie e sportive diventano volano per l'accesso ai saperi e trasversali alle attività educative e formative della persona.

Il lavoro è stato suddiviso in tre parti. Nella prima parte abbiamo tracciato la storia e l'evoluzione dell'analisi del movimento fino a oggi soffermandoci sugli aspetti legati ai segnali biomedicali necessari per la rilevazione di informazioni proveniente dal nostro corpo. La seconda parte del lavoro è stata dedicata all'analisi del movimento e alle varie branche della medicina che a vario titolo si occupano dello studio dei segnali emessi dal corpo e del movimento, descrivendo analiticamente le strumentazioni tecnologiche presenti nel Laboratorio di Analisi del Movimento dell'Università degli Studi di Salerno, e il loro utilizzo. Nell'ultima parte del lavoro sono state presentate le esperienze e le ricerche effettuate, con la strumentazione a disposizione, durante il dottorato e le relative riflessioni e conclusioni.

¹ Cfr. Filograsso, N., (1990) "Psicologia dell'educazione" in "Atlante della Pedagogia" Vol. 1 Le Idee a cura di Laeng, M., Tecnodid - Napoli

Storia dell'evoluzione dell'analisi del movimento

Come accennato, l'analisi del movimento è una tecnica applicata ai diversi ambiti che vanno dalla ricerca scientifica, alla clinica, all'intrattenimento e solo negli ultimi anni ha conosciuto uno sviluppo esponenziale. Consente la misurazione e descrizione di differenti aspetti di un atto locomotorio ed è finalizzata al miglioramento della prestazione motoria, all'approfondimento delle conoscenze fisiologiche, alla valutazione post-infortunio e al miglioramento tecnologico delle attrezzature presenti in ambiente formativo.

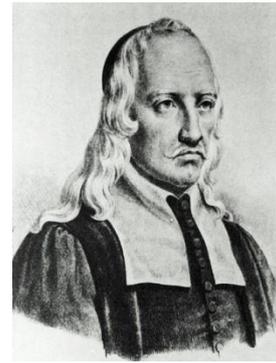
Ma quando si è incominciato ad analizzare il movimento e chi è stato a porre le basi per lo studio attraverso i moderni sistemi?

Tra i primi scritti documentati troviamo quelli di Aristotele (384-322 AC), il famoso filosofo greco, che ha descritto e analizzato qualitativamente il movimento degli animali nel 344 AC nel suo libro "De motu animalium".² Egli descrive la locomozione animale, tentando di analizzare il fenomeno geometricamente. Progettò anche un modello della meccanica animale con giunti e parti del corpo animale incluso le loro funzioni. Un'attenta osservazione era il suo unico "strumento di misura." Egli fu il primo a descrivere l'azione dei muscoli e del movimento delle articolazioni durante la locomozione. Galeno, medico dei gladiatori nell'antica Grecia, anche se non direttamente, si è occupato della misurazione nel "De motu musculorum". Per lungo tempo non si trovano documenti scritti nel campo della locomozione umana. Leonardo da Vinci (1452-1519), pittore, scultore, costruttore e scienziato ha cercato di capire e spiegare il fenomeno del movimento. Nello studio dell'anatomia umana ha creato disegni precisi di muscoli scheletrici e il modo in cui sono stati attaccati allo scheletro sulla base di dissezioni post-mortem.

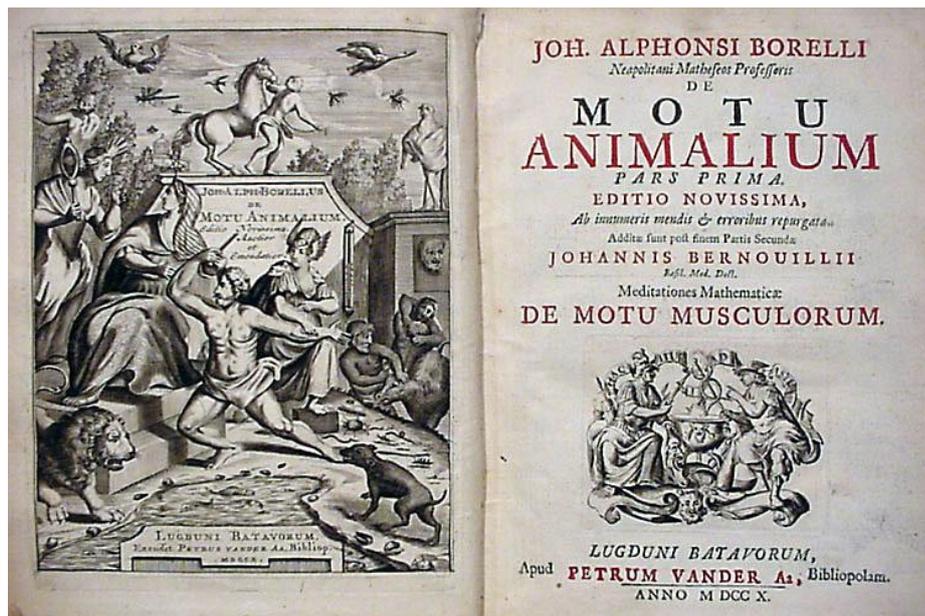
² Cfr. Vladimir Medved (2001) Measurement of Human locomotion CRC Press LLC U.S.

I suoi disegni del corpo, dei muscoli delle ossa, le sue proporzioni di organi e funzioni, sono considerati tra i più alti raggiungimenti della scienza nel Rinascimento.

Le opere di Galileo Galilei (1564-1642), fisico, astronomo, e matematico, e di Isaac Newton (1642-1727), matematico inglese, fisico, astronomo e filosofo, hanno posto le basi teoriche e sperimentali per l'analisi



del movimento basata su principi fisici. La misurazione e l'analisi della locomozione in maniera più oggettiva e quantitativa cominciarono, però, con l'allievo di Galileo, lo scienziato Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679). Borelli, fisiologo e astronomo, è stato il principale rappresentante della iatromeccanica³, una teoria medica che vedeva l'organismo umano come una macchina assemblata, in cui ciascuna struttura aveva un compito definito ("De motu animalium", 1680).



Un altro importante fautore della iatromeccanica fu Duro Armeno Baglivi (1668-1707). Borelli fu il primo ad applicare il metodo scientifico di Galileo al

³ Da Wikipedia -La iatromeccanica è una dottrina medica, elaborata nel XVII secolo da William Harvey ma consolidata da Marcello Malpighi nello stesso secolo, che interpreta l'organismo umano come un assemblaggio di macchine diverse, ciascuna con una struttura e un compito ben definito, analizzabile, spiegabile e misurabile. Questa concezione dell'organismo umano si discosta molto dalla "Teoria degli umori" di Ippocrate e dagli spiriti aristotelico-galenici. È un'interpretazione nuova e rivoluzionaria, nata anche dall'influenza delle ricerche galileiane del '600.

fenomeno del movimento e quindi può essere considerato l'iniziatore della bio dinamica e della bio cinematica di locomozione e, quindi, il fondatore della biomeccanica. Egli considerava le ossa come leve meccaniche mosse da muscoli secondo i principi matematici. Ha dato suggerimenti su come determinare le forze meccaniche che influenzano il sistema biologico da un punto di vista statico. Integrando la conoscenza della matematica, della fisica e dell'anatomia, Borelli fu il primo a determinare il centro di massa del corpo umano attraverso il bilanciamento del corpo intorno ad un perno prismatico entro tre piani ortogonali tra loro.

L'olandese, Hermann Boerhaave (1668-1738), medico, chimico e botanico, ha seguito il lavoro di Newton e fu il primo a prendere in considerazione la dinamica, cioè la cinetica del movimento, tenendo conto delle influenze inerziali. Nel 1703 ha tenuto un discorso presso l'Università di Leiden intitolato "sull'uso del metodo meccanico in Medicina", in cui prevedeva eventi futuri nel campo della biomeccanica che si sarebbero verificati 200 anni più tardi con lo sviluppo dei sistemi di acquisizione dati ed elaborazione.

Leonhard Euler (1707-1783), matematico, ha introdotto le equazioni differenziali per la descrizione dei movimenti del corpo rigido che erano importanti per lo sviluppo della Cinematica.

Nel 1798, il medico francese Paul Joseph Barthez (1734-1806) ha presentato una più completa teoria sul movimento degli uomini e degli animali dal titolo "Nouvelle mechanique des mouvements de l'homme et des animaux" 1798.

La scoperta della bioelettricità di Luigi Galvani (1737-1798), fisico e medico, segna l'inizio della storia dell'elettrofisiologia e del monitoraggio delle funzioni dei muscoli scheletrici, che risultano, essere importanti per la registrazione e lo studio della locomozione. L'applicazione pratica di questa scoperta nello studio del moto e della locomozione, tuttavia, ha avuto luogo agli inizi del XX secolo con lo sviluppo di una tecnica per la registrazione dei fenomeni bioelettrici.



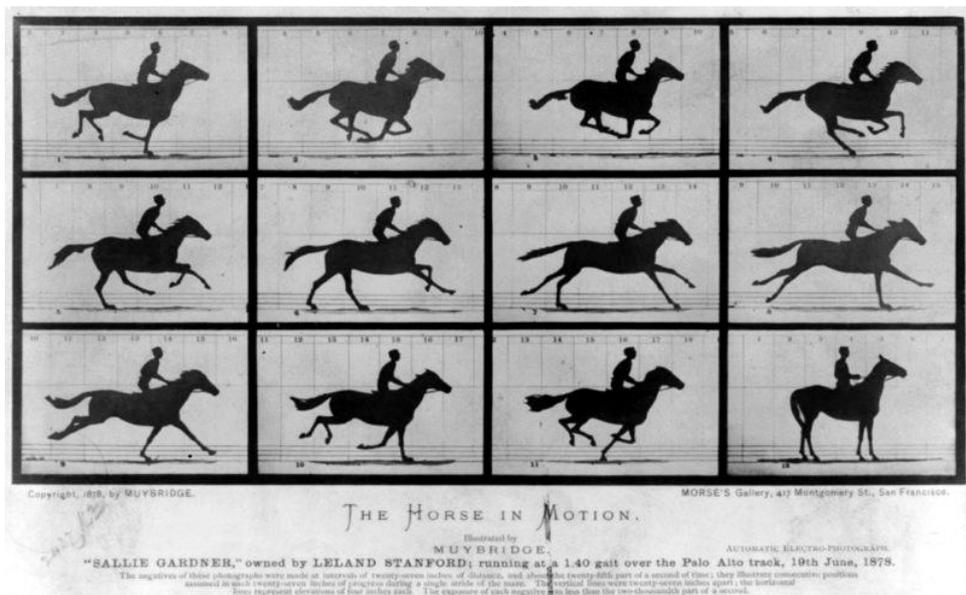
I fratelli Weber, Wilhelm Eduard (1804-1891), fisico, ed Ernst Heinrich (1806-1871), medico, e Eduard Friedrich, hanno condotto studi fisici e fisiologici del cammino, utilizzando le tecniche di osservazione del tempo: cronografo, metro, e uno strumento ottico, le diottrie. Sono stati i primi a pubblicare un trattato scientifico sul passo, misurato sistematicamente con mezzi ottici, prima della scoperta della fotografia (Weber, W. & E., “Die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge, Eine anatomisch-physiologische Untersuchung” Gottingen, 1836). Gli stessi hanno usato cronografici sviluppati nella seconda metà del XVII secolo, rendendo possibile la misurazione del tempo trascorso. In questo modo, era possibile calcolare la lunghezza del passo e la velocità del cammino. Sono stati i primi a studiare la fase di supporto del passo in fase statica e dinamica, così come il rapporto tra tempo e lunghezza del passo. Dopo aver rappresentato il movimento oscillatorio della gamba come un doppio pendolo invertito, hanno condotto i calcoli numerici per questo modello. La “teoria del pendolo” per la gamba oscillante, si basava sull’idea che l’oscillazione si verifica del tutto passivamente, anche se smentita in seguito, era il primo tentativo di modellare matematicamente gli aspetti del movimento umano.

La scoperta della fotografia di Louis Jacques Mandé Daguerre (1787-1852), pittore francese, nel 1839 è stato un evento epocale. Il primo metodo fotografico è chiamato dopo Daguerre dagherrotipo⁴. Un altro evento importante nella storia della fotografia è stata la scoperta della singola esposizione flash fotografico di William Henry Talbot (1800-1877), un fisico e chimico inglese, nel 1859. La misurazione della locomozione in senso moderno, però, è dovuta soprattutto a Eadweard Muybridge (1830-1904 vero nome Edward James Muggeridge), un

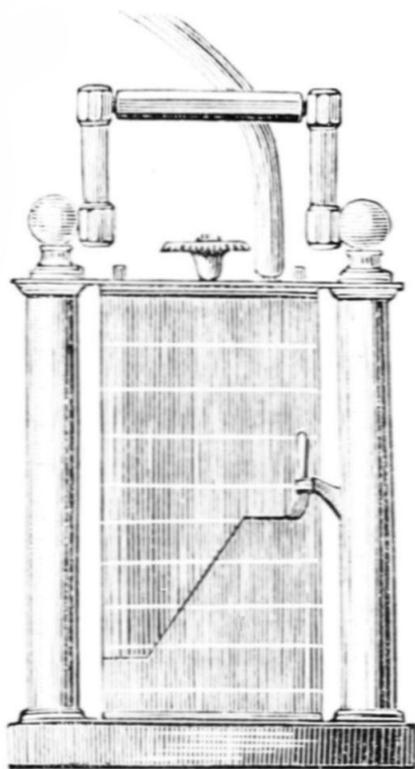
⁴Da Wikipedia - Il dagherrotipo si ottiene utilizzando una lastra di rame su cui è stato applicato elettroliticamente uno strato d'argento, quest'ultimo viene sensibilizzato alla luce con vapori di iodio. La lastra deve quindi essere esposta entro un'ora e per un periodo variabile tra i 10 e i 15 minuti. Lo sviluppo avviene mediante vapori di mercurio a circa 60 °C, che rendono biancastre le zone precedentemente esposte alla luce. Il fissaggio conclusivo si ottiene con una soluzione di tiosolfato di sodio, che elimina gli ultimi residui di ioduro d'argento. L'immagine ottenuta, il dagherrotipo, non è riproducibile e deve essere osservata sotto un angolo particolare per riflettere la luce in modo opportuno. Inoltre, a causa del rapido annerimento dell'argento e della fragilità della lastra, il dagherrotipo veniva racchiuso sotto vetro, all'interno di un cofanetto impreziosito da eleganti intarsi in ottone, pelle e velluto, volti anche a sottolineare il valore dell'oggetto e del soggetto raffigurato.

fotografo britannico che, lavorando negli Stati Uniti, ha segnato l'inizio dello studio della locomozione come un fenomeno dinamico naturale mediante l'applicazione della fotografia, determinando così l'approccio quantitativo.

Muybridge iniziò la carriera come libraio e editore, poi s'interessò alla fotografia realizzando delle bellissime immagini naturalistiche. Le immagini furono pubblicate con lo pseudonimo di "Helios". Nel 1872 l'uomo d'affari e governatore della California Leland Stanford chiese a Muybridge di confermare una sua ipotesi, ovvero che durante il galoppo di un cavallo esiste un istante in cui tutte le zampe sono sollevate da terra. Nel 1878, Muybridge fotografò con successo un cavallo in corsa utilizzando ventiquattro fotocamere, sistemate parallelamente lungo il tracciato, ogni macchina era attivata da un filo colpito dagli zoccoli del cavallo⁵.



⁵ Horse in motion Muybridge, E. "Animals in motion" Chapman and Hall, London 1899.

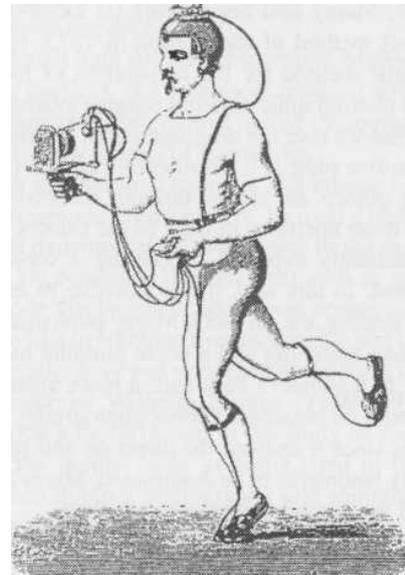


Pur non essendo medico, fisiologo o biomeccanico, Muybridge ha contribuito allo studio del movimento e della cinematica con fotografie rivoluzionarie per l'epoca, sia per la tecnica utilizzata sia per i tempi di esposizione ($1/1000$ – $1/2000$ di secondo). In seguito Etienne - Jules Marey (1830-1904), fisiologo francese, basandosi sul lavoro effettuato da Muybridge, nel 1888 creò la "Cronofotografia". Non utilizzò un sistema di camere multiple, ma un'unica macchina fotografica con cui otteneva immagini multiple. Fu il primo a utilizzare un sistema di 'marker' per la

determinazione del movimento, i suoi soggetti indossavano una tuta nera con strisce o bottoni bianchi all'altezza delle articolazioni. Autore di numerose pubblicazioni scientifiche sui temi della circolazione sanguigna, della contrazione muscolare, della respirazione, della locomozione umana e animale, del volo degli uccelli e degli insetti, ha studiato la marcia dei soldati. Il suo libro "La méthode graphique dans les sciences expérimentales et particulièrement en physiologie et en médecine", Paris, Masson, 1872, 2° edizione è un lavoro fondamentale nella metodologia sperimentale e nell'utilizzo di particolari strumentazioni. Marey ha inventato diversi dispositivi per registrare l'azione di organi umani graficamente. Con i suoi studi, ha contribuito, al pari di Galileo, Borelli, ei fratelli Weber, alla ricerca, sostenendo che era necessario introdurre una maggiore precisione quando si studia la locomozione. Per la registrazione dei processi variabili, tra cui quello locomotore, egli ha realizzato il primo metodo grafico attraverso un tubo di trasporto pneumatico e uno stilo. Il nome dato a questo dispositivo, costituito da un tamburo rotante e uno stilo, era l'"odograph". Durante la loro ricerca, prima dell'applicazione della fotografia, Marey e Carlet hanno misurato la locomozione utilizzando il summenzionato metodo grafico e dispositivi di misurazione

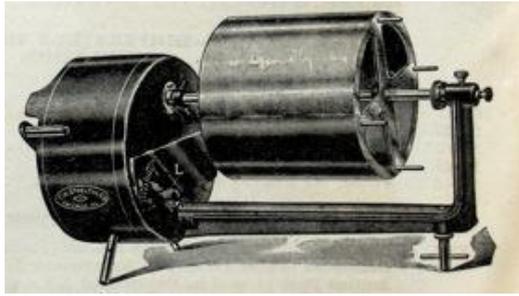
appositamente costruiti. Il metodo consiste nel rilevare, attraverso un principio basilare pneumatico, l'azione del piede sul piano di contatto. La suola della scarpa è composta di uno spesso strato di gomma con una camera cava. Questa cavità comunica con il tamburo di registrazione attraverso un lungo tubo flessibile. In questo modo, un cambiamento nella pressione nella camera spinge l'aria attraverso il tubo che arriva al tamburo che registra con una stilo le variazioni. Carlet (1872) ha applicato il metodo per registrare una sequenza. La misurazione si è svolta su un percorso circolare, con un diametro di 20 m. Al soggetto è stato richiesto di portare un meccanismo piuttosto massiccio che serve per trasmettere il cambiamento al sito di registrazione. Marey ha modificato il metodo, rendendo il registratore portatile (1873). Questo era un chimografo, un tamburo rotante rivestito con carta affumicata (in linea di principio, la descrizione si adatta alla summenzionata odograph).⁶

La figura a lato mostra questo metodo brillante, ma poco pratico. Secondo Harry, il chimografo è stato originariamente sviluppato nel 1847 da Carl Ludwig (1816-1895). Esso rivoluzionerà il campo della fisiologia producendo il primo record permanente di un processo fisiologico, il cambiamento della pressione sanguigna. L'apparecchio era costituito da un tamburo coperto di carta che ruotava con una velocità costante mentre la stilo registrava un dato evento fisiologico tracciando il grafico di tal evento⁷.



⁶ Runner 1870 porta un registratore a orologeria (chimografo) per la registrazione del cammino I tubi di gomma collegano le camere d'aria nelle scarpe al chimografo per il grafico. Il soggetto indossa un accelerometro sul capo e tiene una lampadina per avviare il symograph nella mano sinistra. (Da Marey 1874, secondo McMahon, TA 1984. Muscoli, i riflessi e locomozione, Princeton University Press, Princeton, NJ. Copyright © 1984 dalla Princeton University Press. Ristampato col permesso della Princeton University Press).

⁷ Il chimografo in vendita presso la C.H. Stoelting Company di Chicago (C.H. Stoelting Co., Psychology and physiology apparatus and supplies, Milwaukee, 1922).

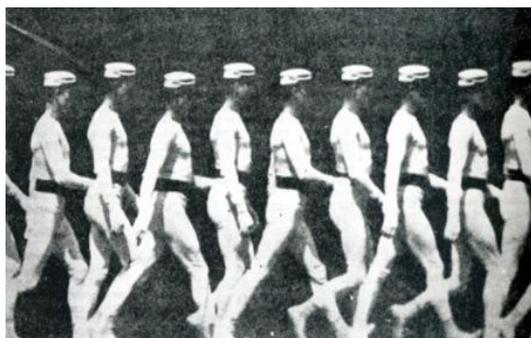


Il fisiologo tedesco Karl Hermann Vierordt (1881) ha descritto un metodo ingegnoso costituito da getti d'inchiostro sottili da stili collegati verticalmente alle scarpe del soggetto o alle articolazioni; questi getti

colpiscono strisce di carta poggiate a terra e lungo il percorso. Inoltre, piccoli batuffoli di cotone imbevuto d'inchiostro e attaccati alle scarpe segnano la posizione della scarpa durante la locomozione.

Come accennato in precedenza, Marey prima ha iniziato a lavorare sulla locomozione applicando il Chimografo (odograph) nel 1873, poi con Carlet che attua il metodo pneumatico per la registrazione del contatto dei piedi al pavimento.⁸ Ma non appena si sono resi disponibili materiali che consentivano la velocizzazione delle registrazioni come la fotografia si è assistito a uno sviluppo della ricerca nel campo della locomozione. E', infatti, a Marey che dobbiamo lo sviluppo della cronofotografia. In questo metodo, una piastra fissa fotosensibile è esposta a intermittenza (il meccanismo è controllato da un orologio) e oggetti in movimento sono mostrati attraverso posizioni successive. L'utilizzo di un disco rotante con una o più aperture di fronte alla lente della fotocamera, consente di esporre una fotografia dopo l'altra in modo intermittente, registrando un soggetto vestito di bianco su uno sfondo nero. In questo modo è stato possibile registrare le fasi successive del cammino, del correre, del saltare, ecc. Nel 1882, Marey ha pubblicato i primi crono fotogrammi con le immagini di una marcia di uomo e un cavallo che salta sopra un recinto. Usando strisce riflettenti di colore scuro sul soggetto si potevano ottenere le rappresentazioni delle traiettorie del movimento.

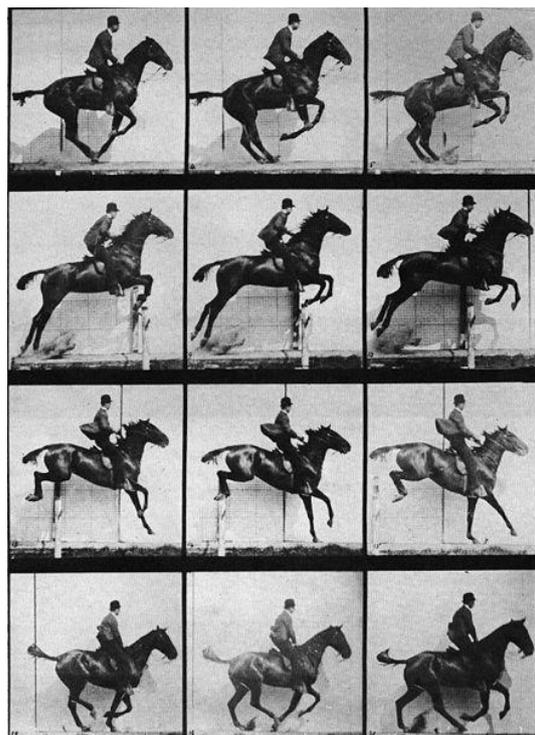
⁸ Cfr. Vladimir Medved (2001) Measurement of Human locomotion CRC Press LLC U.S.



corpo.

Come accennato in precedenza, nello stesso tempo, anche Muybridge inizia la sua ricerca sulla locomozione del cavallo. Nelle prime ricerche, gli animali stessi innescano le telecamere utilizzando cavi posati a terra. Su richiesta di Marey, Muybridge ha cercato di studiare il volo degli uccelli e nel 1881, ha portato molte fotografie a Parigi. Secondo Marey, tuttavia, gli aspetti di definizione e del tempo erano insoddisfacenti perché gli uccelli, a differenza di cavalli, non potevano

La cronofotografia ha portato un grande potenziale per lo sviluppo dell'analisi del movimento, perché consente di determinare la direzione e la velocità del cambiamento della posizione dei punti di riferimento del



forzare l'avviamento degli scatti. Pertanto, Marey lavorò per migliorare il metodo Muybridge in due modi. Il primo fu la creazione della pistola fotografica. Il principio di funzionamento è il seguente: una lastra fotosensibile costituita da dodici parti di emulsione fotografica, che ruotate con alta velocità, con tappe intermedie, dava una serie di esposizioni in 1 s con $1/720$ s di apertura di tempo. Questa soluzione tecnica è considerata come l'antesignano della cinematografia. L'astronomo parigino, Pierre Jules César Janssen (1829-1907), ha usato la pistola fotografica per registrare il movimento del pianeta Venere a una velocità di 70/s. Con quest'apparato Marey poteva scattare 12 foto al secondo, con $1/720$ s di esposizione ciascuna, e non c'era bisogno di nessun dispositivo azionato dallo stesso animale, per fornire l'avviamento. Gli sforzi per aumentare il numero di esposizioni equidistanti (ad esempio, la frequenza di esposizione) hanno portato a

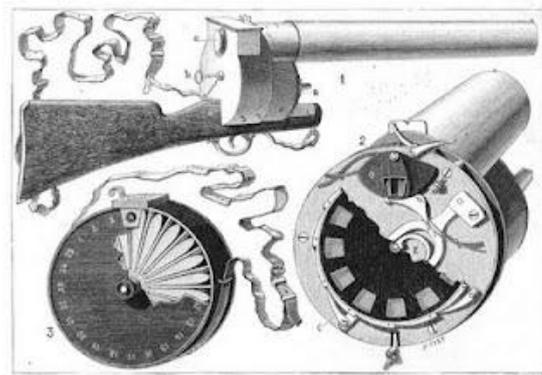
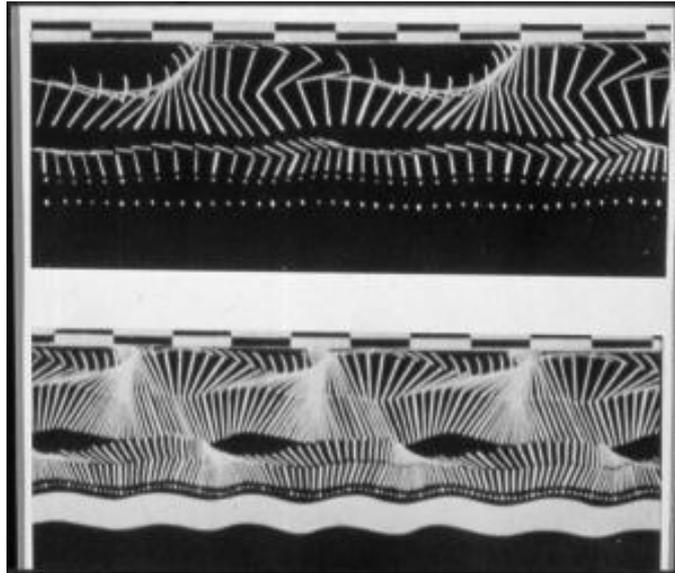


Fig. 2. Mécanisme du fusil photographique.
 1. Vue d'ensemble de l'appareil. — 2. Vue de l'obturateur et du disque à lacerer. — 3. Rôle continuant, réglant les plaques sensibles.

dover risolvere una serie di problemi meccanici, ad esempio, le immagini sono state scattate in una lastra di vetro di massa molto elevata. La sua inerzia ha limitato il numero di esposizioni a dodici al secondo. Il problema è stato superato sostituendo il disco di vetro con uno strato sottile di pellicola continua coperta in gel e bromuro d'argento. Queste modifiche e altre danno luogo al così detto fucile di Marey. Il film poteva essere automaticamente spostato davanti al fuoco della lente, fermarsi a ogni periodo di esposizione, e di nuovo avanti con uno scatto. Ciò ha determinato una serie di fotografie di dimensioni soddisfacenti di circa di 9 cm.



Marey rende ancor più esplicite le fasi del movimento con un felice espediente: riveste il modello con una tuta nera sulla quale ha applicato, lungo gli arti, delle bande bianche, e lo fa correre contro un fondo scuro. Il suo "fucile" riprende solo queste bande in una sequenza di linee spezzate che si susseguono e s'intersecano in un virtuale arabesco dinamico. Marey divulga queste ricerche in diverse pubblicazioni: *Le mouvement* (1899), *La photographie du mouvement* (1891), *La chronophotographie* (1899) e altre. Le immagini di Marey sono divulgate già dal 1893 dalla rivista "La Nature"; Marey ha descritto questo tipo di meccanismo in dettaglio, e può essere considerato, di fatto, la prima cinepresa.



Etienne J. Marey, Uomo in corsa (1883), cronofotografia "parziale" o "geometrica"

Per analogia, tra il 1889 e il 1892 nel laboratorio di Thomas Edison, fu costruito da un suo operatore William K.L. Dickson il kinetoscopio⁹.

La scoperta della fotografia dei fratelli Lumière e dell'invenzione del "Cinématographe"¹⁰ da un'idea di Leon Bouly del 1882 avvenne tre anni dopo.

L'uscita del primo film realizzato nel 1895 definito anche il primo documentario dal titolo "L'uscita dalle officine Lumière" (*La sortie des*



⁹ Da Wikipedia - Si trattava di una sorta di grande cassa sulla cui sommità si trovava un oculare; lo spettatore poggiava l'occhio su di esso, girava la manovella e poteva guardare il film montato nella macchina su rocchetti (il termine inglese film indicava la pellicola, cioè il supporto; più tardi passerà a indicare il contenuto registrato su quel supporto, il film com'è inteso oggi). Si aveva quindi una visione monoculare, come il Mondo nuovo. Attraverso un piccolo foro situato nella parte superiore dell'apparecchio si poteva vedere un breve filmato, proiettato facendo scorrere la pellicola da 35 mm ad una velocità di 48 immagini per secondo (la pellicola della Eastman Kodak). La prima dimostrazione pratica del nuovo congegno avvenne il 14 aprile 1894 e fu voluta da Edison per intrattenere la gente che stava ascoltando la musica del suo fonografo.

¹⁰ Il cinématographe è una macchina da presa, che serviva anche come proiettore cinematografico

usines Lumière), fu mostrato pubblicamente all'Eden la prima e più antica sala cinematografica del mondo il 28 settembre del 1895.



Usando la stereofotografia, Marey è riuscito anche a fornire osservazioni tridimensionali (3D) di movimento. Savart ha introdotto la procedura di stroboscopia¹¹ alla registrazione fotografica, per cui è stato possibile avere multi esposizioni e gestire più esposizioni sullo stesso negativo.

Per avere abbastanza luce per le fotografie, Marey è stato costretto a prendere le sue misure in luce solare intensa. I suoi successori hanno sostituito le strisce riflettenti con lampadine o tubi di luce. Questo cambiamento di tecnica è stato chiamato *cyclography*¹² ed è stato sviluppato a un livello elevato dalla Scuola di Biometrics di Mosca da N.A. Bernshtein (1920).

Marey è stato il primo a combinare la cinematica e la cinetica per avere informazioni e misurare la locomozione¹³. Per la misura dinamografica (*dynamographic*), ha usato una piattaforma di legno di rovere con i cosiddetti “dinamometri a spirale”, che si basava sul principio della deformazione elastica della gomma. Ha combinato questa piattaforma con un apparecchio per misurare l'altezza dello spostamento verticale del corpo che è collegata alla testa del soggetto. Inoltre, è stato il primo a combinare segnali di misura dinamografica (*dynamographic*) e cinematica, ottenuti attraverso la fotografia e presentati sotto forma di un diagramma a barra.

¹¹ Per luce stroboscopica si intende una luce che proviene da fonti intermittenti, che possono essere utilizzate per localizzare un punto cospicuo. Possono essere generate da una semplice lampadina che si accende e spegne ad un intervallo di tempo prestabilito e ravvicinato, oppure da una scarica elettrica attraverso un tubo contenente gas (esattamente come il lampo di un flash elettronico).

¹² *Cyclography* è un metodo di studio dei movimenti umani che consiste nel fotografare in successione (fino a centinaia di volte al minuto) parti in movimento del corpo umano collegate a lampade elettriche o contrassegnate da marker.

¹³ Cfr. Vladimir Medved (2001) *Measurement of Human Locomotion* CRC Press LLC U.S.

Due tedeschi, l'anatomista Braune Wilhelm (1830-1892) e il fisico Otto Fischer (1861-1917), hanno dato un'impronta decisiva nello studio della locomozione a Lipsia nel 1895.¹⁴ Essi avevano percepito il corpo umano come una forma rigida dotata di una serie di collegamenti dinamici. Hanno poi applicato la fotografia e avviato la stereometria. Nel loro lavoro, hanno unito gli esperimenti su cadaveri, con l'obiettivo di determinare le proprietà essenziali dei segmenti corporei, con misure fotografiche e cinematiche dei soldati. La loro opera più famosa è "Der Gang des Menschen" (1895) (tradotto in inglese da Maquet e Furlong, "The



Human Gait" (l'andatura umana), Springer Verlag, Berlin, 1987). Questo lavoro era il primo fondamento di una serie di ricerche scientifiche sulla locomozione che utilizzava la fotografia nello spazio 3D. Le dimensioni relative del corpo umano, determinate da questi due

autori, sono ancora usate come standard di riferimento. Per aumentare l'intensità della luce durante la registrazione, hanno usato speciali lampadine controllate dal Rocchetto di Rhumkorff¹⁵.

Hanno usato quattro telecamere: due disposte lateralmente rispetto al soggetto e due poste in obliquo frontalmente. Sono stati i primi a descrivere in maniera accurata, la ricostruzione analitica delle traiettorie 3D del corpo umano, con una precisione di qualche millimetro e ventisei fotogrammi al secondo. La loro procedura di misurazione però, è durata da sei a otto ore, e ci sono voluti diversi

¹⁴ Cfr. Vladimir Medved (2001) Measurement of Human locomotion CRC Press LLC U.S.

¹⁵ Il rocchetto di Ruhmkorff, o "rocchetto di induzione" appartiene alla famiglia dei trasformatori e ha avuto nella storia dell'elettromagnetismo un ruolo di primo piano come generatore di corrente. Attorno allo stesso nucleo ferromagnetico sono avvolte due bobine, il circuito primario, alimentato da una batteria, e il secondario, a molte più spire. Il primario comprende un interruttore e, in serie, un sistema a martelletto che interrompe periodicamente il contatto ogni volta che il nucleo ferromagnetico si magnetizza quando passa corrente. Dopo ogni interruzione del contatto, il nucleo ferromagnetico si magnetizza e il martelletto torna nella posizione iniziale chiudendo nuovamente il circuito. In tal modo nel secondario circola corrente continua alternativamente in un verso e nell'altro.

mesi per i calcoli¹⁶. Questo segnò l'inizio della fotogrammetria analitica. Poiché Braune e Fischer hanno perseguito un completo studio, cosiddetto approccio inverso dinamico allo studio della locomozione, studiando l'andatura umana e il citato modello del pendolo invertito (gamba di oscillazione), proposto dai fratelli Weber settanta anni prima, il loro lavoro ha un grande significato metodologico. Sulla base di un'analisi cinematica e cinetica, hanno dimostrato che durante la deambulazione su una superficie piana l'oscillazione della gamba è stata attivamente controllata dalla muscolatura, e non era influenzata solo dalle forze di gravità e inerzia come i fratelli Weber avevano presunto¹⁷.

Furnée menziona F.B. e L.M. Gilbreth, che sono stati coinvolti nella misurazione e nello studio della locomozione dall'aspetto ergonomico fin dal 1911. Insieme con i principi di organizzazione di F.W. Taylor (1911), lavorare in questo campo è stato di eccezionale importanza per la seconda rivoluzione industriale.

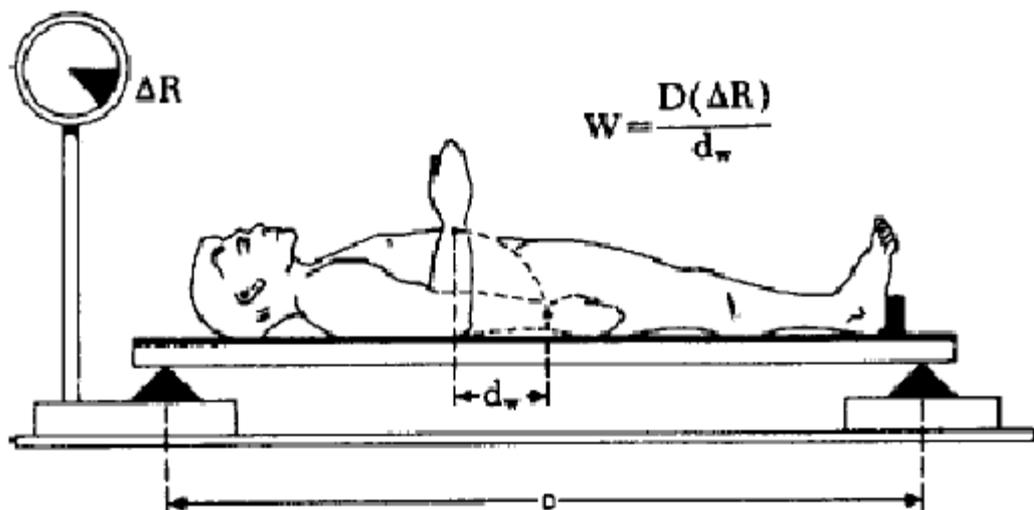
L'opera di Nikolaj A. Bernstein (1896-1966) a Mosca fu di grande importanza. Ha sviluppato e applicato precise procedure per la misurazione della cinematica umana utilizzando la "cyclography", una fotocamera a pellicola, e uno specchio. Muovendo lentamente la pellicola attraverso la macchina fotografica in caso di movimenti ripetitivi, ha ottenuto ciò che è noto come kymo-cyclography¹⁸. Per la sua analisi 3D, Bernstein ha abbandonato gli standard stereoscopici delle telecamere a causa della loro bassa precisione e profondità (base della fotocamera, 6,5 cm) e ha utilizzato in sostituzione uno specchio kymo-cyclography. In questo metodo, lo specchio è stato posto a un angolo di quarantacinque gradi rispetto all'asse ottico di una videocamera. Come risultato, ogni immagine ha incluso le viste frontali e laterali del corpo consentendo di studiarne il movimento. Questa soluzione ha aggirato il problema che sorse quando uno aveva bisogno di sincronizzare il lavoro di due telecamere per la misura nello spazio 3D.

¹⁶ Cfr. Vladimir Medved (2001) Measurement of Human locomotion CRC Press LLC U.S.

¹⁷ *Ibidem*

¹⁸ Bernshtein, N. A. (1966) Ocherki po fiziologii dvizhenii i fiziologii aktivnosti. Moscow. Kymocyclography, fotografie effettuate su un film in movimento. L'analisi effettuata con la cyclograms (cyclogrammetry) ha fornito dati sul percorso dei singoli punti del corpo e dalla velocità di accelerazione delle parti in movimento del corpo. L'informazione ha permesso di calcolare le grandezze delle forze responsabili per un dato movimento. E' servita anche come fondamento della moderna concezioni dei principi del controllo dei movimenti corporei, utilizzati per studiare disturbi motori e dei movimenti effettuati dagli atleti.

Applicando questo metodo quando si ricerca il movimento di stereotipi ripetitivi, Bernstein ha riferito sugli errori di ricostruzione della posizione spaziale inferiore a 1 mm per l'asse coordinata. Ha aumentato la frequenza di campionamento (numero d'immagini) da 26 a 50 a 150 per secondo. L'accuratezza nella digitalizzazione era di 500 μm . Come Braune e Fischer, Bernstein ha cercato di stimare le forze risultanti trasferite nei centri di massa dei segmenti. Le stime della massa dei segmenti del corpo sono state eseguite utilizzando una piastra di equilibrio modificata.

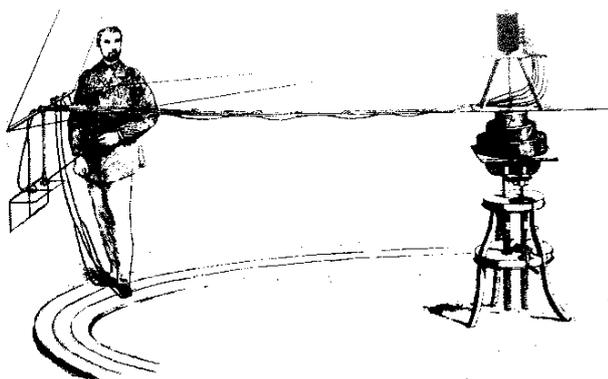


Il sistema può essere utilizzato per stabilire una relazione tra la massa e lo spostamento del centro di massa di un segmento corporeo. La relazione è data da $W = D(\Delta R) / d_w$, dove W è la massa del segmento corpo, D è la distanza tra i due bordi del supporto, d_w è lo spostamento del centro di massa del segmento del corpo e ΔR è la variazione di pressione esercitata sulla scala a causa di questo spostamento. Egli ha basato gli studi su un gran numero di soggetti, e ciò gli ha permesso di testare le teorie originali sul movimento umano e l'organizzazione gerarchica del sistema nervoso, le sue teorie sono ancora attuali. La sua ricerca nello studio del movimento è epocale perché ha combinato una metodologia sperimentale con lo studio delle basi neurofisiologiche del movimento, introducendo il concetto di cibernetica. Bernstein ha sviluppato un modello gerarchico multilivello di organizzazione del sistema di controllo del movimento volontario.

Rudolph Laban (1879-1958) ha sviluppato un metodo originale di rappresentare complessi movimenti umani. Il metodo, non fisico ma simbolico (anche se alcuni termini fisici sono utilizzati in maniera descrittiva), è attualmente utilizzato nelle coreografie di danza. Questo è un approccio per rappresentare le strutture di movimento complementari all'approccio biomeccanico.

Con l'introduzione della piattaforma di forza (avviata da Jules Amar nel 1916 e successivamente diffusa da Eberhard nel 1947) e di altri strumenti, è stato possibile studiare il movimento umano con maggiore obiettività. Il predecessore di questo dispositivo è la piattaforma dynamographic di Marey¹⁹. All'inizio del 20° secolo, l'elettromiografia è stata usata come tecnica da applicare nel campo della misurazione della locomozione. Questo processo è stato facilitato dall'invenzione del galvanometro²⁰. L'invenzione del tubo a raggi catodici l'"oscilloscopio" ha contribuito all'ulteriore sviluppo dell'elettromiografia e della neurofisiologia e alla comprensione delle funzioni neuromuscolari.

R. Platone Schwartz dell'Università di Rochester, Minnesota, è, probabilmente, il primo medico che ha sviluppato metodi per l'analisi dell'andatura, la misurazione e la valutazione clinica, raccogliendo e analizzando sistematicamente i dati di misura del passo. Egli ha anche ipotizzato i requisiti fondamentali per il metodo di misurazione dell'andatura. Ha, infatti, misurato un gran numero di pazienti trattati con un dispositivo simile a quello di Carlet (vedi immagine), ma il suo dispositivo



Dispositivo di Carlet

¹⁹ Cfr. Vladimir Medved (2001) Measurement of Human locomotion CRC Press LLC U.S

²⁰ Da Treccani.it Enciclopedia Italiana - Galvanometro Strumento per la misurazione dell'intensità di correnti elettriche che, generalmente ricondotta alla misurazione dell'angolo di rotazione di un ago o di un indice o di una bobina, viene eseguita per lo più con metodi ottici con l'ausilio di uno specchietto solidale all'equipaggio mobile dello strumento. Il g. va connesso in serie al circuito in cui scorre la corrente di cui si vuole misurare l'intensità.

era dotato di tre camere d'aria. Egli ha applicato l'elettro-basograph (electrobasograph), uno strumento usato per la registrazione di anomalie dell'andatura, equipaggiato con tre interruttori di contatto elettrico, sulla superficie inferiore del tallone, sul primo capo e sul quinto del metatarso.

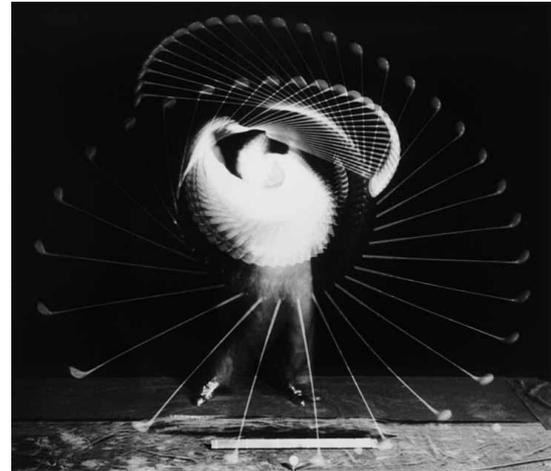
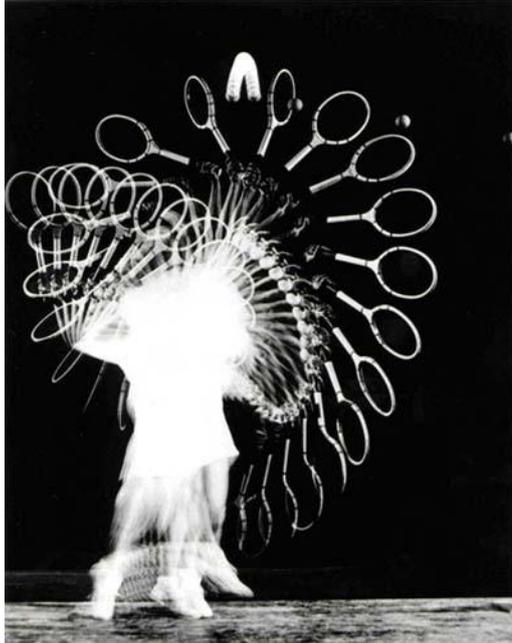
A metà del 1940, il gruppo guidato da Saunders, Inman Eberhart e Sutherland ha iniziato l'attività presso il Laboratorio di Biomeccanica dell'Università della California a Berkeley. Il loro campo era la riabilitazione ortopedica dei soldati feriti nella seconda guerra mondiale e che in primo luogo avevano bisogno di protesi per le loro estremità. Hanno sviluppato diverse tecniche di misurazione del movimento: cinematica, cinetica ed elettromiografia. Nelle misure cinematiche attraverso la fotografia, hanno utilizzato un metodo molto più pratico di quelli usati da Braune e Fischer e poi da Bernstein. Il metodo, non invasivo, consiste nel filmare un'andatura con telecamere da 16 mm poste su entrambi i lati del percorso pedonale e nel piano frontale, con una velocità di 10/s.



Vladimir Medved (2001) Measurement of Human locomotion CRC Press LLC U.S. pp 63(A summary effect of several gait determinants to the trajectory of the body's center of mass. (From Saunders, M., Inman, V., and Eberhart, H.D. 1953. J. Bone Jt. Surg. 35- A (3):543-558. With permission).

La fotografia stroboscopica con esposizioni multiple e la cinematografia sono state le tecniche dominanti per misurare la cinematica umana fin dal 1970.

La perfezione della fotografia stroboscopica come tecnica può essere illustrata con un esempio (vedi foto) tratto dalla raccolta di Harold E. Edgerton (1903-1990), eminente esperto in questa tecnica presso il MIT a Cambridge, Massachusetts.



Un ulteriore sviluppo dei sistemi di misura della locomozione umana è stato caratterizzato da un'influenza sempre maggiore della tecnologia e dell'ingegneria. Nel 1970, attraverso l'introduzione dei computer digitali, le procedure di misurazione automatizzata sono state migliorate in misura significativa, diventando sempre più efficienti. Lo sviluppo e la produzione nei campi dei semiconduttori, dell'elettronica, delle tecniche di misurazione, del controllo automatico, della telemetria, dei sistemi video, dell'informatica e della computer grafica hanno fornito un continuo contributo a nuove soluzioni di misurazione, di valutazione quantitativa e diagnostica della locomozione. Lo sviluppo in questo campo è stato segnato anche dalla formazione di associazioni professionali internazionali, tra cui ricordiamo la Società Internazionale per la Biomeccanica, la nascita e la diffusione di riviste e pubblicazioni di professionisti dei settori riguardanti, le conferenze internazionali, i congressi mondiali e la continua ricerca effettuate presso tutte le Università del Mondo.

L'analisi del movimento oggi

Come abbiamo descritto nel precedente capitolo l'evoluzione dell'analisi del movimento è stata ricca d'intuizioni e di geniali invenzioni che hanno consentito ai moderni ricercatori di poter proseguire i loro studi in campo biomeccanico e neurofisiologico.

L'analisi del movimento prevede due tipi di analisi: qualitativa (analisi visiva e analisi videoregistrata) e quantitativa (analisi strumentale). Il sistema di valutazione da utilizzare si sceglie in base a:

- Natura del moto che si deve analizzare;
- Ambiente e condizioni in cui il moto si svolge;
- Risorse economiche e umane disponibili;
- Caratteristiche dello strumento di misura.

Nell'analisi visiva si valuta il movimento per mezzo dell'osservazione diretta; questa tecnica richiede la conoscenza delle corrette dinamiche del movimento che si sta analizzando, la perfetta conoscenza anatomica e fisiologica per cogliere gli eventuali cambiamenti rispetto alla normalità. Il movimento, tenendo conto delle articolazioni coinvolte e della loro posizione spaziale, deve essere valutato sui tre piani (sagittale – frontale – trasversale).

VANTAGGI: E' un sistema semplice ed economico, che non richiede particolari attrezzature tecnologiche e costose.

SVANTAGGI: L'analisi del movimento risulta parziale e condizionata dall'esperienza del medico che esegue l'osservazione su di un unico piano alla volta. La valutazione è globale e generica limitandosi ai macro movimenti e tralasciando quelli minimi. L'occhio umano percepisce solo alcuni movimenti e a volte coglie l'insieme del movimento tralasciando il particolare. L'impossibilità di rivedere il movimento e di confrontarlo con altri movimenti o soggetti diversi, rende questa tecnica poco oggettiva e verificabile.

Nell'analisi videoregistrata, si registra con strumenti video il movimento che in seguito viene analizzato. Questa tecnica consente la valutazione del movimento sui tre piani (sagittale – frontale – trasversale) dipendente dal numero di

telecamere) e la possibilità di rivedere lo stesso movimento per un'analisi più approfondita.

VANTAGGI: studio a posteriori con possibilità di osservazioni multiple e costi relativamente economici. I dati possono essere analizzati e comparati con altri dati rilevati in tempi diversi, per valutare, ad esempio, i progressi effettuati in un processo riabilitativo.

SVANTAGGI: La valutazione qualitativa se effettuata con una sola ripresa video da una sola angolazione limita la visione del gesto e quindi la relativa valutazione. La valutazione quindi rimane globale e generica limitandosi ai movimenti più evidenti.

Nell'analisi strumentale si esegue un'analisi del movimento che ci dà informazioni sulla cinematica: ramo della fisica che descrive quantitativamente il moto dei corpi (accelerazioni, velocità e spostamenti), sulla dinamica: cioè le forze e i movimenti angolari che vengono misurati utilizzando piattaforme di forza e altri sensori, sull'attività muscolare (elettromiografia) cioè i segnali elettrici di attivazione dei muscoli che vengono misurati con degli elettrodi su altre informazioni come equilibrio e pressione. Gli strumenti per l'analisi possono essere:

- ottici: con o senza markers,
- non ottici: magnetici, inerziali ed elettromeccanici.

Inoltre gli strumenti per l'analisi vengono divisi a seconda se sono:

- inside-out: Il sensore è sul corpo e reagisce ad una sorgente esterna. (magneti, accelerometri e giroscopi)
- inside-in: Sia il sensore sia la sorgente sono applicati sul corpo. (elettrogoniometri e guanti data glow)
- outside-in: Sensori esterni che reagiscono a fonti applicate sul corpo. (stereofotogrammetria)²¹.

²¹ Da lezioni Prof. A. Stranieri – www.unicam.it Università di Camerino Facoltà di farmacia

I Segnali biomedicali

Che cosa sono i segnali biomedicali?

Possiamo definire segnale una qualsiasi grandezza fisica che nel tempo trasporta informazioni. Quando queste informazioni sono emesse da una fonte vivente, parliamo di segnali biologici. L'analisi di questi segnali richiede svariate competenze che vanno dalle ingegneristiche alle informatiche a quelle statistiche e matematiche e non ultime a quelle mediche. Lo scopo fondamentale dell'analisi di questi segnali è di estrarre le informazioni contenute e facilitarne l'interpretazione. Si può affermare, quindi, che tutti gli esseri viventi emettono segnali di vario tipo e che questi segnali sono, attraverso le strumentazioni tecnologiche, misurabili.

I segnali possono essere così suddivisi:

- chimici;
- elettrici;
- meccanici.

Questi segnali biologici sono chiamati segnali biomedicali o più semplicemente biosegnali.²²

Con questo termine vengono, quindi, denominati una grande vastità di segnali riguardanti i più disparati aspetti dell'organismo umano. Normalmente il medico è chiamato a decifrare e ad attribuire un significato a un segnale biologico risultante da un'analisi effettuata direttamente sul paziente. I biosegnali, invece, possono fornire una serie di utili informazioni, misurando aspetti non esaminabili in altro modo.

Un essere vivente emettendo una notevole quantità di segnali biologici non consente una rilevazione precisa e diretta in quanto spesso questi sono confusi in uno sfondo rumoroso.

E' necessario, quindi, un processo di elaborazione che ha lo scopo di selezionare i dati più interessanti dalla grande quantità di dati disponibili e ridurre le

²² Da lavori del C.I.S.I.B. – Centro Interuniversitario di Servizi di Ingegneria Biomedica “G. A. Borelli” con sede presso le Cliniche Ortopediche del Policlinico di Bari

informazioni fruibili a pochi parametri per consentire una migliore lettura degli stessi.

Per processo di elaborazione, quindi, s'intendono quelle operazioni destinate alla trasformazione di un biosegnale in un altro biosegnale migliorato, interpretabile e con determinate caratteristiche.

Al processo di elaborazione del segnale segue quello di analisi. Questo processo consiste in tutte quelle operazioni mirate all'estrazione dei parametri e delle caratteristiche dal biosegnale elaborato. Questa fase presuppone comunque una elaborazione preliminare caratterizzata dalle seguenti fasi:

- Acquisizione
- Trasformazione
- Riduzione
- Interpretazione.

Acquisizione

L'acquisizione è quella fase in cui i biosegnali, attraverso una misurazione tramite sensori e trasduttori (trasformazione dei biosegnali in segnali elettrici), vengono registrati per poi consentire una successiva elaborazione.

Come descritto in precedenza, è sempre presente un disturbo di fondo, cioè del segnale aggiuntivo di varia provenienza che distorce quello d'interesse.

Per consentire un'elaborazione attraverso un elaboratore dei biosegnali, è necessario che i valori registrati siano valori discreti gestibili dall'elaboratore. Normalmente questi valori si presentano sottoforma analogica; è pertanto necessaria una conversione dall'analogico al digitale. Tale trasformazione consente il passaggio dei dati da valori continui a valori discreti.

Il segnale analogico è un segnale a tempo continuo e ad ampiezza continua, il segnale digitale è un segnale a tempo discreto e ad ampiezza quantizzata.

Questa trasformazione è possibile grazie al campionamento e alla quantizzazione. Nel campionamento il segnale analogico è misurato a intervalli definiti (campionato) ottenendo in tal modo un numero finito di valori che lo definiscono. Tali numeri sono resi interi tramite una discretizzazione definita quantizzazione.

Normalmente queste procedure presentano delle criticità che influiscono sulla qualità del segnale da elaborare. Se il campionamento avviene troppo raramente si possono perdere delle informazioni, così come se avviene con eccessiva frequenza, si possono ottenere dati ridondanti che non forniscono informazioni aggiuntive.

Trasformazione

La trasformazione di un segnale è definita da una sequenza di operazioni mirata al miglioramento dei segnali tramite la riduzione del rumore e dei disturbi di fondo. Se si conosce l'origine del rumore, è possibile effettuare una "restoration" (restaurazione) del segnale eliminando il rumore.

Riduzione

La riduzione di un segnale consiste nella diminuzione delle informazioni che costituiscono il segnale stesso in modo da favorire l'elaborazione successiva selezionando solo i parametri che interessano.

Interpretazione

L'interpretazione di un segnale è effettuata eseguendo la computazione dei parametri significativi e la loro classificazione per una successiva identificazione.

Caratteristiche di un biosegnale

Come abbiamo accennato, i biosegnali possono spesso essere considerati come funzioni del tempo che, in fase di acquisizione, sono sottoposti a campionamento e quantizzazione.

Data la natura dei segnali è possibile descriverli con pochi parametri, (ampiezza, frequenza e fase), o tramite predizione statistica, come i segnali non stazionari o quelli contenenti del rumore.

Queste seguenti sono le principali caratteristiche di un segnale.

In riferimento al tempo il segnale si definisce:

- segnale a tempo continuo: l'asse dei tempi può assumere un qualsiasi valore reale;

- segnale a tempo discreto: l'asse dei tempi assume solo valori discreti, ad esempio 1, 2, 3...

In riferimento alla variabile dipendente i segnali si distinguono:

- segnale ad ampiezza continua: i valori assunti dall'ampiezza del segnale sono numeri reali appartenenti ad un intervallo, cioè possono assumere uno qualsiasi degli infiniti valori compresi tra un minimo ed un massimo;
- segnale ad ampiezza quantizzata: i valori assunti dall'ampiezza del segnale sono numeri naturali [con segno], cioè appartengono ad un insieme finito di valori precisi.
- segnale bipolare o bidirezionale: assume nel tempo sia valori di tensione negativi sia valori positivi.
- segnale unipolare o monodirezionale: assume nel tempo solo valori di tensione negativi o positivi.

In base alla possibilità di prevedere l'ampiezza futura, i segnali si distinguono in:

- segnale deterministico: segnale di cui si conosce esattamente l'andamento dell'ampiezza in funzione del tempo;
- segnale aleatorio o stocastico: l'andamento dell'ampiezza è caratterizzabile solo in termini statistici, cioè l'ampiezza del segnale è una variabile aleatoria;

Le applicazioni principali di un'analisi di un biosegnale sono:

- analisi funzionale: screening della popolazione per individuare rapidamente anche se grossolanamente una classe d'individui;
- analisi in tempo reale: monitoraggio intensivo di biosegnali e controllo di protesi da parte di nervi o muscoli intatti;
- ricerca.

Categorie dei segnali

I segnali sono suddivisi in categorie. Queste sono le categorie dei segnali, classificate in base al processo che li genera:

- segnali di output: analisi di segnali senza conoscerne l'esatta natura del processo che li genera;

- segnali evocati: in base ad un input noto si genera la funzione dell'output che fornisce la conoscenza sul processo, (es. stimolazioni nervose);
- test provocativi: analisi in condizioni note o forzate, caratterizzate da stimoli e/o input;
- modellazione: conoscenza del processo per generare una simulazione in ambiti di ricerca, didattica e valutazione.

Acquisizione del segnale e relative problematiche

La rilevazione dei dati in uno studio in ambito motorio sulla statica e dinamica (postura, equilibrio e deambulazione) comporta una serie di problematiche legate all'acquisizione dei segnali.

Queste difficoltà sono dovute a una serie di fattori per lo più durante la fase di acquisizione funzionale del segnale e quella successiva di elaborazione prettamente matematica e/o ingegneristica.

E' proprio in questa fase che si rende necessario e fondamentale una corretta acquisizione sia per la necessità di ottenere un'attendibilità statistica dei dati rilevati, sia nell'ottica di un'elaborazione e studio da compiere a posteriori.

In questa fase, per garantire un'esattezza e completezza dei risultati, è indispensabile che la diagnostica sia caratterizzata da criteri di oggettività e ripetibilità. I test devono essere specifici e riguardare espressamente la qualità fisiologica della zona da indagare e facilmente comprensibili dal soggetto preposto all'esecuzione della prova. Solo in tal caso, infatti, è possibile classificare una serie di dati come oggettivamente attendibile. In realtà tale caratteristica è legata in modo considerevole anche alla riproducibilità della misura, condizione peraltro indispensabile in ogni misurazione che voglia definirsi affidabile. Per essere considerato significativo, quindi, vi deve essere la possibilità di ottenere per lo stesso soggetto e in uguali condizioni la medesima misurazione a prescindere dall'operatore.

Le caratteristiche fondamentali dei test devono rispondere ai parametri di attendibilità e di ripetibilità e soprattutto in presenza di movimenti, devono adattarsi il più possibile a quei movimenti che il soggetto è portato a realizzare, nell'ampia gamma di quelli compiuti nella vita di tutti i giorni. Questo consente di

creare una scala di valori per una classificazione dei soggetti in base alla capacità, o meno, di eseguire determinati movimenti. Normalmente nell'esecuzione dei test è predisposto o applicato un protocollo che definisce minuziosamente le modalità di svolgimento delle prove. L'applicazione di un protocollo consente di effettuare lo stesso test con altri soggetti e confrontare i risultati ottenuti in altre ricerche e in strutture differenti.

L'uso dei protocolli consente ai ricercatori di validarne l'affidabilità attraverso la somministrazione a un numero elevato di soggetti che permette una standardizzazione dei risultati rilevati statisticamente.

Nella fase di elaborazione dei dati sorgono alcune problematiche legate a quanto accennato in precedenza.

Il compito del progettista nella fase di elaborazione è di creare un algoritmo, di norma inserito all'interno di un pacchetto software, che sarà modellato per elaborare il segnale tipo che ci si aspetta di incontrare. In questo modo è possibile ottenere un'elevata efficienza computazionale rispondente al modello generato.

La trasformazione del segnale da forme d'onda a espressione in forma numerica delle prove effettuate comporta ulteriori problematiche legate alla fase di acquisizione.

Infatti, si devono considerare i fattori derivanti direttamente dalla registrazione dei segnali. Questi fattori possono includere l'accuratezza nella rilevazione, l'ambiente in cui è effettuata, il rumore insito nelle apparecchiature, eventuali disturbi esterni e in genere tutto ciò che può rappresentare un disturbo del segnale. E' evidente, quindi, l'importanza ricoperta dal sistema di acquisizione nonché le modalità con cui questa fase viene svolta.

Acquisizione dei dati

Questa fase è svolta da apparecchiature elettroniche opportunamente tarate e realizzate per specifiche rilevazioni.

Le caratteristiche tecniche di tali strumentazioni, rappresentano il punto di partenza fondamentale per poter effettuare l'analisi dei dati e lo studio degli stessi. La registrazione dei dati, chiaramente, varia secondo il tipo di test da effettuare e soprattutto dal tipo di attrezzatura (tecnica, tecnologica ecc.) di cui si dispone.

Possiamo quindi distinguere:

- acquisizioni in tempo reale che consentono un'immediata visualizzazione dei risultati e una prima stima qualitativa (osservazione diretta, schede di acquisizione, video);
- acquisizioni direttamente su calcolatore che comportano un'immediata archiviazione dei dati (strumenti elettronici computerizzati EMG, Pedane Stabilometriche/Dinamometriche, Pedane di Forza, Sistemi optoelettronici, ecc.);
- acquisizioni su strumentazioni elettroniche che consentono esclusivamente una registrazione dei risultati delle prove; tali dati vengono solo in fase successiva riportati e archiviati su calcolatore (Calorimetri, Impedenziometri, Cardiosfrequenzimetri ecc.).

Strumenti di acquisizione

Gli strumenti elettronici consentono di portare a termine le acquisizioni dei dati e le successive elaborazioni investigando su specifici campi di applicazione. In questo lavoro approfondiremo alcuni aspetti sulle strumentazioni presenti presso l'Università degli studi di Salerno – Dipartimento Scienze dell'Educazione – Laboratorio H e Laboratorio di analisi del movimento e i relativi dati elaborati.

Come accennato nel paragrafo precedente, uno degli strumenti indispensabili nel laboratorio di analisi del movimento è la videocamera.

Videocamere

“Le videocamere offrono un sistema remoto (non a contatto) per registrare e rivedere il movimento dell'intero corpo (testa, tronco, arti ed entrambi gli arti inferiori). La tecnologia attuale permette la registrazione del movimento di un soggetto per l'analisi basata sull'osservazione oppure per la valutazione quantitativa dei dati.

Tre sistemi di base attualmente disponibili sono classificati in base al mezzo utilizzato per registrare i dati: la fotografia a film, le videoregistrazioni e i sistemi video automatici.

Il prodotto immediato è costituito da una registrazione dei primi due, che può essere rianalizzata visivamente. Con un'ulteriore processazione del film è possibile ottenere una registrazione digitale del movimento.

I sistemi video possono essere anche impiegati in modo automatico per la quantificazione diretta del movimento.

Una variante è costituita dai sistemi optoelettronici che utilizzano piccole luci (diodi) per attivare la telecamera”.²³

²³ Perry j. (2005) Gait analysis (Analisi del movimento) Ed italiana a cura di Benedetti M. G. Milano Elsevier Italia srl p. 305

Analisi del passo

“La combinazione della mobilità articolare, della forza muscolare, del controllo nervoso e dell’energia determinano la velocità naturale del cammino, la lunghezza del passo e la frequenza del passo. Questi fattori spazio-temporali, in combinazione con la durata dei periodi di oscillazione e di appoggio, costituiscono le caratteristiche del passo del soggetto e rappresentano la capacità di camminare specifica dell’individuo.

La velocità (“velocity or walking speed”) del cammino rappresenta la misura fondamentale del cammino, identificando il tempo richiesto per coprire una determinata distanza. Tecnicamente, la velocità (“velocity”) è la misura più corretta che comprende anche la direzione di progressione.

La combinazione di direzione e di ampiezza classifica la velocità come un vettore, sebbene questo sia un aspetto irrilevante dal momento che la valutazione funzionale viene di solito eseguita in direzione sagittale. Solo nei bambini il cammino in linea retta può essere difficoltoso.

Il termine velocità (speed) rappresenta un valore numerico (scalare) indipendente dalla direzione”²⁴.

L’analisi del passo viene effettuata integrando le informazioni ottenute attraverso l’uso delle pedane di forza e le informazioni cinematiche rilevate dai sistemi optoelettronici.

Esistono due tipologie di pedane di forza:

- a sensori piezoelettrici che misurano le tre componenti ortogonali delle forze lungo i tre assi coordinati. La tecnologia si basa sull’effetto piezoelettrico di alcuni cristalli. Quando il cristallo viene sollecitato meccanicamente compaiono sulla superficie delle cariche elettriche. Questi trasduttori non sono adatti a misurare carichi statici, perché la carica elettrica non si rinnova sotto un carico costante.

²⁴ Perry j. (2005) Gait analysis (Analisi del movimento) Ed italiana a cura di Benedetti M. G. Milano Elsevier Italia srl p. 361

- a sensori strain gauge (estensimetro) che misurano le tre componenti ortogonali delle forze lungo i tre assi coordinati attraverso la variazione della resistenza elettrica del sensore causata da fenomeni di compressione o trazione. Un estensimetro (strain gauge) legge la variazione di lunghezza e la converte in un segnale elettrico. Ciò è possibile in quanto il trasduttore è un conduttore elettrico e quindi soddisfa la legge di Ohm²⁵. Se la lunghezza del conduttore cambia, la sua resistenza cambia proporzionalmente e quindi la tensione ai suoi capi.

Pedana stabilometrica/dinamometrica

La pedana Zebris FDM misura attraverso un sistema di alta qualità capacitivo con sensori di forza che sono organizzati sotto forma di matrice in tre piattaforme di dimensioni diverse.

Di conseguenza, ciascun sensore produce la propria curva di calibrazione. Le lastre di misura sono capaci di analizzare in fase statica e dinamica l'equilibrio e la deambulazione.

Il sistema è

collegato direttamente tramite interfaccia USB al PC e non richiede elettronica



²⁵ Da Wikipedia: La legge di Ohm esprime una relazione tra la differenza di potenziale V (tensione elettrica) ai capi di un conduttore elettrico e la corrente elettrica I che lo attraversa. Gli elementi elettrici per i quali la legge è soddisfatta sono detti resistori (o resistenze) ideali o ohmici. Si noti che la legge di Ohm esprime unicamente la relazione di linearità fra la corrente elettrica I e la differenza di potenziale V applicata. L'equazione indicata è semplicemente una forma dell'espressione che definisce il concetto di resistenza ed è valida per tutti i dispositivi conduttori. La legge deve il proprio nome a quello del fisico tedesco Georg Simon Ohm. È descritta dalla relazione matematica: $R = \frac{V}{I}$

supplementare. Questo sistema, come molti altri, consente l'implementazione con altri sistemi di misurazione (EMG, Videocamere, accelerometri, ecc.).

La pedana effettua l'analisi dell'andatura, l'analisi statica e l'analisi della distribuzione delle forze pressorie, il carico esercitato dalla parte sinistra / destra del corpo e nella parte anteriore / posteriore del piede consentendo la visualizzazione grafica e numerica dei valori²⁶.

Registra la linea che collega i punti principali del COP (Center of Pressure) fornendo immediate informazioni per quanto riguarda asimmetria e ripartizione del carico.

La misurazione dei dati è registrata nel corso di un determinato periodo (regolabile e modificabile in base al protocollo) e i risultati sono la media. La misurazione e la valutazione vengono elaborate al computer attraverso l'utilizzo del programma WinFDM.

Le misurazioni con la pedana

Abbiamo accennato alle possibili applicazioni offerte dalla pedana per la rilevazione di dati concernenti le seguenti indagini:

- studio delle pressioni plantari da fermo (esame statico);
- analisi del gesto motorio durante il cammino con duplice (semipasso) o triplice appoggio (passo) (Gait Cycle);
- singola analisi (esame dinamico);
- valutazione delle oscillazioni del corpo (esame stabilometrico).

L'esame statico/stabilometrico

Questo esame consente di analizzare valori quali distribuzione del carico, delle superfici, la posizione del centro di pressione e del poligono di appoggio e la pressione esercitata dai piedi (dx – sx) al suolo con carico laterale e antero/posteriore. (Figura 2)

²⁶ Pedana Zebris - Caratteristiche tecniche della pedana: Principio di misura: i sensori capacitivi, ogni sensore è calibrato Interfaccia PC: USB - Campo di misura: 1-120 n/cm² Precisione: ± 7% (0 - 80 n/cm²) Interfaccia: Sincronizzazione di uscita Tipo: FDM 1,5-Dimensioni: 154 x 62 x 2,5 cm (L x P x A) Sensore di campo: 144 x 56 cm (L x P) -Numero di sensori: 8064 -Frequenza di campionamento: 120 Hz opzionale 240 Hz / 360 Hz.

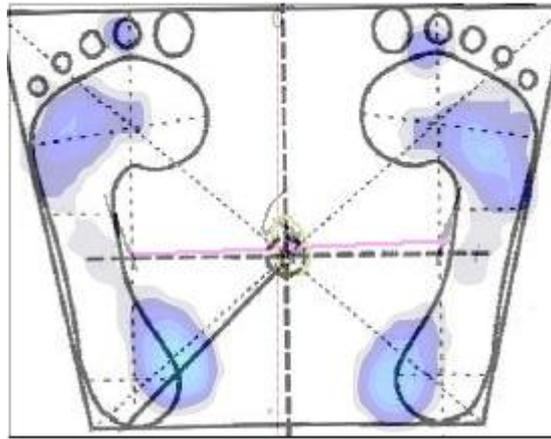


Figura 2

I dati osservati attraverso questo esame definiscono i parametri di base e devono essere correlati innanzitutto alle informazioni della morfologia plantare e successivamente confrontati con quelli baropodometrici rilevati con l'esame dinamico.

I riferimenti relativi a quest'analisi sono:

COP= Center of Pressure – Centro di Pressione;

COM=Center of Mass – Centro di Massa;

COF=Center of Foot – Angolo Centri di pressione;

STATOKINESIOGRAMMA= Rappresentazione a gomitolino, cioè lo spostamento del COP sul piano (x,y);

STABILOGRAMMA= Grafico delle coordinate x e y del COP nel tempo.

Il “COP è la manifestazione delle forze agenti sulla caviglia per il mantenimento della postura eretta e fornisce quindi un importante strumento per indagare le strategie di controllo e verificare i modelli sperimentali. Non rappresenta il movimento, ma l'entità fisica che lo genera”.²⁷ Un valore di riferimento apprezzabile se riscontrato intorno al 38-48%, a secondo se impegnate le dita.

Il “COM è la posizione del centro di massa del sistema che viene continuamente spostato dalle forze in gioco. Rappresenta il movimento vero e proprio ed è il risultato del movimento del COP”.²⁸

²⁷ Brugnoni, G., Alpini, D., (2007) “Medicina fisica e riabilitazione nei disturbi di equilibrio” Springer-Verlag – Italia p. 109

²⁸ *Ibidem*

Il COF è calcolato come l'angolo, espresso in gradi, formato dalla retta passante per i centri di pressione dei singoli piedi e permette di valutare rotazioni della struttura sovra segmentaria, con particolare riferimento a rotazioni pelviche o rotulee.

“STATOKINESIOGRAMMA è l'area entro cui si muove, relativamente agli assi X e Y, la proiezione a terra del centro di gravità. In tal modo è possibile calcolare i valori di superficie (S), misurata calcolando l'area dell'ellisse di confidenza entro cui si trova il 90% dei punti registrati durante la prova”.²⁹ Un valore di riferimento dell'area dell'ellisse è di circa 100/200 mm². Tale valore è da utilizzare solo come un'indicazione di massima (Figura 3).

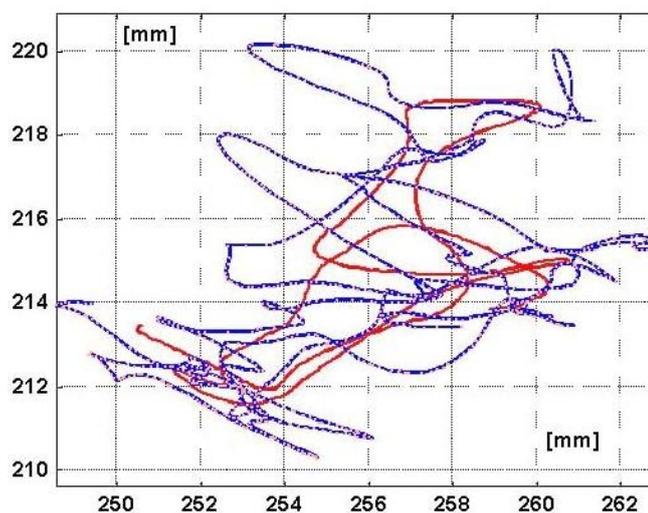


Figura 3

Lo “STABILOGRAMMA è lo spostamento del centro di gravità in funzione del tempo, visualizzando separate la componente X (oscillazioni sul piano laterale) e la componente Y (oscillazioni sul piano sagittale). Concettualmente esprime lo srotolamento del gomito nel tempo”.³⁰

L'esame stabilometrico evidenzia il grado e l'orientamento delle forze estrinseche dal corpo al suolo durante l'attività oscillatoria volta al controllo dell'equilibrio durante la stazione eretta statica. Permette di analizzare la distribuzione del peso corporeo rispetto al poligono di appoggio podalico, le caratteristiche delle

²⁹ Da www.tanzariello.it – Centro per la diagnosi per immagini ad alta definizione

³⁰ *Ibidem*

oscillazioni del baricentro corporeo rispetto al suolo e consente di ricavare informazioni sulla funzionalità dei vari sottosistemi che collaborano a mantenere il corpo in equilibrio ortostatico (apparato neuromuscolare, visivo, vestibolare).³¹

L'ausilio della pedana stabilometrica è necessario per qualificare le oscillazioni posturali del soggetto in ortostasi mentre è fermo e analizzare le strategie utilizzate per mantenere tale posizione, qualificando il contributo delle varie componenti del sistema tonico posturale.

Il soggetto è collocato in piedi al centro della pedana per registrare i parametri caratteristici del suo controllo oscillatorio. Le due prove di base si effettuano col soggetto prima a occhi aperti e poi a occhi chiusi per un periodo di tempo che può variare a secondo del protocollo utilizzato (tempo standard quarantacinque secondi circa). Dai risultati si ricavano numerosi grafici e informazioni rappresentati sul report quali:

- le coordinate della proiezione al suolo del baricentro corporeo rispetto al poligono di appoggio (distribuzione del peso anteriore/posteriore e laterale); (Figura 4)
- l'area e la lunghezza di oscillazione (Figura 4 – Misure COP);
- la distribuzione media delle forze (piede dx – sx) anteriore e posteriore; (Figura 5)
- la velocità e la frequenza delle oscillazioni.

³¹ Da www.istap.it – Istituto di analisi della Postura - Firenze

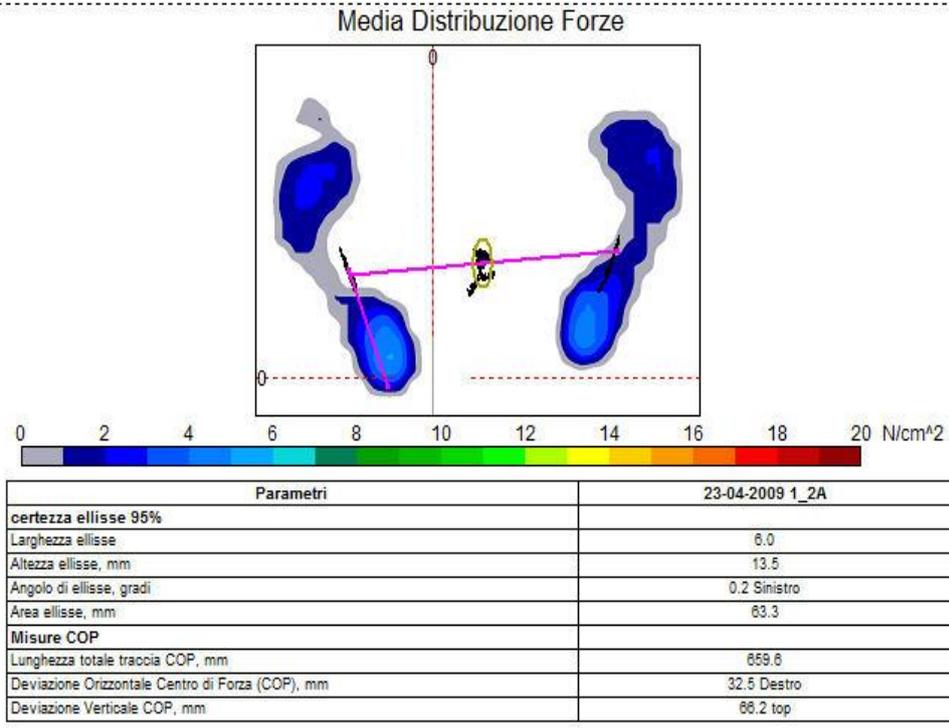


Figura 4

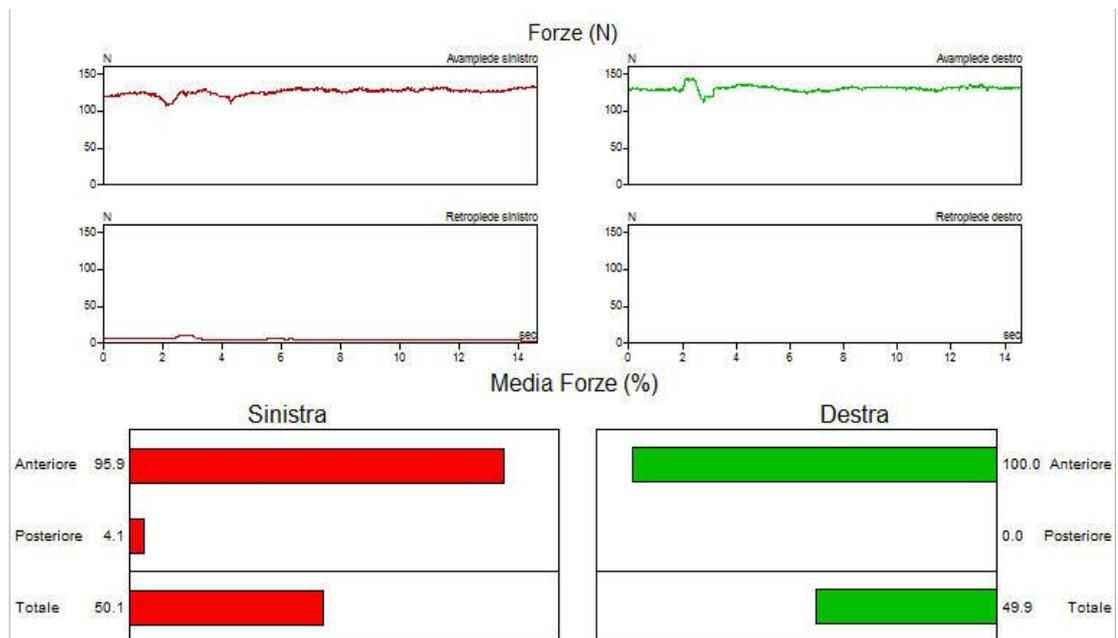


Figura 5

Il Ciclo del cammino (Gait Cycle) - Esame dinamico

Nell'analisi del passo bisogna considerare le principali funzioni svolte dall'apparato locomotore e precisamente: generazione di una forza propulsiva, mantenimento della stabilità che si contrappone al continuo cambiamento posturale, assorbimento dello shock dovuto dall'impatto del piede col terreno, conservazione dell'energia durante il passo per minimizzare lo sforzo da parte dei muscoli.

Il ciclo del cammino o Gait Cycle è il periodo che intercorre tra due appoggi successivi dello stesso arto al terreno. (Figura 6) Si divide in due fasi distinte:

fase di Stance, o fase di appoggio, durante questa fase il piede rimane a contatto con il terreno. Nella regolare deambulazione occupa circa il 60% del ciclo del passo, diminuendo sensibilmente con la corsa fino ad arrivare al 35/37 % con la corsa veloce;

fase di swing, o fase di trasferimento. L'arto viene flesso e portato avanti per prepararsi al successivo appoggio.

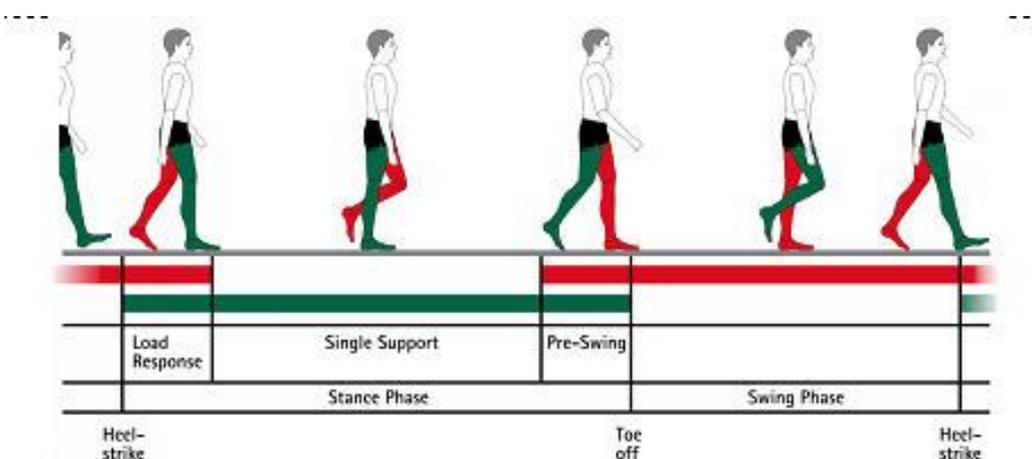


Figura 6

Per una rilevazione completa del ciclo del cammino sui tre assi principali trasverso, frontale e sagittale, occorre oltre la rilevazione con la pedana utilizzare le altre tecnologie come le telecamere a raggi infrarossi con marker riflettenti, sistemi di rilevamento della velocità, elettrogoniometri per il calcolo delle misure angolari dei segmenti e accelerometri, ritenuti indispensabili per un esame completo.

L'esame con la pedana evidenzia le aree di appoggio, il grado e l'orientamento delle forze estrinseche dai piedi al suolo durante il cammino. Permette di stabilire la presenza di alterazioni e/o asimmetrie dinamiche dei due arti inferiori. Con questo esame è possibile analizzare quantitativamente e qualitativamente lo svolgimento delle forze al suolo durante il cammino. Il soggetto viene fatto camminare sulla pedana che è in grado di registrare le forze espresse al suolo durante tali movimenti e le variazioni spaziali dei punti di appoggio attraverso il software WINFDM che elabora direttamente il report con i risultati. (Figura 7)

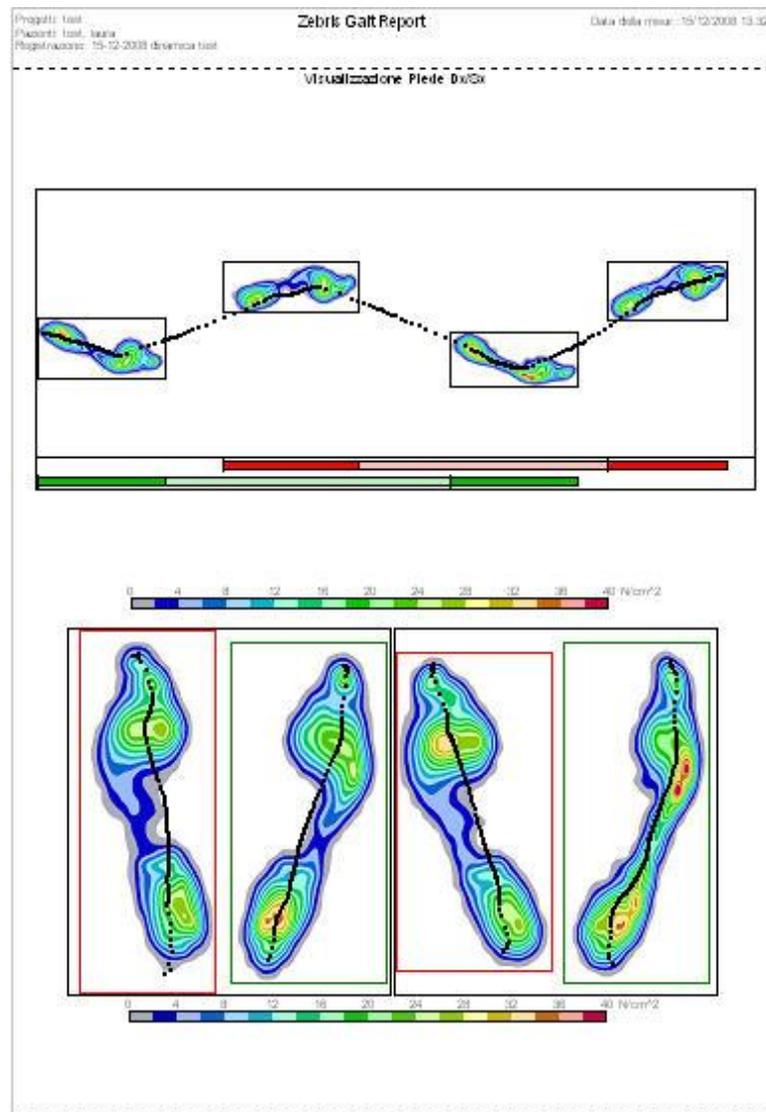


Figura 7

Sulla pedana si può evidenziare la direzione dello spostamento del centro di

pressione al suolo durante la marcia (angolo del passo), l'andamento temporale e l'entità delle forze verticali durante tutte le fasi di appoggio del piede (Figura 8).³²

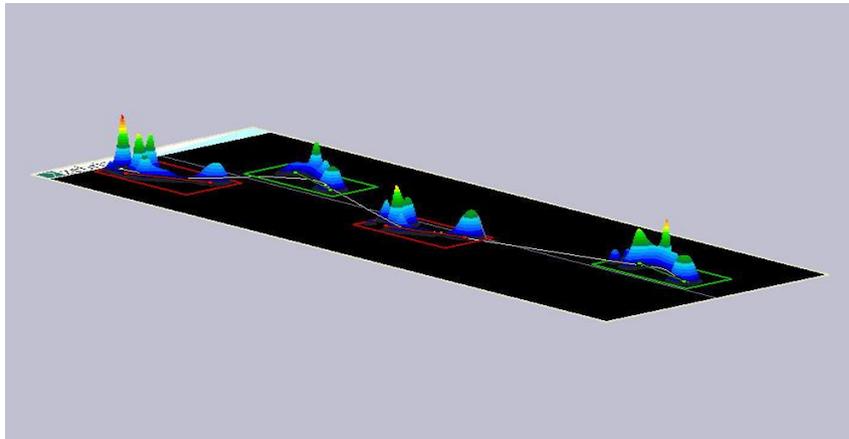


Figura 8

Nel report sono evidenziate le risultanti vettoriali delle forze non solo verticali ma anche medio - laterali e antero - posteriori, e le fasi di stance e swing (Figura 9).

Rotazione piede, deg	Sinistro	16.2	-40	60
	Destro	12.3	-40	60
Ampiezza passo, cm		7±0		100
Lunghezza passo, cm (% di lunghezza gamba)	Sinistro	19 (20)		130
	Destro	43 (46)		130
Tempo passo (Step time), sec	Sinistro	0.60		3
	Destro	0.67		3
Fase statica (Stance phase), %	Sinistro	70.1		100
	Destro	65.2		100
Risposta di carico in %	Sinistro	15.7		100
	Destro	-		100
Supporto singolo (Single support), %	Sinistro	37.0		100
	Destro	-		100
Pre-fase aerea (Pre-swing), %	Sinistro	17.3		100
	Destro	14.8		100
Fase aerea (Swing phase), %	Sinistro	29.9		100
	Destro	34.8		100
Total Double support, %		33.1		100
Lunghezza falcata, cm (% di lunghezza gamba)		79±17 (84±18)		200
Tempo progressione (Stride time), sec		1.31±0.04		3
Cadenza (Cadence), pass/min		46±1		100
Velocity, km/h		2.16±0.73		10
Variability of velocity, %		34		100

Figura 9

³² Da www.istap.it – Istituto di analisi della Postura - Firenze

L'analisi con metodiche dinamiche pur validissime nella diagnosi dei disturbi dello svolgimento del passo e della biomeccanica articolare studia la componente prevalentemente fasica dei muscoli quindi quelle con implicazioni minori nella determinazione della postura.

In questo tipo di analisi è fondamentale utilizzare altre tecnologie per una diagnostica completa ed esaustiva.

Analisi automatica del movimento

“Questi sistemi impiegano delle tecniche che producono dati digitali forniti direttamente al computer. Vengono impiegati due sistemi di base: video con marcatori (marker) passivi o con marcatori attivi (diodi che emettono luce).

Il processo di registrazione del movimento è simile a quello della registrazione dei filmati, ma con maggiore complessità, in quanto la posizione dei marcatori con superfici riflettenti viene acquisita in modo automatico. Al fine di minimizzare l'intervento umano nel processo di analisi del movimento, l'acquisizione dei dati dai marcatori passivi deve essere effettuata in modo rigoroso. La loro posizione viene identificata automaticamente dal sistema attraverso la determinazione del centro dell'area luminosa registrata per ciascun marcatore”.³³

BTS SMART - D

Lo Smart D è un sistema per l'analisi del movimento basato su tecnologia ottica, progettato per un utilizzo in ambiente medico, clinico e performativo.

E' un sistema optoelettronico digitale ad alta risoluzione che permette di acquisire



qualunque tipo di movimento con un elevato livello di precisione e accuratezza. Il sistema si basa su telecamere digitali che utilizzano sensori CCD a elevata sensibilità con illuminatori molto potenti.

L'azione combinata di questi elementi consente di operare in qualsiasi condizione di luce indoor e outdoor.

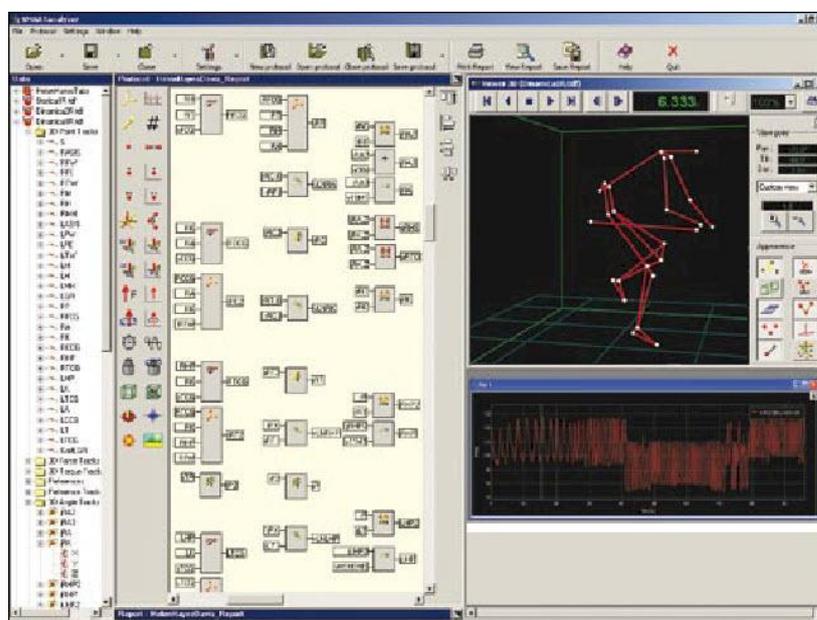
L'architettura innovativa e i sofisticati algoritmi di calibrazione e di ricostruzione tridimensionale della posizione e delle traiettorie dei marker consentono una rilevazione anche dei movimenti più rapidi e impercettibili all'occhio umano.

³³ Perry j. (2005) Gait analysis (Analisi del movimento) Ed italiana a cura di Benedetti M. G. Milano Elsevier Italia srl p. 306



Laboratorio Optoelettronico BTS

Il sistema è fornito di software (Analyzer, Performance e Clinic) per le elaborazioni e le ricostruzioni tridimensionali del movimento.



Schermata Software BTS

Analyzer è utilizzato per l'analisi multifattoriale del movimento. Permette di costruire facilmente protocolli di calcolo personalizzati per l'analisi completa del gesto motorio mediante un'interfaccia a oggetti. Tutti i report grafici e multimediali sono configurabili e possono essere stampati, esportati o condivisi via web.

Performance consente l'analisi di qualunque gesto sportivo finalizzata a comprendere e migliorare le performance, ottimizzare l'allenamento, prevenire gli infortuni e guidare i programmi di riabilitazione. Include protocolli di analisi predefiniti a supporto di diverse discipline sportive quali calcio, golf, ciclismo, tennis, baseball, ma consente di acquisire e valutare qualsiasi gesto sportivo dell'atleta e dell'attrezzo grazie all'elevata frequenza di acquisizione (fino a 2kHz).

Clinic è utilizzato per la valutazione clinica del movimento umano. I protocolli utilizzati sono validati dalla comunità scientifica internazionale. Effettua l'analisi simultanea del movimento dell'intero corpo e di singoli distretti corporei grazie all'elevata risoluzione di acquisizione (fino a quattro Megapixel).

La calibrazione del sistema avviene mediante una procedura di riconoscimento dei marker sui tre piani (X – Y – Z). (Figura 10)

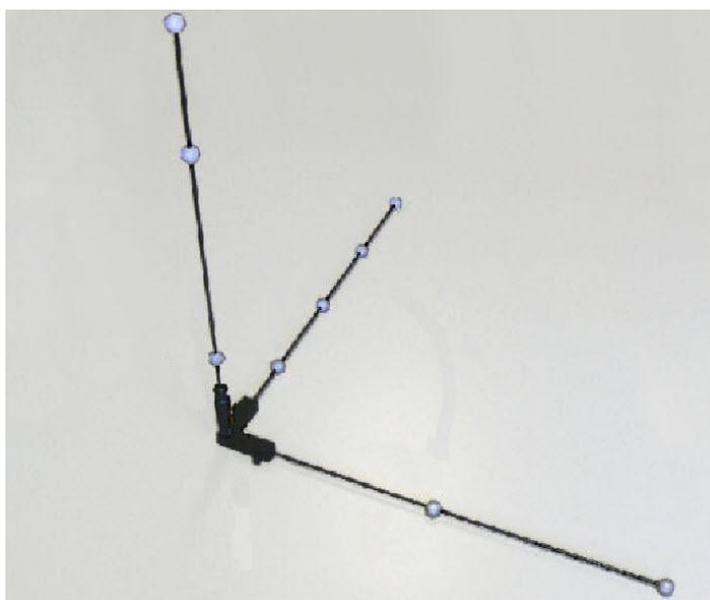


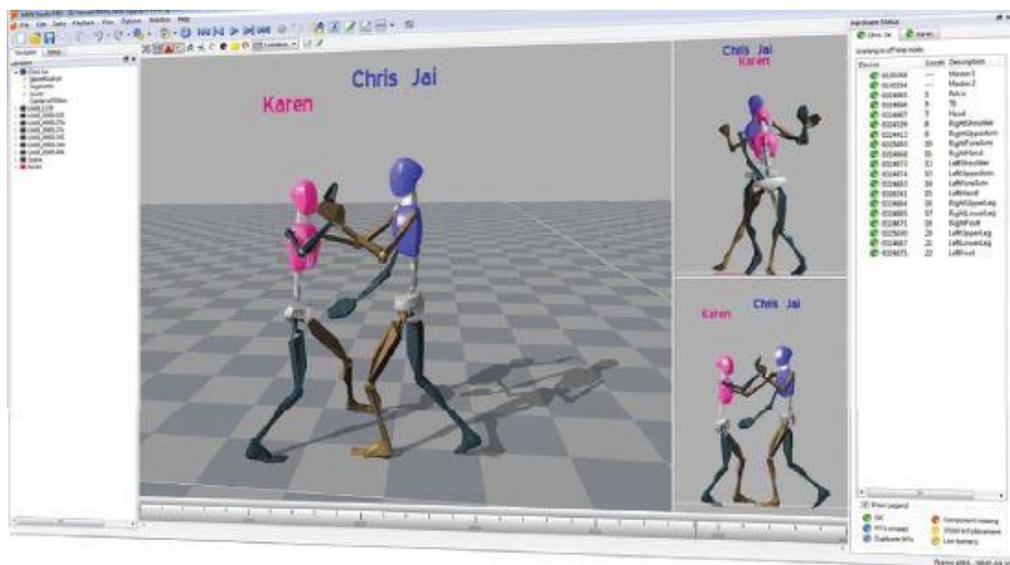
Figura 10

Sistema Xsens Moven

Il sistema Xsens Moven (Moven Motion Capture) è un sistema inerziale per l'analisi della cinematica del movimento del corpo umano. Questo sistema è in grado di effettuare analisi total - body del movimento umano. Xsens Moven si basa su un innovativo sistema di sensori inerziali integrati in una tuta aderente. Tramite modelli biomeccanici e algoritmi dedicati il sistema rileva in tempo reale i sei gradi di libertà caratteristici del movimento di un corpo libero. I dati vengono trasmessi, in modalità wireless, a un PC, sul quale è possibile registrare o visualizzare il movimento di tutto il corpo. Il sistema Moven non richiede l'uso di telecamere o marcatori esterni passivi o attivi. E' un sistema integrabile con gli altri sistemi di analisi del movimento.



Questo sistema consente valutazioni biomeccaniche del movimento umano (gesti tecnici sportivi, attività quotidiane, ergonomia ecc.), l'analisi del cammino in ambienti esterni, l'analisi biomeccanica dei gesti tecnici sportivi su campo di gara.



Schermata Software Xsens Moven

In ambito riabilitativo consente di monitorare la cinematica articolare nella gait analysis e in protocolli di studio per gli arti superiori³⁴. Il sistema, come accennato, è integrabile con altri sistemi; software di analisi video performativa darthfish o focus, Elettromiografo (EMG), pedana baropodometrica, sistema di valutazione pressoria della mano Tekscan grip, calorimetro Sensewear Armband, Sistema Nirvana di realtà virtuale.

Elettromiografia (EMG)

Il termine elettromiografia (EMG) indica un particolare esame che, attraverso l'uso di elettrodi posti sulla superficie cutanea, amplifica, raffigura e registra l'attività elettrica di un muscolo volontario (muscolatura striata), attività che consente la contrazione del muscolo stesso.³⁵

“L'elettromiografia, fornisce un'indicazione indiretta della funzione muscolare che non può essere misurata direttamente dal momento che si verifica al di sotto della cute e dei tessuti sottocutanei. I segnali elettrici che accompagnano la stimolazione chimica delle fibre muscolari viaggiano attraverso i muscoli e i tessuti molli adiacenti. Con un'appropriata strumentazione, questi segnali mioelettrici possono essere registrati e analizzati al fine di determinare l'attivazione e la relativa intensità dello sforzo muscolare.”³⁶

I muscoli composti da migliaia di elementi contrattili (fibra muscolare) sono controllati dal sistema neurale. La contrazione muscolare è determinata dal numero di unità motorie (UM) attivate e da altri fattori come la dimensione, il tipo delle fibre e la meccanica intramuscolare ed esterna. Questi fattori sono importanti per una corretta definizione della risposta dei diversi muscoli e della relativa lettura attraverso le EMG.³⁷

³⁴ Xsens Moven – Caratteristiche Tecniche: Identificazione full-body a 6 Gradi di libertà (DOF) 16 sensori inerziali per l'acquisizione del movimento (MTx), max 18 Funzionamento Wireless -Tuta confortevole in lycra con cavi pre-inseriti – misurazione 50-150 m. wireless

³⁵ Da i Quaderni Distrofia Muscolare N. 2 – L'elettromiografia Clinica – UILDIM (Unione Italiana lotta alla Distrofia Muscolare)

³⁶ Perry j. (2005) Gait analysis (Analisi del movimento) Ed italiana a cura di Benedetti M. G. Milano Elsevier Italia srl p. 321

³⁷ Cfr. Perry j. (2005) Gait analysis (Analisi del movimento) Ed italiana a cura di Benedetti M. G. Milano Elsevier Italia srl p. 321

“Il segnale EMG anche di una sola unità motoria appare come un’onda complessa, perché l’ampia dispersione delle sue fibre nel muscolo determina tempi leggermente differenti di attivazione. Il segnale di una singola unità motoria non viene mai individuato durante la funzione di un muscolo severamente paralizzato che non possiede più altre unità motorie.

L’EMG cinesiologia rappresenta l’attivazione di più unità motorie. Questa registrazione è costituita da una serie asincrona di onde elettriche (potenziali d’azione) che appare molto varia in ampiezza e durata a causa delle differenze nella distanza dell’elettrodo dalle fibre muscolari e nella lunghezza dell’assone che si estende fino alle fibre muscolari. L’elettromiogramma risultante, definito pattern d’interferenza, riflette i due meccanismi impiegati per incrementare la forza muscolare, vale a dire l’aggiunta di più unità motorie oppure una più frequente stimolazione delle stesse unità motorie.

L’EMG dinamica contiene due tipi d’informazione: la durata dell’attivazione muscolare e la sua intensità relativa. La durata può essere determinata direttamente dal segnale EMG grezzo. Non è sufficiente invece per la definizione della relativa forza muscolare, poiché ciascun segnale EMG è in funzione della relazione dell’elettrodo con il muscolo, così come dell’intensità dell’attività muscolare”.³⁸

I segnali EMG possono essere trasformati in valori numerici sia manualmente sia attraverso un computer. Quest’ultimo risponde in maniera più appropriata alle esigenze di precisione e oggettività che consentono una rilevazione più precisa dell’azione muscolare misurata.

“La quantificazione computerizzata consiste nel campionamento digitale (digitalizzazione oppure da analogico a digitale), nella rettificazione e nell’integrazione dei dati. La velocità di digitalizzazione è importante, poiché dovrebbe essere abbastanza rapida da riprodurre in modo adeguato il segnale, tuttavia non così veloce da far sì che la memoria del computer diventi un problema per l’elevato volume di dati. Una velocità di campionamento di 2500 campioni al secondo (Hz) riesce a rilevare tutti i dati significativi del segnale,

³⁸ Perry j. (2005) Gait analysis (Analisi del movimento) Ed italiana a cura di Benedetti M. G. Milano Elsevier Italia srl pp. 323-324

come dimostrato dalla possibilità di riprodurre un segnale che è virtualmente non distinguibile dalla registrazione originale analogica grezza. Di conseguenza, questa è la tecnica più accurata, pur comportando un elevato volume di dati. Per semplificare il problema della memorizzazione dei dati, molti impiegano una velocità di campionamento di 1000, 500 o addirittura 300 Hz, ma questo può comportare una perdita di dati anche significativa”.³⁹

L’EMG consente quindi di evidenziare la presenza di anomalie dei muscoli o di patologie che provocano una ridotta o assente innervazione del muscolo: spesso, grazie a questo tipo d’indagine, è possibile localizzare la sede precisa di una lesione nervosa. L’esame fornisce inoltre elementi obiettivi che permettono di quantificare e di seguire l’evoluzione di un’affezione nervosa. Esso non consente, però, di riconoscere la natura esatta del danno, nervoso o muscolare che esso sia.

Elettromiografo ZeroWire

L’elettromiografo ZeroWire è un innovativo sistema EMG completamente wireless. Ciascun elettrodo è dotato di un’unità miniaturizzata di processamento e trasmissione del segnale⁴⁰.

Come già accennato, l’esame elettromiografico evidenzia, attraverso il campionamento digitale, l’attività all’interno del muscolo ovvero le variazioni di potenziale delle unità motorie attivate durante il movimento quando si passa da una fase di rilasciamento a una



di contrazione (Figura 11). L’esame consente anche di stabilire se il danno è di

³⁹ Perry j. (2005) Gait analysis (Analisi del movimento) Ed italiana a cura di Benedetti M. G. Milano Elsevier Italia srl p. 326

⁴⁰ ZEROWIRE EMG - Caratteristiche tecniche dell’Elettromiografo: Da 8 fino a 32 canali ZeroWire, 8 canali basografici ZeroWire, Unità trasmittente ultra-leggera (12 g), Stand alone e interfacciabile con tutti i principali sistemi di analisi del movimento; Rilevamento EMG, conversione A/D e trasmissione RF effettuati da ciascun elettrodo (16 bit - fino a 4Ksamples/s), Frequenza di trasmissione: 2,4 GHz; Trasmissione digitale del segnale EMG; Disponibilità di uscite digitali e analogiche; Acquisizione dati digitale diretta su PC; Software di controllo remoto di tutti i parametri funzionali Batteria Li-Ion ricaricabile integrata; Portata: fino a 20 metri; Videoregistrazione sincrona.

tipo neurogeno (atrofia neurogena, provocata dalla lesione del motoneurone, della radice o del nervo) o muscolare (atrofia miogena, provocata dal danneggiamento di alcune fibre muscolari).

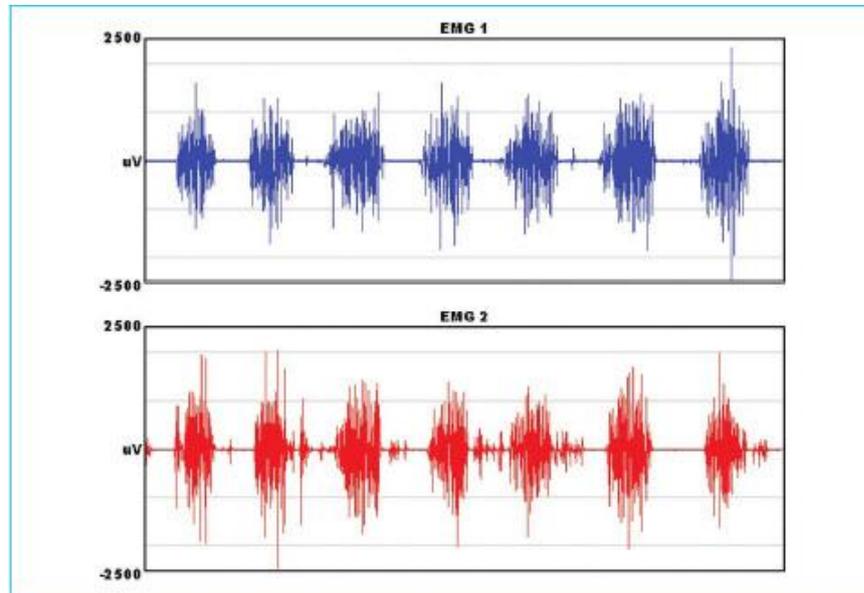
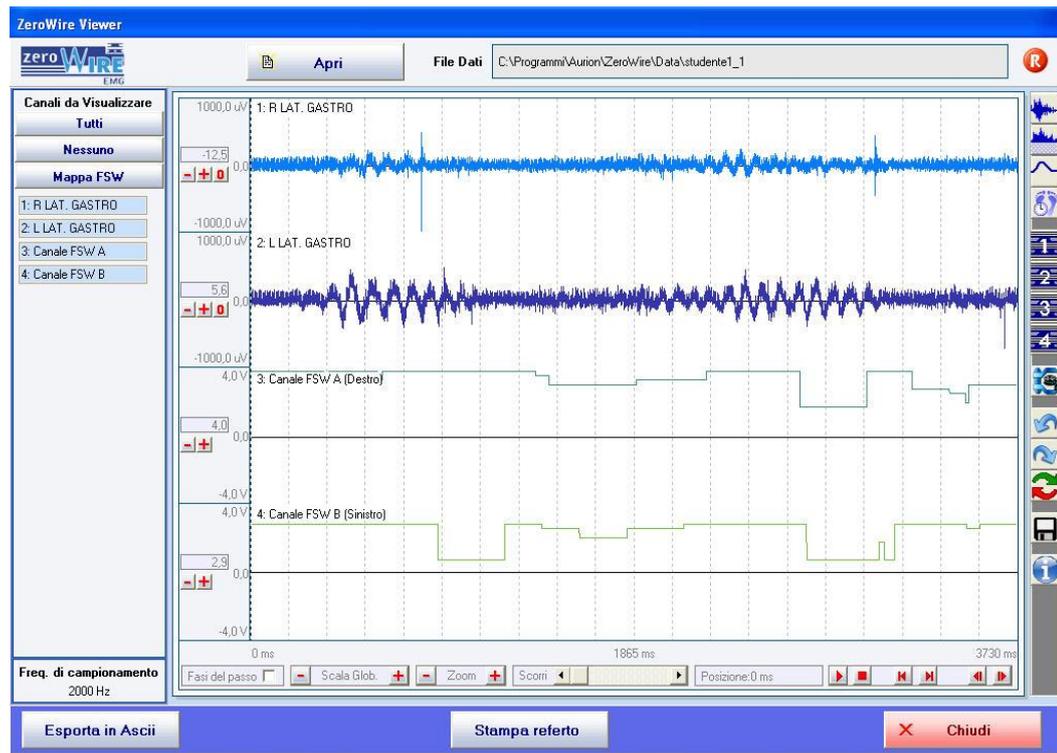


Figura 11

In un muscolo a riposo, non c'è alcuna attività elettrica: il cervello, non ricevendo segnali interni o esterni, non trasmette impulsi nervosi, quindi non esiste nessun passaggio di corrente elettrica all'interno del muscolo.

Quando il muscolo riceve un input per eseguire un movimento volontario graduato, si registrano il passaggio di corrente elettrica e un'attività sempre più complessa. Nei movimenti lievi, si può ottenere l'attivazione di una sola unità motoria con pulsazioni poco frequenti.

Questo movimento consente lo studio del potenziale di unità motoria. Nei movimenti più complessi e intensi, si attivano all'interno del muscolo nuove unità motorie (sommazione spaziale) e, nel frattempo, ogni singola unità motoria aumenta la frequenza delle proprie pulsazioni (sommazione temporale).



Report EMG ZeroWire

Quindi come descritto nei muscoli a riposo non esiste attività elettrica. Se viene rilevata con l'EMG nel muscolo, un'attività spontanea a riposo ci troviamo in presenza di un'anomalia: ciò, infatti, può indicare un'affezione acuta o cronica del nervo periferico, una rigenerazione nervosa o una sindrome miotonica.

Solitamente un tracciato elettromiografico ricco di un segnale di debole ampiezza (polifasico), in un muscolo in contrazione, fa considerare la possibilità di una patologia a carico del muscolo. Al contrario, un tracciato elettromiografico povero di segnali, ma con dei potenziali talvolta di grande ampiezza, indirizza verso un'affezione nervosa.⁴¹

⁴¹ Cfr. I Quaderni Distrofia Muscolare N. 2 – L'elettromiografia Clinica – UILDIM (Unione Italiana lotta alla Distrofia Muscolare).

Energia, lavoro e potenza

Nello studio della biomeccanica è importante definire le caratteristiche di alcuni elementi che intervengono nelle attività della vita di ogni uomo. Questi elementi sono energia, lavoro e potenza.

“Si definisce energia la capacità di sviluppare lavoro.

Energia e lavoro si misurano perciò con la stessa unità di misura, che è il Joule. Un lavoro si compie quando una forza F si sposta di una distanza L . Un lavoro unitario si ha quando tutte le grandezze sono unitarie. L'unità di lavoro ha nome Joule:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m},$$

e le dimensioni del Joule sono forza · lunghezza.

E' importante ricordare che il lavoro (come del resto l'energia e la potenza), pur derivando dal prodotto di due grandezze vettoriali, (forza e spostamento), è una grandezza non vettoriale. Il lavoro può essere erogato o assorbito.

Se lo spostamento avviene nella stessa direzione della forza, il prodotto $F \cdot L$ è positivo, ed il lavoro è erogato. Quando questo avviene nell'esercizio fisico, l'esercizio si dice di tipo concentrico.

Se invece lo spostamento avviene in direzione contraria alla forza, e questo vuol dire che esiste un meccanismo che si oppone alla forza, il prodotto $F \cdot L$ è negativo.

Per il corpo umano ciò avviene quando il muscolo sviluppa una forza, ma in condizione esterna costringe il muscolo ad allungarsi. E' un tipo di esercizio chiamato eccentrico (ad esempio nell'atto di sedersi) (figura 12).

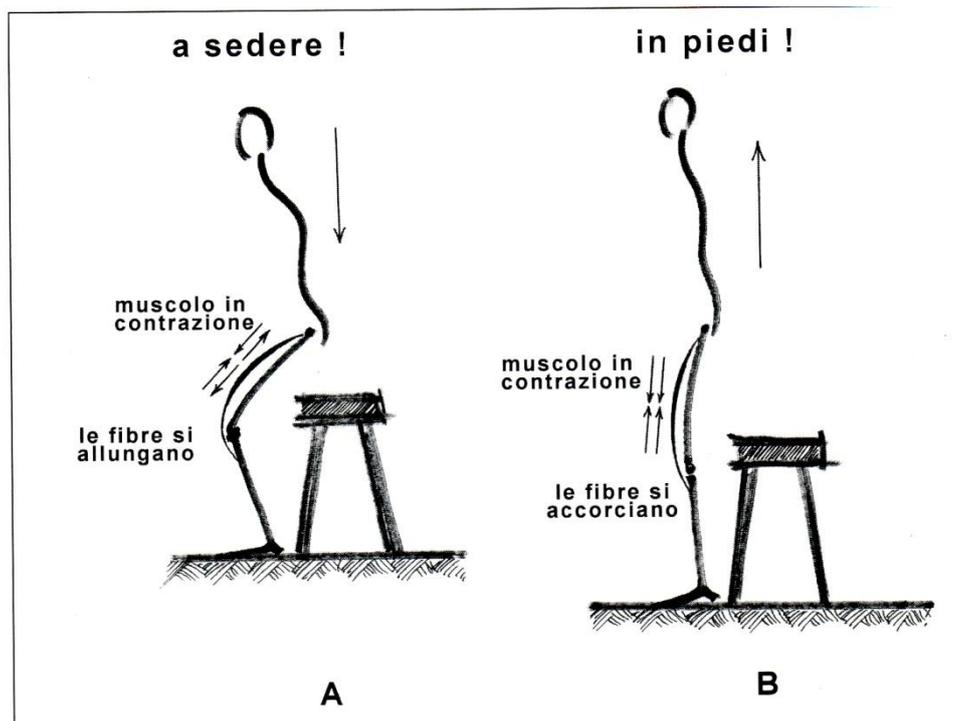


Figura 12

Da Puglisi F. (2007) Biomeccanica – Introduzione alle misure strumentali di Postura e Movimento – Marrapese Editore Roma –p. 114 In A l'azione è di tipo eccentrico, perché le fibre muscolari vorrebbero contrarsi, ma il loro reclutamento non è sufficiente a vincere la forza di gravità che flette il ginocchio. In B l'azione è concentrica, perché le fibre sono eccitate a contrarsi e il livello di eccitazione più il numero di fibre reclutate sono sufficienti a vincere la forza di gravità.

Il quadricipite si contrae come per estendere il ginocchio (altrimenti cadremmo sul sedile) ma non abbastanza da bilanciare la forza di gravità, che tira il tronco verso il basso.

Il risultato netto è una lenta accelerazione verso il basso, e col quadricipite contratto e le cui fibre si allungano, benché il sistema nervoso centrale mandi segnali elettrici per la loro contrazione.

Quando ci si alza da sedere l'esercizio è invece concentrico: il quadricipite si contrae e il movimento avviene in modo tale da effettivamente accorciare le sue fibre, in accordo con i segnali di eccitazione.”⁴²

⁴² Puglisi F. (2007) Biomeccanica – Introduzione alle misure strumentali di Postura e Movimento – Marrapese Editore Roma pp 113-114

Sistema Tekscan Grip

Il sistema Tekscan Grip (Tekscan Grip Pressure Measurement System)⁴³ è un sistema portatile per la misurazione e la valutazione dell'azione pressoria statica e dinamica esercitata dalle mani quando afferrano un oggetto.

Il sistema Grip può essere utilizzato: negli sport che prevedono l'utilizzo di un attrezzo, nello studio ergonomico di oggetti, nello studio della sindrome da tunnel carpale, e nell'analisi di movimenti ripetitivi.

Nella valutazione dei progressi e delle strategie in ambito riabilitativo nei pazienti che hanno difficoltà nei compiti motori che prevedono l'obiettivo di afferrare e spostare un oggetto.



⁴³ Caratteristiche del sistema: Misura simultanea mano dx e sx, frequenza di campionamento fino a 850 Hz (fotogrammi al secondo) Sensori con 18 regioni di rilevamento – ogni regione dispone di più elementi sensibili (sensels) per l'identificazione dei punti di pressione sulla mano.

La realtà virtuale

La realtà virtuale (virtual reality VR) è il termine che è comunemente utilizzato per indicare una specifica condizione dove la realtà viene, mediante particolari strumentazioni, simulata.

Possiamo definirla come una realtà che simula la realtà effettiva quindi tramite la tecnologia la rende virtuale.

La storia della realtà virtuale è molto recente. I primi tentativi di coinvolgere tutti i sensi in maniera realistica furono fatti nel cinema per appassionare lo spettatore nell'azione che era proiettata sullo schermo.

Nel 1962 Morton Heilig costruì un prototipo chiamato Sensorama che proiettava i film coinvolgendo molti sensi (vista, udito, olfatto e tatto).

Nel 1968 Ivan Sutherland creò quello che fu considerato il primo sistema di realtà virtuale con visore. Il sistema era grezzo e pesante e la grafica era costituita da stanze in wireframe⁴⁴.

Il primo vero esempio di sistema di realtà virtuale è stato l'Aspen Movie Map creato nel 1977 al Massachusetts Institute of Technology. Il programma riproduceva una simulazione della città di Aspen in Colorado, un cui gli utenti potevano camminare per le vie della città scegliendo fra tre diverse modalità: inverno, estate e poligonale.

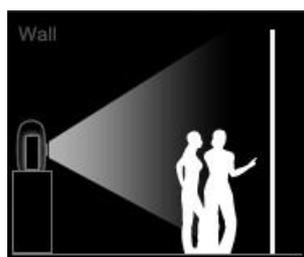
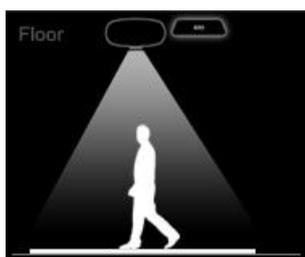
Il sistema si basava su filmati e ricostruzioni poligonali ma grezzi e poco realistici data la scarsa tecnologia a disposizione in quegli anni. Il termine virtual reality fu coniato nel 1989 da Jaron Lanier pioniere nelle ricerche in questo campo e fondatore della compagnia VPL Research (Virtual Programming Languages), linguaggi di programmazione virtuale.

Oggi la moderna tecnologia consente di creare ambienti di realtà virtuale immersiva (l'ambiente è costruito intorno all'utente) utilizzando questa tecnica soprattutto in ambito riabilitativo.

⁴⁴ Da Wikipedia – Wireframe o wire frame model (modello in filo di ferro) indica un tipo di rappresentazione grafica da computer di oggetti tridimensionali. Con questo metodo vengono disegnati soltanto i bordi dell'oggetto, il quale di fatto resta trasparente al suo interno (sembrando, appunto, costruito con il filo di ferro).

BTS Nirvana

Il BTS Nirvana è un sistema di analisi del movimento markerless con Biofeedback real time⁴⁵. Questo sistema consente una completa immersione visiva e uditiva in un ambiente virtuale interattivo, creando esperienze percettive suggestive e stimolanti. Il sistema si basa su di un dispositivo optoelettronico a raggi infrarossi con tecnologia markerless e un videoproiettore collegato al sistema che riconosce il movimento del soggetto modificando conseguentemente l'ambiente proiettato. Gli ambienti possono essere proiettati su superfici



orizzontali o verticali con i quali il soggetto è in grado di interagire attraverso il semplice movimento. Oltre che per scopi prettamente

riabilitativi il Nirvana può essere utilizzato per il recupero di deficit cognitivi. Il soggetto attraverso numerosi feedback sensoriali, riceve stimoli cognitivi e motori che agiscono non solo sulla componente meccanica ma soprattutto su quella emozionale e motivazionale.

Gli esercizi proposti con il Nirvana sono corredati da una metrica che permette di monitorare la performance del particolare esercizio e di decidere quando variarne il livello di difficoltà. Inoltre, lo score, visualizzato durante l'esecuzione dell'esercizio, costituisce un'ulteriore stimolo motivazionale per il soggetto.

L'acquisizione via webcam di ogni sessione, unitamente all'opportunità di valutare secondo parametri quantitativi il lavoro svolto, rende possibile un'analisi nel tempo dell'attività del soggetto, i cui dati anagrafici e medici sono contenuti

⁴⁵ BTS Nirvana – caratteristiche: Markerless Motion Analysis unit – Videoproiettore 6000 ansilumens workstation con touchscreen – webcam – lettore schede RFID.

nella scheda RFID. Alla fine di ogni sessione di lavoro, è possibile generare un report con l'elenco degli esercizi svolti e i punteggi ottenuti per ognuno.

È possibile, inoltre, avere una rappresentazione temporale dei risultati del ciclo riabilitativo per evidenziare i progressi del soggetto e i benefici ottenuti con il trattamento.

Gli esercizi proposti con il sistema adottano particolari protocolli. Questi sono i principali:

1. Sprites

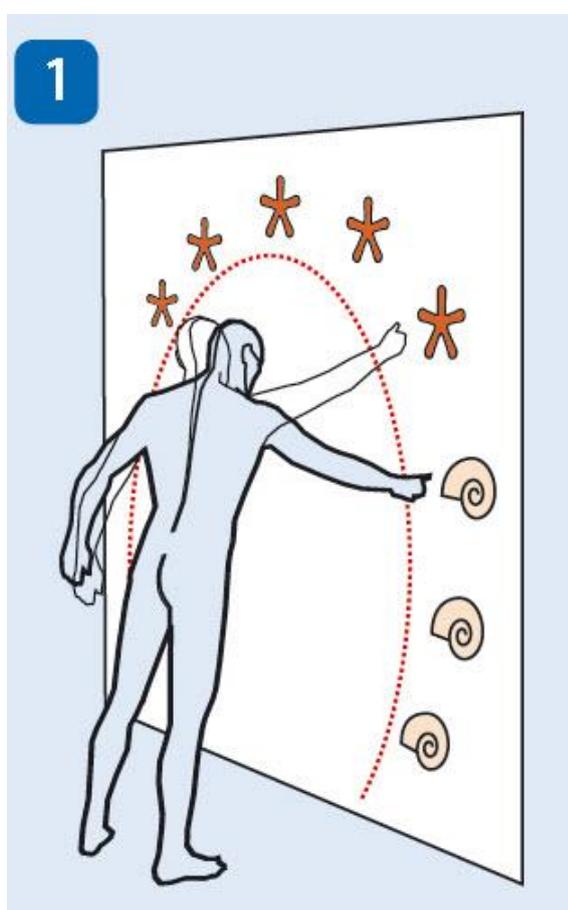
La tipologia “Sprites” richiede da parte del soggetto la programmazione di movimenti finalizzati a raggiungere, toccare e talvolta manipolare una serie di oggetti. Il tocco del paziente innesca un feedback visivo e/o uditivo. A seconda del particolare esercizio saranno quindi coinvolti gli arti superiori, il tronco e/o gli arti inferiori.

Metriche

Numero di elementi colpiti, tempo di esecuzione o numero di errori compiuti (elementi colpiti non in sequenza).

Esempio

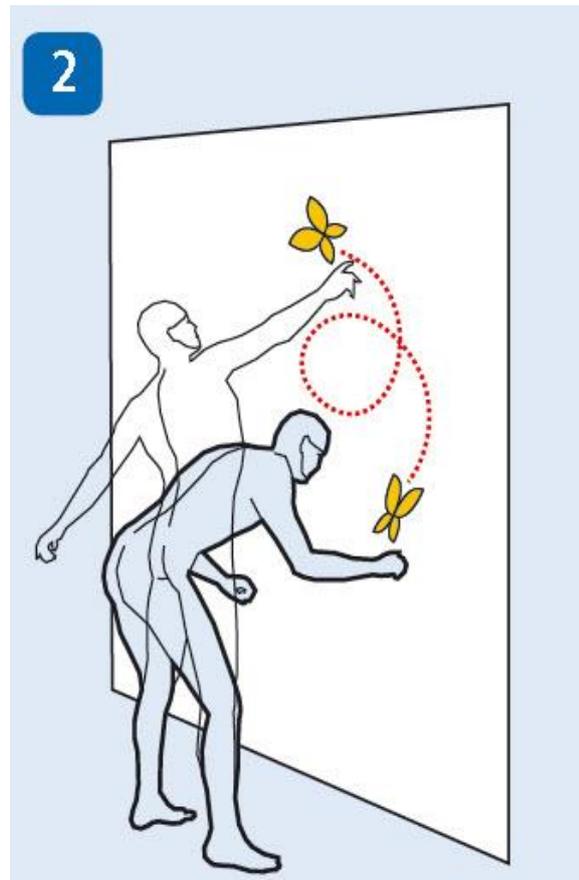
L'esercizio consiste nel toccare in sequenza delle stelle marine trasformandole in conchiglie, eseguendo dapprima un movimento continuo di abduzione del braccio a gomito esteso fino a toccare la stella più alta, successivamente con rotazione e flessione (anteriore e laterale) del tronco⁴⁶.



⁴⁶ Da BTS Biomedical www.btsbioengineering.com

2. Follow me

La tipologia “Follow me” richiede, da parte del soggetto, l’esecuzione di movimenti con controllo on-line. Include esercizi che prevedono di seguire degli elementi che si muovono sulla superficie di proiezione. Secondo l’esercizio saranno più o meno coinvolte: coordinazione degli arti inferiori per il cammino, coordinazione di spalla e gomito per l’inseguimento nella proiezione a parete, in alcuni casi verranno anche richiesti specifici movimenti al raggiungimento dell’elemento.



Metriche

Tempo di esecuzione (attivazione degli elementi e inseguimento) o errore d’inseguimento (spaziale o temporale).

Esempio

Questo esercizio consiste nell’attivare con l’arto superiore farfalle e uccellini e seguirne con la mano il loro movimento⁴⁷.

⁴⁷ Da BTS Biomedical www.btsbioengineering.com

3. Motion

Questa tipologia include esercizi focalizzati sulla quantità di moto:

il paziente deve coprire la porzione più ampia della proiezione o, al contrario, cercare di mantenere posizioni fisse (controllo degli arti e del tronco). Si richiede per esempio di spazzare via con ampi movimenti dell'arto superiore una serie di elementi che nascondono un'immagine o al contrario di mantenere l'immobilità in modo da non attivare alcun effetto grafico e/o acustico.

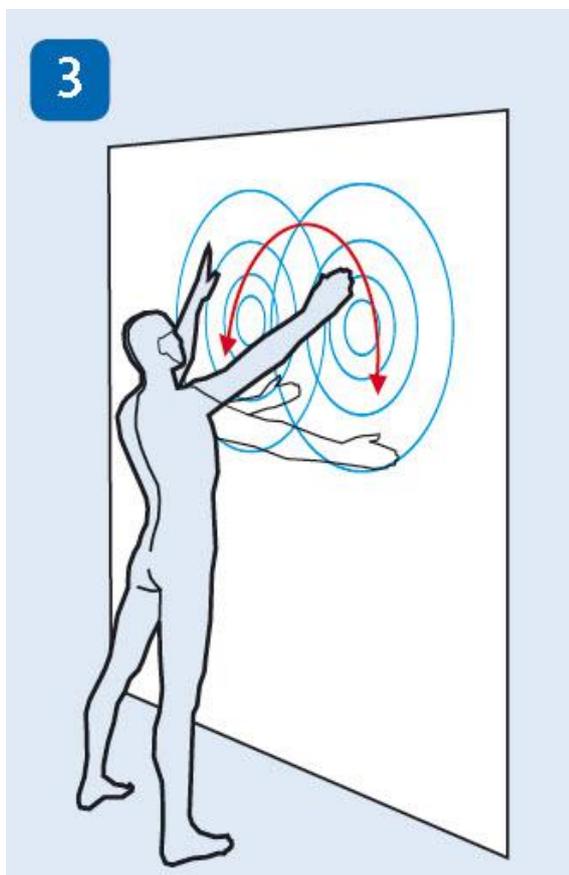
Metriche

Quantità di pixel attivati, percentuale di oggetti spostati o tempo di esecuzione.

Esempio

Esercizio WATER: attraverso il movimento s'increspa la superficie dell'acqua.

Se lo scopo terapeutico è stimolare movimento e coordinazione, il paziente dovrà agitare la superficie più ampia dello specchio d'acqua, se invece gli verrà richiesto di mantenere una posizione dovrà cercare di limitare il suo movimento, non turbandone la superficie⁴⁸.



⁴⁸ Da BTS Biomedical www.btsbioengineering.com

4. Hunt

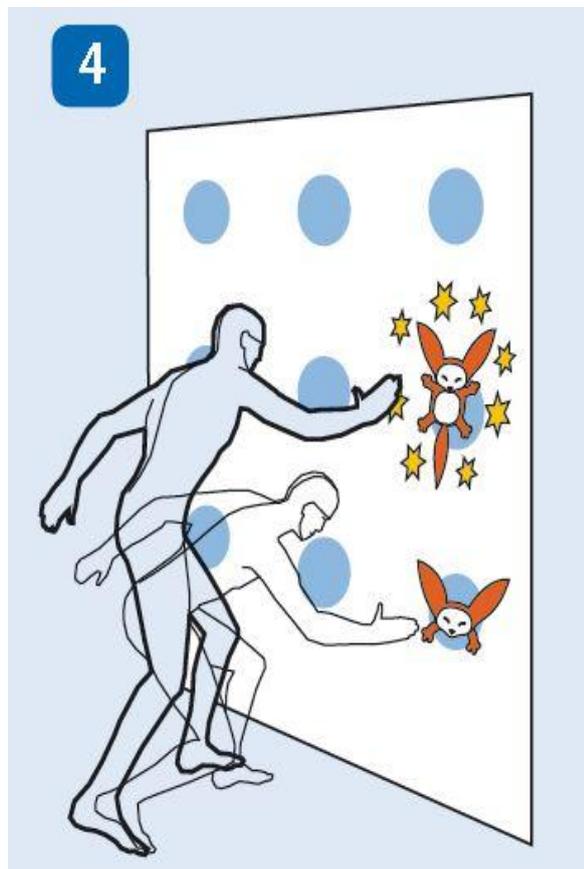
La tipologia “Hunt” include esercizi in cui il paziente deve raggiungere gli elementi che compaiono casualmente, per un tempo limitato, sulla superficie. Se il paziente riesce a colpire l’elemento target entro un determinato tempo, s’innesca una trasformazione visiva abbinata a un feedback acustico, altrimenti l’elemento scompare. A seconda dell’esercizio saranno quindi coinvolti gli arti superiori, il tronco o gli arti inferiori.

Metriche

Numero di elementi colpiti, il tempo di esecuzione o il numero di elementi mancati.

Esempio

L’esercizio FOX consiste nel colpire le volpi che escono in modo casuale dalle tane. Se non vengono centrate entro un certo tempo, le volpi scompaiono, rientrando nella tana⁴⁹.



⁴⁹ Da BTS Biomedical www.btsbioengineering.com

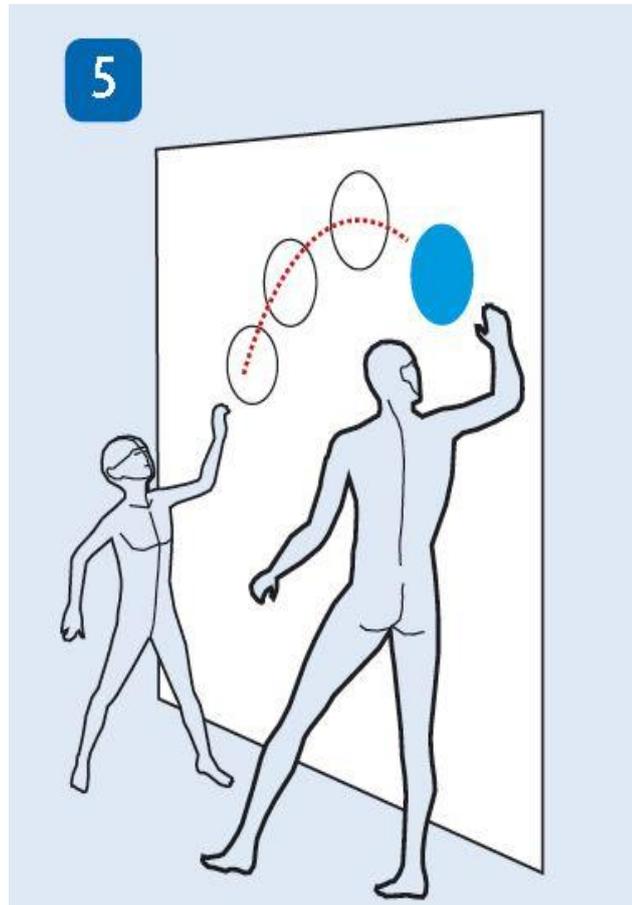
5. Games

La tipologia Games include una libreria di effetti che possono essere utilizzate liberamente dal terapeuta per impostare esercizi personalizzati.

L'effetto nell'esempio prevede un numero variabile di palloncini con cui uno o più pazienti possono interagire lanciandoli da una parte all'altra della superficie, utilizzando gli arti superiori e inferiori.

Questo sistema può essere integrato con il sistema di elettromiografia di superficie

BTS per una valutazione funzionale del soggetto, permettendo l'analisi ulteriore delle strategie di esecuzione del movimento.



Consumo energetico

Il movimento del nostro corpo richiede energia per la contrazione muscolare. La misura della spesa energetica metabolica fornisce un'indicazione complessiva sulla prestazione del movimento.

“L'energia rappresenta la capacità di eseguire il lavoro. L'energia coinvolta nella produzione del lavoro è definita energia cinetica. L'energia che viene immagazzinata è definita energia potenziale.

Esistono sei differenti forme di energia: chimica, meccanica, calore, luce, elettrica e nucleare. Il trasferimento di una forma di energia a un'altra è possibile secondo la legge di conservazione dell'energia, la quale afferma che nel processo di conversione l'energia non può essere né acquisita né persa. L'energia presente nel cibo è costituita da energia biochimica e viene convertita in lavoro meccanico e calore tramite le contrazioni muscolari durante il movimento. Potenza è il termine impiegato per esprimere la velocità alla quale il lavoro viene eseguito; la potenza esprime quindi un concetto di tempo. Il soggetto, che può sollevare un carico per una data distanza due volte più veloce rispetto a un altro, risulta due volte più potente”.⁵⁰

Calorimetria

“L'unità di base dell'energia calorica è rappresentata dalla caloria grammo (cal) o dalla caloria chilogrammo (Kcal). Una caloria grammo costituisce il quantitativo di calore necessario per innalzare la temperatura di un grammo di acqua di un grado centigrado.

Per la legge di conservazione dell'energia, il quantitativo di energia che viene rilasciato dalla completa degradazione metabolica del cibo risulta analogo a quello della sua accensione e combustione con l'ossigeno in una bomba calorimetrica. Approssimativamente, 4,82 Kcal di calore vengono liberate quando un pasto tipico di carboidrati, grassi e proteine viene bruciato con un litro di ossigeno.

La spesa energetica fisiologica a riposo o durante l'esercizio può essere misurata mediante la determinazione del calore corporeo e della produzione di lavoro.

⁵⁰ Perry j. (2005) Gait analysis (Analisi del movimento) Ed italiana a cura di Benedetti M. G. Milano Elsevier Italia srl p.371

Questo metodo è definito calorimetria diretta. La misura del calore corporeo mediante la calorimetria diretta risulta comunque complessa e impraticabile in laboratorio.

La calorimetria indiretta impiega un metodo più semplice per determinare la spesa energetica e risulta equivalente alla calorimetria diretta.

Si basa sulla premessa che le vie metaboliche aerobiche rappresentano il metodo principale per generare adenosina trifosfato (ATP) durante l'esercizio prolungato.

Misurando il consumo di O₂ si determina in maniera indiretta la spesa energetica.

Nella maggior parte della letteratura, è riportato il volume del gas O₂ in millilitri (ml) senza la conversione dei dati in calorie. Dal momento che la dimensione del corpo influenza l'entità dell'ossigeno consumato, per rendere possibile il confronto intersoggettivo, il volume di ossigeno viene diviso per il peso corporeo.

Negli studi sull'esercizio il volume di ossigeno consumato è in genere riportato in condizioni standard di temperatura (0°), pressione (760 mmHg) e secchezza (assenza di vapore acqueo). Il consumo di O₂ (O₂ costo) rappresenta il quantitativo di O₂ consumato al minuto (ml/kg per minuto).⁵¹

Il consumo di O₂, quindi, è preso come riferimento per l'intensità dell'esercizio effettuato in relazione al tempo impiegato per eseguirlo.

Quando parliamo di costo di O₂, ci riferiamo a "costo dell'ossigeno (O₂ costo) consumato per metro (ml/Kg per metro)" indicando come risultato l'energia necessaria per camminare su di una distanza standard di 1 metro.

Il costo dell'ossigeno è equivalente al consumo di O₂ diviso la velocità del cammino.

Nella comparazione tra due individui dei relativi costi di ossigeno possiamo rilevare una maggiore efficienza nell'individuo che presenta un costo di ossigeno inferiore.

"Il consumo di O₂ (ml/kg per minuto) indica l'intensità dello sforzo fisico durante l'esercizio ed è un parametro dipendente dal tempo, mentre il costo di O₂ (ml/Kg per metro) non dipende dal tempo".⁵²

⁵¹ Perry j. (2005) Gait analysis (Analisi del movimento) Ed italiana a cura di Benedetti M. G. Milano Elsevier Italia srl p.372

⁵² Perry j. (2005) Gait analysis (Analisi del movimento) Ed italiana a cura di Benedetti M. G. Milano Elsevier Italia srl p.373

“Il trasferimento dell’energia dal metabolismo del cibo avviene in base a una serie di reazioni biochimiche lungo le catene delle diverse vie metaboliche; attraverso i legami chimici l’unità energetica biochimica finale è rappresentata dall’adenosina trifosfato (ATP). Quando l’ATP è convertita in adenosina difosfato (ADP), si libera energia che può essere trasferita alle altre molecole.



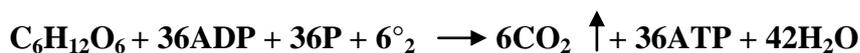
E’ questa l’energia che determina l’accorciamento degli elementi contrattili del muscolo. Il quantitativo di ATP immagazzinato nelle cellule è ridotto e può sostenere la contrazione muscolare solamente per alcuni secondi. Nel muscolo, un limitato quantitativo di energia per la sintesi dell’ATP può essere fornito in maniera anaerobica dalla fosfocreatina (phosphare, creatine CP)”.⁵³



“Nonostante il quantitativo di CP nel muscolo sia da 3 a 5 volte superiore al quantitativo dell’ATP, la maggioranza dell’energia necessaria per riformare l’ATP durante l’attività muscolare prolungata è generata in maniera attiva a partire da altre fonti”.⁵⁴

“Durante l’esercizio prolungato, l’ossidazione aerobica dei carboidrati e dei grassi rappresenta la forza energetica principale per generare l’ATP. Questi substrati sono ossidati attraverso una serie di reazioni enzimatiche che conducono alla produzione dell’ATP.

L’equazione per il metabolismo aerobico del glucosio è:



Equazioni simili riassumono l’ossidazione aerobica dei grassi”.⁵⁵

“E’ disponibile un secondo tipo di reazione ossidativa definita ciclo glicolitico, che non richiede l’ossigeno. In questa via, i carboidrati o i grassi sono convertiti in piruvato e lattato.

L’equazione per il metabolismo glicolitico del glucosio è:



⁵³ *Ibidem.*

⁵⁴ *Ibidem*

⁵⁵ *Ibidem.*

Il bicarbonato tampona il lattato nel sangue determinando la formazione di CO₂ che è esalata nell'aria espirata; questo processo è riassunto nelle seguenti reazioni:⁵⁶



L'uso dei carboidrati o dei grassi nell'ossidazione aerobica o in quella anaerobica dipende da una serie di fattori come dal tipo di lavoro muscolare che può essere continuo, intermittente, breve o prolungato, dall'intensità, dal livello di allenamento individuale, dalla dieta, dalla costituzione fisica, e dallo stato di salute generale.

La differenza sostanziale tra la produzione aerobica e quella anaerobica è che la quantità di energia che può essere prodotta in maniera anaerobica è limitata. Infatti, l'ossidazione aerobica dei carboidrati produce un'energia circa 19 volte superiore rispetto a quella anaerobica⁵⁷.

Possiamo quindi definire l'ossidazione anaerobica quella che fornisce energia al muscolo per un'attività intensa, improvvisa ma di breve durata. L'ossidazione aerobica è invece in grado di fornire al muscolo un'energia costante dovuta alla continua produzione di ATP, per cui un soggetto può compiere un esercizio a una velocità costante per un tempo prolungato senza un termine di esaurimento definibile.

“La capacità aerobica massima (VO₂ max) rappresenta il più elevato introito di ossigeno che un individuo può raggiungere durante l'esercizio. E' un parametro dipendente dal tempo e viene espresso nelle stesse unità del consumo di O₂ (ml/kg per minuto): rappresenta la capacità massima di produzione dell'energia aerobica dell'individuo e costituisce l'indicatore singolo migliore della capacità di svolgere il lavoro e di forma fisica. In genere, un individuo è in grado di raggiungere il proprio VO₂ max entro i primi due o tre minuti di esercizio intenso”.⁵⁸

L'età è uno dei fattori che incide sulle variazioni di VO₂ max: si riscontra un aumento massimo fino a circa venti anni, poi si riduce, soprattutto a causa di una diminuzione della frequenza cardiaca massima e del volume espulso e per stili di

⁵⁶ *Ibidem*.

⁵⁷ Cfr. Perry j. (2005) *Gait analysis (Analisi del movimento)* Ed italiana a cura di Benedetti M. G. Milano Elsevier Italia srl.

⁵⁸ Perry j. (2005) *Gait analysis (Analisi del movimento)* Ed italiana a cura di Benedetti M. G. Milano Elsevier Italia srl p. 374

vita sedentari. Ulteriori differenze si riscontrano per la composizione corporea e per il contenuto di emoglobina tra i due sessi⁵⁹.

Queste differenze di VO₂ max tra uomini e donne si riscontrano non tanto per la massa corporea magra che è molto simile nei due sessi, ma a causa della maggiore corporatura e dell'elevata concentrazione di emoglobina nell'uomo e nella maggiore quantità di tessuto adiposo nelle donne che ne determina una differenza dal 15 al 20% maggiore negli uomini.

Il Calorimetro SenseWear Armband (Body Monitoring System)

Il sistema di monitoraggio Body Monitoring System è un Holter metabolico che consente di registrare e analizzare informazioni accurate del dispendio energetico, dell'attività fisica e dello stile di vita in condizioni "free living" durante le attività sportive o durante la normale vita quotidiana.

Il sistema è formato dal SenseWear Armband⁶⁰, uno strumento leggero e comodo, clinicamente validato che s'indossa sul braccio. Questo strumento è in grado di registrare in continuo una serie di dati fisiologici corporei. I dati raccolti sono



trasferiti via cavo USB o wireless al computer che attraverso un software dedicato (InnerView) gli analizza e li presenta graficamente riportando i dati riguardanti il

⁵⁹ *Ibidem*

⁶⁰ Caratteristiche tecniche: Peso con fascia regolabile: 82.2g (2.9 oz) Dimensioni: 88.4mm x 56.4mm x 21.4mm (3.45 in x 2.2 in x 0.85 in) Alimentazione: 1 batteria AAA, 1.5 V, Materiali: Monitor Armband: ABS, urethane, approvato FDA co-poliestere, acciaio medico ipoallergenico. Fascia regolabile: nylon, poliester, poli-isoprene (senza lattice) Temperatura / umidità di esercizio: 0° C - 45° C / 100% RH Capacità memoria interna: 12 giorni (alla frequenza di memorizzazione di 1 campione al min).

dispendio energetico, alla durata e livello dell'attività fisica, al numero dei passi e ai METs medi consumati su di uno specifico referto.

Il sistema utilizza quattro sensori di segnali fisiologici:

1. Temperatura cutanea – misura della temperatura della superficie cutanea;
2. Risposta galvanica della cute – misura l'impedenza della pelle che riflette il contenuto idrico cutaneo e la costrizione o dilatazione dei vasi periferici;
3. Calore dissipato – misura la frequenza di dissipazione del calore dal corpo;
4. Accelerometro a due assi – misura del movimento.

Questi sensori abbinati ad algoritmi specifici sono in grado di fornire le seguenti informazioni:

- Dispendio energetico totale (kcal);
- Dispendio energetico attivo (kcal);
- Dispendio energetico a riposo (kcal);
- METs;
- Numero totale dei passi;
- Durata dell'attività fisica (PAD);
- Durata del sonno;
- Tempo sdraiato.

La misura del metabolismo basale con la calorimetria indiretta è indispensabile per un corretto bilancio metabolico mirato alle necessità nutrizionali del singolo soggetto.

Con il calorimetro è possibile misurare anche le calorie consumate con le attività motorie e fisiche durante una seduta di allenamento o durante tutto l'arco della giornata.

Il consumo calorico determinato con apparecchiature prevalentemente utilizzate in centri di ricerca che utilizzano la calorimetria indiretta, viene valutato mediante questo sistema che permette il calcolo del dispendio energetico/calorie consumate durante tutto il periodo di osservazione.

Impedenziometro (Bodycomp MF)

Il Bodycomp MF⁶¹ Misuratore di Impedenza corporea digitale in Multifrequenza (figura 13), è uno strumento che consente l'analisi della composizione corporea.

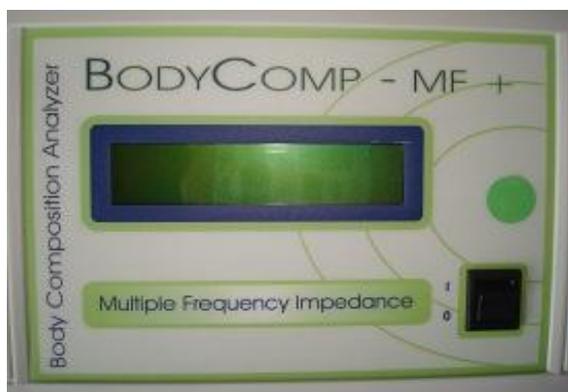


Figura 13

L'analisi impedenziometrica corporea (Body Impedance assessment o B.I.A.) è ottenuta con la tecnica tetra polare, con corrente bifasica a 5 – 50 – 100 KHz di frequenza e consente la misurazione dell'acqua corporea totale. Basata sul principio della diversa conduzione dei tessuti al passaggio di una debolissima corrente elettrica alternata, in relazione al loro contenuto di acqua ed elettroliti (Sali minerali) restituisce una misura della resistività corporea, che può essere tradotta in termini percentuali di massa magra e massa grassa. Infatti, i tessuti poveri di elettroliti (Tessuto adiposo) presentano un'impedenza maggiore, al contrario gli altri tessuti ricchi di elettroliti presentano un'impedenza minore. Oltre a queste misurazioni consente anche il calcolo dell'Indice di Massa Corporea (B.M.I. Body Mass Index) e il metabolismo basale del soggetto. I dati registrati dallo strumento sono riportati sul computer e attraverso un software dedicato vengono elaborate le seguenti informazioni:

- Acqua totale in Kg/lit.
- Acqua totale in percentuale.
- Acqua Extracellulare in percentuale.

⁶¹ Caratteristiche Tecniche: dimensioni 18,5x13x6 cm; peso 420 gr; corrente generatore ad onda quadra, intensità 400 μ A; frequenza 5 -50 -100 KHz – Range di misura 0-999 Ohm – display LCD – alimentatore a batteria ricaricabile NiMH 5 ore uso continuo.

- Acqua Extracellulare in Kg/lt.
- Metabolismo basale in Kcal.
- Massa magra in Kg.
- Massa magra in percentuale.
- Massa Grassa in Kg.
- Massa Grassa in percentuale.
- Indice di massa corporea (BMI).

Performance Analysis

L'analisi della performance è quella particolare analisi che si occupa, attraverso l'uso dell'analisi video e di specifiche tecnologie basate su riprese video, di migliorare la prestazione sportiva degli atleti. Essa utilizza l'analisi biomeccanica e l'analisi notazionale.

Questo tipo di analisi richiede una serie di specifiche informazioni per fornire un feedback agli allenatori e agli atleti.

L'analisi biomeccanica in genere analizza le tecniche sportive, la meccanica e l'anatomia del gesto motorio.

L'analisi notazionale dei movimenti o degli schemi motori negli sport di squadra si occupa principalmente della strategia e della tattica di quel particolare sport.

L'analisi si basa su precisi indicatori che evidenziano le buone o cattive tecniche e la prestazione complessiva della squadra. Sono un valido strumento per gli allenatori che possono valutare le performance di squadra e comparare le performance individuali. La biomeccanica individua le tecniche dannose, mentre la notazionale valuta l'attività a livello fisiologico e psicologico⁶².

L'osservazione è alla base di questo tipo di analisi. I primi sistemi eseguivano l'analisi mediante registrazioni manuali con evidenti problemi di oggettivo feedback. L'avvento del computer e le moderne tecnologie video hanno risolto questo problema consentendo di trattare i dati e le relative risposte digitalmente. Questo ha reso il lavoro degli analisti più semplice e ha consentito ad allenatori e atleti di comprendere intuitivamente i dati elaborati.

⁶² Cfr. Hughes, M., Lipoma, M., Sibilio, M., (2009) "La performance Analysis" Ed. Franco Angeli - Milano

Focus/ Dartfish Video Analisi

Focus e Dartfish sono software di video analisi performativa. Vengono utilizzati per la valutazione biomeccanica, la valutazione degli squilibri muscolari, la prevenzione degli infortuni, l'analisi del cammino, per i test fitness, e per le valutazioni sulla tecnica sportiva. I software eseguono un'analisi del video che riproduce una particolare sequenza di un gesto motorio o di un esercizio. I pixel che formano l'immagine sono marcati da sensori (marker) che restituiscono una serie di dati (movimento, velocità, forza, resistenza, angoli dei vari segmenti corporei, postura, dinamica, numero di ripetizioni del gesto motorio, ecc.) da cui è possibile trarre le informazioni per l'analisi del gesto. Nel laboratorio di analisi del movimento possono anche essere utilizzati come supporto di analisi video qualitativa in campo riabilitativo.

I software di video analisi possono essere utilizzati come piattaforma sui cui integrare le informazioni provenienti da altre tecnologie come: cardiofrequenzimetri, tachimetri, dinamometri, EMG, GPS, ergometri ecc. .



Schermata Dartfish

Protocolli di acquisizione

Per un corretto uso e un preciso utilizzo finalizzato a ottenere specifiche risposte, tutte le tecnologie hanno bisogno di particolari procedure per la corretta acquisizione dei dati.

Queste procedure sono identificate nella letteratura scientifica con il nome di protocolli.

“I protocolli sono formati dalla sequenza di operazioni che occorre effettuare per acquisire i dati biomeccanici. I dati biomeccanici che sono acquisiti e quindi anche le operazioni da eseguire, sono intimamente legati al modello del sistema sotto studio”.⁶³

Le fasi caratteristiche per la preparazione dei protocolli possono essere così riassunte:

1. Parametri – è la fase in cui vengono scelti i parametri significativi del fenomeno da misurare;
2. Modello – è la fase in cui viene costruito un modello matematico e/o fisico di riferimento;
3. Protocollo – è la fase in cui viene definito il protocollo per l’acquisizione dei parametri scelti⁶⁴.

“Ad esempio, se si vuole conoscere l’intrarotazione di un ginocchio durante il cammino, il modello dovrà considerare l’arto inferiore non come formato da due segmenti di retta che uniscono cerniere piane, ma da due corpi rigidi che si muovono nello spazio e che connettono perciò cerniere sferiche. Nel protocollo si dovrà prevedere uno o più punti di repere, oltre quelli sulle articolazioni. Il modello di riferimento è diverso perché si misurano cose diverse, e il protocollo varia in accordo (figura 14)”.⁶⁵

⁶³ Puglisi F. (2007) Biomeccanica – Introduzione alle misure strumentali di Postura e Movimento – Marrapese Editore Roma p. 215

⁶⁴ Cfr. Puglisi F. (2007) Biomeccanica – Introduzione alle misure strumentali di Postura e Movimento – Marrapese Editore Roma.

⁶⁵ *Ibidem*.

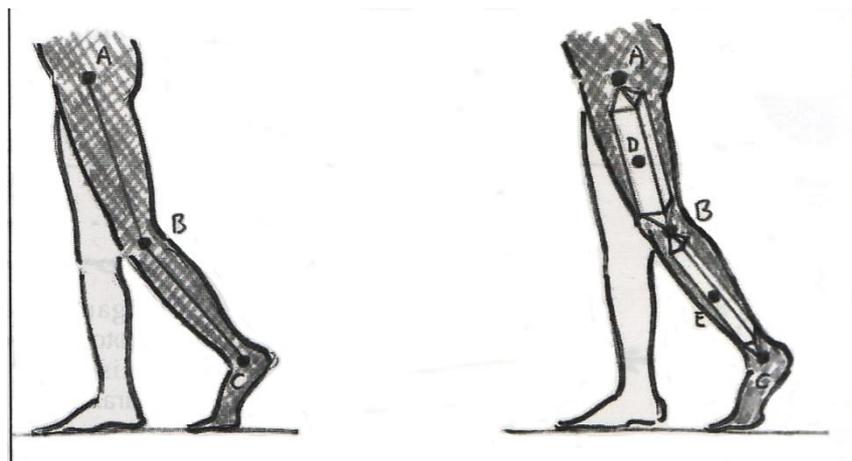


Figura 14: da Puglisi F. (2007) Biomeccanica – Introduzione alle misure strumentali di Postura e Movimento – Marrapese Editore Roma – p. 216 – Parametri da misurare, modelli e protocolli di acquisizione sono legati tra loro. A sinistra l'arto inferiore è modellizzato come due segmenti che si muovono nel piano. Se interessa misurare la sola flessione estensione del ginocchio, bastano tre marker A,B e C e una sola telecamera posta lateralmente al soggetto. Se si vuol conoscere la intrarotazione del ginocchio, a destra il modello diviene spaziale, occorrono almeno altri due marker D ed E e almeno una coppia di telecamere con software in grado di effettuare la ricostruzione spaziale.

I dati acquisiti tramite i protocolli in quasi tutte le misurazioni biomeccaniche rientrano in quella sfera di dati che data la loro particolare natura e la loro variabilità hanno bisogno di una lettura con metodo induttivo e di un trattamento statistico.

Metodologia della ricerca

In questo capitolo indagheremo sugli aspetti epistemologici della ricerca e ne chiariremo le fasi più importanti.

Possiamo distinguere la ricerca in due aree definite:

- Ricerca di base o pura;
- Ricerca applicata.

La ricerca di base o pura viene fatta per migliorare le conoscenze e la comprensione di determinati fenomeni per utilizzare le relative scoperte per ulteriori studi e nuove ricerche.

La ricerca applicata, utilizza le teorie e i metodi della ricerca pura, per individuare le migliori soluzioni ai reali problemi.

Nella ricerca vengono utilizzate diverse strategie, intese come un modo organizzato e ordinato, per ricercare la migliore soluzione al problema posto.

Le strategie implicano una serie di vincoli da rispettare. Più alto è il numero di vincoli imposti, più alta sarà la certezza dei risultati raggiunti.

I vincoli che si possono trovare nell'impostazione di una strategia di ricerca in genere riguardano:

- L'ambiente (luogo dove viene effettuata la ricerca);
- Le procedure di misurazione (protocolli, tipo di strumenti);
- La scelta dei soggetti (gruppo di lavoro sperimentale in cui sono manipolate variabili indipendenti o gruppi di controllo in cui vengono mantenute le condizioni originali).

Nella tabella⁶⁶ seguente sono riportati degli esempi sul numero dei vincoli partendo dal numero minore che identifica minor certezza di risultati fino al numero massimo che identifica strategie con maggior certezza di risultati.

⁶⁶ Da Pizzoli, A. Vegni, N., "Introduzione alla metodologia della ricerca Pedagogica" EUR Edizioni Universitarie Romane Gaia s.r.l. – Roma p. 11

-Certezza	Strategia di ricerca	Vincoli
	Osservazione naturalistica	Nessun intervento, nessuna ipotesi
	Studio di casi	Intervento, nessuna ipotesi
	Ricerca correlazionale	L'intervento può esserci o non esserci, vincolo sul tipo di variabili.
	Studi longitudinali e trasversali	Vincolo nel trattare nella stessa maniera i due gruppi, eccetto che per la variabile manipolata
	Quasi esperimenti	Vincoli sulle variabili con cui vengono formati i gruppi, sul trattamento, la misura del rendimento.
+ certezza	Ricerca sperimentale	Vincoli sul chi, come, dove ecc.

Il bisogno di fare ricerca normalmente nasce dall'esigenza di dover risolvere dei problemi. Questi problemi possono essere di varia natura: teorica e sociale.

L'individuazione dei problemi è legata a diversi fattori: interessi personali dei ricercatori, particolari avvenimenti o fatti su cui indagare, problemi sociali, richieste da un committente, proseguire filoni di ricerca già avviati da altri, convegni, discussioni, pubblicazioni su determinati temi, confermare teorie precedentemente studiate, per caso.

Possiamo per convenzione dividere la ricerca empirica, in sei fasi.

- Individuazione del problema
- Pianificazione del disegno sperimentale
- Raccolta dei dati
- Analisi dei dati
- Interpretazione dei risultati
- Comunicazione dei risultati⁶⁷

⁶⁷ Pizzoli, A. Vegni, N., "Introduzione alla metodologia della ricerca Pedagogica" EUR Edizioni Universitarie Romane Gaia s.r.l. – Roma pp. 11-12

Nella prima fase il ricercatore individua il problema. Questa fase è caratterizzata dalla necessità per il ricercatore di focalizzare gli aspetti principali su cui indagare eliminando quelli ritenuti secondari. A questo punto si porrà le domande relative al problema individuato. (Esempio di domanda di ricerca: “con questa metodologia gli allievi ottengono risultati migliori”? – “Questo metodo è più efficace di quest’altro”).

Formulata la domanda, il ricercatore redige un’ipotesi di ricerca. L’ipotesi di ricerca rappresenta un mezzo per la scoperta e l’investigazione su di un determinato fatto.

Il ricercatore, quindi, indica le relazioni esistenti tra le variabili su cui intende investigare tramite un’affermazione di tipo condizionale (se..., allora..., ecc.).

L’esempio potrebbe essere “Se avviene X, allora si osserva Y” (Se i soggetti subiscono una punizione, allora diventano aggressivi).

“L’ipotesi della ricerca deve essere verificabile empiricamente, e se confermata diventa un supporto per la teoria”.⁶⁸

Le principali strategie di ricerca che permettono di identificare e descrivere le variabili relative a un comportamento o a un fenomeno e di individuarne le eventuali relazioni sono le seguenti:

- Ricerca d’archivio;
- Osservazione naturalistica;
- Studio di casi singoli;
- Ricerche correlazionali;
- Studi longitudinali e trasversali;
- Inchiesta;
- Meta-analisi⁶⁹.

La ricerca d’archivio è una ricerca che viene effettuata su dati d’archivio costituiti da osservazioni e indagini svolte in precedenza da altri ricercatori. Questa ricerca

⁶⁸ Pizzoli, A. Vegni, N., “Introduzione alla metodologia della ricerca Pedagogica” EUR Edizioni Universitarie Romane Gaia s.r.l. – Roma p. 12

⁶⁹ Pizzoli, A. Vegni, N., “Introduzione alla metodologia della ricerca Pedagogica” EUR Edizioni Universitarie Romane Gaia s.r.l. – Roma p. 13

è caratterizzata dal fatto che i dati non possono subire variazioni perché già raccolti e archiviati e dai costi contenuti.

L'osservazione naturalistica si basa sulla non intrusività del ricercatore nel raccogliere dati relativi al comportamento delle persone. Infatti, questa tecnica è utilizzata in ambiente naturale e senza che il ricercatore interferisce con l'investigato che può esprimere liberamente il suo reale comportamento.

Lo studio di casi singoli si ha quando il ricercatore studia il comportamento di una singola persona, attraverso colloqui, interviste e questionari né descrive i fatti utilizzando teorie di riferimento.

La ricerca correlazionale mira a stabilire il grado di relazione tra due variabili in genere non manipolate dal ricercatore. Questo tipo di ricerca non sempre restituisce i dati ricercati, spesso, infatti, determina una terza variabile che influenza le prime due.

Inoltre in queste ricerche non si riesce a definire l'esatta relazione tra due variabili rendendo impossibile il riconoscimento su qual è la causa e quale è l'effetto.

Gli studi longitudinali e trasversali sono utilizzati nell'analisi dei cambiamenti nello sviluppo, in determinati gruppi, che si manifestano nel tempo.

Gli studi longitudinali studiano le stesse caratteristiche sullo stesso gruppo in diversi momenti lungo un determinato periodo di tempo.

Gli studi trasversali studiano le stesse caratteristiche su due o più gruppi di soggetti diversi, ciascuno con livelli evolutivi diversi.

L'inchiesta è una tecnica molto utilizzata con campioni rappresentativi di soggetti di una popolazione su cui si vuole investigare un certo fenomeno. Viene attuata attraverso questionari, interviste orali, telefoniche o via web. Questo tipo di ricerca può essere analizzata statisticamente e consente di raggiungere un gran numero di persone con costi relativamente bassi.

La meta-analisi è una ricerca quantitativa che si basa sulla raccolta d'informazioni provenienti da altre ricerche sulla stessa tematica. Per realizzare, quindi, questa ricerca bisogna recuperare tutte le ricerche inerenti il tema sul quale si vuole

investigare, organizzarle, categorizzarle e giungere a conclusioni plausibili sulla base dei risultati delle ricerche individuate⁷⁰.

⁷⁰ Cfr. Pizzoli, A. Vegni, N., "Introduzione alla metodologia della ricerca Pedagogica" EUR Edizioni Universitarie Romane Gaia s.r.l. – Roma

La ricerca in campo educativo

La ricerca che s'interessa dei problemi legati all'educazione è prevalentemente una ricerca applicata che verifica le ipotesi per la soluzione di problemi concreti.

Con il termine educazione intendiamo tutte le funzioni, i processi, gli atteggiamenti e i comportamenti messi in atto in maniera più o meno formalizzata per favorire l'acquisizione della conoscenza da parte delle persone.

Per realizzare una situazione educativa abbiamo bisogno di alcuni elementi essenziali:

- Figure di stimolo
- Figure che ricevono lo stimolo
- Un progetto che miri a obiettivi apprenditivi
- Un metodo
- Un sistema di valutazione

Come abbiamo descritto nel paragrafo precedente esistono delle fasi per realizzare una ricerca. Anche in campo educativo quindi la ricerca nasce dall'esigenza di trovare possibili soluzioni a un dato problema.

In questo tipo di ricerca gli strumenti sono prevalentemente linguistici, i concetti sono riferiti a diverse realtà e possono essere osservabili, non osservabili quando si riferiscono a fenomeni più complessi e astratti quando non hanno riscontro con la realtà.

Le proposizioni della ricerca educativa possono essere descrittive, quando descrivono un fenomeno, esplicative quando spiegano un fenomeno preso in esame e predittive quando cercano di prevedere con una certa prevedibilità un fenomeno. Le variabili, come già accennato, sono proprietà di un fenomeno e vengono misurate scientificamente. Possiamo avere diversi tipi di variabili:

- Dipendente è la variabile che vogliamo spiegare;
- Indipendente, è la variabile che descrive la spiegazione ipotizzata;
- Fisiche e non fisiche sono tutte le variabili che possono essere osservate direttamente;
- Quantitative sono le variabili che cambiano in grandezza;
- Qualitative sono le variabili che cambiano in genere;

- Continue sono le variabili la cui misurazione non c'è senza soluzione di continuità;
- Discrete sono le variabili che procedono a salti.

Nell'impostazione di una ricerca bisogna valutare anche gli eventuali condizionamenti che possono influire sui risultati della stessa. Possiamo accennare a condizionamenti interni ed esterni. I condizionamenti interni sono quelli relativi al pensiero scientifico o ideologico del ricercatore, ai valori e alle finalità che influenzano il ricercatore, alla metodologia adottata, agli strumenti adoperati nella ricerca. Fra i condizionamenti esterni citiamo quelli concernenti il contesto in cui opera il ricercatore, alle condizioni e modalità di trattare i dati, alle eventuali normative di riferimento e alle risorse messe a disposizione per la ricerca.

Altri fattori che intervengono nell'impostazione della ricerca sono quelli riguardanti l'approccio e alle modalità con cui vogliamo eseguire la ricerca. Gli approcci più utilizzati nella ricerca educativa sono:

- Approccio teorico (indaga con strumenti di tipo teorico e logico epistemologico, i concetti che sono alla base della ricerca educativa);
- Approccio storico (l'impianto è basato sull'indagine storica delle fonti e dei diversi paradigmi che regolano le dottrine);
- Approccio comparativo (si basa sul confronto con altri modelli educativi e formativi);
- Approccio clinico (lo studio è centrato sulla persona e su tutti gli aspetti legati alla sua storia e personalità);
- Approccio di ricerca azione (l'indagine è rivolta all'azione di cambiamento che si produce con la collaborazione del gruppo sui cui s'indaga);
- Approccio sperimentale (è quello che introduce nuovi elementi innovativi nella pratica educativa scolastica.)⁷¹

⁷¹ Lucisani, P., Salerni, A., (2002) "Metodologia della ricerca in educazione e formazione" Ed. Carocci - Roma

In ambiente educativo l'approccio di ricerca azione è sicuramente quello più utilizzato. Questo termine deriva dal nome inglese "action research" coniato da Kurt Lewin⁷² negli anni quaranta.

Lewin incominciò a lavorare nel campo delle scienze sociali negli Stati Uniti quando si occupò dei problemi delle minoranze etniche. L'innovazione del metodo nel processo di ricerca fu la scoperta che il processo conoscitivo diventava un'azione sociale nel momento in cui era coinvolta la popolazione. Lewin scoprì, quindi, che il processo di conoscenza aveva già le caratteristiche dell'azione e che la conoscenza più efficacemente utilizzabile ai fini dell'azione sociale era proprio quella che emergeva nel processo conoscitivo.

Le procedure salienti di questa ricerca sono:

- Pianificazione
- Azione
- Osservazione
- Riflessione

Nel 1976 Cunningham⁷³ propose degli ampliamenti ai 4 stadi iniziali inserendo un momento di valutazione che serviva a stabilire se proseguire o meno alla fase successiva.

Negli anni ottanta, grazie ad autori come Kemmis S. che riscontrò nella ricerca azione il modo di sperimentare le idee relative alla propria prassi per migliorare e approfondire le conoscenze riguardo al curriculum, all'insegnamento e all'apprendimento, Cohen e Manion, che la definirono come una forma d'indagine autoriflessiva messa in pratica dai partecipanti a situazioni sociali per migliorare la razionalità delle loro prassi sociali o educative, Ebbutt che la interpretò come lo studio sistematico dei tentativi fatti da gruppi dei partecipanti per cambiare e migliorare la prassi educativa sia attraverso le loro azioni pratiche sia attraverso la loro riflessione sugli effetti di queste azioni, fu introdotta nel mondo della scuola.

⁷² Kurt Zadek Lewin nato a Mogilno (Polonia) 9/09/1890 morto a Newtonville il 12/02/1947 – Psicologo pioniere della psicologia sociale studiò le dinamiche dei gruppi e lo sviluppo delle organizzazioni.

⁷³ Cunningham, B. (1976) "Action Research: Towards a Procedural Model, Human relations" Vol. 29 N. 3 pp. 215-238

L'introduzione della ricerca azione nella scuola ha contribuito a superare il divario tra teoria e realtà fornendo strumenti utili per migliorare l'insegnamento. Infatti, la partecipazione da parte degli insegnanti, veri protagonisti della prassi educativa e didattica, al processo di ricerca in una situazione reale della classe o della scuola, gli consente di essere fautori e allo stesso tempo partecipi del cambiamento.

Questo tipo di ricerca non è generalizzabile ad altre situazioni o contesti, infatti, i risultati di un qualsiasi progetto di R-A sono pertinenti solo a quel gruppo e a quel contesto specifico cui sono legati.

La ricerca in campo motorio - sportivo

Questo tipo di ricerca che si occupa di investigare su aspetti legati al movimento umano e a quello in ambito sportivo è una ricerca applicata che verifica le ipotesi per la soluzione di problemi concreti attraverso il metodo scientifico che si basa su principi standard accettati da tutte le comunità scientifiche.

Questo metodo pur basandosi su presupposti teorici-metodologici come obiettività, rigorose misurazioni e oggettività nelle osservazioni, rientra nelle definizioni concettuali delle leggi scientifiche che fino agli anni cinquanta si basavano sulla convinzione che l'uso corretto del metodo scientifico era il modo più affidabile per acquisire conoscenze.

Dopo gli anni cinquanta viene a cadere il concetto di validità assoluta della scienza e si fanno strada nuovi principi. La scienza non è in grado di fornire certezze ma solo probabilità, una legge scientifica non è mai certa in senso assoluto, perché i limiti conoscitivi ci impediscono di verificarne la certezza nella sua totalità, ci può essere anche un solo caso che ne neghi la conferma, nessuna posizione può essere confermata empiricamente ma solo confutata (Popper).⁷⁴

Un'ipotesi per essere valida deve poter essere confutata, un'affermazione che non sia confutabile non è scientifica. Le asserzioni scientifiche, quindi, devono possedere determinati requisiti:

- Obiettive (indipendenti dal soggetto che le esprime);
- Osservabili da chiunque (osservazione diretta/indiretta)
- Verificabili (replicabili)
- Confutabili

Secondo Kuhn⁷⁵ il compito della scienza non è di verificare teorie, ma di arricchirle cercando di rispondere ai problemi che la società e la cultura ci

⁷⁴ Karl Raimund Popper (Vienna 28/07/1902 – Londra 17/09/1994) filosofo e epistemologo ha introdotto i concetti di verifica e falsificazione di una teoria scientifica. Infatti per quante numerose possono essere le osservazioni sperimentali a favore di una teoria scientifica quest'ultima non può mai essere provata definitivamente e basta una sola smentita sperimentale per confutarla.

⁷⁵ Thomas Samuel Kuhn (Cincinnati 18/07/1922 – Cambridge 17/06/1996) filosofo, storico della scienza e epistemologo. Impone l'uso del termine paradigma per indicare l'insieme di teorie, leggi e strumenti che definiscono una tradizione di ricerca. Per Kuhn la scienza è paradigmatica e attraversa ciclicamente alcune fasi che sono indicative su come essa opera.

pongono. Egli definisce i paradigmi, cioè l'insieme di conoscenze scientifiche e di procedure di ricerca per risolvere i problemi attuali, fondamenti della scienza.

L'evoluzione paradigmatica di Kuhn porta alla definizione che un paradigma assolve il suo compito finché è valido. Quando il paradigma non è più adeguato per nuove scoperte o nuove asserzioni, si ricerca un paradigma alternativo che sostituirà il precedente. Queste evoluzioni quindi sono costituite da cicli paradigmatici che si susseguono nel tempo.

Non esiste un paradigma migliore di un altro ognuno ha dei propri criteri di validità, il nuovo subentra al vecchio quando questo non è più in grado di rispondere ai quesiti che la scienza pone in quel momento.

Considerando le varie teorie e la storia della ricerca scientifica, brevemente accennata, non dobbiamo cadere nell'equivoco che una visione meno rigida e più flessibile che tenga conto delle influenze del cambiamento sociale e della necessità di adattare le metodologie di ricerca alle trasformazioni e alla complessità dei problemi sui cui si vuole indagare, possa portarci a una posizione completamente opposta senza regole e criteri.

E' quindi indispensabile che questa flessibilità non cambi i principi base del metodo scientifico, quei principi che garantiscono la validità della ricerca.

L'indagine scientifica ha lo scopo di acquisire nuove conoscenze sulla base di osservazioni oggettive e controllate. Le procedure per raccogliere le informazioni sono dette metodo. La metodologia è tutto ciò che riguarda l'applicazione del metodo. Le misurazioni consentono di assegnare valori numerici a cose o eventi.

Le caratteristiche peculiari dell'indagine scientifica sono:

- Oggettività (dei fenomeni studiati)
- Ripetibilità
- Validità
- Divulgazione (dei risultati)

Le regole generali per questo tipo di ricerca sono quelle già descritte per altri tipi di ricerca ma che comunque chiariamo in questo paragrafo. L'oggetto dello studio deve essere accessibile a tutti; i metodi e le tecniche di raccolta dati devono essere esplicitate (protocolli); i fenomeni studiati devono essere osservabili, quantificabili e replicabili; l'ipotesi della ricerca deve essere verificabile.

Le fasi di un processo di ricerca possono essere così riassunte:

- Individuazione del problema;
- Formulazione delle ipotesi;
- Pianificazione del disegno di ricerca;
- Osservazioni;
- Raccolta e interpretazione dei dati;
- Comunicazione dei risultati.

Queste fasi sono simili a quelle descritte nel paragrafo sulla metodologia della ricerca.

Questo tipo di ricerca rientra nella definizione d'indagine sperimentale cioè quell'indagine che ha lo scopo di produrre informazioni circa le relazioni causali. Le indagini sono condotte in condizioni controllate e il ricercatore interviene manipolando le variabili oggetto d'indagine (variabili indipendenti) e valutando l'effetto sulle altre variabili (dipendenti).

Esempio:

Studio dell'effetto della manipolazione del tempo trascorso con la madre sul sonno.

- Soggetti: bambini da 0 a 12 mesi e madri.
- Metodo: manipolazione del tempo di gioco con le madri. Gruppi 1 (tempo ridotto nel gioco) Gruppo 2 (tempo elevato nel gioco).
- Procedure: osservazione della misura del sonno dei bambini prima e dopo la manipolazione.

Se tra le due osservazioni c'è una differenza significativa, tale differenza è attribuibile alla manipolazione stessa. Infatti, se a un maggior numero di ore di sonno dei bambini corrisponde, un maggior tempo speso nel gioco con le madri, si può concludere che il tempo impiegato dalle madri a giocare con i figli influenza il sonno degli stessi.⁷⁶

⁷⁶ Da www.psicometria.unich.it Portale di psicometria Università di Chieti.

L'AUMENTO DEL TEMPO DI GIOCO



CAUSA



L'AUMENTO DEL SONNO

Tra le caratteristiche principali nell'indagine scientifica abbiamo parlato di validità, cioè dell'esattezza delle conclusioni della ricerca e la sua corrispondenza con la realtà.

Esistono diversi tipi di validità nelle indagini empiriche.

1. Validità interna: è la logica relazione tra la variabile dipendente e quella indipendente. Una volta accertata l'esistenza di una covariazione⁷⁷ tra due variabili X e Y, si stabilisce se esiste una relazione causa-effetto tra le due.
2. Validità di costrutto: riguarda la conformità fra i risultati della ricerca e la teoria che sta alla base della stessa.
3. Validità esterna: riguarda l'applicabilità dei risultati della ricerca a un'altra situazione con diversi soggetti, luoghi diversi, tempi diversi, ecc.
4. Validità statistica: corrisponde alla verifica della significatività statistica di una relazione tra due variabili (ovvero delle differenze tra media).

Molti fattori possono intervenire a minare la validità di una ricerca. Citiamo alcuni di essi in base alla relativa validità.

I fattori che influiscono sulla validità interna possono riguardare: la storia quando i soggetti vengono esaminati in condizioni sperimentali differenti e in tempi diversi; la maturazione quando i soggetti cambiano durante un esperimento per processi naturali (studio sui bambini); l'effetto delle prove quando i soggetti

⁷⁷ Covarianza di due variabili è un numero $Cov(X,Y)$ che fornisce la misura di quanto le due varino assieme, ovvero della loro dipendenza.

sapendo di dover partecipare a un esperimento influenzano la loro e l'altrui partecipazione nell'esecuzione del test; l'effetto della regressione quando tra due variabili non esiste una relazione perfetta. Se la stessa variabile è misurata due volte e restituisce valori diversi, la causa è data dal fatto che la prova non rappresenta una misura perfetta; la selezione quando vi è uno sbilanciamento nella selezione dei gruppi che mina la validità interna; la mortalità quando i soggetti che abbandonano una ricerca sono diversi da quelli che la completano.

I fattori che influiscono sulla validità di costrutto possono riguardare: la debolezza del legame tra teoria ed esperimento quando le spiegazioni teoriche alternative dei dati sono più plausibili della teoria della ricerca stessa; l'effetto ambiguo delle variabili indipendenti quando i soggetti investigati percepiscono la situazione in modo diverso dal ricercatore, generando delle proprie idee su quello che dovrebbe accadere. I soggetti che sanno di dover partecipare a un esperimento mutano il loro comportamento abituale.

I fattori che influiscono sulla validità esterna possono riguardare: altri soggetti quando non è possibile generalizzare i risultati ad altri soggetti; altri tempi quando non è possibile replicare i risultati in tempi diversi da quelli definiti dalla ricerca; altre situazioni quando non si può mettere in relazione un fenomeno osservato in un laboratorio con un fenomeno osservato in un altro laboratorio o nella realtà.

Esperienze sul campo

L'applicazione e l'uso delle tecnologie e dei relativi protocolli hanno consentito di compiere studi descrittivi, correlazionali e sperimentali sul campo che hanno restituito risultati quantificabili e confrontabili tra di loro, con le ricerche internazionali effettuate su tipologie simili o con studi innovativi.

In questo paragrafo descriveremo gli studi e le ricerche effettuate dal gruppo di lavoro dell'Università di Salerno in collaborazioni con altre Università Italiane e Europee, anche se come afferma McBurney “è difficile spiegare in un libro che cosa sia esattamente la ricerca perché anche chi fa ricerca spesso la descrive in maniera diversa da come la fa realmente” (McBurney, 1983, trad. it. P. 43).

Ricerche sperimentali in campo educativo:

- Corpo e salute: gli effetti calorici di una didattica centrata sul corpo e sul movimento per l'accesso alla conoscenza;
- Studio sulla relazione tra consumo energetico degli alunni e metodi d'insegnamento delle attività motorie e sportive nella scuola primaria in Italia;
- Consumo calorico e metodologie didattiche tradizionali e psicomotorie: una possibile relazione?;
- Analisi della possibile relazione tra pratica motoria e sportiva e tipologia di appoggio plantare negli studenti della scuola primaria in Italia;
- Utilizzo delle Nuove Tecnologie in rapporto alla pratica dell'educazione Fisica;
- Didattica del movimento e valutazione del consumo energetico durante un'attività fisica leggera: studio di caso.

Corpo e salute: gli effetti calorici di una didattica centrata sul corpo e sul movimento per l'accesso alla conoscenza⁷⁸.

La carenza di conoscenze metodologiche e didattiche che potrebbero consentire all'insegnante di proporre attività didattiche adeguate alle diverse esigenze degli studenti, rendono indispensabile la valorizzazione di metodi d'insegnamento afferenti a vari modelli psico-pedagogici e filosofici (Dewey, Montessori, Vygotskij, Ausubel, Piaget, Gardner, Novak), neuropsicologici, neurofisiologici e neurobiologici (Hebb, Berthoz, Damasio, LeDoux, Rizzolatti) che valorizzano il potenziale didattico - formativo delle attività di movimento.

L'obiettivo di questo lavoro è stato, attraverso la misurazione del dispendio energetico durante le attività scolastiche, individuare differenze significative nell'uso di metodologie didattiche tradizionali e metodologie centrate sul corpo e sulle attività di movimento al fine di implementare l'uso delle attività di movimento nella scuola.

Nell'ambito di un intervento di ricerca-azione condotto presso quattordici scuole convenzionate con il Dipartimento di Scienze dell'Educazione dell'Università degli Studi di Salerno, sono state determinate quantitativamente le differenze di consumo calorico tra un'attività didattica tradizionale e un'attività didattica centrata sul corpo e sulle attività di movimento.

Il protocollo sperimentale è stato preventivamente stabilito grazie all'azione congiunta tra docenti della scuola e ricercatori, che hanno condiviso l'approccio metodologico da utilizzare nel corso della ricerca-azione. È stato misurato, tramite l'uso di calorimetri, il dispendio energetico di 95 bambini (45 femmine e 50 maschi, di cui 6 diversamente abili) di età compresa tra i 7 e i 10 anni e i 12 e i 15 anni, frequentanti la scuola primaria e media della provincia di Salerno (Italia). Questo campione è stato suddiviso in due gruppi:

- il gruppo di controllo, che ha vissuto un'esperienza di didattica tradizionale (frontale);
- il gruppo sperimentale che, invece, ha utilizzato una metodologia basata sull'uso del corpo e delle attività di movimento per trasferire saperi relativi

⁷⁸ D'Elia, F., Galdieri, M., Baldassarre, G., Aiello, P., Sibilio, M., Ricerca presentata in formato poster al 14th Annual Congress of the European College of Sport Science – Oslo, Norvegia 24-27 Giugno 2009.

ad altre discipline (nello specifico l'area storica e spaziale).

L'uso del calorimetro SenseWear Armband, indossabile a fascia sul tricipite posteriore, ha consentito il monitoraggio del consumo energetico durante le attività didattiche.

Questa tecnologia ha permesso un campionamento continuo di variabili fisiologiche e dati di attività fisica, determinando e presentando dati relativi a: dispendio energetico/calorie consumate (EE = Energy expenditure), livelli di attività e altri parametri, in condizioni assolutamente fisiologiche durante normali attività scolastiche.

I risultati emersi da questa ricerca sull'uso di una metodologia basata sulla significatività dell'esperienza motoria ha prodotto un incremento del punteggio del test nel 69% delle classi, mentre si sono riscontrati decrementi nel 12% delle classi in particolare in quelle dove era stato applicato in area spaziale⁷⁹.

⁷⁹ Cfr. Prospero, R., Sibilio, M. (2011) "Sintesi e analisi dei risultati della ricerca" in "Ricerca Corporeamente in ambiente educativo" a cura di Sibilio M. Ed. Pensa – Lecce.

Studio sulla relazione tra consumo energetico degli alunni e metodi di insegnamento delle attività motorie e sportive nella scuola primaria in Italia⁸⁰.

Le ultime Indicazioni del Ministero della Pubblica istruzione richiamano l'esigenza che nel curriculum della scuola primaria confluiscono esperienze che conducono a stili di vita corretti e salutari, che comprendono la prevenzione di patologie connesse all'ipocinesia, attraverso la valorizzazione delle esperienze motorie e sportive scolastiche ed extrascolastiche (Indicazioni per il curriculum del Ministero della Pubblica Istruzione Italiano, 2007). Nella scuola primaria le scelte metodologiche sono affidate ai docenti che decidono autonomamente il tipo di attività motorie e sportive da proporre agli studenti, con riferimento agli obiettivi programmi d'insegnamento e alle indicazioni del Ministero. La tipologia di attività motoria e il relativo consumo energetico a essa connessa dipendono quindi esclusivamente dalla metodologia dell'insegnante.

L'obiettivo di questa ricerca è di analizzare la relazione tra metodi d'insegnamento delle attività motorie e sportive e consumo energetico nelle classi di una scuola primaria. Lo studio dovrà accertare la differenza sul piano energetico tra i diversi approcci utilizzati autonomamente dai singoli insegnanti di scuola primaria e l'impiego di una metodologia comune d'insegnamento.

La complessità della ricerca didattica in ambito motorio - sportivo ha richiesto una sinergia scuola-istituzioni universitarie e di ricerca attraverso la creazione di un gruppo di ricerca integrato che ha compreso ricercatori e docenti per condividere l'approccio metodologico - investigativo. La ricerca ha coinvolto sedici classi per un totale di circa 260 alunni di una scuola primaria della città di Napoli convenzionata con il Dipartimento di Scienze dell'Educazione dell'Università degli Studi di Salerno. Per ogni alunno è stata predisposta preliminarmente una scheda informativa che ha raccolto dati sull'età, il peso, l'altezza, gli stili alimentari, l'eventuale pratica motoria o sportiva svolta e alcune notizie sugli stili di vita. Ai sedici insegnanti è stato affidato il compito di svolgere una lezione di 45 minuti su un tema comune e agli alunni è stato applicato il calorimetro per misurare il consumo energetico nel corso della lezione. In seguito sono state

⁸⁰ Carlomagno, N., Lipoma, M., D'Elia, F., Baldassarre, G., Sgrò, F., Sangiorgio, A., Sibilio, M., relazione presentata 14th Annual Congress of the European College of Sport Science – Oslo, Norvegia 24-27 Giugno 2009.

realizzate attività formative destinate ai sedici insegnanti di base e a quelli del modulo, condotte dall'Università di Salerno e dall'Università Suor Orsola Benincasa di Napoli per trasferire ai docenti della scuola una comune metodologia per la realizzazione dell'attività motoria. Nella seconda fase del lavoro è stato chiesto agli insegnanti di riproporre l'attività agli studenti utilizzando la metodologia proposta nella formazione e misurando nuovamente con i calorimetri il consumo energetico.

Dall'elaborazione dei dati e dalla loro successiva comparazione è emerso un graduale aumento del consumo calorico nelle classi che avevano adottato una metodologia incentrata su di una partecipazione attiva e condivisa alle attività motorie proposte.

Consumo calorico e metodologie didattiche tradizionali e psicomotorie: una possibile relazione?⁸¹

Gli studi sulle relazioni intercorrenti tra corpo e apprendimento s'inseriscono in un ampio spazio di ricerca che studia i rapporti tra pedagogia e neuroscienze (Gallese, 2006), indagando sui meccanismi neurofisiologici (Jacoboni, 2005) e neuropsicologici (LeDoux, 2002) che regolano la dimensione corporea della persona (Sibilio, 2002). Obiettivo del lavoro è quello di analizzare e confrontare l'eventuale nesso tra il dispendio energetico/calorico degli alunni della scuola primaria e l'uso di metodologie d'intervento trasmissivo e psicomotorio.

Lo studio, realizzato presso quattordici istituzioni scolastiche della Provincia di Salerno convenzionate in rete e con il nostro Dipartimento per il Progetto I-care del Ministero della Pubblica Istruzione, è stato condotto su un campione di 95 alunni partecipanti di cui 6H, 45 femmine e 50 maschi, le cui fasce di età vanno dai 7 ai 10 anni e dai 12 ai 15.

Lo strumento, impiegato per la rilevazione del dispendio energetico/ calorie consumate, è il SenseWare Armband, applicato al braccio destro degli studenti. Questo strumento permette un campionamento in continuo di variabili fisiologiche e dati di attività fisica; esso registra dati grazie ad un esclusivo e brevettato algoritmo, in differenti condizioni e ambienti.

In questa ricerca la registrazione dei dati avviene durante le attività didattiche programmate. Queste sono state condotte dai docenti sia con il metodo trasmissivo (relazione frontale), sia con quello psicomotorio (partecipazione corporea) ed hanno avuto come obiettivi didattici l'acquisizione di concetti appartenenti all'area storica e all'area spaziale.

I dati emersi durante le attività didattiche sono stati valutati in relazione a più variabili come la classe di appartenenza, il metodo adottato, il sesso dello studente.

I risultati emersi dall'indagine hanno mostrato tendenzialmente un incremento del punteggio dei test nel 75% delle classi. In particolare si è riscontrato un aumento

⁸¹ Gomez Paloma, F., Baldassarre, G., Galdieri, M., Pignato, R., Lo Piccolo, A., Sibilio, M. ricerca presentata in formato poster al 14th Annual Congress of the European College of Sport Science – Oslo, Norvegia 24-27 Giugno 2009.

in tutte le classi in cui il metodo è stato applicato nell'area spaziale, e un incremento del 67% nelle classi in cui è stato applicato il metodo in area storica⁸².

⁸² Cfr. Prospero, R., Sibilio, M. (2011) "Sintesi e analisi dei risultati della ricerca" in "Ricerca Corporeamente in ambiente educativo" a cura di Sibilio M. Ed. Pensa – Lecce.

Analisi della possibile relazione tra pratica motoria e sportiva e tipologia di appoggio plantare negli studenti della scuola primaria in Italia⁸³.

Il potenziamento dell'attività motoria nella scuola corrisponde secondo le indicazioni nazionali del ministero della Pubblica Istruzione italiana al miglioramento del processo educativo. Infatti, l'impegno nelle attività motorie coinvolge lo studente nello svolgimento di esperienze che riconducono a stili di vita corretti e salutari, che comprendono la prevenzione di patologie connesse all'ipocinesia come alcune forme di piattismo conseguenti a vizi posturali o a eccessi ponderali.

Il lavoro di ricerca è stato finalizzato a studiare la possibile relazione tra struttura plantare nei bambini dai 6 agli 11 anni, pratica motoria e sportiva, stili di vita e abitudini alimentari.

La ricerca si è sviluppata conducendo uno studio su 500 bambini di età compresa tra i 6 e gli 11 anni, frequentanti tre scuole primarie di Napoli, Salerno e Caserta. Il protocollo sperimentale è stato preventivamente stabilito grazie all'azione congiunta tra docenti della scuola, genitori e ricercatori, che hanno condiviso le finalità dell'indagine. Sono state raccolte preliminarmente e indirettamente attraverso il supporto delle famiglie, i dati sull'età, gli stili alimentari, l'eventuale pratica motoria o sportiva svolta dagli alunni. Le informazioni sul peso e l'altezza sono state raccolte direttamente. Il gruppo di ricerca ha analizzato l'appoggio plantare attraverso un sistema di analisi pratico e immediato: la Pedana Zebris FDM – Piattaforma di forza multifunzionale. Questo strumento consente di eseguire analisi statiche e dinamiche di forze e pressioni sia a piede nudo sia con calzature, con il soggetto in posizione di standing o in movimento e di valutare la distribuzione dei carichi, permettendo analisi dettagliate circa le caratteristiche dei vari momenti che compongono l'appoggio podale (fornite dal software che elabora in tempo reale i dati).

I risultati dell'indagine hanno confermato non solo una relazione tra altezza, peso, stili alimentari e stili di vita e tipologia di appoggio plantare, ma hanno evidenziato una possibile relazione tra pratica motorio - sportiva e caratteristiche

⁸³ Carlomagno, N., D'Elia, F., Ambretti, A., Aiello, P., Baldassarre, G., Galdieri, M., Sibilio, M., Ricerca presentata all' 11th International Conference of Sport Kinetics Current and Future Directions in Human Kinetics Researches Kallithea, Halkidiki, Grecia 25 – 27 settembre 2009.

dell'appoggio del piede. La ricerca apre a nuovi studi sulle funzioni “modellanti” della pratica motorio - sportiva concernente la tipologia e alle caratteristiche dell'appoggio podalico.

Utilizzo delle Nuove Tecnologie in rapporto alla pratica dell'educazione Fisica⁸⁴

La legge 517 del 1977 e il D.M. del 9 febbraio 1979 evidenziano la necessaria attenzione alla promozione del benessere psicofisico coerentemente con l'affermazione del diritto all'integrazione di soggetti con particolari difficoltà psicofisiche. La legge 162 del 1990 prima e la legge 104 del 1992, hanno chiaramente richiesto un collegamento delle attività di movimento ai processi educativo - formativi di tutela e costruzione della salute. Le ultime Indicazioni Nazionali del Ministero della Pubblica Istruzione del 2007 hanno ulteriormente confermato il diritto alla salute attraverso l'acquisizione di abitudini alimentari e motorie che coinvolgano tutti gli alunni, con particolare riferimento a quelli disabili. Una delle tecnologie che in ambito scolastico, compatibile con i vincoli del sistema formativo, in grado di valutare gli effetti del movimento, è il calorimetro, capace di registrare le differenze di consumo energetico.

L'obiettivo del lavoro di ricerca è di analizzare le differenze di consumo energetico tra gli alunni normovedenti, ipovedenti e non vedenti presenti in tre classi di scuola secondaria di primo grado della provincia di Napoli, esaminando gli effetti e individuando le caratteristiche del modello metodologico didattico in ambito motorio - sportivo, adottato nella scuola, per consentire i processi d'integrazione scolastica.

L'indagine è stata condivisa dall'Università degli Studi di Salerno e la Scuola Media Statale D. Martuscelli di Napoli, attraverso un protocollo di ricerca che ha previsto il pieno coinvolgimento del personale della scuola. Per la realizzazione della ricerca, tendente a rilevare le calorie consumate nel corso dell'attività didattica di educazione fisica, sono stati utilizzati i calorimetri SenseWare Armband.

L'indagine ha evidenziato un'interessante disomogeneità di consumo energetico tra studenti con deficit visivo e gruppo classe, analizzabile attraverso una scansione temporale dei tempi della lezione di educazione fisica che solo il

⁸⁴ Sgambelluri, R., Carrozza, S., Vastola, R., Baldassarre, G., Galdieri, M., Sibilio, M., ricerca presentata in formato poster al 7° Convegno Nazionale "La prevenzione nella scuola e nella comunità" Convivenze, paure e reti informali. Padova 25 - 27 giugno 2009.

calorimetro può offrire, evidenziando alcuni punti critici della proposta metodologica del docente.

I risultati hanno evidenziato che l'uso del calorimetro in presenza di alunni con disabilità visiva consente di verificare:

- Le differenze di consumo energetico derivanti dal diverso impegno e dalle caratteristiche non sempre adeguate dell'approccio metodologico;
- In quale parte della lezione l'impegno dell'alunno ipovedente o non vedente è meno presente per far emergere i punti critici della metodologia;
- In che termini l'adozione di un'adeguata metodologia didattica integrativa nel campo dell'educazione fisica centrata sul laboratorio motorio, consenta di raggiungere tendenzialmente un risultato più omogeneo da parte di tutti gli alunni in merito al consumo energetico.

Didattica del movimento e valutazione del consumo energetico durante un'attività fisica leggera: studio di caso⁸⁵.

Il consumo energetico di un essere umano si compone di tre elementi: consumo a riposo, termogenesi indotta dagli alimenti e attività fisica. Sommando queste tre componenti si ottiene il consumo energetico totale (Pinheiro Volp et al., 2011).

Il consumo energetico a riposo solitamente rappresenta la frazione maggiore del consumo energetico totale (dal 60% al 75%). Si tratta dell'energia spesa per mantenere le normali funzioni dell'organismo e l'omeostasi. Spesso il metabolismo energetico a riposo viene definito metabolismo basale. Quest'ultimo, però, deve essere valutato in condizioni standard di riposo mentale e fisico, in ambiente neutro e da 12 a 18 ore dopo l'ultimo pasto. Esiste, dunque, una minima differenza tra metabolismo basale e metabolismo a riposo (quest'ultimo superiore di circa il 20%). Il metabolismo energetico a riposo è correlato alla massa magra del soggetto ed è influenzato da età, sesso, composizione corporea e fattori genetici (Arienti, 2003; Pinheiro Volp et al., 2011).

Con l'aumentare dell'età si registra una progressiva riduzione del metabolismo basale, ciò è stato attribuito a un decremento della massa magra metabolicamente attiva e a un aumento della massa grassa scarsamente attiva dal punto di vista del consumo energetico. Questo fenomeno è legato non solo a una riduzione quantitativa della massa magra, ma anche a un progressivo rallentamento del metabolismo energetico cellulare rapportato all'età (Fukagawa et al., 1990).

La composizione corporea, e quindi la ripartizione tra massa magra e massa grassa, influenza notevolmente il metabolismo basale; in particolare la massa magra, e quindi il muscolo scheletrico che ne costituisce la quota maggiore, può variare il consumo energetico tanto che da condizioni di riposo a condizioni d'intenso esercizio fisico il consumo di ossigeno può aumentare anche del 90% del valore a riposo, e con esso anche il consumo calorico. Il muscolo scheletrico costituisce circa il 40% della massa corporea in soggetti normopeso e può essere responsabile di circa il 20-30% del consumo di ossigeno a riposo, oltre ad essere esso stesso sede d'importanti variazioni del metabolismo basale (Zurlo et al., 1990).

⁸⁵ Ricerca in corso di pubblicazione su rivista scientifica

La termogenesi indotta dalla dieta (TID) è denominata anche azione dinamico-specifica degli alimenti. Essa è legata all'aumento di spesa energetica che segue l'ingestione di cibo, in particolare nelle prime 4-8 ore successive al pasto, alla tipologia di cibo e alle abitudini alimentari e rappresenta circa il 10% della spesa energetica totale.

Infine, la parte più variabile della spesa energetica, è rappresentata dall'effetto muscolare dell'attività fisica. Negli individui sedentari l'energia spesa per l'attività fisica è circa la metà del metabolismo a riposo, ma in individui molto attivi può salire al doppio di questo valore (Arienti, 2003). La spesa energetica da attività fisica varia in rapporto a:

- **Tipo di attività**

- **Intensità**

- **Durata**

- **Massa corporea**

In base agli Indici della Commissione Europea (Commission of the European Communities, 1993), i fattori concernenti la spesa energetica, si caratterizzano per una complessità crescente:

- BRM Factor (Fattore MB): costo energetico di una singola attività;
- PAR, Physical Activity Ratio (TAF, Tasso di attività fisica): costo energetico di attività specifiche;
- IEI, Integrated Energy Index (IEI, Indice energetico integrato): costo energetico di una specifica occupazione;
- PAL, Physical Activity Level (LAF, Livello di attività fisica): dispendio energetico nell'arco di una giornata.

Generalmente l'attività fisica è valutata tramite la determinazione degli equivalenti metabolici (MET). Tali unità sono utilizzate per stimare il costo metabolico di un'attività fisica secondo la relazione: 1 MET=3.5 ml di ossigeno consumato per Kg di peso corporeo al minuto (Ainsworth et al., 2011).

Esistono diversi metodi per determinare il consumo di energia: calorimetria diretta e indiretta, frequenza cardiaca, sensori di movimento, metodi soggettivi, ecc. (Pinheiro Volp et al., 2011); tuttavia non c'è ancora accordo su quale sia il più accurato in relazione a individui e popolazioni specifiche. In questo studio, in

particolare, è stato utilizzato un monitor multi sensore capace di rilevare parametri fisiologici utili alla determinazione del consumo energetico, nella consapevolezza che, come altri parametri fisiologici, è presente una variabilità tale che individui simili per età, sesso, attività lavorativa e dimensioni corporee possono presentare un dispendio energetico molto diverso (Arienti, 2003).

L'obiettivo di questo studio è stato quello di individuare, nel corso di un'attività fisica leggera, eventuali significative differenze di dispendio energetico tra due soggetti che presentano caratteristiche antropometriche simili ma stili di vita differenti.

L'obiettivo della ricerca ha reso necessario adottare una strategia che consentisse l'approfondimento di alcune caratteristiche dei soggetti esaminati, suggerendo uno studio di caso che si avvallesse di modalità osservative dirette e indirette e che consentisse di delineare legami prevalenti, ma non assoluti, tra i fattori antropometrici, dispendio energetico, stili di vita e attività di movimento dei soggetti interessati.

Lo studio è consistito nell'analisi intensiva del comportamento di due giovani adulte (25 anni), entrambe di sesso femminile, che presentano caratteristiche antropometriche similari (peso e altezza) ma stili di vita nettamente differenti: da una parte si è osservata l'attività di un soggetto sedentario e fumatore, dall'altra quella di un soggetto attivo e non fumatore.

Per la rilevazione delle informazioni relative al consumo calorico durante le diverse attività proposte, è stato utilizzato un monitor multi - sensore (SenseWear® Armband) che è stato applicato al tricipite posteriore destro dei due soggetti. L'Armband ha campionato in continuo una serie di variabili fisiologiche, dati concernenti l'attività fisica e al dispendio energetico, e altri parametri corporei.

I due soggetti sono stati sottoposti nei tre giorni antecedenti l'osservazione allo stesso regime alimentare che prevedeva un apporto calorico giornaliero pari a 800 Kcal. La sperimentazione si è svolta all'interno della palestra del Centro Sportivo dell'Università degli Studi di Salerno con sede in Baronissi; l'ambiente interno era caratterizzato da una temperatura di 22° - 23° con un'umidità al 60% circa senza condizionatori di temperatura. Lo spazio a disposizione si estendeva su

circa 500 mq e l'ambiente era dotato di piccoli e grandi attrezzi, alcuni dei quali sono stati utilizzati per la strutturazione del percorso che i due soggetti hanno realizzato per la sperimentazione. Nello specifico a supporto delle attività sono stati utilizzati tapis roulant, cyclette, stepper, pesi e tappetini.

Il protocollo sperimentale ha previsto l'esecuzione di tre tipologie di attività, della durata media di 10-15 minuti e intervallate da 3-5 minuti di riposo:

1. camminata veloce sul tapis roulant per 10 minuti a una velocità di 6 km l'ora con pendenza 0.5;
2. cyclette per 10 minuti con una velocità 5, con un programma di percorso lineare;
3. esercizi a corpo libero:
 - tre serie da 15 di addominali effettuati sul tappetino, flettendo il busto sulle ginocchia;
 - piegamenti cosce (SQUAT) composti da 3 serie da 15 con bastone poggiato all'altezza delle spalle;
 - piegamenti braccia composti da 3 serie da 15 con le ginocchia poggiate a terra.

Presentazione dati e risultati

I dati numerici e grafici registrati dall'ArmBand nel corso delle diverse attività sono stati scaricati e archiviati grazie all'impiego del software InnerView® al fine di consentirne la successiva analisi. Il software ha permesso di visualizzare parametri numerici relativi ai seguenti elementi:

- Total Energy Expenditure (EE) o spesa energetica complessiva.
- Active Energy Expenditure (EE) o spesa energetica in "attività fisica" considerando attività tutti i periodi con METS (equivalente metabolico) superiore a 2.5.
- Durata Attività fisica in ore: tempo in cui l'attività viene considerata "attività fisica", superiore quindi a 2.5 METS.
- Numero di passi.
- Tempo speso "sdraiati".
- Tempo speso "in sonno".

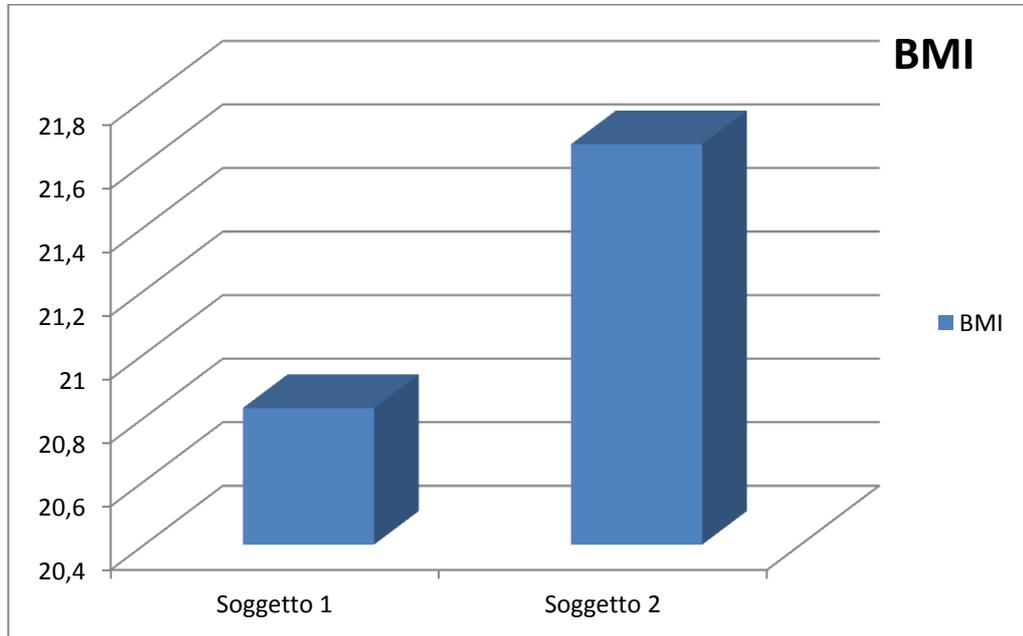
che sono stati successivamente analizzati quali:

- temperatura cutanea: misura della temperatura della superficie cutanea;
- temperatura prossimale al corpo/dissipazione termica dal corpo: misura della frequenza di dissipazione del calore dal corpo;
- resistenza galvanica della pelle: misura dell'impedenza della pelle che riflette il contenuto idrico cutaneo e la costrizione o la dilatazione dei vasi periferici;
- due accelerometri/accelerazione: misura del movimento

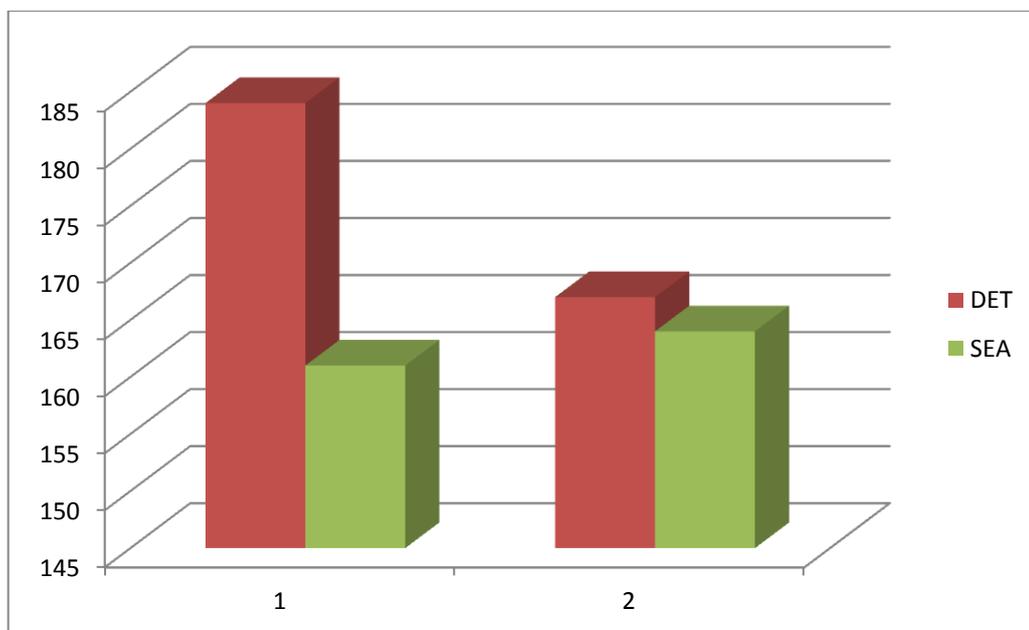
Tali parametri sono usati, in combinazione con formule d'identificazione delle attività, per calcolare il consumo energetico in base ad algoritmi predefiniti. Tutte queste risorse calcolano e refertano:

- dispendio energetico totale (kcal);
- dispendio energetico attivo (kcal);
- dispendio energetico a riposo (kcal);
- METS – per indicare il costo metabolico dell'esercizio;
- numero totale dei passi;
- durata dell'attività fisica;
- durata del sonno;
- tempo sdraiato.

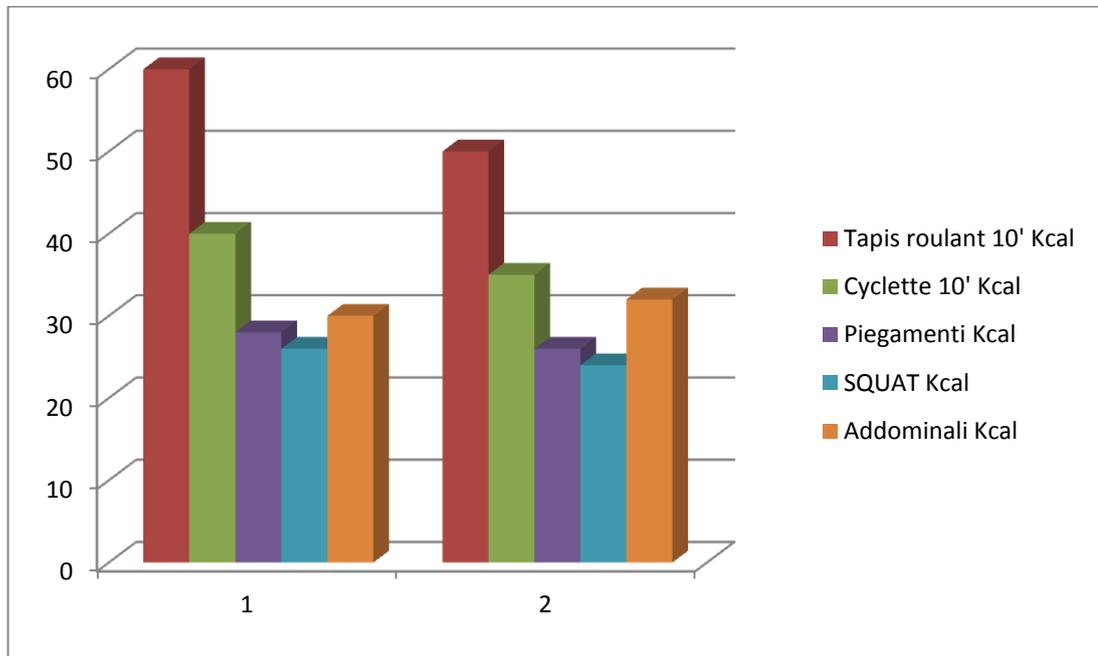
Il primo grafico riguarda la differenza dell'Indice di massa corporea tra i due soggetti.



Il secondo grafico mostra le differenze di dispendio energetico totale (DET) e quelle sulla spesa energetica attiva (SEA).



Nel terzo grafico mostriamo le differenze di consumo calorico registrate durante le varie attività proposte ai soggetti.



Le rilevazioni effettuate hanno evidenziato le seguenti differenze:

- Nel primo esercizio aerobico sul tapis roulant si è verificato un picco di consumo energetico e dei mets (consumo di ossigeno) da parte di entrambe, e il soggetto non allenato raggiungeva valori calorici più alti rispetto all'altro.
- Nel secondo esercizio con la cyclette invece, il consumo energetico individuale si è stabilizzato, mantenendosi quasi costante fino alla fine della prova. Anche in questo caso il soggetto n.1 tendeva a bruciare un maggior numero di kcal rispetto al soggetto n. 2 (allenato) e a diminuire il valore dei mets.
- Durante il lavoro anaerobico della terza prova la spesa energetica complessiva dei soggetti n. 1 e n. 2 risultava uguale.

Infine si è evidenziato che nella prima e seconda prova (che prevede l'uso di attrezzi specifici), il consumo energetico variava secondo i due soggetti analizzati. Successivamente durante la prova anaerobica il consumo energetico era simile per entrambi.

Le differenze riscontrate nel consumo calorico con l'utilizzo di specifici attrezzi (tapis roulant e cyclette) oltre a quelle più ovvie fisiologiche e metaboliche nei due soggetti inducono a riflettere sull'uso di determinate attrezzature nell'allenamento focalizzando l'attenzione sui principi che sono alla base della loro creazione. Infatti, se notiamo delle sostanziali differenze nel consumo calorico tra i due soggetti di circa una Kcal al minuto durante l'uso del tapis roulant e della cyclette, mentre non riscontriamo particolari differenze negli esercizi a corpo libero, vuol dire che l'uso di questi attrezzi può influire sui consumi calorici e quindi sul bilancio metabolico degli stessi. Può risultare importante nella programmazione di un allenamento per un soggetto in attività o meno l'uso di queste attrezzature per migliorare le capacità aerobiche e influire positivamente sul bilancio energetico.

Ricerche sperimentali in campo sportivo:

- Performance Sportiva e Postura: Implicazioni e condizionamenti negli atleti Olimpionici di Scherma;
- Il ruolo delle calzature nell'insorgenza delle algie;
- Valutazione posturologica e bilancio calorimetrico negli schermatori agonisti;
- Studio sperimentale sulla statica e l'equilibrio in Atleti di ginnastica artistica;
- Sistemi di valutazione calorimetrica negli sport di situazione;
- Metodologie di allenamento e bilancio energetico in atleti non agonisti.

Performance Sportiva e Postura: Implicazioni e condizionamenti negli atleti Olimpionici di Scherma⁸⁶.

La scherma è uno di quegli sport che offre uno straordinario campo d'indagine per i ricercatori perché oltre alle capacità e alle abilità nell'eseguire il gesto tecnico, essendo uno sport di opposizione, genera molteplici meccanismi mentali dettati principalmente dalle azioni dell'avversario.

Tempo, velocità e misura sono, considerati i tre pilastri della scherma, supportati dalla tecnica: il modo, come diceva Marcelli (Marcelli Regole della scherma 1686 Roma). Nel cercare di migliorare continuamente queste caratteristiche inevitabilmente gli atleti di questa disciplina sono sottoposti a particolari condizionamenti fisici e fisiologici tra cui la postura.

Lo studio è stato eseguito in collaborazione con la FIS Federazione Italiana Scherma su di un campione di dodici atleti (sei uomini e sei donne) della Nazionale Italiana Olimpica di Scherma. L'oggetto dello studio è l'equilibrio statico degli atleti di livello che, dopo opportuni aggiustamenti posturali, hanno migliorato il gesto tecnico. L'analisi posturologica condotta tende a valutare come l'alterazione del sistema posturale possa influenzare non solo l'esecuzione del gesto tecnico e l'ottimizzazione delle performances, ma anche il sistema posturale nel quotidiano e se e come l'esecuzione del gesto influisca sull'equilibrio posturale.

I dati emersi dalla rilevazione con la pedana multifunzione di misurazione Zebris hanno tenuto conto delle variabili soggettive come peso, altezza, età e lunghezza della gamba degli atleti.

La ricerca intende rilevare l'importante relazione tra postura e movimento che si esprime attraverso il buon funzionamento del "sistema tonico-posturale" anche in relazione alla vita di relazione dei giovani atleti. Un primo passo per tracciare delle linee guida e valutare gli atleti nel loro percorso formativo, per migliorare le loro performances ma soprattutto per individuare eventuali interventi di recupero sanitario e tecnico-motorio sul sistema tonico-posturale.

86 Baldassarre, G., Cuomo, S., Sibilio, M. "SPORTS PERFORMANCE AND POSTURE: Implications and Influences in Olympic Fencing Athletes" (Performance sportive e postura: implicazioni e condizionamenti negli atleti Olimpionici di Scherma) ricerca presentata al "15th Annual Congress of the European College of Sport Science - Antalya, Turchia 23 - 26 giugno 2010.

Analizzare le problematiche posturologiche stabilendo la tipologia se congenita o determinata dal gesto sportivo, in relazione all'età, sesso e stile di vita degli atleti, investigare sullo stato posturologico degli stessi con i moderni sistemi tecnologici, sperimentare nuovi percorsi educativi e rieducativi per migliorare la loro postura. Dall'analisi dei dati posturologici effettuata sugli atleti, è emerso, come ipotizzato, un'ottima postura dovuta alla loro continua ricerca di un equilibrio e di una stabilità alla base dello sport praticato e un adattamento fisico dovuto alle continue sollecitazioni imposte dalla disciplina e dal carattere agonistico - professionale con cui viene seguita.

Il ruolo delle calzature nell'insorgenza delle algie⁸⁷.

L'incidenza di algie del tratto lombo-sacrale e di dolori plantari in soggetti giovani, in seguito al mantenimento prolungato della posizione ortostatica, è frequente. Tali soggetti sono soliti variare spesso tipologia di calzatura, senza una corretta conoscenza delle loro necessità individuali. Ciò porta a riflettere sull'effettivo ruolo delle calzature. L'uso delle calzature potrebbe produrre una significativa differenza di carico a livello della base di appoggio plantare nell'individuo e causare algie evitabili con una corretta prevenzione. Sono state analizzate le variazioni di carico sulla base di appoggio plantare in due condizioni ben distinte:

- A piedi scalzi.
- Con le abituali calzature (precisamente sono state utilizzate scarpe da ginnastica, fattore tenuto poi in considerazione per la successiva analisi dei risultati).

L'indagine, è stata condotta con la pedana dinamometrica Zebris, costituita da una piattaforma su cui i sensori rilevano il valore locale della forza; questo valore è sviluppato dal singolo centimetro quadrato dell'appoggio, quindi la pedana rileva la pressione di appoggio al suolo, basandosi sulla terza legge di Newton, secondo cui alla forza peso si contrappone una forza uguale e contraria. Per il nostro studio, abbiamo preso in considerazione due parametri:

- Distribuzione carico antero-posteriore destro-sinistro.
- Area dell'ellisse (COM).

La distribuzione del carico rilevata dai sensori della pedana permette la costruzione di mappe delle pressioni agenti su tutta la pianta del piede, in particolar modo facendo un bilancio del rapporto delle forze che si scaricano su retro piede e avampiede. I dati sono poi elaborati da un sistema elettronico che consente il collegamento di ciascun sensore all'elaboratore dei dati; i valori delle pressioni sono presentati mediante codifica con colori, ottenendo schermate caratteristiche di questo tipo di pedana. L'area dell'ellisse è la rappresentazione grafica delle oscillazioni del centro di massa (COM): la postura statica eretta, infatti, è mantenuta a costo di continue piccole correzioni all'assetto spaziale del

⁸⁷ Ricerca in corso di pubblicazione

corpo. Nella pratica si studiano generalmente le oscillazioni del solo baricentro corporeo, sotto la ragionevole ipotesi che scopo primario della strategia di controllo in postura eretta sia quello di mantenere il baricentro all'interno del perimetro di appoggio entro un'area sufficientemente piccola per assicurare un certo margine di sicurezza.

Il campione analizzato è costituito da un gruppo omogeneo di studenti di medicina: venti soggetti di cui quattro maschi e sedici femmine, di età compresa tra 20 e 26 anni, di diversa altezza e peso. Le misurazioni sono state effettuate nel laboratorio di Analisi del Movimento, luogo assolutamente protetto da interferenze esterne, sito presso la facoltà di Medicina e Chirurgia dell'Università degli studi di Salerno.

Ciascun soggetto si è posizionato sulla pedana statica a piedi divaricati o paralleli tra loro, senza calzature, a occhi aperti, per 20 secondi. Come richiesto dal protocollo di utilizzo della pedana, sono state effettuate tre misurazioni distinte di cui due consecutive, in modo da poter confrontare tra di loro i valori così ottenuti. In questo modo ci si riferisce a un dato ricavato sullo specifico paziente e non a una banca dati di normalità per la popolazione.

Per quanto concerne la distribuzione del carico, dai dati è emerso che senza calzatura essa è simile a quella fisiologica precedentemente descritta. L'utilizzo delle calzature invece porta a una tendenza a eguagliare il carico antero-posteriore o addirittura a provocare una netta prevalenza di carico anteriore. Ciò è riconducibile alla particolare conformazione della suola delle calzature utilizzate, in questo caso scarpe da ginnastica. Talvolta la calzatura riesce a correggere un'eccessiva distribuzione di carico posteriore unilaterale, come dimostrato dalle tre successive misurazioni effettuate su uno dei soggetti.

In seguito abbiamo focalizzato l'attenzione sulla dimensione dell'area dell'ellisse, analizzando la possibile presenza di variazioni dei valori nel confronto tra misurazioni senza scarpe e con scarpe.

L'oscillazione del COM con e senza calzature è comunque strettamente soggettiva.

In conclusione le scarpe giocano un ruolo chiave nella modifica della distribuzione del carico. Scelte con cura possono correggere difetti nell'appoggio

plantare e aiutare a prevenire l'insorgenza di algie, ma un loro errato utilizzo può portare a un netto sbilanciamento di carico responsabile a lungo andare di dolori e traumi. E' d'uopo quindi sensibilizzare soprattutto i giovani, che spesso delle calzature fanno un uso scorretto badando più alla moda che alla comodità, sui rischi che incorrono nell'indossare calzature inadatte.

Valutazione posturologica e bilancio calorimetrico negli schermatori agonisti⁸⁸.

Questa ricerca di tipo sperimentale rientra nelle ricerche effettuate in varie discipline sportive per la rilevazione e la comparazione dei diversi sistemi di allenamento, del consumo calorico degli atleti e del relativo bilancio energetico nonché della valutazione posturale dei soggetti.

Lo studio è stato effettuato su di un campione composto da dodici atleti, sei uomini e sei donne di età compresa tra i 21 e i 30 anni, atleti schermatori specialità



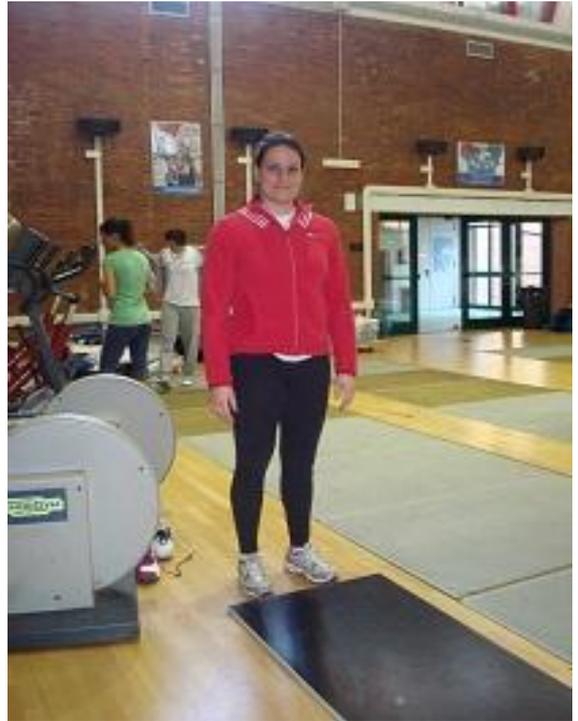
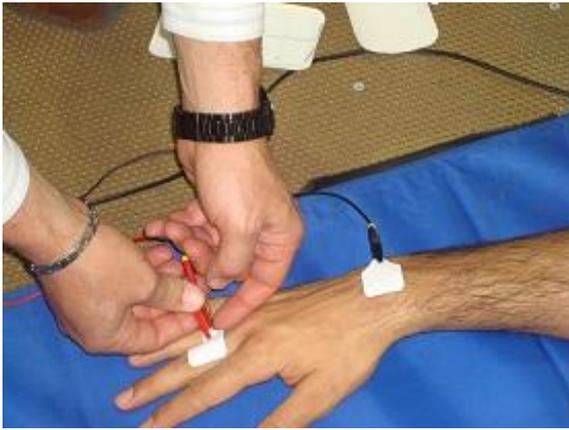
sciabola a livello agonistico. La ricerca è stata svolta durante una normale seduta di allenamento prevista per gli atleti. Gli atleti hanno compilato una scheda personale relativa alle abitudini alimentari. La rilevazione è stata effettuata con il calorimetro SenseWear Armband durante tutta la durata dell'allenamento, con la pedana Zebris FDM per la rilevazione della postura degli atleti e con l'Impedenziometro Bodycomp MF per la valutazione della massa magra, della massa grassa e del metabolismo basale.

L'allenamento ha previsto le normali fasi di riscaldamento, tecniche individuali e di gruppo e combattimenti individuali.

Nelle immagini seguenti alcune fasi delle rilevazioni.



⁸⁸ Ricerca in corso di pubblicazione



Le informazioni concernenti le varie rilevazioni sono state direttamente o indirettamente trasferite al computer per la successiva elaborazione.

La durata totale della sperimentazione è stata di circa sette ore.

Le principali considerazione concernente i dati analizzati sono quelle ovvie della differenza di sesso tra i due campioni esaminati.

Le maggiori differenze si evincono nelle misurazioni della massa magra e della massa grassa e nei consumi calorici totali e durante le attività dove i maschi presentano risultati maggiori, dovuti, come descritto nel paragrafo sulla calorimetria, alle differenze di corporatura e concentrazione dell'emoglobina nell'uomo e alla maggiore quantità di tessuto adiposo nelle donne.

I soggetti esaminati sia uomini che donne hanno valori simili nell'indice di massa corporea.

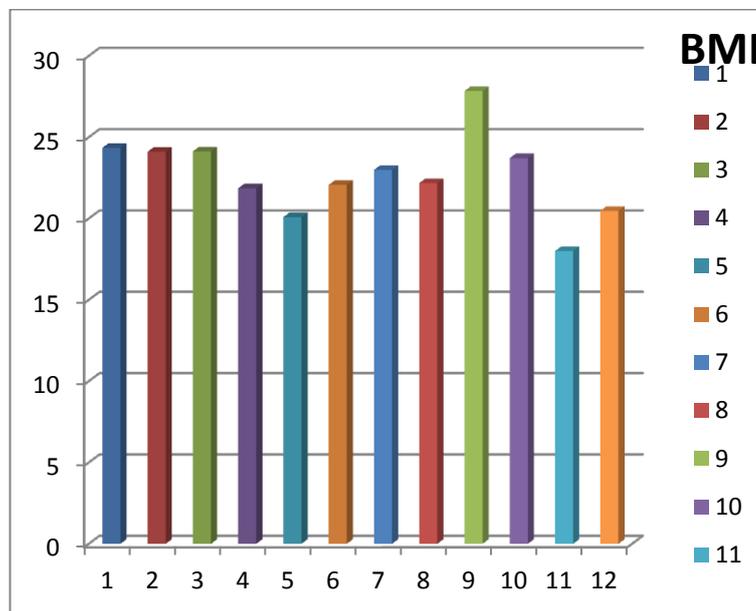
Le rilevazioni sulla postura dei soggetti hanno evidenziato che tutti i valori registrati sono ampiamente nella norma, anzi in alcuni casi più bassi rispetto ai valori di riferimento.

Anche in queste rilevazioni si evincono le differenze tra i due sessi, dove, soprattutto nelle misurazioni oa/oc si riscontra un'inversione di risposta, infatti, mentre nel passaggio tra le due diverse posizioni i maschi presentano valori decrescenti, nelle donne si evidenzia un andamento crescente di tali valori.

Per la comparazione con gli altri sport abbiamo preso in considerazione la ricerca effettuata da Passmore e collaboratori⁸⁹ che hanno calcolato il valore del dispendio energetico nelle varie attività (kcal / kg, nell'unità di tempo h).

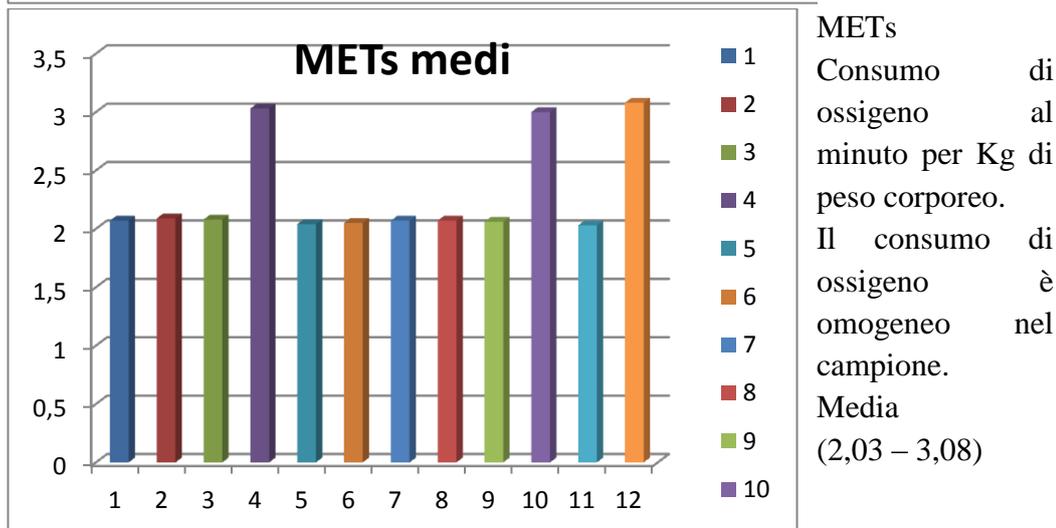
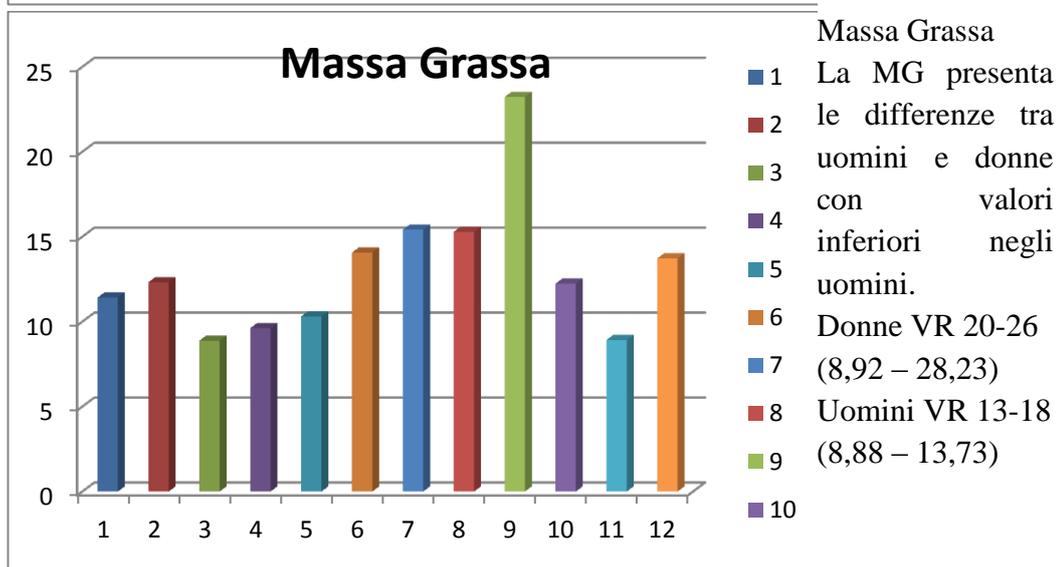
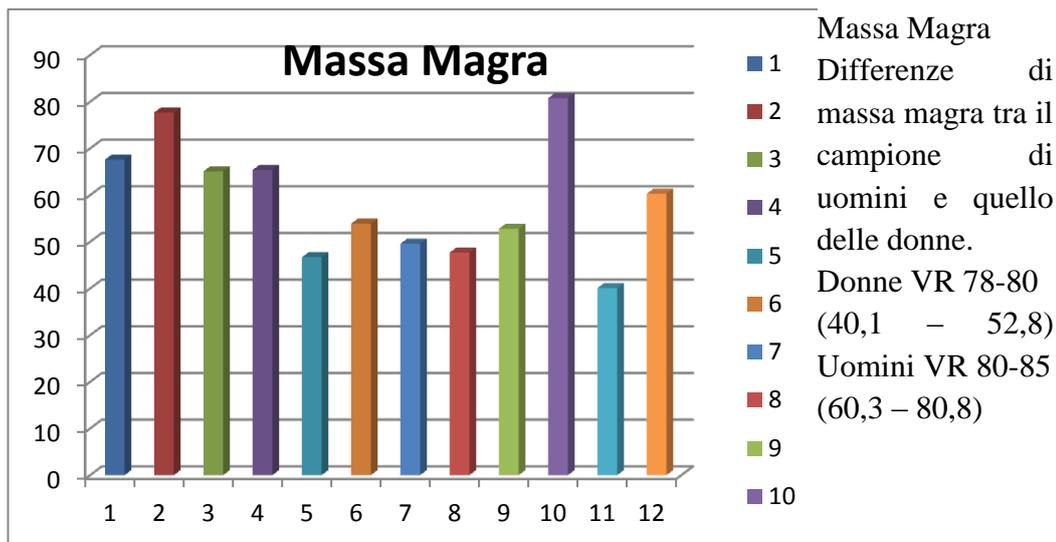
Dalla comparazione dei nostri dati con quelli della ricerca di Passmore, appare evidente il divario tra la scherma circa 400 kcal e altri sport individuali come lotta 900 kcal, boxe 600 kcal, sci velocità 960 kcal, sci fondo 750 kcal, tennis singolo 800 kcal e nuoto velocità 700 kcal. Più simile invece, appare il dispendio relativo alla ginnastica che presenta valori di 450 kcal.

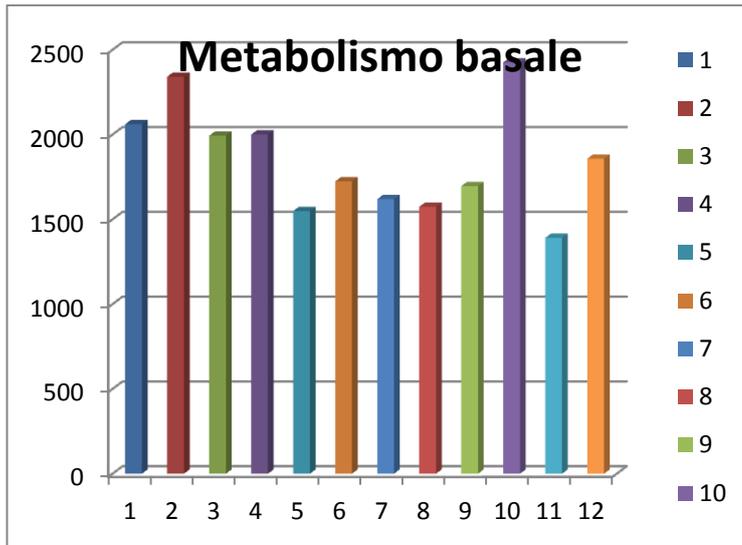
Qui di seguito riportiamo i grafici elaborati e i relativi resoconti:



Indice di Massa Corporea. (BMI)
Dati omogenei e valori riferiti alla media Normopeso (18.5-25). Solo un soggetto risulta con un valore di 27,84 sovrappeso (25-30).

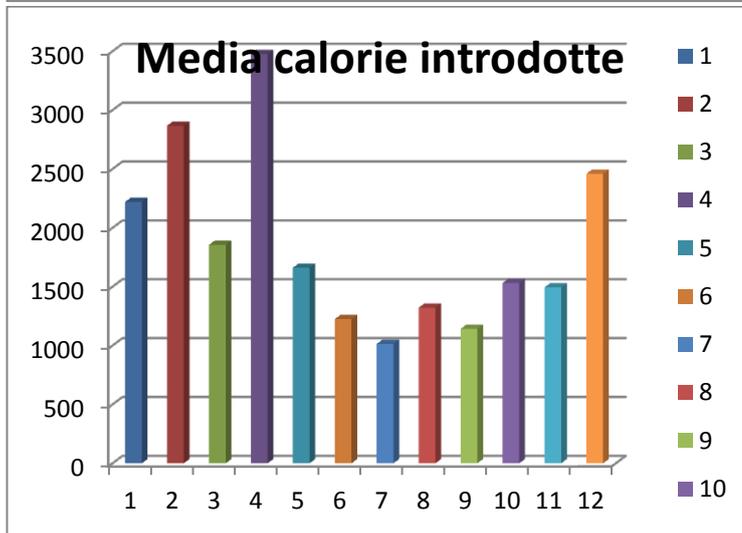
⁸⁹ Durnin, John V. G. A. & Passmore, R., (1967). "Energy, work and leisure". Ed. Heineman, London.





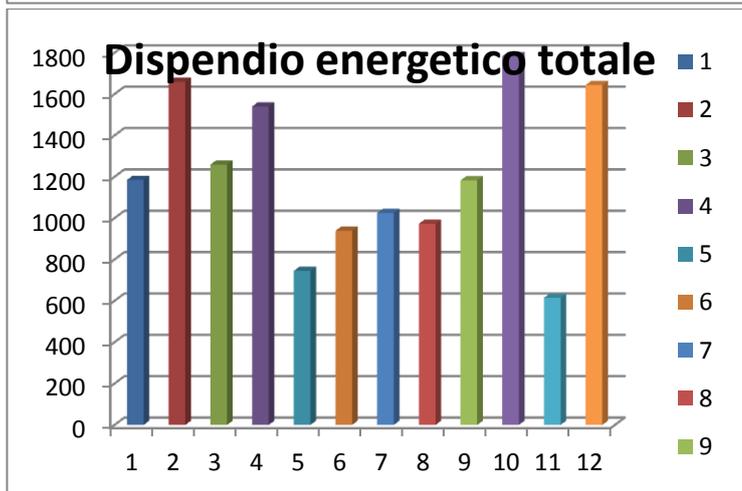
Metabolismo basale
Differenze nel
campione tra uomini
e donne.

Donne
(1391 – 1724 Kcal)
Uomini
(1858 – 2426 Kcal)



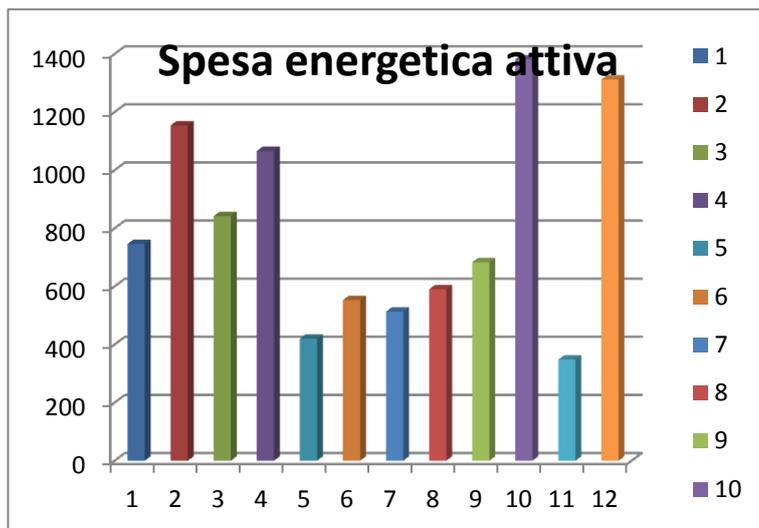
Metabolismo del
cibo
Media calorie
introdotte attraverso
il cibo.

Donne
(1014 – 1661 Kcal)
Uomini
(1531 – 3477 Kcal)

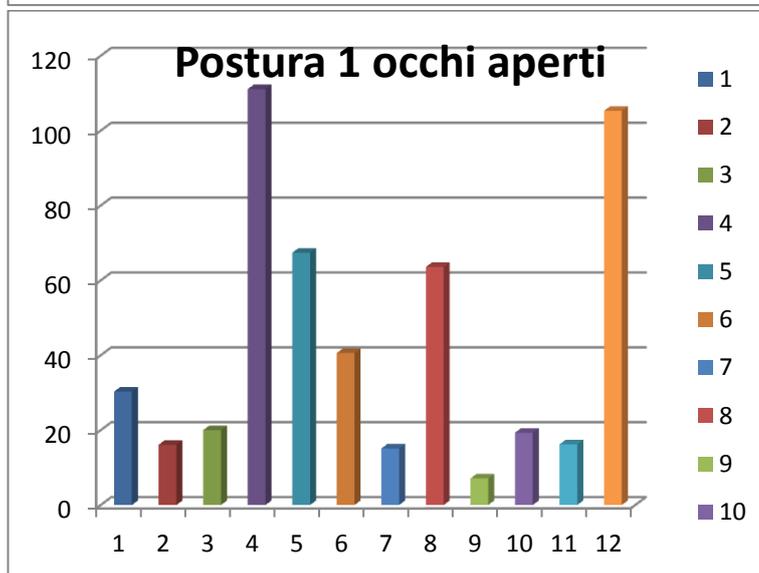


DET – Dispendio
energetico totale
I dati mostrano un
maggior consumo
calorico negli
uomini.

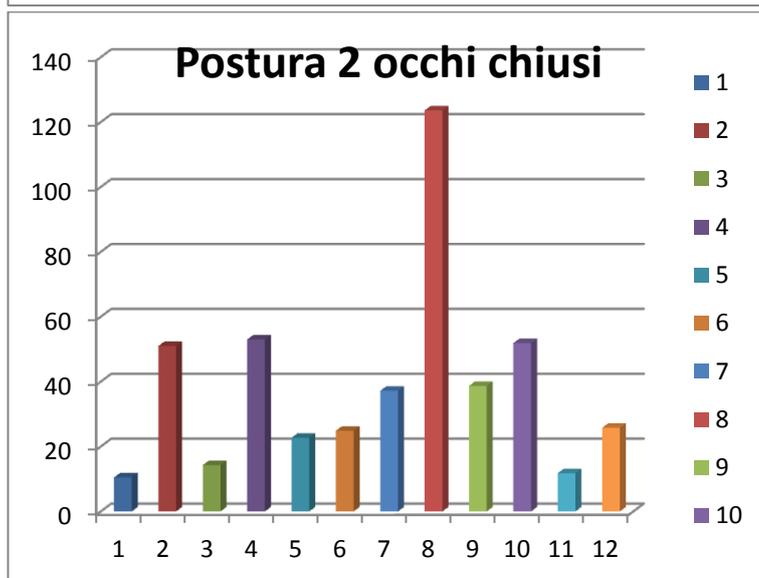
Donne
(615 – 1183 Kcal)
Uomini
(1185 – 1783 Kcal)



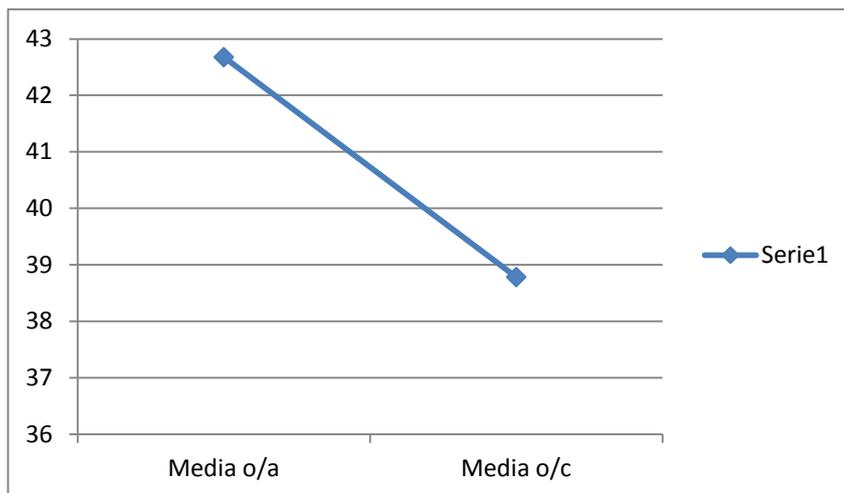
SEA – Spesa energetica attiva
 Anche in questa rilevazione notiamo le stesse differenze tra uomini e donne.
 Donne (348 – 683 Kcal)
 Uomini (746 – 1381 Kcal)



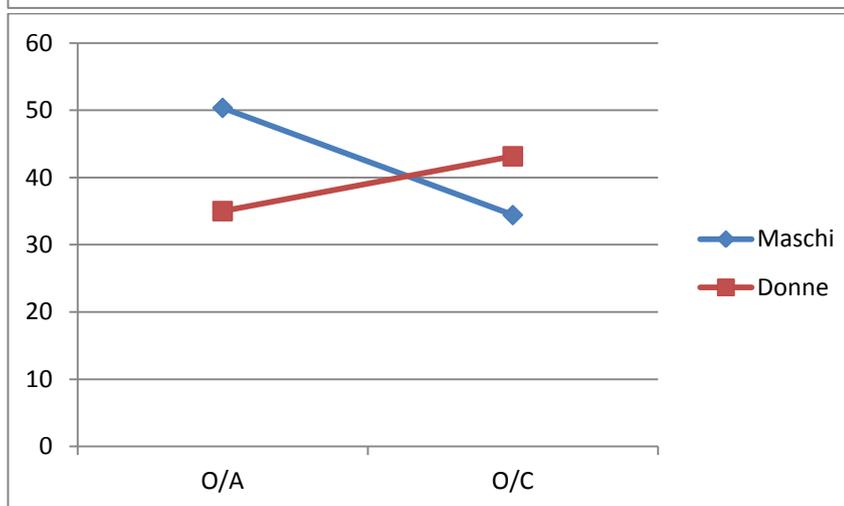
Postura O/A
 I dati rilevati sono tutti nella norma.
 Tutti gli atleti hanno una buona postura.



Postura O/C
 I dati rilevati sono tutti nella norma.



Media rilevazione occhi aperti e occhi chiusi.



Media rilevazione differenze tra maschi e femmine O/A – O/C
Maschi Diminuzione
Femmine Aumento

L'analisi dei dati presentati mostra in generale una prima evidente differenza tra i sessi già in precedenza descritta e documentata. Nell'analisi stabilometrica non sono emersi particolari rilievi sul mantenimento della postura. Il confronto fra la rilevazione a occhi chiusi e a occhi aperti sottolinea la forma fisica e la buona tecnica di chi pratica questa disciplina, in cui l'equilibrio è elemento fondamentale, mostrando gli adattamenti fisici e neuromuscolari degli atleti che hanno risposto positivamente al controllo posturale.

Questo dato conferma, in linea generale, l'importanza della postura in questo sport e come possa incidere sulla prestazione soprattutto quando siamo in presenza di atleti professionisti di alto livello. Un bilancio energetico adeguato e un buon rapporto tra massa magra e massa grassa riscontrato negli atleti consentono di praticare questa disciplina in maniera ottimale prevenendo infortuni e danni ai vari apparati fisiologici.

Concludendo, pur consapevoli delle infinite variabili non considerate e dell'impossibilità di poter verificare con rigore scientifico i risultati su gruppi di controllo, diamo comunque valore ai dati rilevati che possono essere significativi come base su cui operare nuove ricerche con un paradigma scientifico.

Studio sperimentale sulla statica e l'equilibrio in Atleti di ginnastica artistica⁹⁰.

Questo studio è stato effettuato dal gruppo di lavoro presso il Laboratorio di analisi del movimento in collaborazione con la Federazione Ginnastica d'Italia e con gli organi del Comitato Regionale FGI Campania.

Lo studio sperimentale, attraverso l'utilizzo della pedana stabilometrica, vuole indagare sulle problematiche concernenti la postura, alla stabilità e all'equilibrio in atleti ginnasti.



In particolare la ricerca vuole stabilire una possibile relazione tra la stabilità del ginnasta, rilevata con la postura in stazione eretta, e la ricerca dell'equilibrio durante l'esecuzione della prima e basilare posizione della carriera nell'ambito di questa disciplina, e cioè: **la Verticale**.

Questo studio, partendo da esperimenti effettuati nel laboratorio di analisi del movimento dell'Università di Salerno con la pedana dinamometrica e con il sistema optoelettronico Smart D- BTS, sulla misura dei picchi vettoriali di spinta (forza) di entrata e di uscita di alcuni esercizi acrobatici di base della ginnastica, eseguiti sia con l'appoggio delle mani che dei piedi, ha voluto verificare e valutare perché una tecnica esecutiva di un elemento ginnico di natura ovviamente biomeccanica, è più valida e più redditizia e quali sono le ragioni scientifiche.

⁹⁰ Studio in completamento per successiva pubblicazione

Lo studio è stato effettuato su 50 atleti ginnasti pre-agonisti e agonisti divisi in due gruppi. Il primo gruppo era composto di 16 ginnasti di cui 14 femmine e 2 maschi di età compresa tra gli 8 e i 20 anni, con una media altezza di circa 150.2 cm e una media peso di circa 45,90 Kg. Il secondo gruppo era composto di 34 ginnaste di età compresa tra i 6 e gli 11 anni con una media altezza di cm 121.2. Il protocollo di valutazione prevedeva le seguenti rilevazioni:



- **stazione eretta e rilevazione a occhi aperti 30”;** 1° test
- **stazione eretta e rilevazione a occhi chiusi 30”;** 2° test
- **stazione in Verticale 5”;** 3° test

I primi due test vengono effettuati con il test di Romberg.⁹¹

Nella ricerca saranno effettuate più rilevazioni sullo stesso campione per valutare la postura dei soggetti e gli eventuali miglioramenti dei livelli prestativi.

Le rilevazioni sono state effettuate presso la palestra federale “Alessandro La Pegna” a Napoli, nei giorni 20/3/2011 e 2/4/2011. Gli strumenti utilizzati sono stati la pedana stabilometrica, bilancia e asta metrica, fotocamera e videocamera.

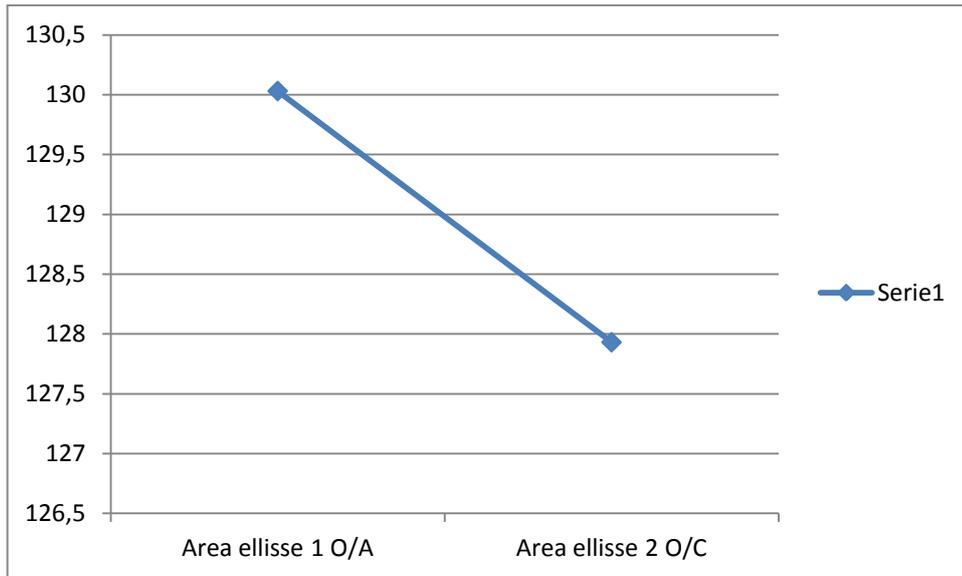
⁹¹ Moritz Heinrich Romberg (1795-1873) Il test di Romberg consiste nel far rimanere in piedi a talloni uniti e a occhi aperti il paziente per 30 secondi. Poi si ripete il test facendo rimanere il paziente per 30 secondi ad occhi chiusi. Se il paziente tende a barcollare o a cadere il test si intende positivo (Patologia cerebellare o labirintica) Una lieve oscillazione non è patologica.



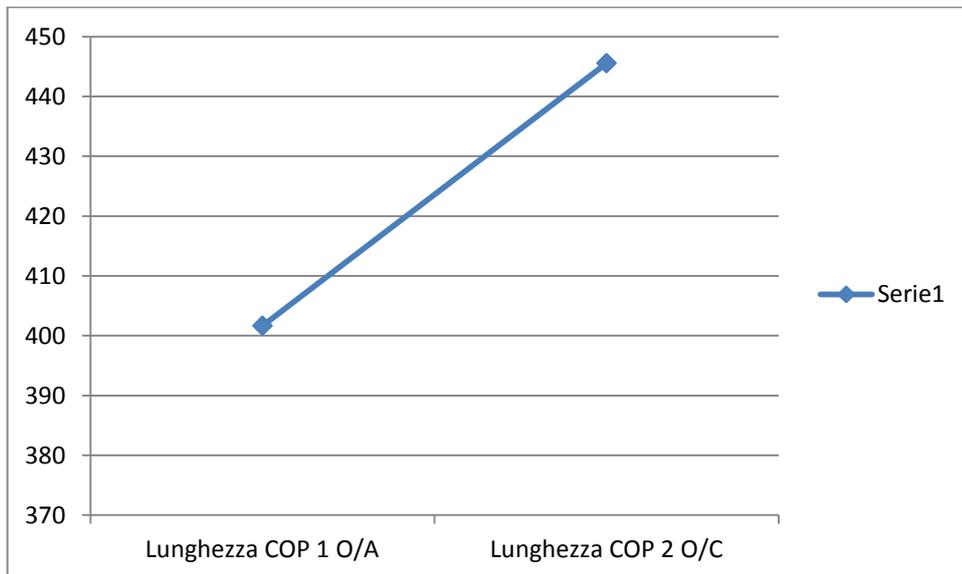
Presentazione dei risultati e conclusioni.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata per media del campione. Il primo dato sviluppato è stato quello dell'Indice di massa Corporea (BMI). Tutti gli atleti sono risultati normopeso, solo il 12,50% di essi è in leggerissimo sovrappeso. Tenendo conto delle fasce di età prese in considerazione è sicuramente un dato che mette in evidenza un buon rapporto peso altezza negli atleti.

Per quanto riguarda il test di Romberg i risultati hanno evidenziato, nelle medie, in entrambi le rilevazioni, (occhi aperti/occhi chiusi) una buona postura. Infatti, tutti i ginnasti hanno nella maggioranza un indice dell'area ellisse al di sotto di 100 mm, pari all'81,25% del campione e una lunghezza dell'indice COP al di sotto di 400 mm, pari al 68,75% 1° rilevazione occhi aperti. (vedi grafico)



Nella rilevazione a occhi chiusi l'area ellisse comparata a quella precedente è migliore nella media totale ma solo il 37,50% degli atleti è al di sotto di 100 mm. Per quanto riguarda il dato dell'indice COP, a occhi chiusi, c'è da rilevare che la media è di poco superiore alla rilevazione a occhi aperti ma nel complesso risulta in linea con le medie emerse nell'area dell'ellisse. (vedi grafico)

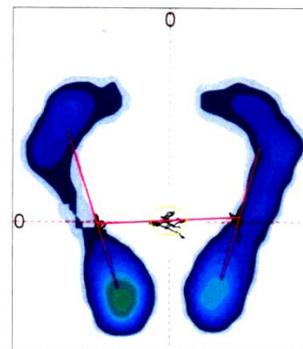


Questi dati ci indicano in via generale che gli atleti hanno una buona postura, con percentuali rilevanti al di sotto dei valori di riferimento mettendo in risalto le note caratteristiche propriocettive e percettive della disciplina.

Le rilevazioni sul carico del peso DX e SX e antero-posteriore degli atleti ci consentono di valutare la distribuzione del peso sia sulla parte anteriore sia posteriore di entrambi i piedi e la differenza in percentuale tra il carico distribuito sul lato destro e sul sinistro.

Nel 1° test a occhi aperti la media, ci ha dato un responso di maggior carico sulla parte anteriore sinistra e sulla parte posteriore destra, e in termine di percentuale sul campione la media totale del carico distribuito è stata del 47,39% sul piede SX e del 52,61% sul piede DX.

Media Distribuzione Forze



Nel 2° test a occhi chiusi la media ci ha dato

un'inversione di tendenza sull'antero-posteriore, infatti, il maggior carico è sulla parte anteriore destra e sulla parte posteriore sinistra. Anche a occhi chiusi in termini di percentuale sul campione la media totale del carico distribuito è stata del 48,76% sul piede SX e del 51,24% sul piede DX. Questi dati comunque indicano una complessiva distribuzione del carico e un buon equilibrio generale.

La terza rilevazione prevista consisteva nell'esecuzione dell'esercizio della stazione in verticale (anche assistita) mantenuta per più di cinque secondi.

Nella valutazione dei dati in questa rilevazione non è possibile effettuare un confronto diretto con quelli emersi dalla stazione eretta. Infatti, i valori sono molto più alti in quanto variano sia la base di appoggio, sia il baricentro del corpo sia la spinta al suolo sia ovviamente nelle mani sono completamente differenti da quella dei piedi. Questi valori saranno considerati per una valutazione descrittiva dei fenomeni senza una reale comparazione e correlazione con quelli emersi dalle precedenti rilevazioni.

Il peso del corpo distribuito sulle mani, sia sulla parte anteriore sia posteriore è poco indicativo perché in verticale il lavoro sull'appoggio è maggiore perché la conformazione delle mani è diversa da quella dei piedi. La mano, quindi, si deve

adattare nel ricercare con la forza e la tecnica di mantenere la posizione in equilibrio.

Nella continua ricerca dell'equilibrio l'atleta compensa continuamente la posizione lavorando con le leve che si creano all'altezza del cingolo-scapolo-omerale, e cioè con la linea delle spalle per contrastare il peso e lo sbilanciamento del corpo cerca continuamente di portare o le spalle in avanti o indietro per restare in equilibrio.

Il dato medio in percentuale che emerge dalla continua ricerca dell'equilibrio è, in generale, abbastanza distribuito e risulta pari al 47,96% sulla SX e al 52,04% sulla DX.

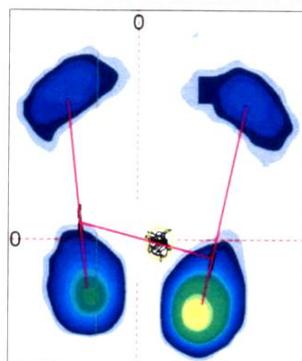
Un dato che evidenziamo per la particolare singolarità e che quasi la totalità del campione, il 76,47%, ha sempre preferito distribuire il carico, in tutte e tre i test, quindi sia nella stazione eretta sia nella posizione in verticale, sempre sullo stesso lato. Mentre il 29,53% si è alternato nella distribuzione del carico attraverso i test. Di quel 76,47% che ha sempre distribuito nelle tre prove il carico dallo stesso lato, il 15,38% ha preferito sempre il lato SX sia nella stazione eretta sia in verticale, mentre l'altro 84,62% ha preferito il lato DX. Questa percentuale potrebbe essere comparata con la percentuale all'interno del campione dei soggetti destrimani e mancini per verificare un'eventuale correlazione tra i dati.

Nelle immagini seguenti un esempio rilevato su un atleta.

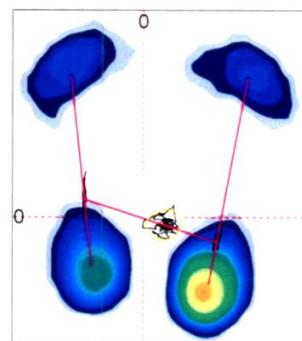
1 Test O/A

2 Test O/C

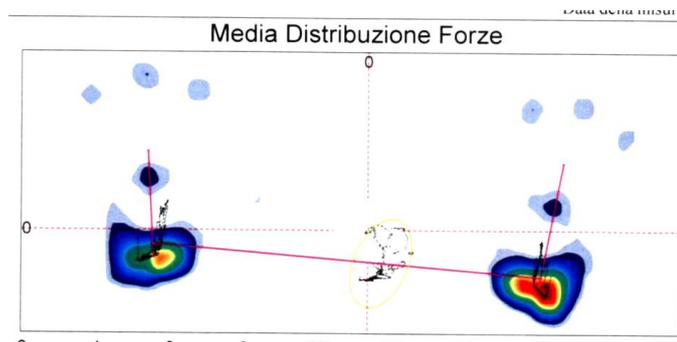
Media Distribuzione Forze



Media Distribuzione Forze



3 Test Verticale



Lo Sport, attraverso i mass media ha permesso agli atleti di far conoscere le proprie imprese e gli eccezionali traguardi raggiunti. Questo incide anche sulle scelte dei giovani atleti che modellano la loro attività e il loro stile di vita per raggiungere, attraverso lo sport, la loro realizzazione personale.

Nella ginnastica questo accade di rado, e solo quando si diventa campioni olimpici o mondiali, perché l'interesse mediatico è rivolto ad altri sport ricchi e visibili.

Gli sforzi della ricerca in campo sportivo sono rivolti a trovare le soluzioni in grado di chiarire perché e come si possa pervenire ai massimi risultati nelle varie discipline sportive, cioè quali siano i fattori che concorrono a formare un atleta di alto livello.

I pre-requisiti del successo negli sport in generale, e in ginnastica in particolare, si fondano, in larga misura, sulle caratteristiche fisiche e psichiche degli atleti, includendo tra queste ovviamente le dimensioni antropometriche, la composizione corporea, gli stili di vita e l'alimentazione.

Gli studi condotti a livello nazionale e internazionale, mostrano differenze negli atleti che praticano i diversi sport nelle loro caratteristiche morfologiche, che variano secondo lo sport praticato (Carter et al., 1990; Tunner, 1964).

Molti studiosi hanno condotto lavori scientifici nel campo dell'antropometria applicata alla ginnastica artistica di alto livello (Lopez et al., 1979; Dzhafarov e Vasilchuk, 1987; Claessens et al., 1991°). Da questi studi appare evidente come la ginnastica artistica risulta essere uno sport che caratterizza notevolmente l'atleta dal punto di vista morfologico. Altri autori suggeriscono che i ginnasti che

raggiungono alti livelli, nel momento in cui iniziano l'attività ginnica, siano già in possesso di particolari basi determinate da un genotipo che li favorisce nella pratica di tale sport (Richards, 1999; Bass et al., 2000). In questo senso anche la linea di tendenza del Codice dei Punteggi sembra indirizzarsi verso una selezione marcata dei soggetti in grado di soddisfare le esigenze in esso contenute. Infatti, la propensione nel corso degli ultimi decenni verso l'implementazione di sempre maggiori componenti acrobatiche, sembra consolidarsi anno dopo anno, aumentando in tal modo vertiginosamente le difficoltà eseguibili ai singoli attrezzi.

E' essenziale, quindi, per l'atleta l'importanza di una morfologia corporea appropriata per raggiungere i livelli più alti nelle competizioni.

L'individuazione dei fattori morfologici in questi atleti, potrebbe costituire un vantaggio nella performance, e costituire una base per la selezione dei giovani talenti, soprattutto per la ginnastica artistica (Bloomfield, 1992; Komadel, 1988; Regnier et al., 1993). In questa disciplina la struttura fisica adeguata, trova riscontro anche dal punto di vista biomeccanico. Le analisi antropometriche condotte sui ginnasti d'élite evidenziano in linea generale caratteristiche fisico-strutturali molto peculiari quali: bassa statura, spalle ampie e fianchi stretti, massa grassa sotto i normali riferimenti e una muscolatura ben sviluppata. Oggi il ginnasta si presenta nella media più filiforme, con arti inferiori potenti e quelli superiori più armonici con il corpo rispetto al passato.

La Ginnastica Artistica è una disciplina che nell'attuale panorama sportivo risulta essere tra le più difficili e complesse. Per raggiungere livelli prestativi accettabili, gli atleti devono dedicare molti anni della loro vita alla pratica della disciplina e sottoporsi a duri allenamenti, sin dalla giovane età.

In questo senso, è fondamentale un approccio scientifico alla teoria dell'allenamento. Infatti, studiare lo sviluppo psico-fisico dei ginnasti, la loro caratterizzazione fisiologica, psicologica, genotipica e antropometrica, attraverso le nuove tecnologie in campo biomeccanico, significa ottimizzare i risultati riducendo gli infortuni e gli abbandoni precoci dall'attività.

La mancanza di studi specifici nel settore e la necessità di fare chiarezza su alcuni argomenti che, nell'attuale dibattito scientifico internazionale, trovano spesso

risposte contrastanti ci spingono a continuare questa ricerca, pur consapevoli del grande lavoro da fare in settori ancora tutti da esplorare. Da qui la necessità di creare parametri di riferimento specifici per i ginnasti, (protocolli di valutazione) che potranno essere di grande utilità sia per la performance degli atleti sia per la ricerca dei nuovi campioni.

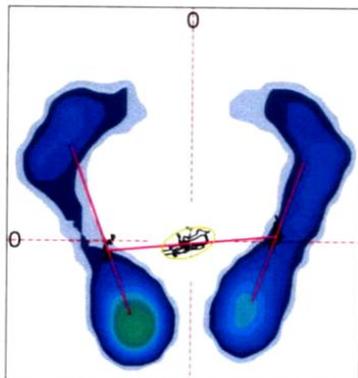
Lo scopo primario, infatti, del nostro studio è stato quello di tracciare le caratteristiche peculiari di questo sport individuando negli atleti la distribuzione delle forze e dell'equilibrio sulla pedana stabilometrica. Questi dati raccolti nella naturale stazione eretta degli atleti possono essere comparati a quelli rilevati nella posizione in verticale al fine di creare dei protocolli di base per successive e più specifiche rilevazioni.

Quello che è emerso dal presente lavoro evidenzia innanzitutto le caratteristiche morfologiche degli atleti praticanti questa disciplina a livello agonistico, e la buona postura altra caratteristica di base della ginnastica. Infatti, le rilevazioni effettuate sulla pedana, hanno evidenziato un'ottima postura rendendo le differenze tra i due parametri raccolti (occhi aperti e occhi chiusi) quasi nulle.

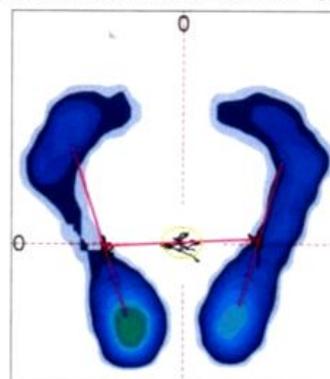
Dall'analisi è inoltre emerso, nonostante un buon equilibrio sia in stazione eretta sia in verticale, l'asimmetrica distribuzione delle forze al suolo con differenze di carico anche sul singolo appoggio dell'arto in senso antero-posteriore.

Sul piano orizzontale si è notato che alcuni ginnasti nella ricerca dell'equilibrio hanno la necessità di avere un piede più avanti dell'altro, cosa che è avvenuta anche in posizione verticale (vedi figura 15).

Media Distribuzione Forze



Media Distribuzione Forze



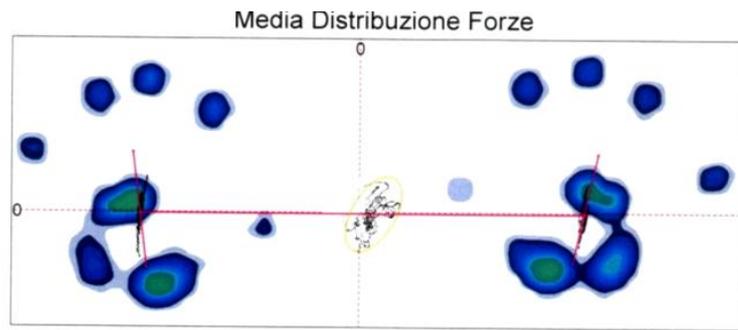


Figura 15

Questa differenza nell'appoggio sia dei piedi sia delle mani potrebbe essere la causa che determina negli esercizi linee di direzioni non rette (diagonali indirizzate non all'angolo opposto, ma spostate o verso destra, o verso sinistra).

Quest'altra informazione potrebbe aiutare l'allenatore a modificare la postura aiutando il ginnasta a migliorare l'allineamento e le combinazioni dei movimenti dinamici mantenendo la linea retta nella direzione stabilita.

Lo sviluppo di quest'analisi comparativa, visto il significativo riscontro di questa indagine, si realizzerà con una nuova ricerca che tenga conto dei dati rilevati e possa essere effettuata su di un campione più significativo e più omogeneo per età, sesso e livello degli atleti, in modo da poter validare i risultati ottenuti e confrontarli con altre realtà.

Sistemi di valutazione calorimetrica negli sport di situazione⁹²

Questa ricerca ha lo scopo di confrontare, attraverso la rilevazione del consumo calorico, le metodologie di allenamento in diversi sport di situazione.

“La capacità di prestazione sportiva si manifesta nella realizzazione dei processi motori specifici dello sport praticato. Sia la qualità, cioè l’aspetto coordinativo, sia la quantità, cioè l’aspetto energetico, dei movimenti sportivi si migliorano attraverso l’allenamento con un carico specifico.

La capacità di prestazione motoria, compresi i processi di apprendimento dei movimenti, si basa sulla capacità funzionale del sistema neuromuscolare (coordinazione dei movimenti, controllo e regolazione dei movimenti) e di quello energetico (trasformazione, utilizzazione e reintegro dell’energia necessaria per eseguire lavoro meccanico). I due sistemi sono strettamente collegati tra loro”.⁹³

Rilevando, quindi, il consumo calorico negli allenamenti possiamo valutare l’intensità del lavoro svolto, gli eventuali adattamenti in base al tipo di lavoro e le diverse metodologie utilizzate.

La ricerca per le molteplici variabili e le diverse condizioni di rilevazione vuole solo riportare dei dati che possono servire da base per futuri approfondimenti e studi specifici.

“Nella valutazione dei dispendi energetici bisogna, infatti, tener conto del periodo e del momento fisiologico in cui l’esercizio fisico è effettuato. Infatti, il dispendio energetico non aumenta linearmente con l’incremento del lavoro muscolare, essendo generalmente più alto all’inizio dell’attività fisica e via via riducendosi con il raggiungimento della cosiddetta condizione di forma”.⁹⁴

“Nella valutazione del costo energetico nei giochi di squadra poi, si deve tener conto delle differenze qualitative e quantitative connesse con il diverso ruolo occupato dagli atleti nell’ambito della squadra stessa e del diverso ritmo di gara tenuto nelle determinate occasioni”.⁹⁵

⁹² Baldassarre, G. Ricerca presentata al Physiomind 2012 - 3° Congresso di Traumatologia e Riabilitazione sportiva “sport injuries in tennis players: prevention, orthopaedic treatment and rehabilitation” 30 – 31 Marzo - Università degli studi di Salerno.

⁹³ Weineck, J., (2009) “L’allenamento ottimale” Ed. italiana a cura di Bellotti, P., Ed. Calzetti & Mariucci – Torgiano PG. p. 86

⁹⁴ Raimondi, A. (1988) “La nutrizione nello Sport” Ed. Piccin La nuova libreria S.p.a. Padova p. 28

⁹⁵ Raimondi, A. (1988) “La nutrizione nello Sport” Ed. Piccin La nuova libreria S.p.a. Padova p. 29

Gli sport presi in considerazioni sono quattro due di squadra e due individuali, rispettivamente Calcio, Basket e Scherma Spada e Scherma Sciabola.

Gli atleti sono tutti di livello professionistico e/o olimpionico. Questi sono i parametri di base:

Calcio – N. 14 Atleti maschi (età 21 – 35);

Basket – N. 14 Atleti maschi (età 17 – 30);

Scherma Spada N. 13 Atleti 7 maschi 6 femmine (età 16 – 30);

Scherma Sciabola N. 12 Atleti 6 maschi 6 femmine (età 21 – 32).

Le rilevazioni per gli sport di squadra sono state tre mentre per gli sport individuali abbiamo eseguito una sola rilevazione. Le tre rilevazioni per gli sport di squadra sono state effettuate con tre metodologie di allenamento:

1. Allenamento fisico-energetico;
2. Allenamento tecnico-coordinativo;
3. Allenamento tattico-cognitivo.⁹⁶

Le rilevazioni per gli sport individuali sono state eseguite con le stesse metodologie sviluppate in un solo allenamento.

L'elaborazione dei dati è stata ottenuta calcolando la media delle rilevazioni. Tutte le rilevazioni sono state effettuate in palestra mentre la rilevazione per il calcio è stata eseguita su di un campo all'aperto.

La prima rilevazione dei dati ha restituito risultati riguardanti i singoli atleti e le medie generali dei consumi calorici totali (DET) e in attività (SEA).

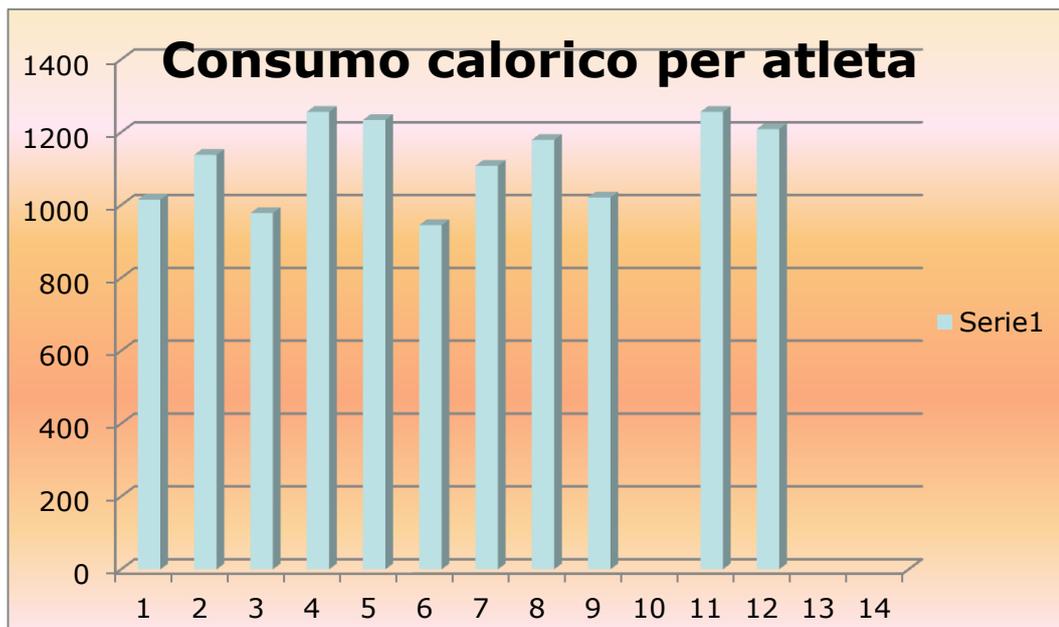
Presentazione dei dati e dei risultati:

Calcio

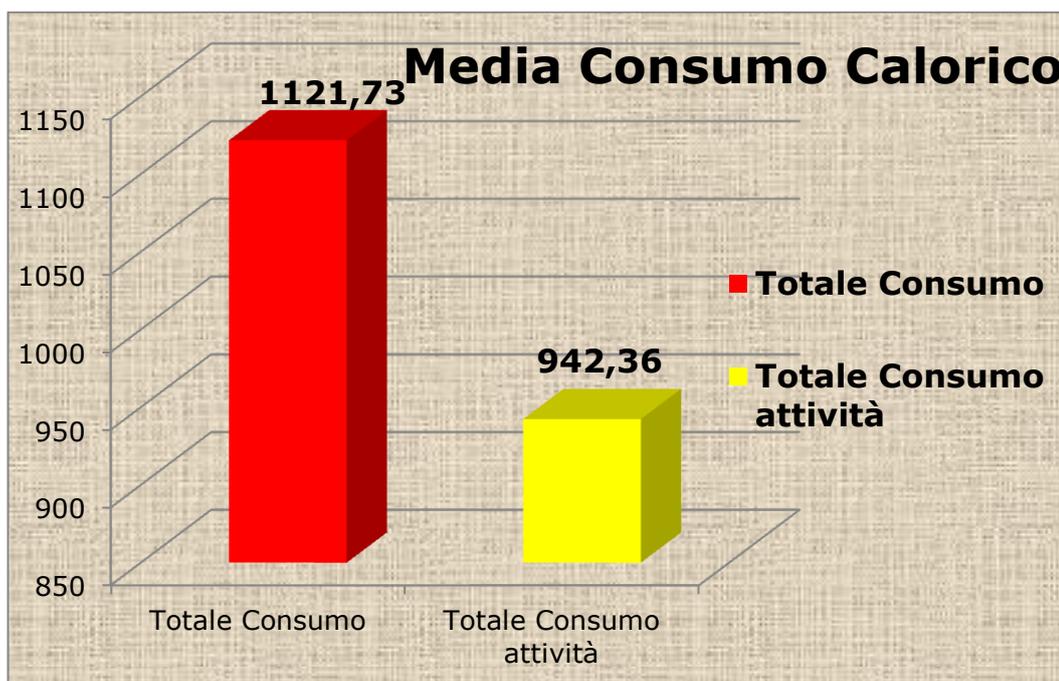
- Tempo medio di rilevazione 2,08 h
- Media indice di massa corporea (BMI) 23.74
- Media costo metabolico METs 5.02
- Consumo calorico per atleta (grafico)



⁹⁶ Weineck, J., (2009) "L'allenamento ottimale" Ed. italiana a cura di Bellotti, P., Ed. Calzetti & Mariucci – Torgiano PG. p. 4



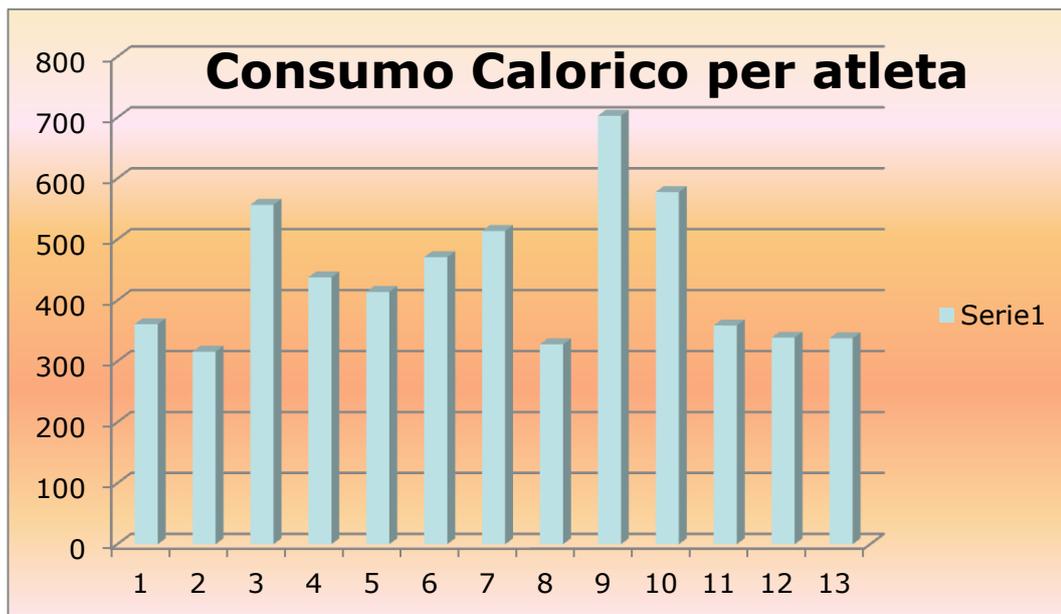
- Dispendio energetico totale (DET) e Spesa energetica attiva (SEA).



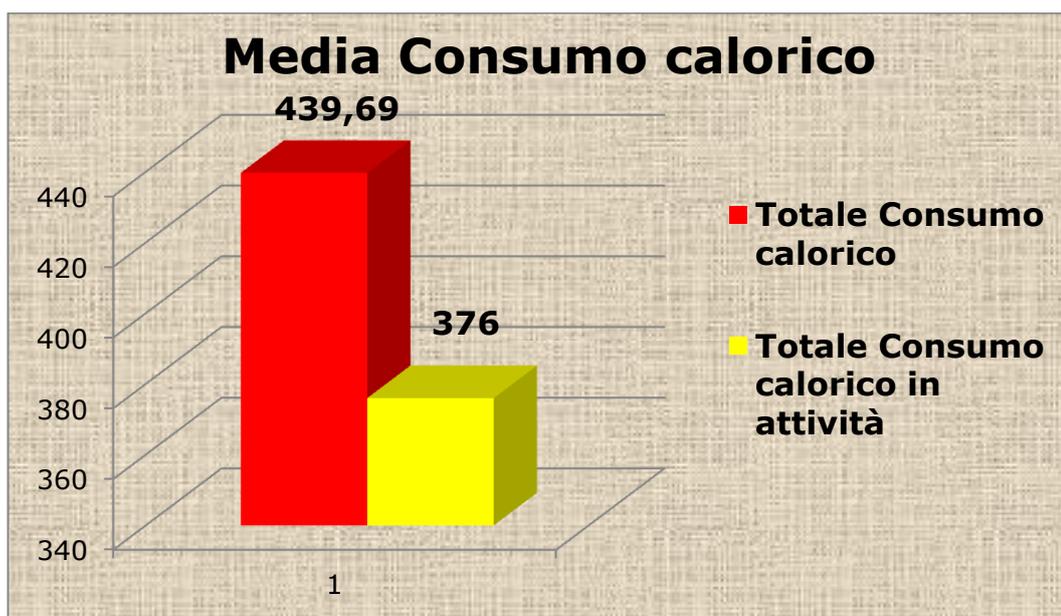
Scherma Spada

- Tempo medio di rilevazione 1.28
- Media indice di massa corporea (BMI) 23.04
- Media costo metabolico METs 4.01
- Consumo calorico per atleta





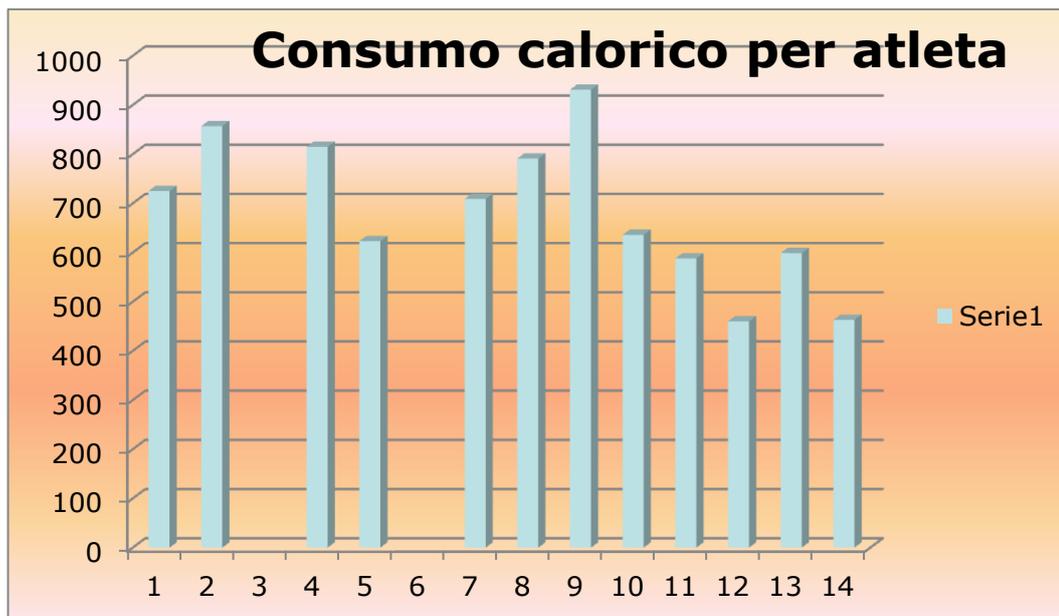
- Dispendio energetico totale (DET) e Spesa energetica attiva (SEA).



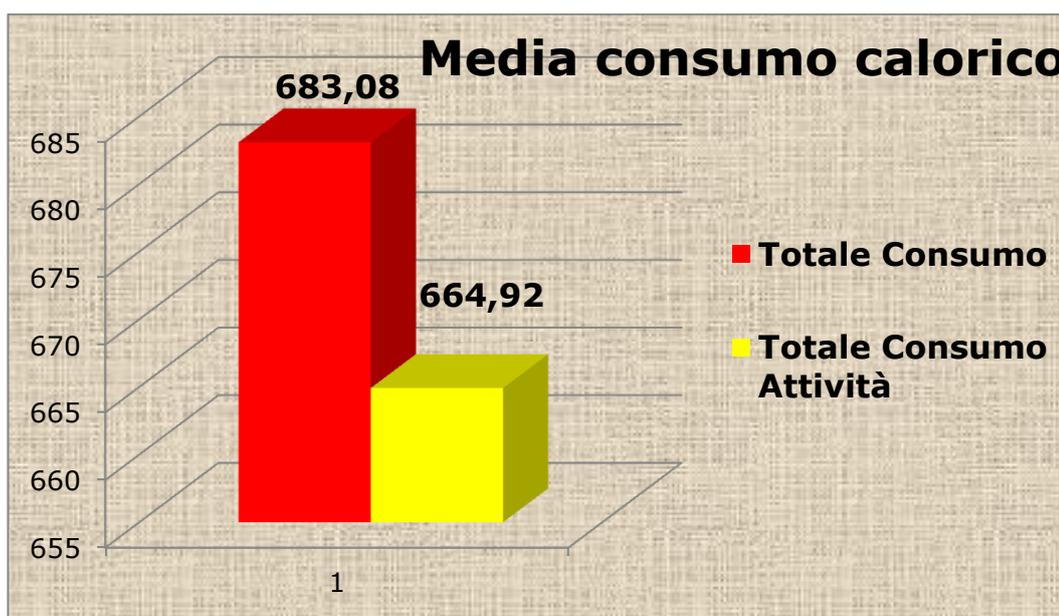
Basket

- Tempo medio di rilevazione 1.16 h
- Media indice di massa corporea (BMI) 23.93
- Media costo metabolico METs 6.07
- Consumo calorico per atleta (grafico)





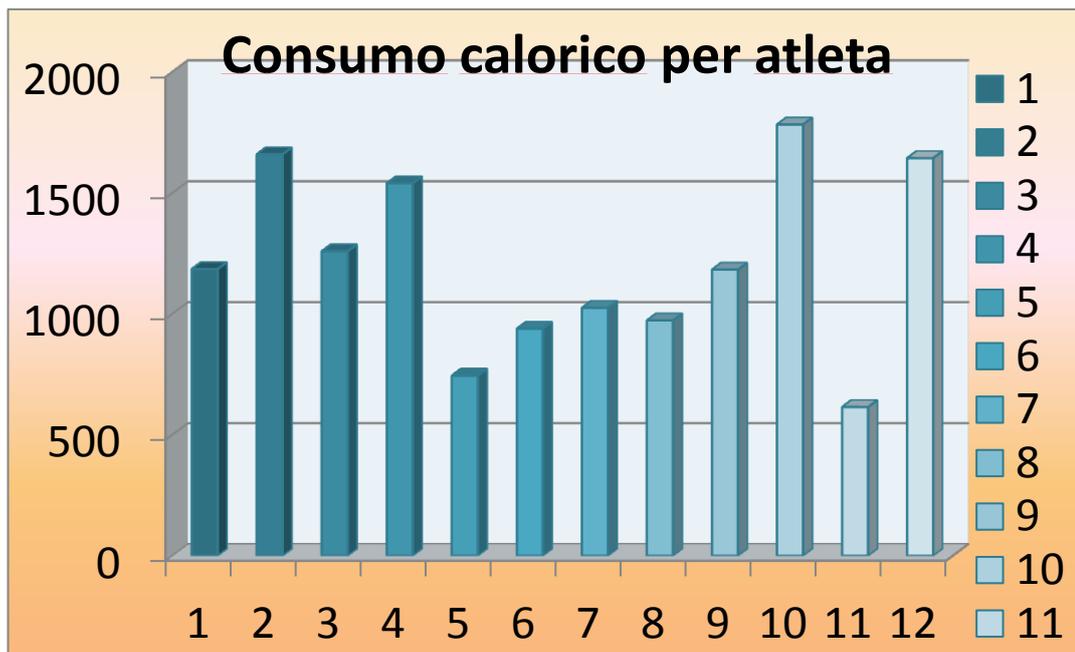
- Dispendio energetico totale (DET) e Spesa energetica attiva (SEA).



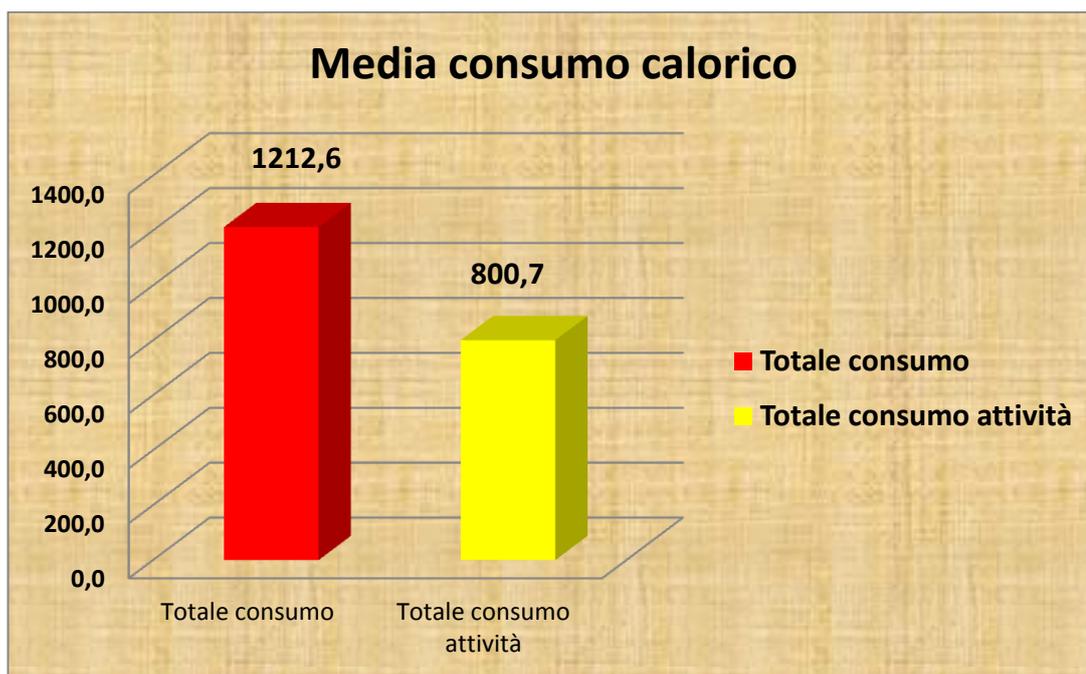
Scherma Sciabola

- Tempo medio di rilevazione 3.54 h
- Media indice di massa corporea (BMI) 19.23
- Media costo metabolico METs 0.097
- Consumo calorico per atleta (grafico)



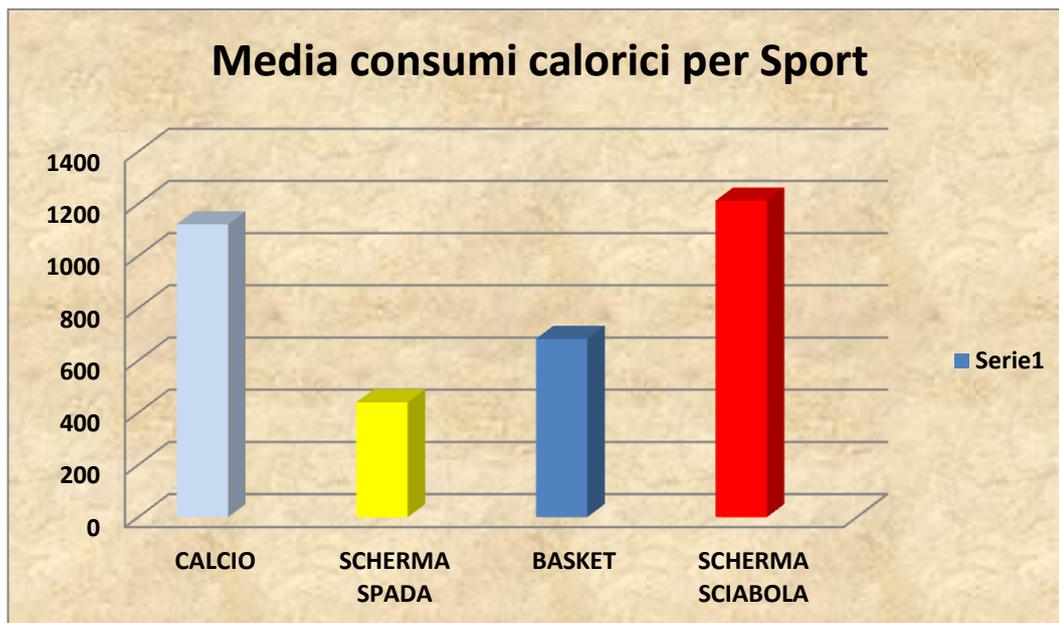


- Dispendio energetico totale (DET) e Spesa energetica attiva (SEA).



I risultati della prima elaborazione hanno evidenziato una differenza sul dispendio energetico totale tra i diversi sport.

Come si evince dal successivo grafico ci sono delle sostanziali differenze di consumo tra i due sport di squadra e i due individuali.



Questi valori, soprattutto nelle differenze tra gli sport individuali scherma spada e scherma sciabola sport molto simili tra loro, hanno sollecitato un ulteriore e più approfondita elaborazione dei dati.

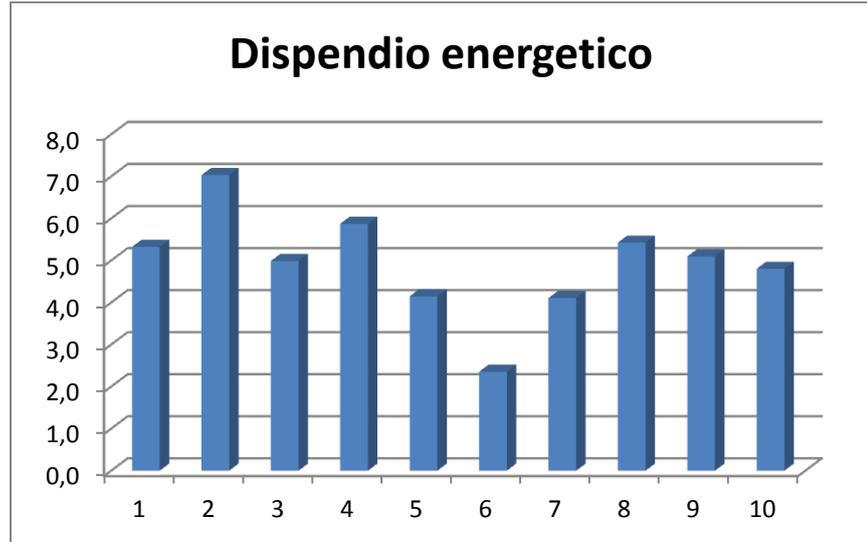
E' stata calcolata, quindi, la media generale delle rilevazioni nei vari sport ottenendo un tempo d'indagine di circa 45 minuti. Il tempo da considerare nell'elaborazione è stato diviso secondo la metodologia degli allenamenti in tre step di 15 minuti.

L'analisi successiva è stata effettuata sul campione considerando il consumo calorico per singolo atleta nei primi 15 minuti dell'allenamento, nei secondi 15 minuti dell'allenamento e nei terzi 15 minuti dell'allenamento.

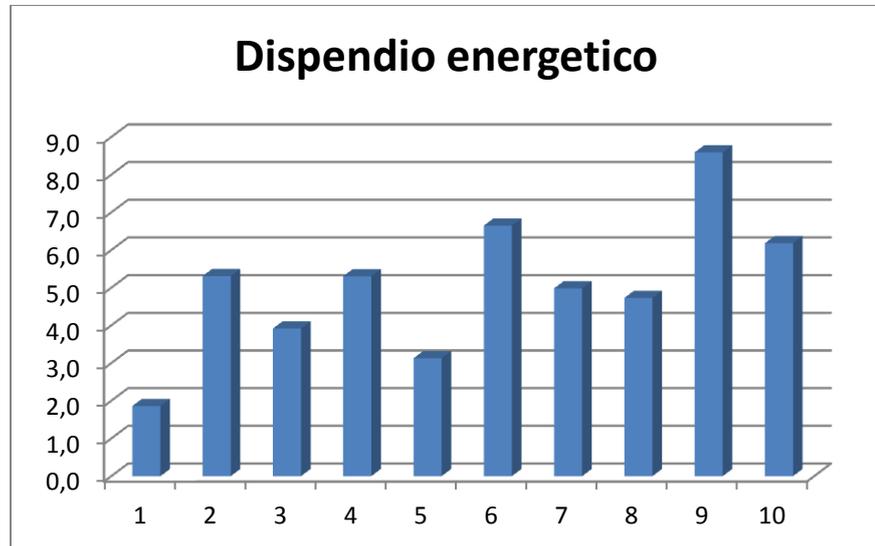
Presentazione dei dati e dei risultati.

Calcio

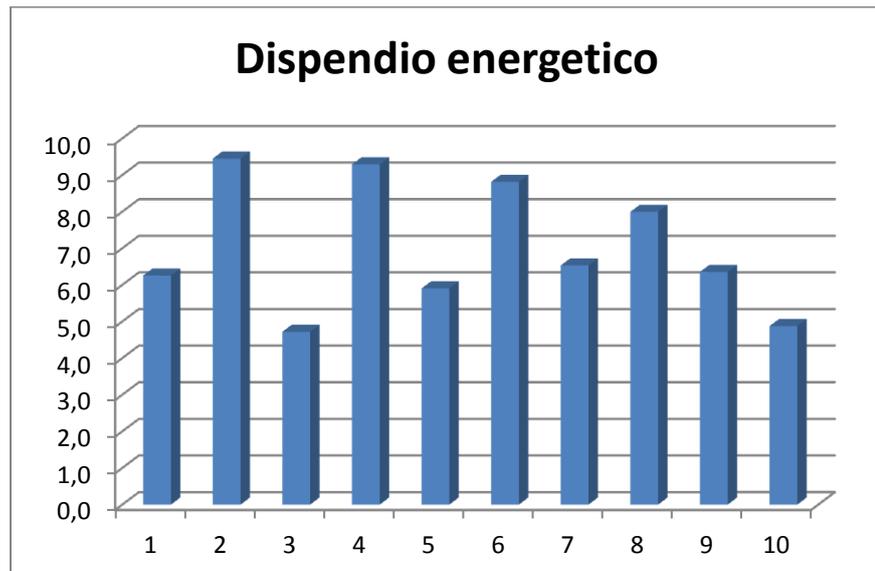
Media 15 m.



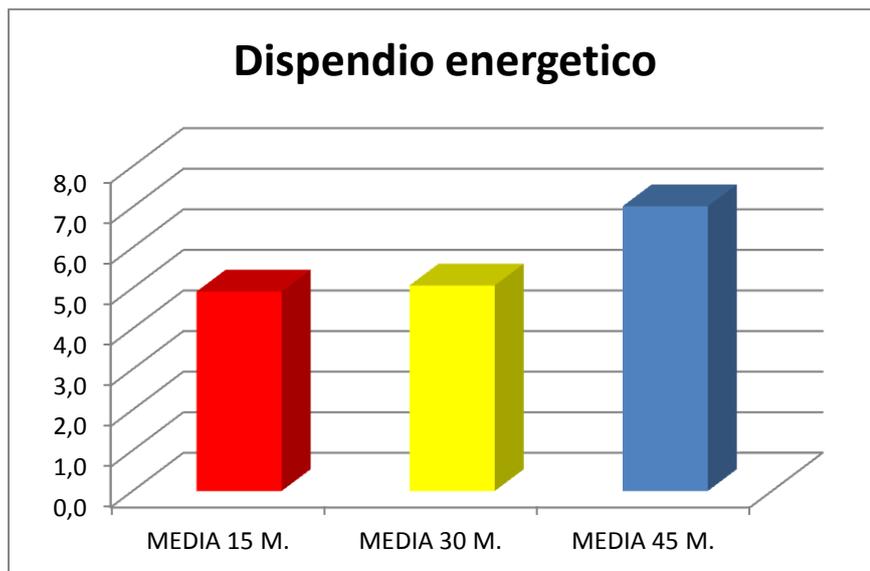
Media 30 m.



Media 45 m.

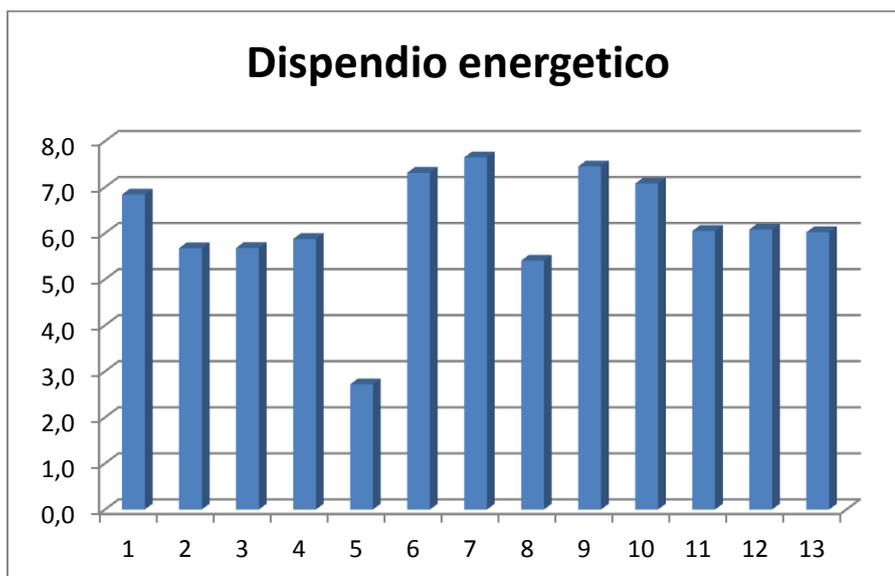


Totale

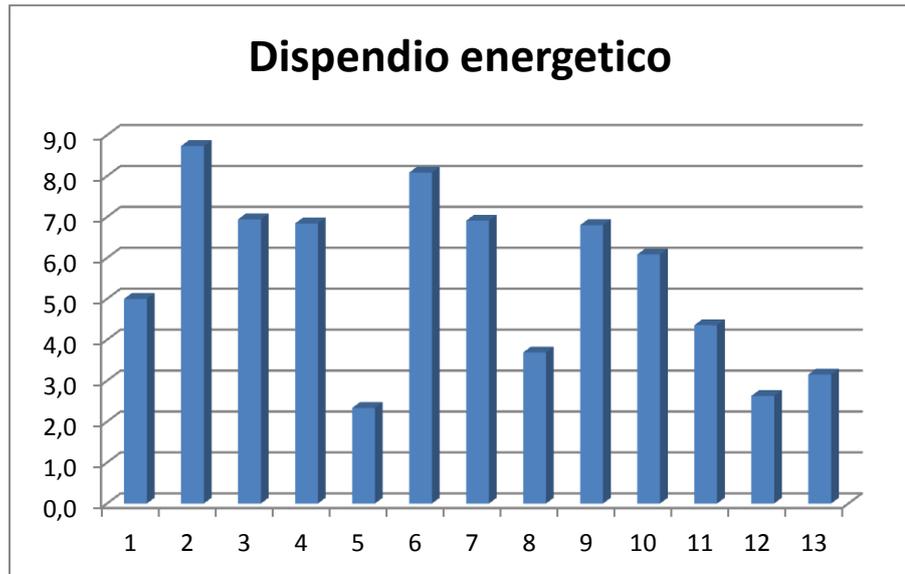


Scherma Spada

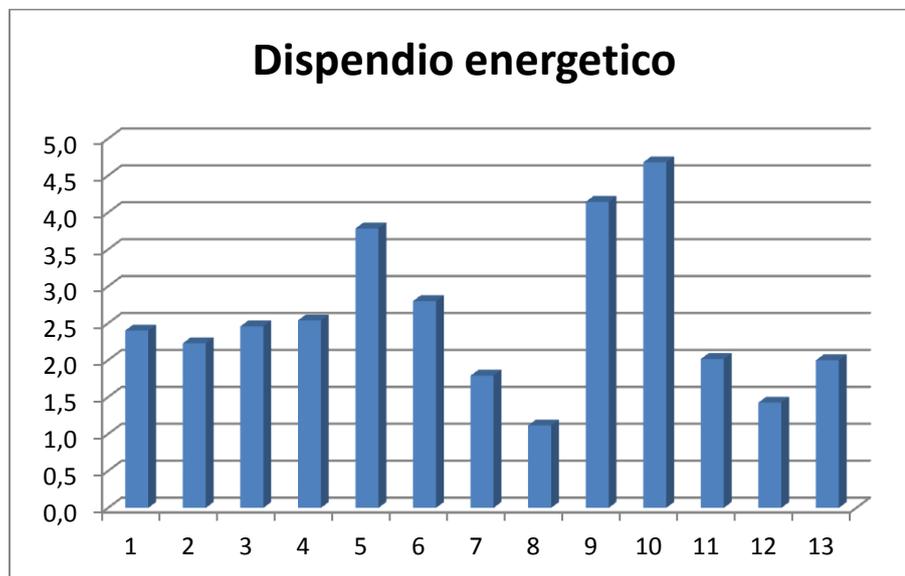
Media 15 m.



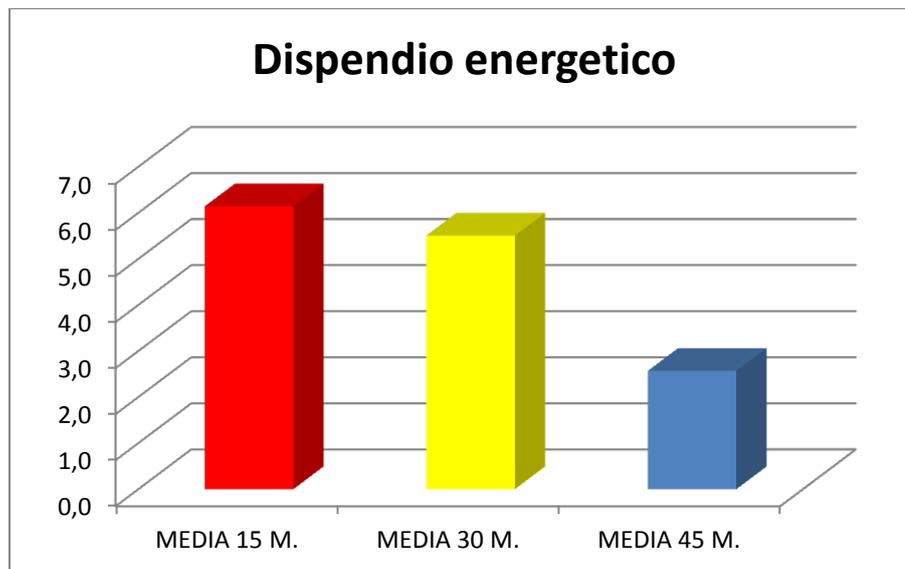
Media 30 m.



Media 45 m.

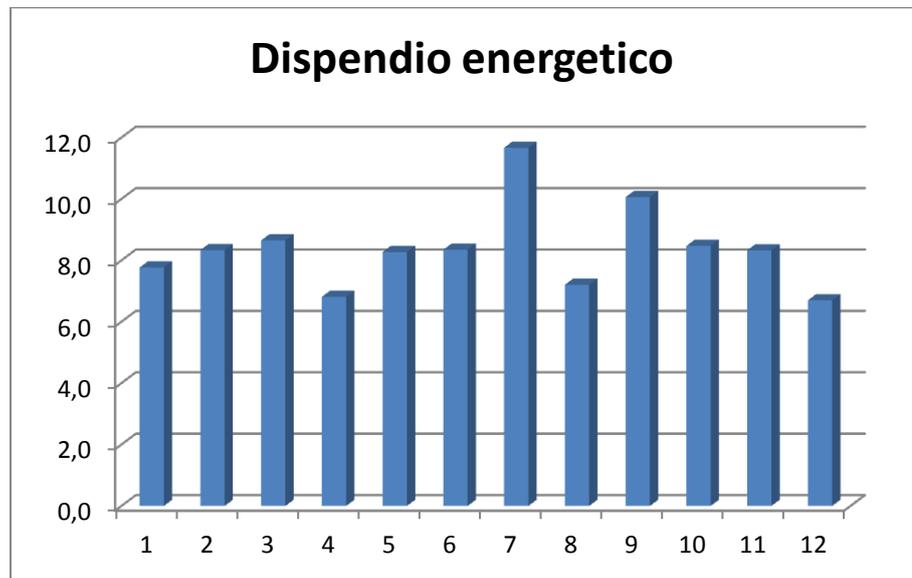


Totale

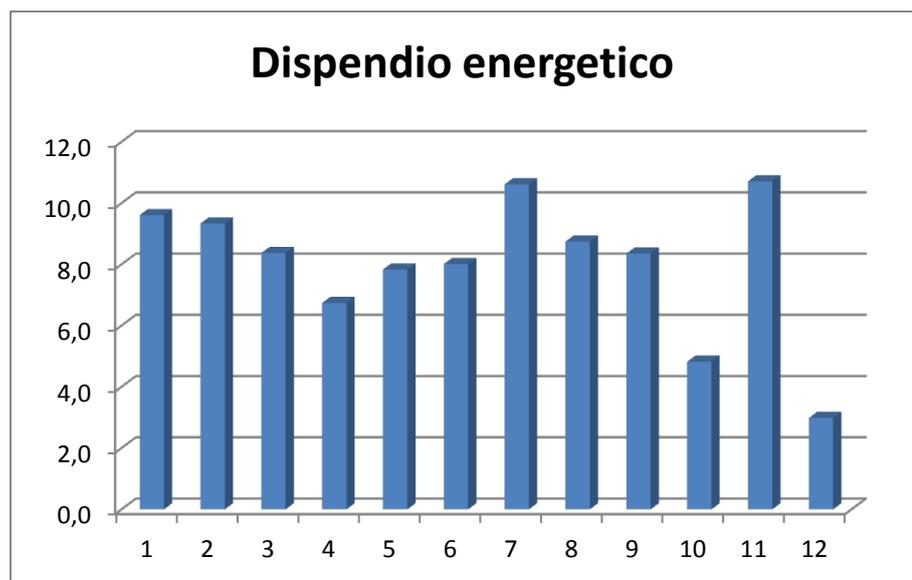


Basket

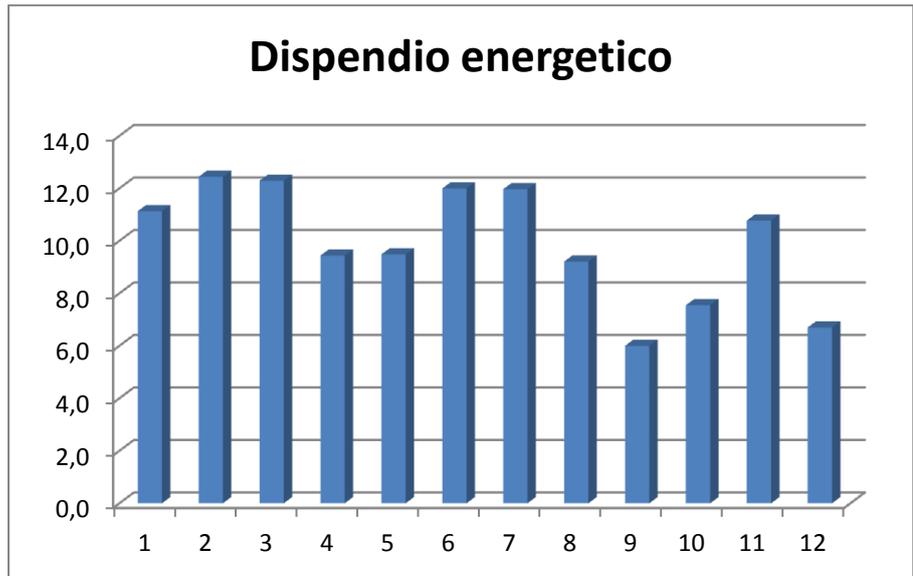
Media 15 m.



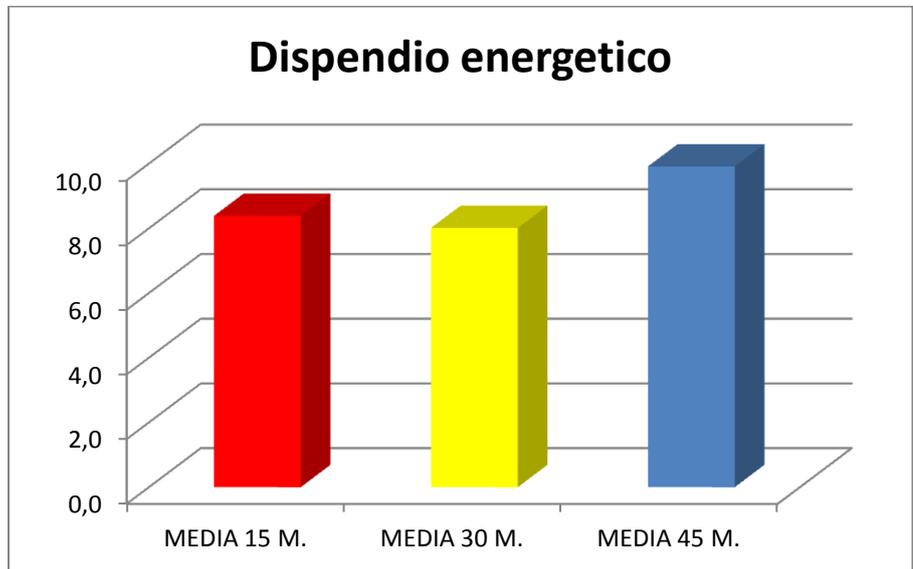
Media 30 m.



Media 45 m.



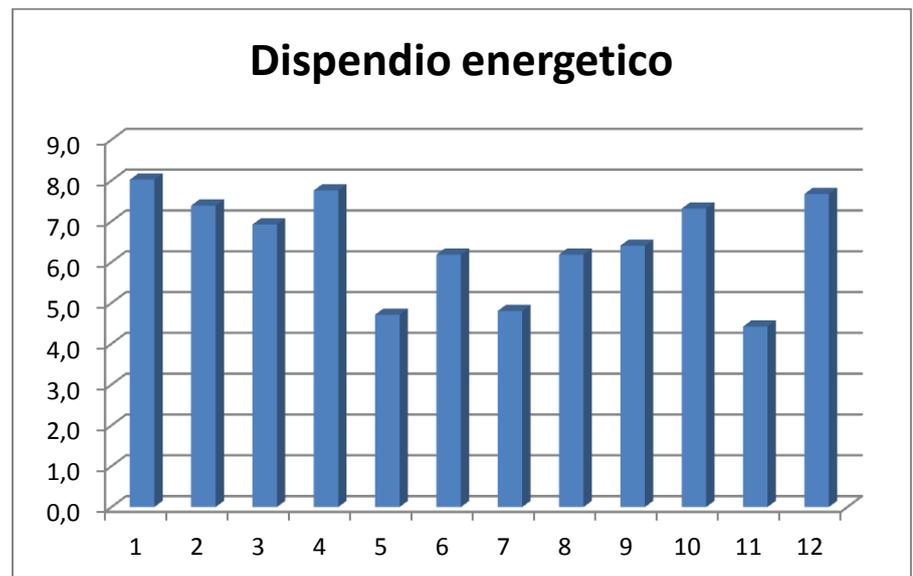
Totale



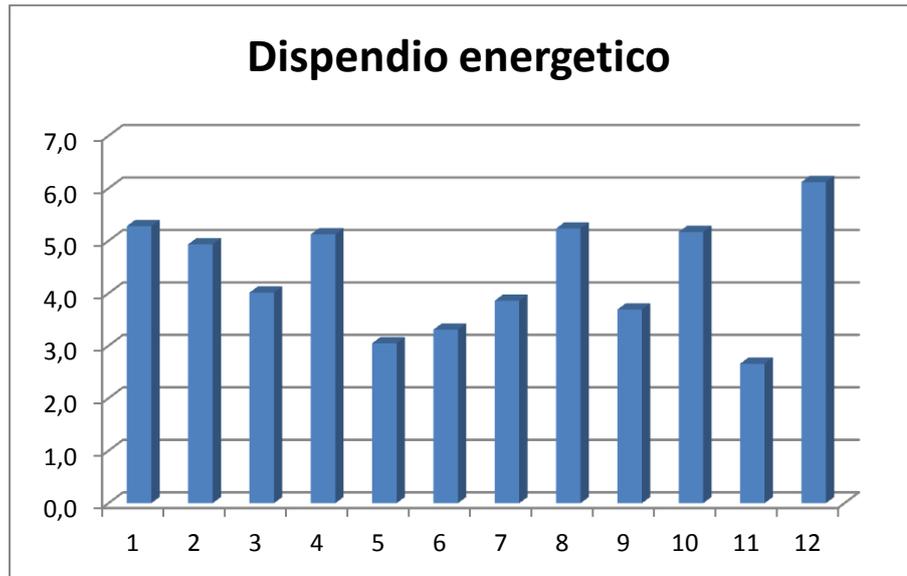
Scherma

Sciabola

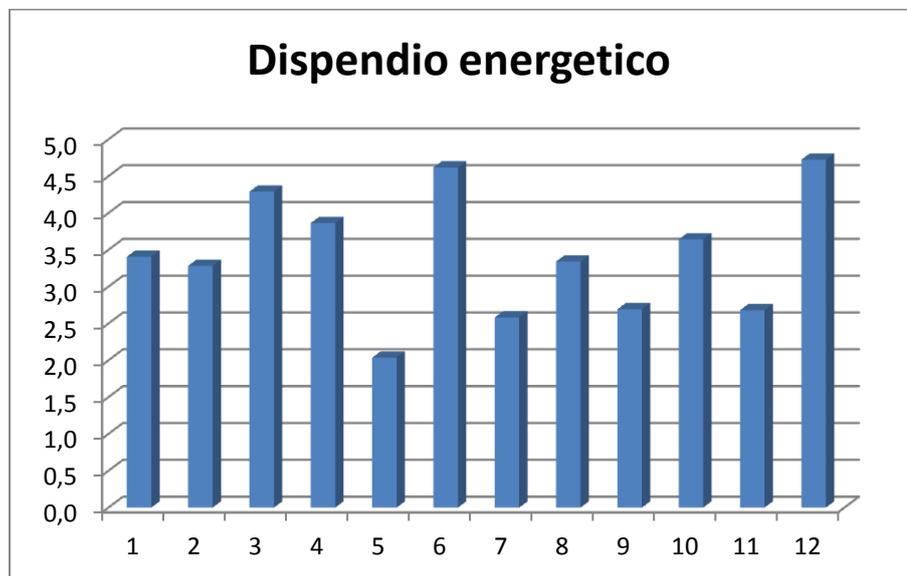
Media 15 m.



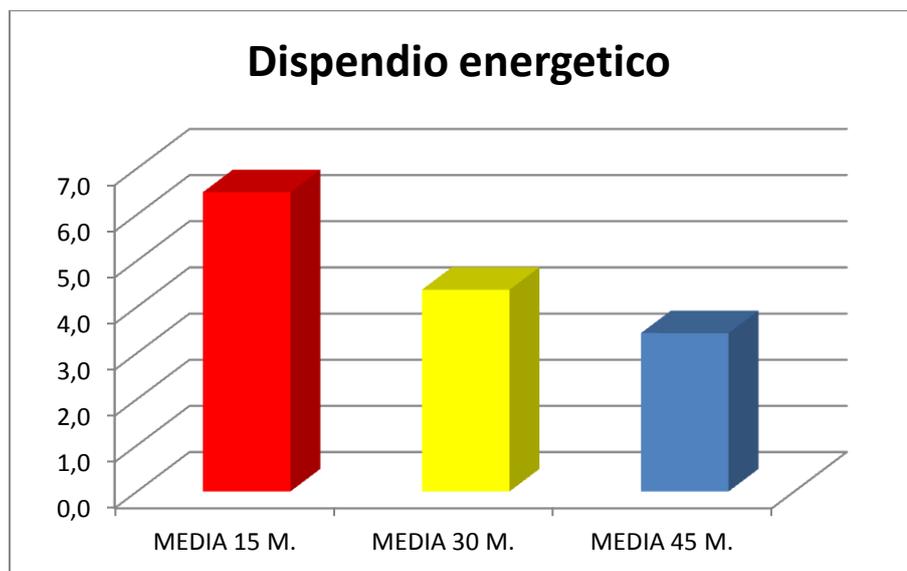
Media 30 m.



Media 45 m.

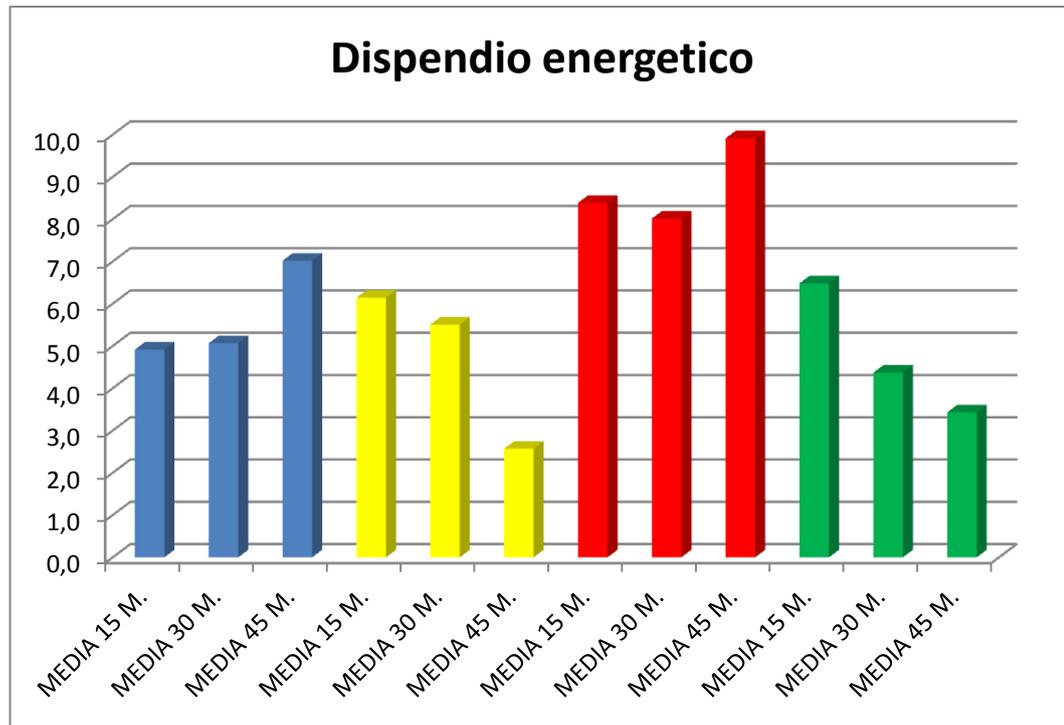


Totale



I dati elaborati in questa seconda fase hanno restituito una diversa lettura rispetto l'analisi effettuata sui dati generali.

Nel grafico seguente mostriamo i consumi generali divisi per le tre fasce considerate.



CALCIO SCHERMA SPADA BASKET SCHERMA SCIABOLA

Le medie dei valori emersi in questa elaborazione evidenziano un radicale cambiamento rispetto ai dati del consumo generale. Infatti, il Basket risulta essere lo sport con un consumo calorico, nelle tre misurazioni da 15 minuti, più alto sia del calcio (sport di squadra) sia della scherma sciabola (sport individuale) che nella prima elaborazione dei dati risultava avere un consumo calorico più alto.

Nei consumi rileviamo ancora una differenza nell'ordine delle grandezze. Nel calcio riscontriamo un aumento progressivo del consumo dai 15 ai 45 minuti esaminati contrariamente a quanto avviene solitamente. Nella scherma spada e sciabola questo consumo risulta essere più alto nei primi 15 minuti diminuendo gradualmente verso i 45 minuti di allenamento. Nel basket invece riscontriamo un aumento nei primi 15 minuti e una riduzione nei secondi 15 minuti e un aumento

ancora più elevato nei terzi 15 minuti esaminati. Indubbiamente, come ipotizzato, la metodologia dell'allenamento influisce sicuramente sul consumo calorico degli atleti, determinando livelli di consumo in base al tipo di allenamento, alla tecnica individuale e di squadra e all'intensità.

Queste indagini non sono esaustive ma ci consentono di aprire nuovi filoni ponendoci interrogativi che ci spingono a continuare a ricercare per trovare le possibili soluzioni.

Metodologie di allenamento e bilancio energetico in atleti non agonisti.

Questa ricerca, in fase di completamento e successiva pubblicazione, ha preso spunto dai lavori di ricerca effettuati sul consumo calorico e sulle metodologie di allenamento negli sport di situazione. La relazione stabilita tra le variabili analizzate nella ricerca sui consumi calorici negli sport ha spinto il gruppo a continuare questo filone di ricerca. L'ipotesi è di verificare se esiste un rapporto tra la metodologia dell'allenamento e i relativi consumi calorici e il bilancio energetico in sportivi e non che praticano una regolare attività fisica con implicazioni di carattere emozionale e di situazione (competizione agonistica nel gioco di squadra). In particolare lo studio è stato effettuato su di un gruppo di ex atleti e non che svolgono attività sportiva (calcio) a livello amatoriale.

Il campione analizzato è composto di 18 uomini compresi tra i 41 e i 59 anni di cui 14 ex atleti di diverse categorie (dilettanti semi-pro e pro) e 4 che hanno solo giocato a livello amatoriale.

Il campione partecipa a un torneo di calcio amatoriale regolarmente iscritto alla FIGC. Il torneo per impegno e partecipazione di atleti che hanno praticato questo sport anche a grandi livelli (Seria A e B) e che continuano a praticarlo da allenatori e da preparatori atletici, è sicuramente considerato di buon livello tra gli esperti del settore.

Il campione pratica attività fisica nel periodo di preparazione settembre/ottobre svolgendo n. 2 allenamenti settimanali e n. 1 partita amichevole. Nel periodo di partecipazione al torneo novembre/maggio pratica n. 1 Allenamento settimanale e n. 1 Partita di coppa o di campionato settimanale. Gli allenamenti solitamente si svolgono di mercoledì sera e le partite si giocano di sabato mattina.

Il protocollo utilizzato prevedeva la compilazione da parte degli atleti di una scheda personale con le indicazioni sugli stili di vita e le abitudini alimentari.

La misurazione dei dati antropometrici (peso, altezza), la valutazione impedenziometrica per definire la massa magra, la massa grassa e il metabolismo basale e n. 3 rilevazioni con il calorimetro SenseWear Armband in tre differenti allenamenti.

La sperimentazione è incominciata il 7 dicembre 2011 con la rilevazione dei dati fisiologici e la compilazione della scheda personale.

In data 21 dicembre sono stati rilevati attraverso il Bodicom MF la massa magra, la massa grassa e il metabolismo basale degli atleti.

La prima rilevazione con il calorimetro è stata effettuata in data 29 dicembre 2011, la seconda in data 18 gennaio 2012 e la terza in data 15 febbraio 2012.

1° Allenamento – inizio ore 20.30 – durata complessiva 1,30 h – temperatura 6°
campo in erba sintetica:

- 10 m. Riscaldamento corsa lenta;
- 5 m. Allunghi e stretching;
- 54 m. partita campo intero.

Tre atleti hanno eseguito solo allenamento differenziato per problemi di natura fisica.

2° Allenamento – inizio ore 20.36 – durata complessiva 1.25 h – temperatura 5°
campo in erba sintetica:

- 12 m. riscaldamento corsa lenta;
- 2 m. recupero
- 5 m. corsa intensa
- 2 m. stretching
- 8 m. esercizi a corpo libero e addominali
- 4 m. corsa sostenuta;
- 5 m. ripetute 50 m. 100 m.;
- 2 m. recupero;
- 33 m. partita campo intero.

Un atleta ha svolto solo 30 m. di allenamento e due atleti non hanno partecipato alla partita per problemi fisici.

3° Allenamento – inizio ore 20.40 – durata complessiva 1.20 h – temperatura 6°
campo in erba sintetica:

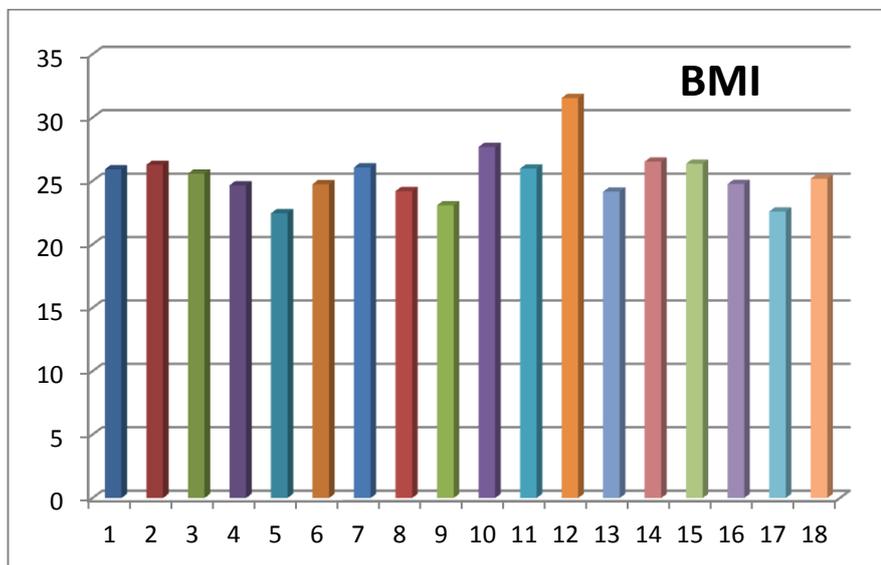
- 12 m. riscaldamento corsa lenta;
- 2 m. recupero;
- 10 m. corsa sostenuta;
- 4 m. stretching;
- 6 m. partita a basket con tiro in porta di testa;

- 6 m. ripetute 3X40 – 3X60 – 3X80;
- 2 m. stretching;
- 25 m. partita campo ridotto.

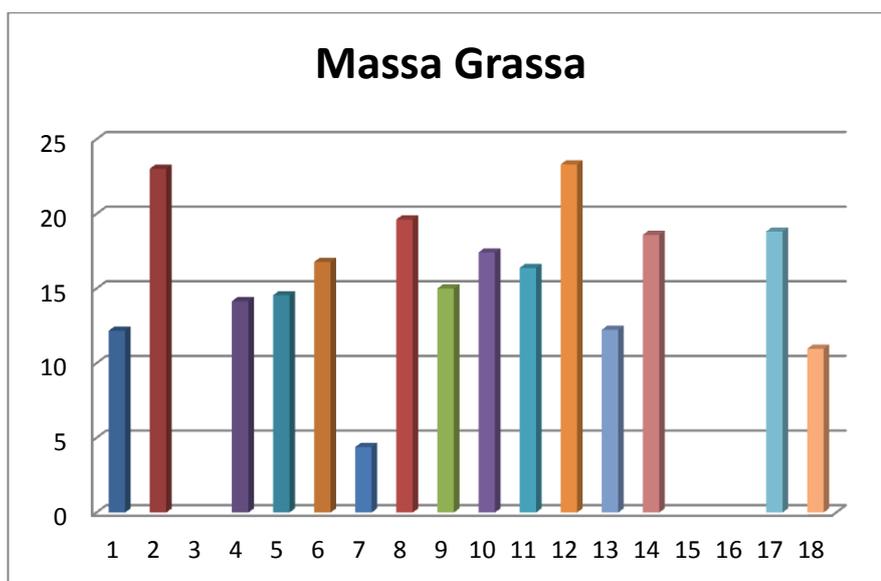
Un atleta svolge solo l'allenamento senza partita per problemi fisici.

Presentazione dei dati e dei risultati.

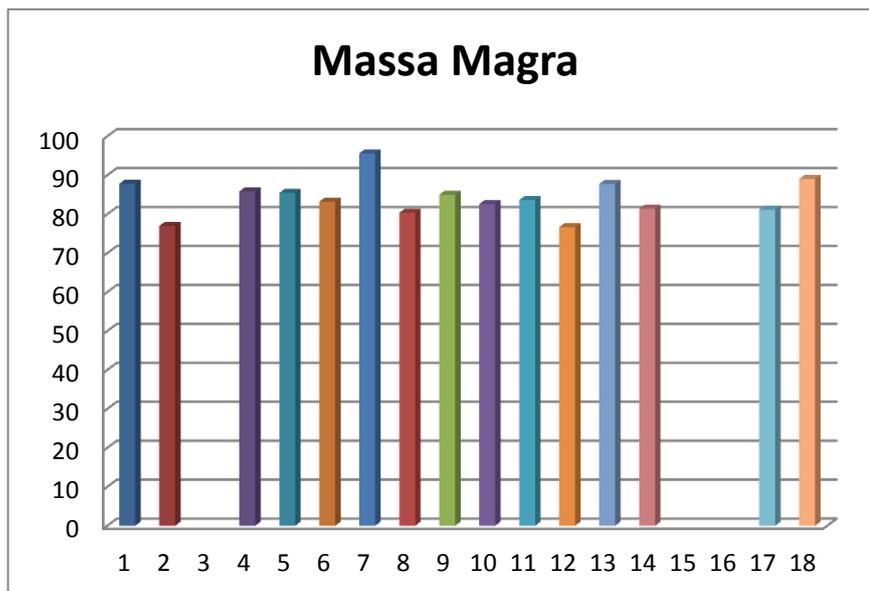
Le rilevazioni per l'indice di massa corporea e quelli di massa grassa e massa magra (vedi grafici) ci indicano che gli atleti nonostante l'età rientrano quasi tutti negli standard di riferimento.



L'indice di massa corporea mostra valori nella norma tranne che in tre atleti. Normopeso 18.5-25

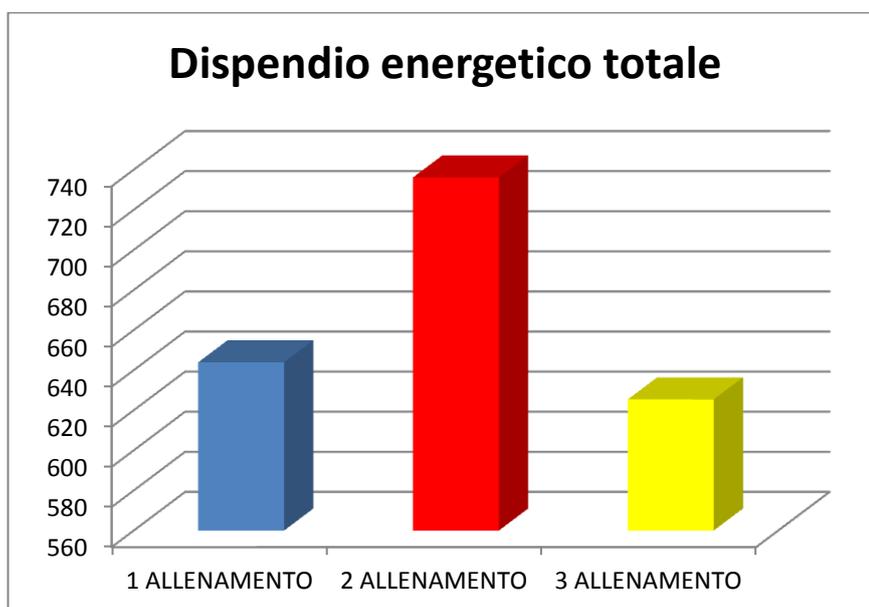


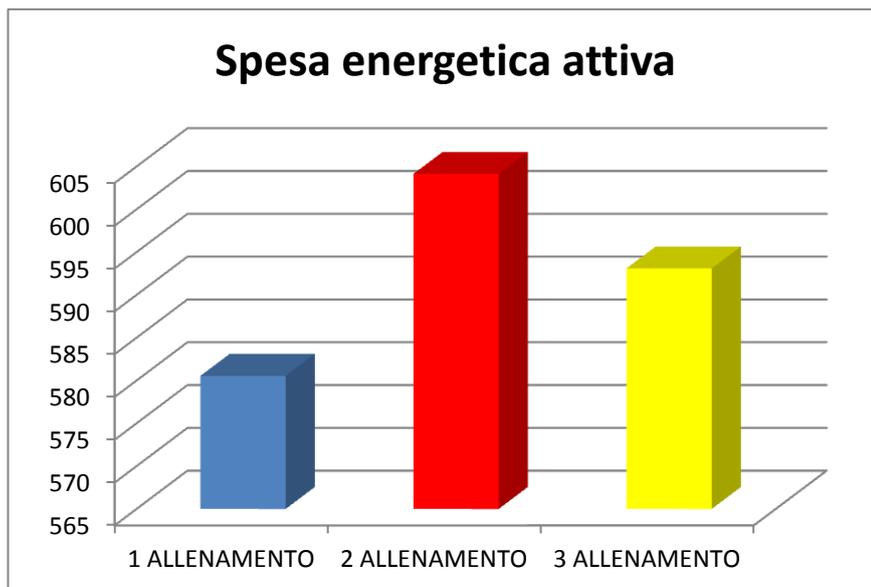
Valori di riferimento per età in percentuale 18-25%



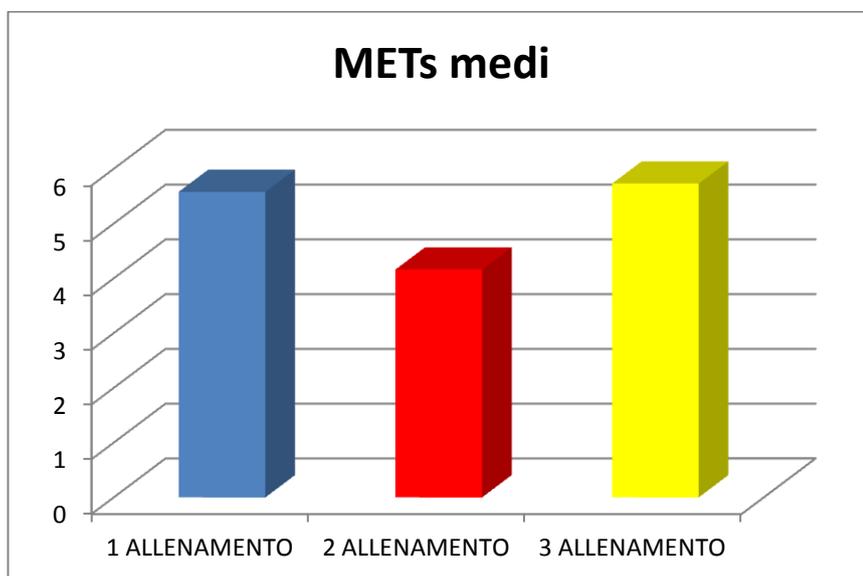
Valori di riferimento per l'età in percentuale 70-80%

La rilevazione del dispendio energetico totale (DET) e di quello in attività (SEA) nei tre allenamenti evidenzia un consumo più alto nel secondo allenamento.



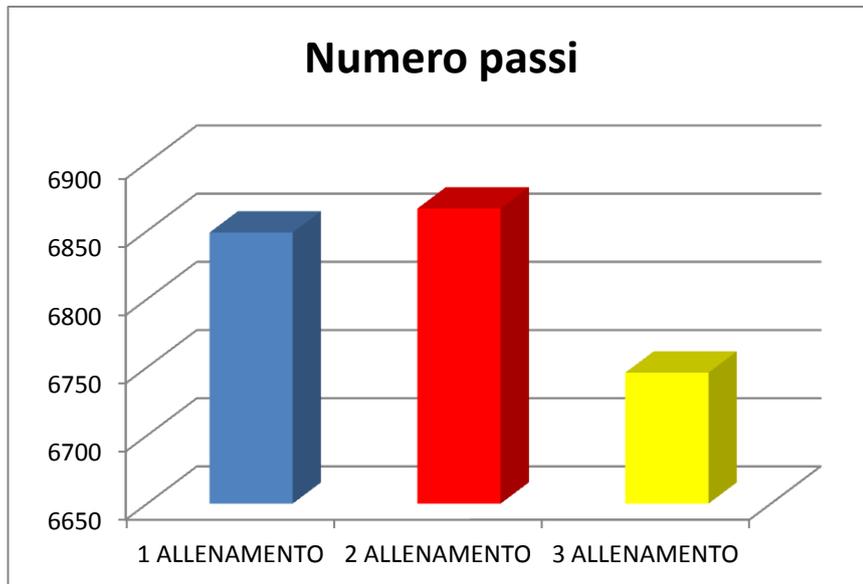


Mentre la spesa metabolica degli allenamenti misurati attraverso i METs⁹⁷ (indice del consumo di VO₂ MAX), indica un costo metabolico più alto nel terzo allenamento e minore nel secondo.

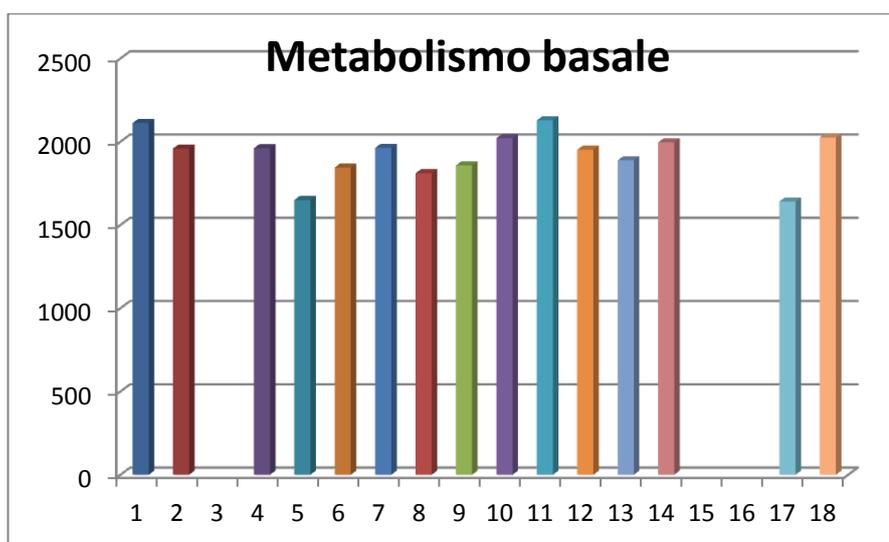


⁹⁷ Potenza aerobica equivalente alla massima quantità di ossigeno che può essere utilizzata nell'unità di tempo da un individuo nel corso di una attività fisica. Viene espressa come VO₂ MAX massimo volume di ossigeno consumato per minuto. 1 MET=3.5 ml di ossigeno consumato per Kg di peso corporeo al minuto.

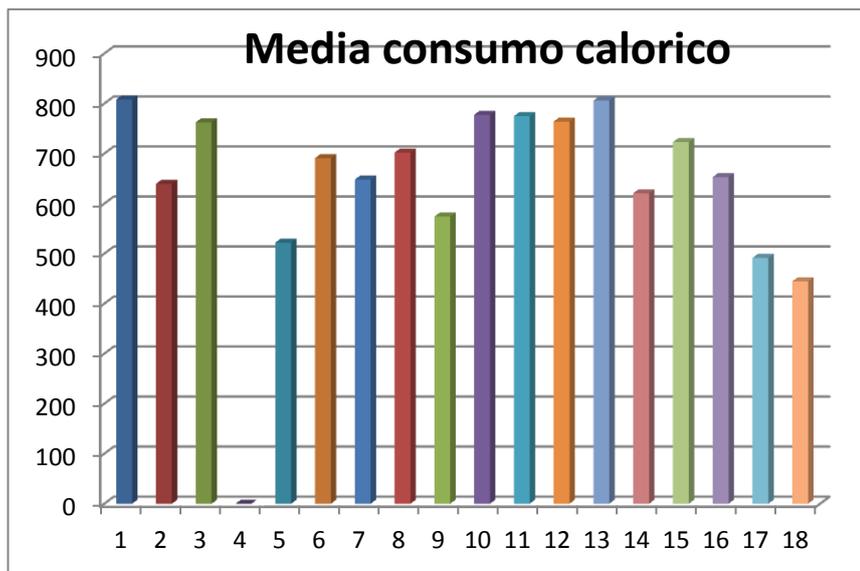
Infine il dato che si riferisce al numero di passi effettuato durante gli allenamenti e rilevato attraverso l'accelerometro del calorimetro, (dato puramente indicativo) mostra un numero di passi più elevato nel secondo allenamento e minore nel terzo.



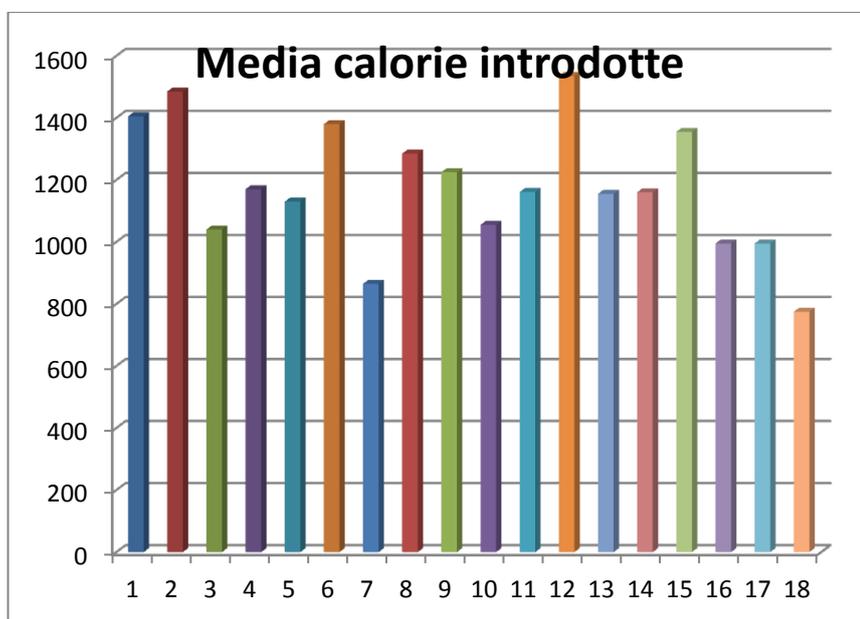
Per quanto riguarda il consumo calorico e il bilancio energetico dalle schede analitiche degli atleti, dai consumi e dal valore del metabolismo basale si evidenziano i seguenti dati:



La media del metabolismo basale è di circa 1920.67 Kcal

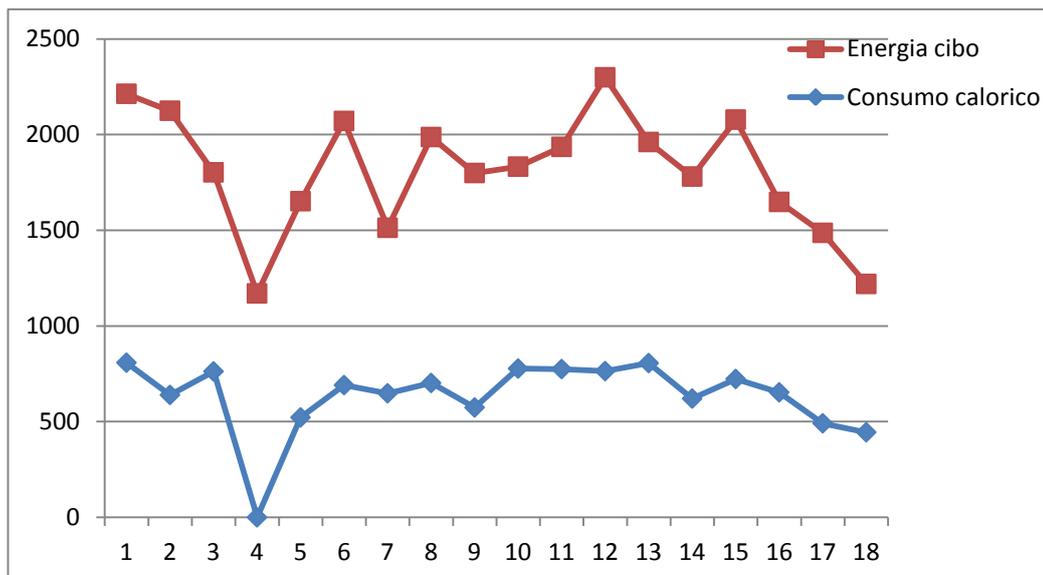


La media del consumo calorico nei tre allenamenti è di 1272.61 Kcal.

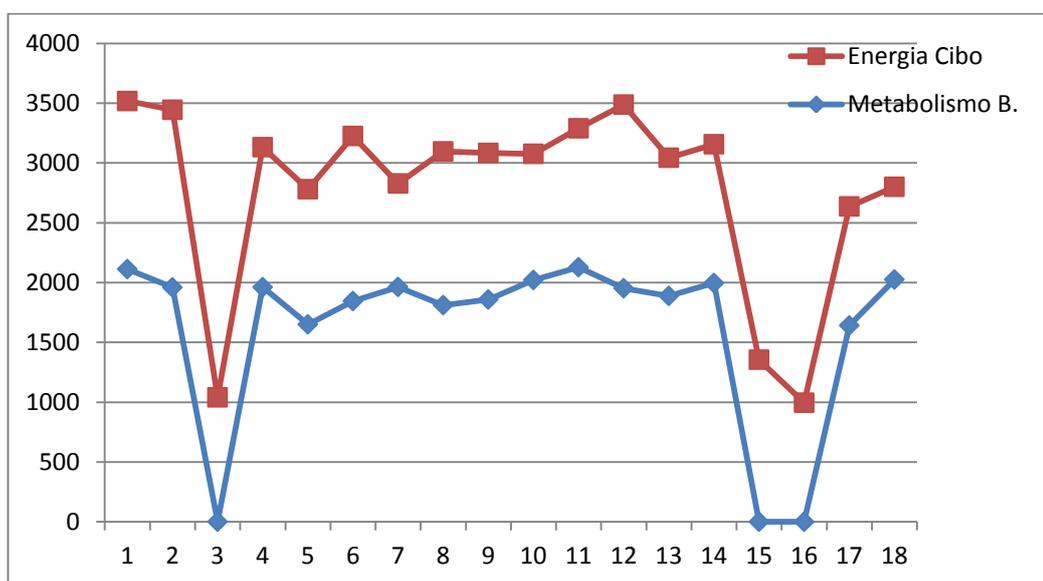


La media delle calorie introdotte è di 1176.17 Kcal.

Dalla comparazione dei dati sul consumo calorico e sulle energie introdotte con il cibo, emerge una certa omogeneità tra gli atleti con una correlazione abbastanza evidente tra consumi calorici ed energie introdotte con il cibo.



Anche tra la comparazione dei dati riferiti al metabolismo basale e all'energia introdotta con il cibo, riscontriamo una certa regolarità negli atleti con una notevole correlazione tra di essi.



E' inoltre necessario introdurre ulteriori elementi di valutazione riferiti ai soggetti esaminati. Sul campione analizzato, circa dieci atleti non seguono nessun regime alimentare mentre otto seguono una dieta; la frequenza con la quale praticano attività fisica è varia abbiamo nove atleti che la praticano per due volte a

settimana, otto atleti che la praticano circa tre volte a settimana e un atleta che la pratica per più di tre volte a settimana.

Le prime conclusioni a questo lavoro mostrano che la metodologia dell'allenamento, come già riscontrato nella precedente ricerca sugli sport di situazione, è strettamente legata al consumo calorico e alle prestazioni degli atleti. Il dato sulle tre rilevazioni mostra una differenza di consumo calorico secondo la metodologia di allenamento sostenuta dagli atleti nonostante la media della rilevazione sia stata molto simile (1.04 h; 1.05 h; 1.09 h) e le condizioni meteo quasi uguali (tempo buono tra i 5 e i 6 gradi).

Il secondo allenamento ha registrato un consumo calorico più alto rispetto gli altri due. Anche il numero dei passi effettuati durante l'allenamento è risultato più alto degli altri con una media passi di circa 6866,46. Il terzo allenamento è stato quello che ha fatto registrare un costo metabolico più alto rispetto agli altri, segno evidente che questo tipo di allenamento ha richiesto una spesa di ossigeno più elevata. Questi dati pur consentendo una prima generale valutazione sulle metodologie dell'allenamento non ci consentono quel necessario approfondimento per valutare ad esempio le tecniche e le tattiche adottate durante un allenamento.

Se come afferma Weineck (Weineck J. 2007) la scienza dell'allenamento è un campo a carattere interdisciplinare, è importante che nella definizione delle teorie metodologiche dell'allenamento entrino anche altre figure non strettamente legate al mondo sportivo.

La medicina sportiva, la Fisiologia funzionale, la Biomeccanica, la Biochimica, la Psicologia dello sport, la Pedagogia dello sport, la Sociologia dello Sport, sono tutte discipline che a vario titolo entrano nella teoria dell'allenamento. Lo sforzo delle nostre ricerche è di dare un contributo, seppur minimo, per fornire una base scientifica alle teorie sull'allenamento in grado di orientare in pratica le scelte e di confermare o falsificare le ipotesi e le convinzioni sull'allenamento attualmente esistenti.⁹⁸

⁹⁸ Cfr. Weineck, J., (2007) "Optimales Training" Ed. Italiana (2009) "L'allenamento ottimale" Calzetti & Mariucci Editori – Torgiano (PG).

Conclusioni

Le teorie sull'allenamento, ovvero l'insieme delle conoscenze degli allenatori, degli insegnanti di scienze motorie, degli istruttori e degli atleti, conoscenze sulla pratica delle discipline sportive non ancora confermate scientificamente e le nuove concezioni sulle scienze dell'allenamento, in altre parole quella disciplina che si occupa di fornire una base scientifica alle teorie dell'allenamento in grado, attraverso la sperimentazione, di confermare o falsificare le ipotesi e le convinzioni esistenti, sono state in questo lavoro oggetto studio e di confronto.⁹⁹

La ricerca sviluppata in ambito educativo e sportivo ha rappresentato un modo per consentire uno scambio di esperienze tra questi due mondi apparentemente lontani ma che proprio per la loro naturale propensione alla centralità della persona, sebbene con aspetti diversi, sono molto vicini.

Se paragoniamo le caratteristiche più importanti della personalità dell'atleta con quelle dello studente, ci rendiamo conto che per avere successo nella vita o nello sport hanno bisogno delle stesse cose. Motivazione al successo, elevata capacità di sforzo psicofisico e forza mentale, fiducia in se stesso, forza, volontà e capacità di apprendimento, di perseveranza, di resistenza allo stress. L'atleta come lo studente, per raggiungere il massimo dei risultati deve sviluppare al meglio i fattori organico - muscolari, tecnico-coordinativi, cognitivo - tattici e psicologico - mentali.

Lo sport come scuola di vita. E' quindi logico paragonare le sfide della vita a una gara dove un adeguato processo di allenamento consente di esprimerci nella maniera più ottimale.

Ovviamente il paragone è solo un esempio semplicistico per considerare questi aspetti così importanti nella vita delle persone.

Lo sport coinvolgendo il corpo, il movimento e le emozioni diventa strumento privilegiato nelle strategie didattiche, facilitando l'accesso alla conoscenza, alle relazioni e alla socializzazione.

⁹⁹ Cfr. Weineck, J., (2007) "Optimales Training" Ed. Italiana (2009) "L'allenamento ottimale" Calzetti & Mariucci Editori – Torgiano (PG).

Il gioco, per i giovani, rappresenta un ambiente di apprendimento alternativo, facilitando l'aggregazione del gruppo e favorendo l'utilizzazione di metodologie innovative in ambiente educativo.

Nell'ultimo secolo la ricerca sull'educazione ha fatto notevoli passi in avanti consolidando il proprio impianto scientifico e dotandosi di strumenti sempre più raffinati¹⁰⁰.

Le esperienze effettuate nelle nostre ricerche hanno evidenziato che l'attività motoria e sportiva, oltre ad un naturale e possibile miglioramento delle capacità motorie, migliora lo sviluppo della personalità favorendo in maniera alternativa e innovativa i processi di apprendimento.

La ricerca effettuata con il progetto I-Care ha dimostrato statisticamente la relazione tra una metodologia incentrata sulla persona e sul movimento e il grado di apprendimento.

L'esperienza fatta in questi anni di dottorato ha sicuramente ampliato le mie conoscenze consentendo di arricchire le competenze sia biomediche che bioingegneristiche consentendomi di utilizzare tecnologie e apparati che hanno maggiormente suscitato curiosità e voglia di continuare a ricercare.

Inoltre, la possibilità di sperimentare e di ricercare in ambiente sportivo le possibili soluzioni ai quesiti concernenti la pratica sportiva, la tecnica e le metodologie di allenamento, e poter poi utilizzare gli stessi protocolli per indagare sulle relazioni esistenti tra metodologia, apprendimento e stili di vita in ambiente educativo sono stati fattori determinanti nella formazione di ricercatore.

Queste esperienze e questi apprendimenti sono serviti a realizzare la piattaforma da cui far decollare le nuove ricerche e i nuovi studi in un settore ancora del tutto inesplorato e sconosciuto.

¹⁰⁰ Cfr. Lucisano, P., Salerni, A., (2002) "Metodologia della ricerca in educazione e formazione" Carocci Editore – Roma.

Analisi Bibliografica

Il percorso proposto vuole fornire una consultazione della bibliografia secondo una divisione che tenga conto del quadro epistemologico, della storia e dell'evoluzione delle scienze motorie, biomediche e ingegneristiche e dei valori comunicativi ed espressivi dell'esperienza corporea nei processi educativi.

Aspetti sulla metodologia della ricerca e sugli approcci psico-pedagogici e bioeducativi.

- Ausubel, D., (1978) "Educational Psychology: a CognitiveView". Rinehart and Winston – New York.
- Ausubel, D., (1998) "Educazione e processi cognitivi: guida psicologica per insegnanti". Franco Angeli – Milano.
- Berthoz, A., (1998) "Il senso del movimento" McGraw-Hill – Milano.
- Bruner, J., S., (1998) "La mente a più dimensioni" Laterza – Roma.
- Damasio A.R. (2000) "Emozioni e coscienza" Adelphi – Milano.
- Dewey, J., (1968) "Democrazia e educazione" La nuova Italia – Firenze.
- Dewey, J., (1969) "Scuola e società" La nuova Italia – Firenze.
- Filograsso, N., (1990) "Psicologia dell'educazione" in "Atlante della Pedagogia" Vol. 1 Le Idee a cura di Laeng, M., Tecnodid - Napoli.
- Frauenfelder, E., & Santoianni, F., (2002) "Le scienze bioeducative: prospettive di ricerca" Liguori – Napoli.
- Gardner, H., (1987) "Forma mentis" Saggio sulla pluralità delle intelligenze. Feltrinelli – Milano.
- Goleman, D., (1995) "Intelligenza emotiva" BUR – Milano.
- Goleman, D., (2000) "Lavorare con intelligenza emotiva" Biblioteca Universale Rizzoli – Milano.
- LeDoux, J., (2002) "Il sé sinaptico" Raffaele Cortina Editore – Milano.
- LeDoux, J., (2003) "Il cervello emotivo" Baldini Castoldi Dalai – Milano.
- Lucisani, P., Salerno, A., (2002) "Metodologia della ricerca in educazione e formazione" Ed. Carocci - Roma.

- Novak, J., (2001) “L’apprendimento significativo. Le mappe concettuali nella didattica”. Erickson – Gardolo (TN).
- Piaget, J., (2000) “Lo sviluppo mentale del bambino: e altri studi di psicologia”. Einaudi – Torino.
- Pizzoli, A. Vegni, N., “Introduzione alla metodologia della ricerca Pedagogica” EUR Edizioni Universitarie Romane Gaia s.r.l. – Roma.
- Rizzolatti, G. & Sinigaglia, C. (2006). So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio. Raffaello Cortina Editore - Milano
- Sibilio, M. (2011) “Ricerca corporeamente in ambiente educativo” a cura di Pensa Editore – Lecce.
- Sibilio, M., (2002) “Il corpo intelligente”. Esselibri – Napoli.
- Sibilio, M., (2002) “Il laboratorio come percorso formativo”. Esselibri – Napoli.
- Vygotskij, L., S., (1977) “Lo sviluppo psichico del bambino”. Editori Riuniti – Roma.

Aspetti sull'analisi del movimento e sulle tematiche biomediche e bioingegneristiche.

- Arienti, G. (2003). "Le basi molecolari della nutrizione". Padova: Piccin.
- Baratto, M., Cervera, C., Jacono, M., (2004) - Analysis of adequacy of a force platform for stabilometric clinical investigations. (2nd International Symposium on Measurement, Analysis and Modelling of Human Functions).
- Brugnoni, G., Alpini, D., (2007) Medicina Fisica e Riabilitativa nei disturbi dell'equilibrio Ed. Springer Verlag.
- Colli, A. (2001). "Il cibo per lo sport. Per chi fa attività fisica leggera e per chi si allena a livello agonistico". Tecniche nuove - Milano.
- Durnin, John V. G. A. & Passmore, R., (1967). "Energy, work and leisure". Ed. Heineman, London.
- Gallese, V., Goldman, A. (1998). Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. Trends in Cognitive Sciences.
- Gallese, V. (2006a) Intentional attunement: A neurophysiological perspective on social cognition. Brain Res. Cog. Brain Res., 1079: 15-24.
- Gobbato, F. (2002). "Medicina del lavoro". Masson – Milano.
- Guyton, A. & Hall, J. (2006). "Fisiologia medica". Elsevier Milano.
- Hughes, M., Lipoma, M., Sibilio, M., (2009) "La performance Analysis" Ed. Franco Angeli – Milano.
- Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J., and Gagey, P.M., Weber, B., (2000) "Posturologia Regolazione e perturbazioni della stazione eretta 2° edizione riveduta ed ampliata," Marrapese Editore - Roma.
- Kang, J. (2007). "Biochemistry Primer for Exercise Science". Third Edition. Human Kinetics - U.S.A.
- Medved, V., (2001) "Measurement of Human locomotion" CRC Press LLC U.S.
- Perry, J., (2005) "Gait Analysis" (Analisi del Movimento) Edizione Italiana a cura di M.G. Benedetti – Ed. Elsevier Italia s.r.l. - Milano.

- Puglisi, F., (2007) “Biomeccanica – Introduzione alle misure strumentali di Postura e Movimento” Marrapese Editore - Roma.
- Raimondi, A., (1988) “La nutrizione nello sport” Ed. Piccin Nuova Libreria S.p.a. Padova.
- Rizzolatti, G. (2005) Grasping the intentions of others with one’s own mirror neuron system. PLOS Biology, 3: 529-535.
- Rotella, C.M. (1997). “L’obesità. Manuale per la diagnosi e la terapia”. See - Firenze.
- Weineck, J., (2007) “Optimal Training” Ed. Italiana (2009) “L’allenamento ottimale” Calzetti & Mariucci Editori – Torgiano (PG).

Articoli e pubblicazioni scientifiche

- Ainsworth, B.E, Haskell, W.L., Herrmann, S.D., Meckes, N., Bassett, D.R., Tudor-Locke, C., Greer, J.L., Vezina, J., Whitt-Glover, M.C. & Leon, A.S. (2011). "Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values". *Med Sci Sports Exerc.*, 43(8):1575-1581.
- Baldassarre, G., Cuomo, S., Sibilio, M. "SPORTS PERFORMANCE AND POSTURE: Implications and Influences in Olympic Fencing Athletes" (Performance sportive e postura: implicazioni e condizionamenti negli atleti Olimpionici di Scherma) ricerca presentata al "15th Annual Congress of the European College of Sport Science - Antalya, Turchia 23 - 26 giugno 2010.
- Baldassarre, G. Ricerca presentata al Physiomind 2012 - 3° Congresso di Traumatologia e Riabilitazione sportiva "sport injuries in tennis player: prevention, orthopaedic treatment and rehabilitation" 30 – 31 Marzo - Università degli studi di Salerno.
- Baratto, L., Morasso, P. Re, C., Spada, G. (2002) A new look at posturographic analysis in the clinical context: sway-density vs. other parameterization techniques. (article).
- Cunningham, B. (1976) "Action Research: Towards a Procedural Model, Human relations" Vol. 29 N. 3 pp. 215-238
- Carlomagno, N., Lipoma, M., D'Elia, F., Baldassarre, G., Sgrò, F., Sangiorgio, A., Sibilio, M., relazione presentata 14th Annual Congress of the European College of Sport Science – Oslo, Norvegia 24-27 giugno 2009.
- Carlomagno, N., D'Elia, F., Ambretti, A., Aiello, P., Baldassarre, G., Galdieri, M., Sibilio, M., Ricerca presentata all'11th International Conference of Sport Kinetics Currente and Future Directions in Human Kinetics Researches Kallithea, Halkidiki, Grecia 25 – 27 settembre 2009.
- De Cristofaro, P., Pietrobelli, A., Dragani, B., Malatesta, G., Arzeni, S., Luciani, M., Malavolti, M., & Battistini, N.C. (2005). Total energy expenditure in morbidly obese subjects: a new device validation. *Obesity research*. 13:A175.

- D'Elia, F., Galdieri, M., Baldassarre, G., Aiello, P., Sibilio, M., Ricerca presentata in formato poster al 14th Annual Congress of the European College of Sport Science – Oslo, Norvegia 24-27 giugno 2009.
- Fukagawa, N.K. , Anderson, Hageman, G., Young, V.R., & Minaker, K.L. (1990). High-carbohydrate, high-fiber diets increase peripheral insulin sensitivity in healthy young and old adults. *Am J Clin Nutr* September 1990 vol. 52 no. 3 524-528.
- Gomez Paloma, F., Baldassarre, G., Galdieri, M., Pignato, R., Lo Piccolo, A., Sibilio, M. ricerca presentata in formato poster al 14th Annual Congress of the European College of Sport Science – Oslo, Norvegia 24-27 giugno 2009.
- Morasso, P., Schieppati, M., (1999) “Can muscle stiffness alone stabilize upright standing?” *Journal Neuropsychology*
- Pinheiro Volp, A.C., Esteves de Oliveira, F.C., Duarte Moreira, Alves R., Esteves, E.A., & Bressan, J. (2011). Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutrición Hospitalaria*, 26(3), 430-440.
- Quaderni Distrofia Muscolare N. 2 – L'elettromiografia Clinica – UILDIM (Unione Italiana lotta alla Distrofia Muscolare).
- Sgambelluri, R., Carrozza, S., Vastola, R., Baldassarre, G., Galdieri, M., Sibilio, M., ricerca presentata in formato poster al 7° Convegno Nazionale “ La prevenzione nella scuola e nella comunità” Convivenze, paure e reti informali. Padova 25 – 27 giugno 2009.
- Zurlo, F., Larson, K, Bogardus, C., & Ravussin, E. (1990). Skeletal muscle metabolism is a major determinant of resting energy expenditure. *J Clin Invest*. 1990 November; 86 (5): 1423–1427.

Norme, Leggi e Regolamenti

- Legge 5 febbraio 1992, n. 104 - Legge quadro per l'assistenza, l'integrazione sociale e i diritti delle persone handicappate.
- Legge 26 giugno 1990, n. 162.
- Ministero della Pubblica Istruzione (2007). Indicazioni per il curricolo della scuola primaria.
- Programmi ministeriali per la scuola media inferiore - L. n. 348 del 16 giugno 1977, D.M. 9 febbraio 1979.

Sitografia

- www.btsbioengineering.com: sito della BTS Biomedical
- www.istap.it: Istituto di analisi della Postura – Firenze
- www.psicometria.unich.it: Università di Chieti
- www.tanzariello.it: Centro per la diagnosi per immagini ad alta definizione
- www.treccani.it: L'enciclopedia italiana on line
- www.unicam.it: Università di Camerino
- www.wikipedia.it: L'enciclopedia libera sul web.