Università degli studi di Roma

"TOR VERGATA"

Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali

Corso di laurea in Scienze Biologiche

TESI DI LAUREA

"Studio dei comportamenti fisiologici nelle Danze Standard in differenti fasce di età: analisi quantitativa dei parametri metabolici"

Candidata: Laura Lunetta

Relatore: Prof.ssa Patrizia Morena Baldini

Correlatore: Prof. Stefano D'Ottavio

TESINA

“Cellule staminali retiniche e rigenerazione”

Relatore: Prof. Stefano Cannata

INDICE

INTRODUZIONE **1**

1 **STRUTTURA E FUNZIONE DEL MUSCOLO SCHELETRICO** **2**

1.1 CLASSIFICAZIONE DEL TESSUTO MUSCOLARE 3
1.2 I MUSCOLI SCHELETRICI 4
1.3 LE FIBRE MUSCOLARI SCHELETRICHE 5
1.4 LE MIOFIBRILLE 6
1.5 I MIOFILAMENTI 7
1.6 STRUTTURA MOLECOLARE DEI MIOFILAMENTI 8
1.7 IL RETICOLO SARCOPLASMATICO 10
1.8 ECCITABILITA' DELLE FIBRE MUSCOLARI SCHELETRICHE 12
1.9 IL MECCANISMO DELLA CONTRAZIONE DEI SARCOMERI 12
1.10 ACCOPPIAMENTO ECCITAZIONE-CONTRAZIONE 13
1.11 RUOLO DEGLI IONI CA2+ 13
1.12 BASI MOLECOLARI DELLA CONVERSIONE CHEMIO-MECCANICA 14
1.13 CICLO OPERATIVO DEI "PONTI" E IDROLISI DELL'ATP 15
1.14 FISIOLOGIA DEL MUSCOLO SCHELETRICO 16
1.15 SCOSSA MUSCOLARE SEMPLICE 17
1.16 IL TETANO MUSCOLARE 17
1.17 TIPOLOGIA MUSCOLARE 19
1.18 FIBRE RAPIDE (TIPO II) 19
1.19 FIBRE LENTE (TIPO I) 20
1.20 ORGANIZZAZIONE DELLE FIBRE NEI MUSCOLI 20

2 METABOLISMO E LIBERAZIONE DI ENERGIA NELL'ESERCIZIO FISICO 22

2.1 ATP E RUOLO DEL CREATIN FOSFATO 23
2.2 METABOLISMO ANAEROBICO E AEROBICO 24
2.3 LA GLICOLISI LIBERA ENERGIA ANAEROBICA DAL GLUCOSIO 24

2.4 FORMAZIONE DI ACIDO LATTICO 25
2.5 LIBERAZIONE DI ENERGIA DAI CARBOIDRATI 27
2.6 LIBERAZIONE DI ENERGIA DAI LIPIDI 27
2.7 LIBERAZIONE DI ENERGIA NEL CATABOLISMO DELLE PROTEINE 28
2.8 SISTEMA ESOERGONICO ATP-CP DI PRONTO USO 29
2.9 SISTEMA ESOERGONICO A BREVE TERMINE: L'ACIDO LATTICO 29
2.10 ENERGIA A LUNGO TERMINE: IL SISTEMA AEROBICO 31
2.11 CONTRIBUTI PERCENTUALI DEI VARI MECCANISMI ESOERGONICI 31
2.12 CONSUMO DI OSSIGENO DURANTE IL LAVORO MUSCOLARE 32
2.13 MISURA DEL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO 35
2.14 USO DELLA FREQUENZA CARDIACA PER STIMARE IL LIVELLO DI DISPENDIO ENERGETICO 37
2.15 EFFETTO DELLA MASSA CORPOREA SUL CONSUMO ENERGETICO 39
2.16 FIBRE MUSCOLARI RAPIDE E LENTE 40

3 LE DANZE STANDARD 42

3.1 STORIA DELLE DANZE STANDARD 43
3.1.1 LA POSIZIONE 44
3.1.2 VALZER VIENNESE 46
3.1.3 VALZER INGLESE 47
3.1.4 TANGO 48
3.1.5 SLOW FOX TROT 50
3.1.6 QUICK STEP 52
3.2 LA MODERNA ORGANIZZAZIONE DELLA DANZA SPORTIVA 53
3.2.1 DISCIPLINE 54
3.2.2 CATEGORIE 55
3.2.3 CLASSI 55
3.2.4 SVOLGIMENTO DI UNA GARA 56
3.3 ANALISI DEGLI ASPETTI FISIOLOGICI E BIO-ENERGETICI DELLA DANZA 58
3.3.1 DANZA AEROBICA 58
3.3.2 PATTINAGGIO SUL GHIACCIO 60
3.3.3 GINNASTICA RITMICA 60

3.3.4 DANZA CLASSICA 61
3.3.5 DANZA MODERNA E DANZA CONTEMPORANEA 62
3.3.6 DANZA SPORTIVA 63
3.3.7 ASPETTI TRAUMATOLOGICI NELLA DANZA SPORTIVA 74

4 MATERIALI E METODI 82

4.1 IL MODELLO FUNZIONALE DELLA PRESTAZIONE 83
4.2 CARATTERISTICHE TECNICHE DI UNA GARA DI DANZA SPORTIVA 84
4.3 RILIEVO DEI PARAMETRI FISIOLOGICI DEGLI ATLETI 86
4.4 STRUMENTAZIONE 87
4.5 ERGOSPIROMETRO PORTATILE: K4B^2, COSMED 87
4.6 MISURA DEL CONSUMO ENERGETICO 89
4.7 CARDIOFREQUENZIMETRO A FASCIA TORACICA: POLAR S810 92
4.8 LATTACIDOMETRO PORTATILE: LACTATE PRO™ TEST METER (ARKRAY) 93
4.9 SOGGETTI 95
4.10 ANALISI METABOLICA DEL MODELLO DI PRESTAZIONE 96
4.11 CONSUMO ENERGETICO DI OGNI SINGOLO BALLO 97
4.12 VALUTAZIONE DEL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO ($VO_{2\,max}$) 98

5 RISULTATI 100

5.1 ANALISI METABOLICA DEL MODELLO DI PRESTAZIONE 101
5.2 CONSUMO ENERGETICO DI OGNI SINGOLO BALLO 107
5.3 TEST PER DETERMINARE IL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO E LA FREQUENZA CARDIACA MASSIMA 122

5.4 PERCENTUALE DEL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO DURANTE L'ANALISI METABOLICA DEL MODELLO DI PRESTAZIONE 128
5.5 PERCENTUALE DEL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO DURANTE L'ANALISI METABOLICA DI OGNI SINGOLO BALLO 134

DISCUSSIONI **141**

BIBLIOGRAFIA **149**

INTRODUZIONE

1 STRUTTURA E FUNZIONE DEL MUSCOLO SCHELETRICO

1.1 CLASSIFICAZIONE DEL TESSUTO MUSCOLARE

Esistono due tipi ben distinti di tessuto muscolare: il ***tessuto muscolare liscio e il tessuto muscolare striato***. Essi differiscono sia per la struttura delle fibre che li compongono sia per il modo con cui esse sono organizzate nel tessuto; caratteristica comune a tutte le fibre muscolari è comunque la presenza in esse di un ***apparato contrattile*** costituito da filamenti proteici particolari: i ***miofilamenti***.

Il ***tessuto muscolare liscio*** può essere considerato meno differenziato di quello striato nel senso che i suoi elementi cellulari costitutivi: le ***fibrocellule muscolari lisce***, sono meno ricche di miofilamenti e morfologicamente più simili alle cellule degli altri tessuti.

Il tessuto muscolare liscio è quasi esclusivamente limitato alla muscolatura degli organi della vita vegetativa (apparato digerente, genito-urinario, ecc.) e dei vasi sanguigni.

Il ***tessuto muscolare striato*** è certamente la forma più evoluta di tessuto muscolare; deve il suo nome al fatto che le sue fibre presentano, all'esame microscopico, una caratteristica ***striatura*** disposta ***trasversalmente*** al loro asse maggiore, dovuta all'alternarsi, nell'apparato miofibrillare di cui sono dotate, di zone con caratteristiche ottiche diverse.

La totalità della muscolatura scheletrica è costituita da tessuto muscolare striato, alle cui caratteristiche è legata la capacità di compiere i movimenti rapidi ed efficaci.

Un tipo particolare di tessuto muscolare striato è il ***tessuto muscolare cardiaco*** (o miocardio) dei Vertebrati, le cui fibre, pur essendo morfologicamente diverse da quelle della muscolatura scheletrica, presentano una striatura traversa del tutto simile. Le caratteristiche funzionali del tessuto miocardico sono del tutto particolari anche se richiamano, per alcuni aspetti, sia quelle della muscolatura scheletrica sia quelle della muscolatura liscia.

1.2 I MUSCOLI SCHELETRICI

I muscoli scheletrici sono gli effettori tramite i quali vengono attuate tutte le azioni motorie; l'importanza che essi hanno è indicata anche dal loro grande sviluppo, infatti rappresentano una parte rilevante dell'intera massa corporea (nell'uomo circa il 40%).

In ogni muscolo si riconoscono sempre (FIG.1) un ***ventre muscolare***, in cui si trovano le fibre muscolari, e due ***tendini muscolari*** di natura connettivale, che costituiscono le robuste connessioni con cui il muscolo s'inserisce sui segmenti scheletrici e tramite i quali la forza della contrazione, generata nel ventre, viene loro trasmessa.

Le fibre muscolari scheletriche sono elementi molto allungati e del tutto particolari per la struttura e le caratteristiche funzionali e sono riunite in fasci di sempre maggior dimensione.

Ogni cellula muscolare è circondata da un sottile avvolgimento connettivale che la separa dalle cellule adiacenti, detto ***endomisio***.

Un altro avvolgimento connettivale detto ***perimisio***, circonda un gruppo di circa 150 fibre muscolari che costituiscono così un ***fascicolo***.

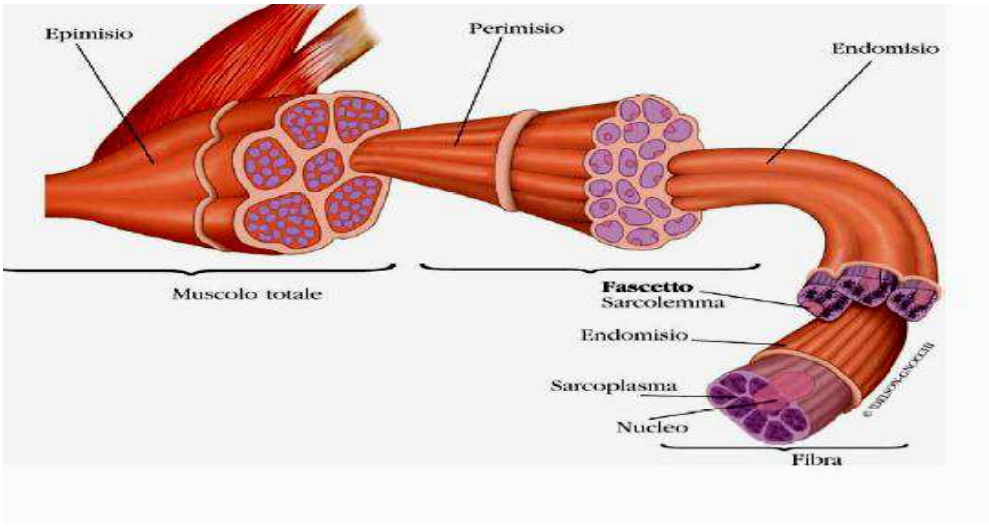

Figura 1
Struttura di un muscolo scheletrico e di una sua fibra

L'intero ventre muscolare è circondato da una robusta fascia connettivale detta ***epimisio***. L'epimisio si continua agli estremi del ventre muscolare nel ***tendine*** che si attacca in un punto di inserzione sull'osso.
Le fibre muscolari sono avvolte da una ricchissima rete di capillari sanguigni, alimentata dai vasi che decorrono nell'endomisio, capace di un altissimo apporto sanguigno.

1.3 LE FIBRE MUSCOLARI SCHELETRICHE

Le fibre muscolari scheletriche sono elementi cellulari non solo molto allungati, ma di dimensione eccezionalmente grandi, il loro diametro può raggiungere anche centinaia di μ e la loro lunghezza parecchi cm.
Ogni fibra muscolare è delimitata da una membrana: il ***sarcolemma,*** al suo interno si trova il citoplasma (sarcoplasma), contenente numerosi nuclei.
Il volume di ogni fibra muscolare è tuttavia quasi interamente occupato dall'***apparato contrattile***, costituito da un gran numero di subunità filamentose: le ***miofibrille***, alla cui struttura è dovuta la striatura traversa dell'intera fibra.
All'interno della fibra muscolare è inoltre presente una rete di tubuli intracellulari particolarmente sviluppata e complessa: il ***reticolo sarcoplamatico***, che è in parte comunicante con l'esterno e corrisponde al reticolo endoplasmatico delle altre cellule.
Il sarcoplasma è ricco di proteine, di glicogeno, di mitocondri e dei fosfati altamente energetici: l'***adenosintrifosfato*** (ATP) ed il ***creatin fosfato*** (CP); è inoltre presente una particolare cromoproteina: la ***mioglobina*** con funzione respiratoria, che rappresenta una riserva di O_2 disponibile per i processi metabolici ossidativi, correlati con la contrazione muscolare.

1.4 LE MIOFIBRILLE

Sono formazioni filiformi, il cui diametro è circa di 0.5μ, che decorrono lungo la fibra, da un estremo all'altro.

Lungo ogni miofibrilla si replica, per l'intera lunghezza, un'alternanza di ***zone mono e birifrangenti***, che conferiscono alle fibre muscolari la tipica striatura traversa.

La sequenza delle zone con diversa rifrangenza, è dovuta al ripetersi di unità ultrastrutturali sempre uguali: i ***sarcomeri***, che in condizioni di riposo, hanno la lunghezza di circa 2μ e presentano un'organizzazione caratteristica (FIG.2).

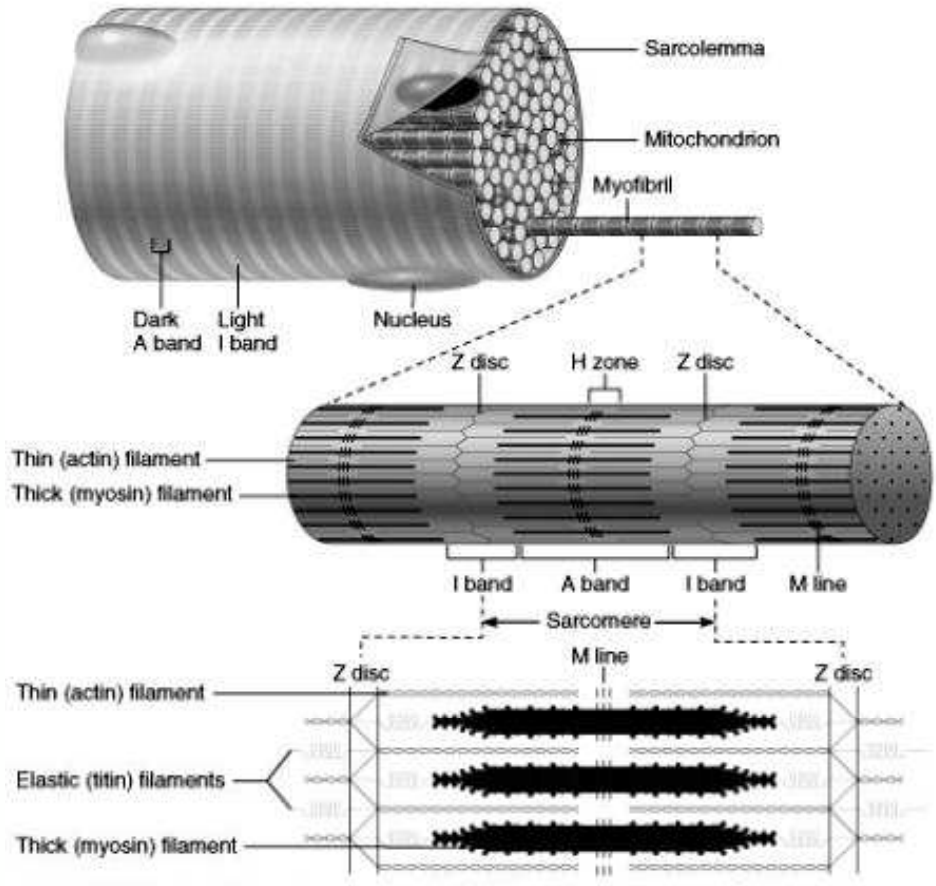

Figura 2
Struttura e organizzazione del Sarcomero

Ogni sarcomero è delimitato da due netti sepimenti, disposti a metà della zona monorifrangente: le ***strie Z***.
La zona monorifrangente, denominata ***zona I*** ("I" per "isotropa") occupa la metà di due sarcomeri successivi ai lati di ogni stria Z, mentre la parte centrale di ogni sarcomero è occupata dalla zona birifrangente, denominata ***zona A*** ("A" per "anisotropa").
Al centro della zona A vi è una zona otticamente meno densa, la ***zona H***; questa zona è molto ristretta nella fibra a riposo e scompare se è contratta, si estende invece quando la fibra viene passivamente allungata.
A metà della zona H si osserva una sottile stria trasversale: la ***stria M***.

1.5 I MIOFILAMENTI

Le caratteristiche dei sarcomeri sono dovute alla presenza in essi di una serie ordinata di ***miofilamenti*** (circa 4500 per ogni miofibrilla).
Esistono due tipi di miofilamenti che differiscono per lo spessore, i ***miofilamenti sottili*** e i ***miofilamenti spessi***; il numero dei miofilamenti sottili è, in ogni miofibrilla circa di 3000, mentre quello dei miofilamenti spessi è circa 1500.
I miofilamenti sottili caratterizzano le due metà monorifrangente.
I miofilamenti spessi caratterizzano la zona birifrangente, ed occupano la parte centrale del sarcomero.
La disposizione dei miofilamenti (FIG.3) è tale per cui, in condizioni di riposo, nella zona I (monorifrangente) vi sono solo monofilamenti sottili, nella zona A (birifrangente) vi sono sia miofilamenti sottili che miofilamenti spessi, nella zona H ci sono solo miofilamenti spessi.
L'elevata distensibilità delle fibre muscolari non esprime una caratteristica meccanica dei miofilamenti, che infatti hanno una lunghezza costante.

Ciò significa che, quando il sarcomero si allunga o si accorcia, i miofilamenti sottili scorrono negli spazi tra quelli spessi, modificandosi solo l'estensione delle zone ove vi è sovrapposizione dei miofilamenti dei due tipi.

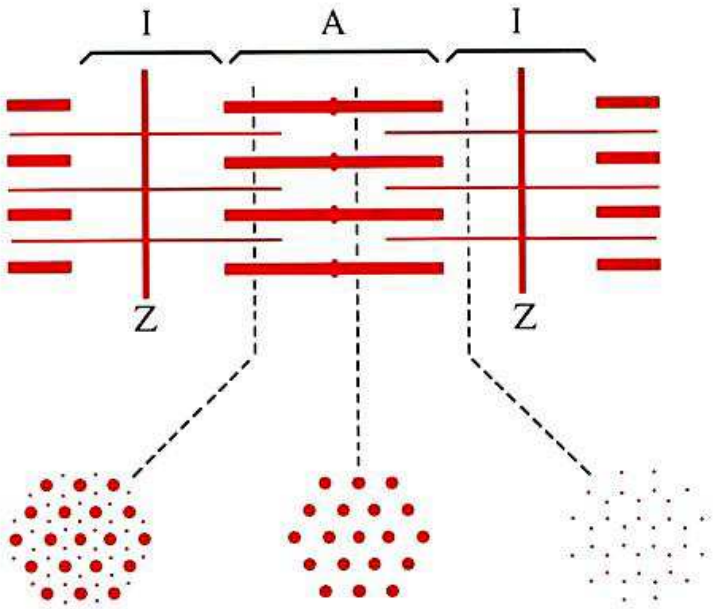

Figura 3
Schema della disposizione dei miofilamenti nel sarcomero

1.6 STRUTTURA MOLECOLARE DEI MIOFILAMENTI

I miofilamenti spessi sono costituiti da una sola proteina: la ***miosina*** in cui si distinguono (FIG.4) una lunga ***"coda"*** filamentosa ed una parte globosa, disposta ad un estremo e configurata in due ***"teste"*** simmetriche affiancate.

Il tratto di configurazione con le "***teste***" può flettersi e costituisce una sorta di braccio, articolato alla sua inserzione, che può ruotare angolarmente rispetto all'asse del miofilamento.

I ***miofilamenti sottili*** sono costituiti da 3 diverse proteine: l'***actina***, la ***tropomiosina*** e la ***troponina***.

L***'actina*** è costituita da molecole globulari, che formano catene filamentose (F-ACTINA).

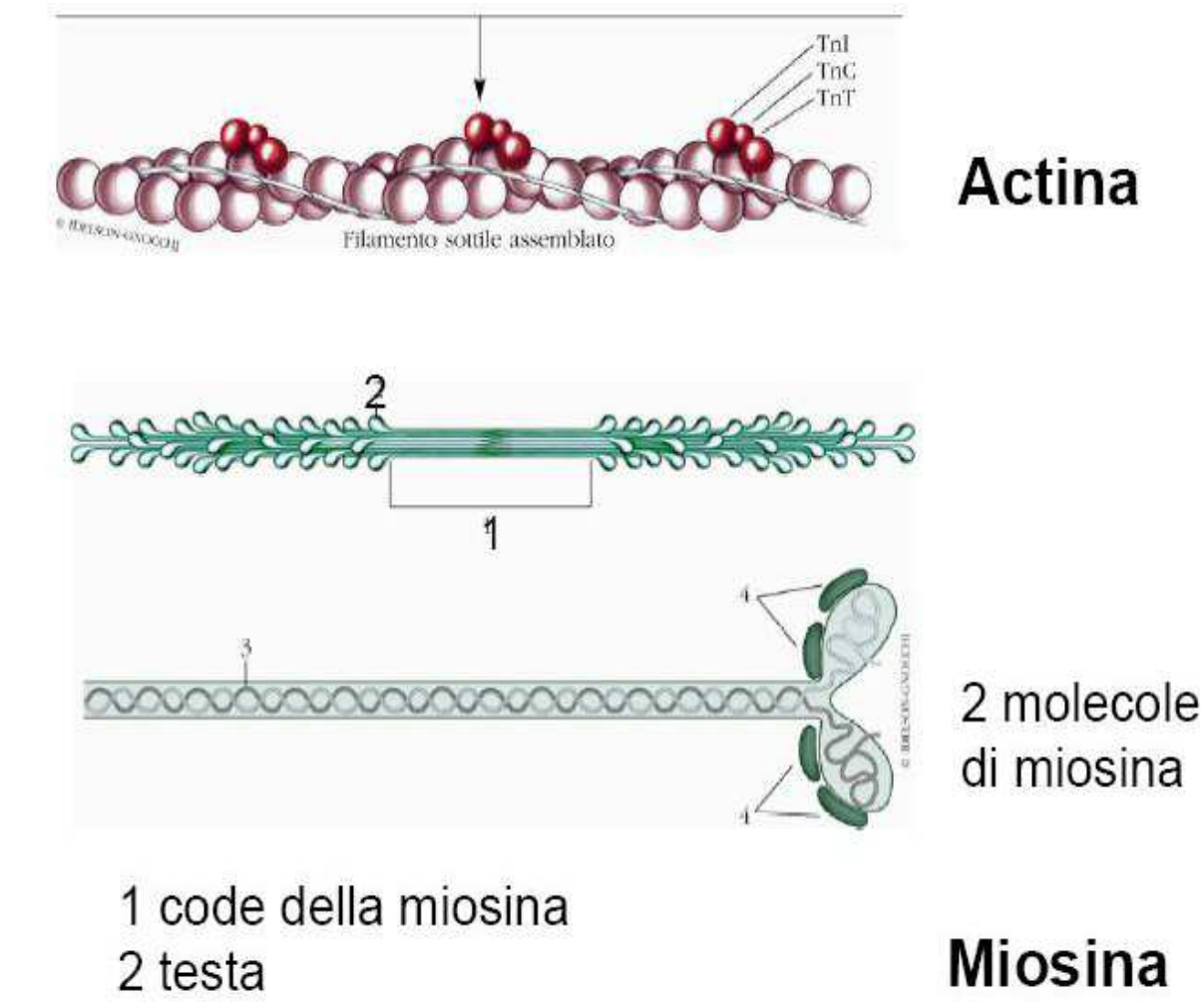

Figura 4
Struttura delle molecole di actina e miosina

Ogni miofilamento sottile comprende due lunghe catene di F-actina, avvolte a spirale tra loro a formare una doppia elica (FIG.4).
Ogni molecola globulare di actina presenta in una determinata regione un "dominio", o "sito di legame", ove sono presenti gruppi chimici specifici capaci di combinarsi con quelli presenti sulle "teste" della miosina, sporgenti dai miofilamenti spessi, in modo da formare i "ponti".
La ***tropomiosina*** è costituita da molecole con forma di lunghi bastoncelli.
Esse sono congiunte tra i loro estremi, in modo da costituire un subfilamento continuo; in ogni miofilamento sottile sono presenti due subfilamenti di tropomiosina, che decorrono nei due solchi spirali esistenti tra le catene di actina.
La ***troponina*** si lega ai subfilamenti di tropomiosina in vicinanza dei loro punti di giunzione.
Ogni molecola troponinica (FIG.4) è composta da tre distinte subunità peptidiche.
La prima subunità (TROPONINA T) è sede del ***legame con la tropomiosina***, la seconda (TROPONINA I) è implicata nel controllo dei "siti di legame " dell'actina, la terza subunità (TROPONINA C) ha un'elevata affinità per gli ioni Ca^{2+}.

1.7 IL RETICOLO SARCOPLASMATICO

Ogni fibra muscolare è provvista di un sistema di tubuli intracellulari: il ***reticolo sarcoplamatico***, che sbocca all'esterno mediante aperture sul sarcolemma (FIG.5).
Nel reticolo sarcoplamatico si distinguono due parti, non comunicanti tra loro; la prima è costituita da una rete di tubuli disposta secondo un piano trasversale alla fibra, denominato ***sistema tubulare trasverso*** (o " sistema T"), è questa parte del sistema che comunica con l'esterno mediante una serie di pori.

La seconda parte è invece costituita da reti tubulari che, decorrendo longitudinalmente, avvolgono la parte centrale di ogni sarcomero: essa è detta ***reticolo longitudinale***.

Il reticolo longitudinale di ogni sarcomero presenta, ai suoi due estremi, dilatazioni chiamate ***cisterne*** che vengono in intimo contatto con i tubuli del sistema tubulare traverso, costituendo complessi denominati ***triadi***.

Nelle fibre muscolari scheletriche vi sono due sistemi trasversi per ogni sarcomero, situati in corrispondenza delle estremità dei filamenti spessi e, di conseguenza, due triadi per sarcomero.

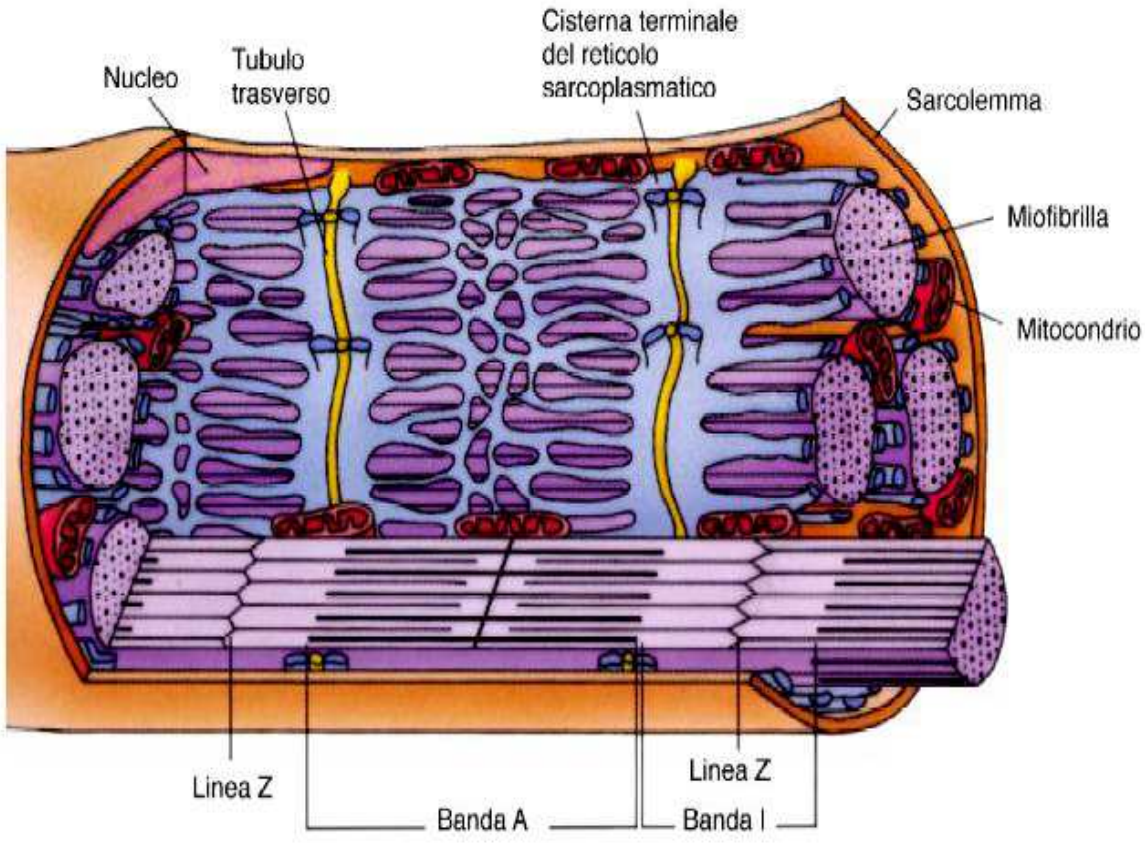

Figura 5
Reticolo Sarcoplasmatico

1.8 ECCITABILITA' DELLE FIBRE MUSCOLARI SCHELETRICHE

Le fibre muscolari scheletriche sono cellule eccitabili; in esse, infatti, possono rispondere ad uno stimolo adeguato con un potenziale d'azione analogo a quello delle fibre nervose, dalle quali però si differenziano per la loro capacità di far seguito al potenziale d'azione con la propria manifestazione peculiare: la ***contrazione muscolare***.

1.9 IL MECCANISMO DELLA CONTRAZIONE DEI SARCOMERI

I miofilamenti, sia sottili sia spessi, non modificano la loro lunghezza durante la contrazione, per cui il sarcomero si accorcia per uno scorrimento dei miofilamenti sottili negli spazi tra quelli spessi.
Il processo elementare che, a livello di ogni "ponte", genera la forza per lo scorrimento dei miofilamenti, avverrebbe secondo un ciclo ripetitivo che è noto con certezza solo nelle sue fasi fondamentali:

1) tra ogni "testa" di miosina ed il "sito di legame" della molecola di actina ad essa affrontata, si forma un vincolo ("attacco della testa"), necessario perché il "ponte" possa operare.
2) Nel complesso molecolare che si forma tra la "testa" di miosina e la molecola di actina interviene una modificazione strutturale indicata come "flessione della testa" capace di generare, tramite il "braccio articolato", la spinta ("stroke") che produce un "passo" dello scorrimento reciproco dei miofilamenti.

3) Avvenuto il "passo", il complesso "testa di miosina-molecola di actina" si scinde, consentendo ai due componenti di ritornare all'iniziale struttura ("estensione della testa"), e ora può ricominciare un nuovo ciclo.

Per spiegare la continuità dello scorrimento dei miofilamenti, si ammette che gruppi diversi di "ponti", entrano in azione in modo "desincronizzato".

1.10 ACCOPPIAMENTO ECCITAZIONE-CONTRAZIONE

La contrazione nelle fibre muscolari scheletriche è evocata dal potenziale d'azione muscolare; al seguito di un singolo potenziale d'azione si susseguono, nella fibra muscolare, una fase di ***contrazione*** e, con breve ritardo, una fase di ***rilasciamento*** che riporta le fibre nelle condizioni di riposo.

La modalità con cui il potenziale d'azione funge da "stimolo" per l'apparato contrattile non è diretto, ma chimicamente mediato dalla ***liberazione di ioni*** Ca^{2+} dal reticolo sarcoplasmatico.

1.11 RUOLO DEGLI IONI Ca^{2+}

In condizioni di riposo, nel sarcoplasma delle fibre muscolari, gli ioni Ca^{2+} in forma libera sono praticamente assenti; essi infatti sono tutti accumulati nel ***reticolo sarcoplamatico.***

Il passaggio del potenziale d'azione lungo la fibra muscolare è immediatamente accompagnato dal liberarsi di Ca^{2+} dalle cisterne del reticolo longitudinale: a questa liberazione segue la contrazione dei sarcomeri.

In condizioni di riposo, quando gli ioni Ca^{2+} sono praticamente assenti nel sarcoplasma, i subfilamenti di tropomiosina sono disposti nei solchi della doppia spirale actinica dei filamenti sottili in modo da "mascherare" i "siti di legame" delle molecole di actina, impedendo il loro vincolo con le "teste" di miosina dei filamenti spessi, quindi la formazione dei "ponti".

Quando, invece, in seguito al passaggio del potenziale d'azione, avviene la liberazione di ioni Ca^{2+} dalle cisterne del reticolo longitudinale, la concentrazione di questi ioni sale quanto basta perché il loro legame con la subunità C della molecola troponinica ne modifichi la configurazione; s'induce così nel subfilamento tropomiosinico uno spostamento che "smaschera" i "siti di legame" delle molecole di actina, permettendo la formazione dei "ponti".

1.12 BASI MOLECOLARI DELLA CONVERSIONE CHEMIO-MECCANICA

L'energia che, nella contrazione delle fibre muscolari scheletriche viene convertita in effetto meccanico, proviene dalla defosforilazione idrolitica dell'ATP in ADP.

La ***miosina*** possiede le proprietà di un enzima ATP-asico e la sua attività è situata nella porzione molecolare che costituisce le "teste".

La reazione defosforilativa ATP→ADP +Pi non si verifica nella fase del ciclo in cui i "ponti" operano lo "stroke" (spinta) che determina lo slittamento dei miofilamenti, ma successivamente, cioè quando le "teste" miosiniche si staccano dalle molecole di actina e ritornano nella configurazione atta a iniziare un nuovo ciclo.

È noto infatti che il muscolo, in carenza di ATP, anziché restare rilasciato passa in uno stato di ***rigidità*** persistente o "***rigor***", per il mancato sciogliersi dei ponti tra i miofilamenti.

1.13 CICLO OPERATIVO DEI "PONTI" E IDROLISI DELL'ATP

Sulle "teste" della molecola di miosina sono presenti un "sito" ove è localizzata l'attività ATP-asica ed un "sito" ove si stabilisce il legame con l'actina;

Il "sito" ATP-asico può essere indifferentemente occupato dall'intera molecola dell'ATP, oppure dai prodotti della sua defosforilazione. (FIG.6)

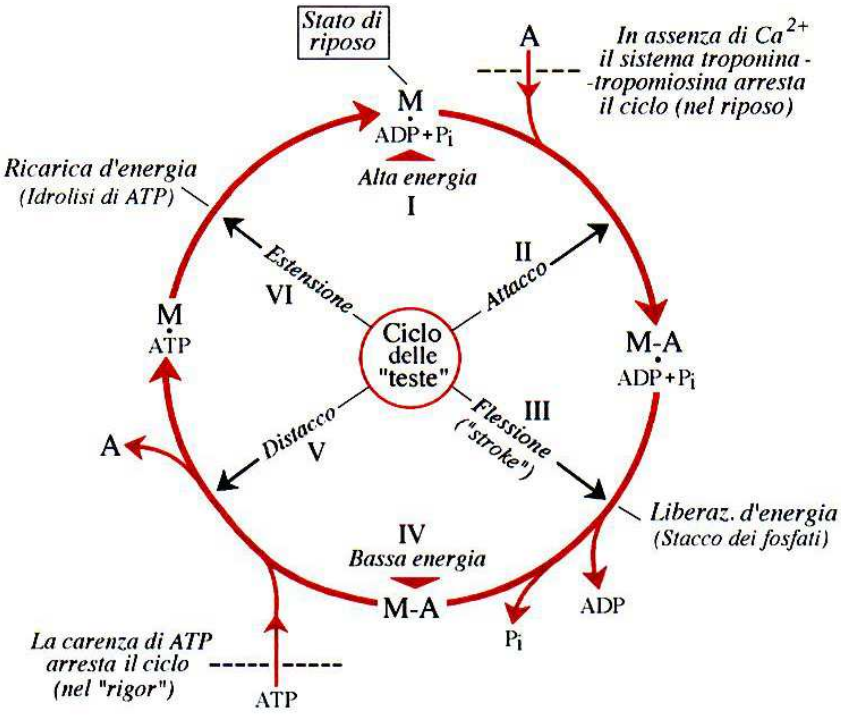

Figura 6
Ciclo idrolitico dell'ATP nella contrazione muscolare

L'energia che si libera dalla defosforilazione dell'ATP non viene immediatamente convertita in effetto meccanico, ma si accumula nel complesso (M·ADP+Pi) (I), che assume un alto livello energetico associato ad un alta affinità per l'actina e ad una bassa affinità per l'ATP.

Questa situazione corrisponde alla condizione di riposo del muscolo.

Quando, al seguito di un potenziale d'azione, l'aumentata concentrazione intracellulari di ioni Ca^{2+} rimuove il blocco operato da sistema troponina-tropomiosina e può formarsi il legame miosina-actina, cioè l'"attacco delle teste" (II), l'energia contenuta nel complesso (M·ADP+Pi) si libera determinando la modificazione conformazionale delle "teste", cioè la "flessione" (III) che produce lo "stroke" ed un "passo" nello scorrimento dei miofilamenti.
Questa modificazione porta al distacco dei fosfati, ciò induce nelle "teste" una ridotta affinità per l'actina ed un'aumentata affinità per l'ATP (IV); quindi, si scinde il legame miosina-actina (V), e si forma il complesso (M·ATP).
A questo punto interviene di nuovo la defosforilazione idrolitica dell'ATP, cui corrisponde l'estensione delle "teste" di miosina (VI) ed il ritorno del complesso (M·ADP+Pi) alla conformazione originaria.

1.14 FISIOLOGIA DEL MUSCOLO SCHELETRICO

Vi sono due modalità di contrazione: ***isometrica ed isotonica***.
Nella contrazione ***isometrica***, un muscolo sviluppa solo una ***forza*** che agisce sui supporti ai quali è fissato; nella contrazione ***isotonica*** sviluppa una ***forza*** pari al carico che gli viene applicato ed inoltre compie un ***lavoro*** pari al prodotto di questa forza per l'accorciamento che il muscolo subisce per effetto della contrazione.
In realtà in tutti i muscoli la contrazione comprende ***fasi isometriche e fasi isotoniche***; ad esempio quando con la flessione di un arto si voglia sollevare un peso, i muscoli interessati si contraggono inizialmente in condizioni isometriche finchè la forza da essi sviluppata è inferiore o uguale al peso stesso; quando però la forza sviluppata diviene maggiore del peso, questo viene sollevato e la contrazione diviene isotonica.

1.15 SCOSSA MUSCOLARE SEMPLICE

Stimolando un muscolo isolato con un singolo stimolo elettrico di breve durata, si ottiene una rapida contrazione seguita da un altrettanto rapido rilasciamento, che nel loro insieme costituiscono una ***scossa muscolare semplice***.

1.16 IL TETANO MUSCOLARE

Applicando ad un muscolo scheletrico, anziché uno stimolo isolato, una serie di stimoli ripetuti, le contrazioni evocate dai singoli stimoli tendono a sommarsi.
Se l'intervallo tra di essi è inferiore alla durata delle singole scosse muscolari, si genera un'unica contrazione continua che si mantiene per tutto il tempo per cui dura la sequenza degli stimoli. Questo fenomeno è detto ***fusione o sommazione delle scosse muscolari*** e la contrazione che ne deriva è denominata ***tetano muscolare***.
Quando la frequenza di stimolazione è bassa, e l'intervallo tra gli stimoli successivi è sufficiente per consentire un parziale rilasciamento muscolare, il tetano si dice ***incompleto*** perché la funzione della scossa non è in questo caso perfetta (FIG.7).
Quando la frequenza di stimolazione è sufficientemente elevata, il tetano è allora ***completo***.
Il tetano muscolare è la *normale modalità di contrazione* dei muscoli scheletrici;
La forza massimale isometrica sviluppata da un muscolo in un tetano completo diviene fino a 4 ***volte più elevata*** di quella della scossa muscolare.

Perciò quando la frequenza dei potenziali d'azione sia tale da produrre un tetano muscolare completo, la concentrazione di ioni Ca^{2+} liberi nel sarcoplasma si mantiene elevata quanto basta per portare tutti i ponti tra i miofilamenti al massimo grado di attivazione.

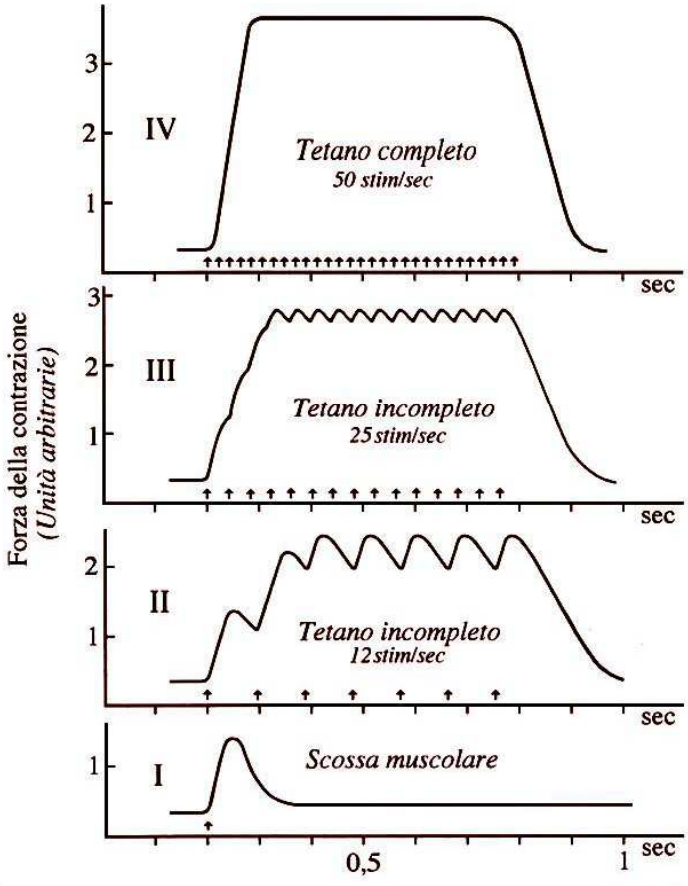

Figura 7
Miogramma isometrico

1.17 TIPOLOGIA MUSCOLARE

Sono stati identificati due tipi di fibre muscolari che sono ben distinguibili in base alla morfologia e proprietà contrattili: ***fibre rapide*** (FT, Fast Twich), a elevata velocità di contrazione (dette anche di tipo II) e ***fibre lente*** (ST, Slow Twich) a bassa velocità di contrazione (dette anche di tipo I).

1.18 FIBRE RAPIDE (TIPO II)

Le fibre rapide possiedono un'elevata velocità di trasmissione del potenziale d'azione, un'elevata concentrazione di miosin-ATPasi, la possibilità di aumentare rapidamente la concentrazione citoplasmatica del calcio in seguito all'eccitazione, un'elevata velocità di aggancio e sgancio dei ponti della miosina.
In esse si sviluppano forze elevate con elevata velocità di contrazione.
Queste ultime possono essere da tre a cinque volte superiore alle fibre classificate come lente.
Le fibre muscolari rapide si suddividono a loro volta in due sottogruppi: ***fibre di tipo IIA e fibre di tipo IIB.***
Le ***fibre di tipo II B*** sono quelle che più tipicamente caratterizzano il gruppo delle fibre rapide.
Sono di maggior diametro e ricche di miofibrille, reticolo sarcoplasmatico molto sviluppato, mentre il sarcoplasma è meno abbondante e contiene meno mioglobina (da cui il nome di fibre pallide).
Le ***fibre di tipo II A*** hanno caratteristiche di transizione in quanto sono fibre rapide per i caratteri della contrazione, ma godono in parte anche delle proprietà delle fibre di tipo I.
Esse sono di piccolo diametro, ricche di mioglobina (e quindi rosse), hanno elevata velocità di contrazione .

1.19 FIBRE LENTE (TIPO I)

Possiedono una minor concentrazione di miosin-ATPasi, i movimenti del calcio attraverso le cisterne si verificano con velocità inferiore, la velocità di contrazione è inferiore.

Le fibre lente, o rosse, possiedono un maggior numero di mitocondri e maggiori dimensioni. L'alta concentrazione citoplasmatica di mioglobina conferisce alle fibre lente il caratteristico color rosso scuro.

Le fibre di tipo I e II (A e B) si trovano frammiste in modo apparentemente casuale in ogni muscolo scheletrico, tuttavia, a seconda della prevalenza dell'uno o dell'altro tipo di fibre, i muscoli sono classificati anch'essi in due categorie:

- MUSCOLI BIANCHI, ricchi di fibre di tipo II-B (ma anche di tipo II-A), detti anche ***muscoli fasici*** perché capaci di contrazioni rapide e brevi;
- MUSCOLI ROSSI, ove prevalgono le fibre di tipo I, noti anche come ***muscoli tonici***, per la capacità di restare a lungo in contrazione.

Alla prima categoria appartengono i muscoli che presiedono ai movimenti più fini e veloci; alla seconda invece appartengono i muscoli del tronco e degli arti e in genere quelli che presiedono al ***tono posturale***.

1.20 ORGANIZZAZIONE DELLE FIBRE NEI MUSCOLI

La disposizione delle fibre muscolari può variare in relazione all'asse maggiore del ventre muscolare.

Questa possibilità di diverso orientamento delle fibre, modifica alquanto la capacità del muscolo di generare forza.

Se l'orientamento delle fibre è parallelo all'asse principale del muscolo, le fibre sono dette ***fusiformi***.

Viceversa, se sono poste in modo obliquo rispetto all'asse principale del muscolo, si dicono ***pennate***, l'angolo è in genere inferiore ai 30°.

Rispetto a questa disposizione i muscoli si possono distinguere in: ***muscoli prevalentemente isotonici***, il cui compito è di spostare ampiamente i segmenti scheletrici sui quali si inseriscono; i ***muscoli prevalentemente isometrici***, la cui funzione è quella di esplicare un'elevata forza senza considerevole accorciamento.

Nei muscoli prevalentemente ***isotonici,*** la sezione trasversa del ventre è minore di quella dei muscoli prevalentemente isometrici; le fibre sono lunghe e disposte in fasci paralleli.

A muscoli di questo tipo è dovuta la capacità degli arti di compiere estesi movimenti di flessione ed estensione; la loro forza è solitamente minore di quella dei muscoli isometrici.

Nei muscoli con funzione prevalentemente isometrica, la sezione trasversa del ventre muscolare è sempre rilevante ed è elevato il numero delle fibre che li compongono anche se di regola sono piuttosto corte.

Queste caratteristiche si ritrovano soprattutto nei muscoli antigravitari cui è affidato il compito di sostenere il peso del corpo.

In questi muscoli, al fine di ottenere un'elevata sezione trasversa, le fibre sono in genere disposte in strutture pennate.

2 METABOLISMO E LIBERAZIONE DI ENERGIA NELL'ESERCIZIO FISICO

2.1 ATP E RUOLO DEL CREATIN FOSFATO

L'energia potenziale contenuta nella molecola di ATP può essere usata dalla cellula per ogni forma di lavoro biologico.

Nel muscolo la defosforilazione dell'ATP in ADP + P_i, ad opera della miosina, che possiede le caratteristiche enzimatiche di una ATP asi, è la reazione chimica fondamentale che fornisce l'energia per la contrazione muscolare.

L'ATP si può accumulare soltanto in piccole quantità nella cellula, pertanto va risintetizzato nella misura in cui viene scisso.

La quantità di ATP accumulata nell'organismo, è abbastanza per sostenere un lavoro massimale della durata di pochi secondi.

La maggior parte dell'energia chimica necessaria alla risintesi dell'ATP proviene dalla scissione di carboidrati e lipidi, tuttavia una certa quota può derivare direttamente, in assenza di ossigeno, da un'altra molecola di fosfato altamente energetico che prende il nome di ***creatin fosfato***, o CP.

Il trasferimento di energia dal CP è cruciale nel periodo di transizione da una bassa ad un'elevata richiesta energetica che si verifica all'inizio del lavoro muscolare.

La concentrazione intracellulare di CP è circa 4-6 volte maggiore di quella dell'ATP.

Al CP si attribuisce il termine di "riserva energetica".

S'intende come ***metabolismo aerobico*** il complesso delle reazioni della catena di trasporto degli elettroni e la fosforilazione ossidativa.

In un certo senso questo termine è di per sé fuorviante, in quanto l'ossigeno non partecipa direttamente alla sintesi dell'ATP.

In effetti è proprio la disponibilità di ossigeno alla fine della catena a determinare la capacità di sostenere un elevato metabolismo "aerobico".

2.2 METABOLISMO ANAEROBICO E AEROBICO

Esistono due fasi nel catabolismo del glucosio.

La prima è costituita da una serie di 10 reazioni che si sviluppano molto rapidamente e che, a partire da una molecola di glucosio, portano alla formazione di due molecole di piruvato.

In tutte queste reazioni i processi di trasferimento energetico non richiedono la presenza dell'ossigeno e pertanto sono indicate come anaerobiche.

Nella seconda fase del metabolismo glucidico, il piruvato viene catabolizzato all'interno dei mitocondri sino alla produzione finale di anidride carbonica e acqua.

In questa seconda fase, definita aerobica, le reazioni sono associate al meccanismo di trasporto degli elettroni e alla fosforilazione ossidativa.

2.3 LA GLICOLISI LIBERA ENERGIA ANAEROBICA DAL GLUCOSIO

Le prime 10 reazioni della ***Glicolisi*** avvengono nel citoplasma, e in esse si ha un guadagno di due molecole di ATP.

Nel caso della glicolisi a partire da glucosio che proviene dal glicogeno vi è il guadagno netto di 3 ATP, invece di 2 ATP a partire da glucosio semplice.

Nel corso della glicolisi si forma solo il 5% della quantità totale di ATP che si libera dal catabolismo completo di una molecola di glucosio.

Tuttavia, la via glicolitica, può liberare una considerevole quota di energia nel corso di lavoro muscolare intenso, ed inoltre le reazioni stesse avvengono a ***velocità elevata***.

La capacita glicolitica risulta fondamentale nel fornire energia per sforzi massimali della durata massima di 90s.
Anche lo sprint finale di un atleta dei 1500m si basa su questa forma di liberazione anaerobica dell'energia che prevede la scissione glicolitica del glucosio.

2.4 FORMAZIONE DI ACIDO LATTICO

Durante attività fisica di livello metabolico modesto, i processi ossidativi mitocondriale e la disponibilità di ossigeno sono adeguati a coprire il fabbisogno energetico.
Inoltre se si forma dell'acido lattico questo può essere ossidato alla stessa velocità e pertanto non si accumula.
In questa situazione esiste una condizione di ***stato stazionario***.
Questa condizione viene chiamata ***glicolisi aerobica***, con il piruvato come prodotto finale (non esiste accumulo di acido lattico).
Nel corso di esercizio fisico strenuo, quando la richiesta energetica eccede la possibilità di fornire energia da parte del sistema aerobico, la produzione di idrogenioni con conseguente formazione di NADH eccede la possibilità del loro smaltimento. D'altra parte perché la glicolisi possa proseguire esiste la continua necessità di disporre di NAD^+.
Se questo non succede, la glicolisi si blocca istantaneamente.
In queste condizioni di ***glicolisi anaerobica*** una coppia di NAD si può formare se l'acido piruvico si trasforma in acido lattico.
L'acido lattico che si forma nelle cellule muscolari diffonde rapidamente attraverso la membrana cellulare, viene tamponato nel plasma e quindi, rapidamente rimosso dal luogo di produzione.

Però se il fabbisogno energetico è molto elevato, la risintesi dell'ATP non procede alla stessa velocità della scissione.
Inoltre a causa dell'aumento della concentrazione di ioni idrogeno, si sviluppa acidosi che blocca l'azione degli enzimi coinvolti nelle reazioni di trasferimento energetico e, di conseguenza, anche le capacità contrattili dei miofilamenti.
L'acido lattico non va visto semplicemente come un "prodotto di rifiuto".
Piuttosto va considerato come una sorgente di energia chimica di cui l'organismo si serve sempre in qualche misura nel corso di attività fisica leggera.
Gli atomi di idrogeno che si attaccano all'acido lattico, che tende ad accumularsi, possono ritornare al NAD^+ ed essere ossidati quando sarà disponibile sufficiente ossigeno.
Questo si può verificare o nel recupero successivo al lavoro o se l'intensità del lavoro diminuisce.
La via glicolitica anaerobica libera solo il 5% dell'energia contenuta in una molecola di glucosio, il resto viene estratto da un'altra via metabolica: ***il ciclo di Krebs***. Le tre componenti del processo metabolico mitocondriale detto anche ***aerobico*** sono:

- ***Il ciclo di Krebs***
- ***La catena di trasporto degli elettroni***
- ***La fosforilazione ossidativa***

Quindi, il catabolismo completo di una molecola di glucosio nelle cellule muscolari porta alla formazione di 36 molecole di ATP.

2.5 LIBERAZIONE DI ENERGIA DAI CARBOIDRATI

I carboidrati sono l'unico substrato in grado di fornire energia per la sintesi anaerobica di ATP.
Si tratta di una peculiarità importante, in quanto consente la liberazione di energia durante lavori di intensità superiore rispetto a quella fornita dal meccanismo aerobico.
In queste condizioni l'energia per la risintesi di ATP proviene esclusivamente dal glicogeno intramuscolare e dal glucosio di provenienza ematica.
Durante attività fisica leggera o di moderata intensità, i carboidrati forniscono circa il 50% del fabbisogno energetico.
Una certa quota di carboidrati deve sempre essere catalizzata per consentire il contemporaneo catabolismo dei lipidi.
Il catabolismo del glucosio porta alla sintesi di 36 moli di ATP.

2.6 LIBERAZIONE DI ENERGIA DAI LIPIDI

I lipidi di deposito rappresentano la maggior sorgente energetica dell'organismo poiché, rispetto ad altri substrati, l'energia potenziale contenuta è da considerare sostanzialmente illimitata.
In seguito all'allenamento per attività fisica di intensità moderata si verifica un aumento dell'utilizzo dei grassi come substrato a causa di una serie di modificazioni biochimiche, tra cui un aumento di attività delle lipasi.
Il catabolismo degli acidi grassi si realizza nei mitocondri tramite il processo della ß-OSSIDAZIONE, l'Acetil-CoA prodotto entra nel ciclo di Krebs.
La degradazione completa di una molecola di trigliceride porta alla liberazione di 457 ATP.

Questa quantità è notevole soprattutto se paragonata alle 36 molecole di ATP che si liberano dal catabolismo del glucosio.
I lipidi possono coprire dal 30 all'80% del fabbisogno energetico nel corso del lavoro muscolare; la percentuale è funzione delle condizioni individuali di nutrizione, di allenamento e dalla tipologia del lavoro muscolare.
Nel corso di un lavoro di elevata intensità e durata che induce grande deplezione delle scorte di glicogeno, i lipidi finiscono per rappresentare la principale fonte energetica.

2.7 LIBERAZIONE DI ENERGIA NEL CATABOLISMO DELLE PROTEINE

Le proteine possono rappresentare substrato energetico di un certo rilievo nel corso di attività fisica di intensità medio-elevata e di allenamenti pesanti.
In queste condizioni gli aminoacidi, in particolar modo quelli ramificati, vanno incontro a modificazioni strutturali che ne consentono il successivo metabolismo.
La modifica strutturale consiste nella rimozione del gruppo aminico (deaminazione). Dopo rimozione del gruppo aminico, il rimanente scheletro carbonioso corrisponde a uno dei vari composti intermedi del ciclo di Krebs e pertanto, entrando nel ciclo, contribuisce alla formazione di nuovi ATP.
Il ciclo di Krebs gioca un ruolo ben più importante del semplice metabolismo del piruvato che proviene dalla glicolisi.
Infatti, il ciclo di Krebs rappresenta una via metabolica che è comune anche a prodotti del metabolismo delle proteine e dei lipidi.
La visione principale del ciclo di Krebs è quindi quella di una fornace che riceve substrato da ossidare e produce ATP.
Il catabolismo dei lipidi dipende criticamente dall'esistenza di un certo livello di catabolismo dei carboidrati.

2.8 SISTEMA ESOERGONICO ATP-CP DI PRONTO USO

Per sistema esoergonico si intende un processo fisico o chimico che causa liberazione di energia.

Prove come i 100 metri piani o i 25 metri a nuoto, o il sollevamento pesi sono di elevata intensità, durano poco tempo e richiedono liberazione di energia in tempo molto breve.

In questi casi, l'energia proviene esclusivamente dal sistema ATP-CP presente nei muscoli.

La disponibilità energetica legata ai fosfati altamente energetici, servirebbe a correre a velocità da corsa campestre per 1 minuto, a correre per 20-30 s a velocità media oppure a operare uno scatto a elevata velocità della durata di 5-6 s.

Molti sport prevedono l'uso dei fosfati altamente energetici, ma per alcuni si tratta della principale se non l'unica fonte energetica.

Il sistema è allenabile strutturando un allenamento basato su scatti ad elevata potenza.

2.9 SISTEMA ESOERGONICO A BREVE TERMINE: L'ACIDO LATTICO

La risintesi dei fosfati altamente energetici deve continuamente avvenire per garantire l'energia necessaria in attività fisiche di elevata intensità.

In queste circostanze, l'energia per la fosforilazione dell'ADP proviene principalmente dal glicogeno attraverso il meccanismo della glicolisi che porta alla formazione di acido lattico.

Questo meccanismo consente, in un certo senso, di guadagnare tempo.

Esso permette la fosforilazione di ADP anche se l'apporto di ossigeno è insufficiente o la richiesta energetica supera quella che può essere fornita dal sistema aerobico.

Si tratta, quindi, di un sistema puramente anaerobico di risintesi di ATP: è esattamente il meccanismo che fornisce energia per lo scatto finale in una gara di mezzo fondo.

Con il diminuire dell'intensità del lavoro, ovvero con l'allungarsi del tempo della prova, diminuiscono la velocità di accumulo di acido lattico e il suo livello ematico.

Il lattato non si accumula nel sangue a ogni intensità di lavoro.

Per lavoro di bassa intensità la richiesta energetica è completamente coperta dalle reazioni aerobiche.

Se si forma una certa quota di acido lattico, questo viene prontamente rimosso alla stessa velocità con cui si forma, e pertanto la sua concentrazione plasmatica non aumenta.

L'accumulo si verifica quando la rimozione è inferiore alla sua produzione.

Il lattato comincia ad accumularsi e successivamente aumenta in modo esponenziale quando una persona raggiunge e supera il 55% del massimo consumo d'ossigeno.

La formazione di acido lattico aumenta, comunque, con l'aumentare dell'intensità dell'esercizio, sia perché le cellule non sono in grado di ossidarlo alla stessa velocità a cui si forma, sia perché l'energia liberata dal metabolismo aerobico non è sufficiente a coprire il fabbisogno energetico.

2.10 ENERGIA A LUNGO TERMINE: IL SISTEMA AEROBICO

Malgrado la via glicolitica liberi energia in quantità elevata e in breve tempo, essa manifesta una capacità limitata nel garantire la risintesi di ATP.
Sono le reazioni aerobiche a fornire un'elevata quantità di ATP tale da garantire energia sufficiente per un esercizio di intensità medio-elevata e di lunga durata.

2.11 CONTRIBUTI PERCENTUALI DEI VARI MECCANISMI ESOERGONICI

I sistemi esoergonici lavorano in parallelo e liberano energia in proporzione diversa a seconda della potenza richiesta.
Per attività che portano a esaurimento in due minuti, l'energia proviene dal sistema esoergonico di pronto impiego dei fosfati altamente energetici e dal sistema glicolitico lattacido.
Entrambi i sistemi sono anaerobici, la liberazione di energia si realizza senza necessità di ossigeno.
Si ricorre al sistema esoergonico anaerobico quando è richiesta velocità elevata nell'esecuzione di un movimento o quando è necessario sviluppare forze elevate.
La figura 8 rappresenta il contributo percentuale dei vari meccanismi esoergonici in funzione della durata di esercizi che portano a esaurimento.
All'inizio di una attività fisica, sia nel caso che sia richiesta elevata o bassa velocità di esecuzione, l'energia proviene dal sistema anaerobico dei fosfati altamente energetici.
Dopo pochi secondi, una maggior quota dell'energia necessaria alla risintesi dell'ATP proviene dalla via glicolitica anaerobica.

Se l'attività fisica continua, si rende necessario ricorrere in proporzione sempre maggiore al meccanismo esoergonico aerobico.

Le attività fisiche possono essere classificate in base al tipo di sistema esoergonico sollecitato.

Alcune attività si basano principalmente sull'attivazione di un sistema ma, nella maggioranza dei casi si ha un coinvolgimento, in misura variabile, di tutti i sistemi esoergonici.

Naturalmente, minore è la durata dell'esercizio e maggiore è la potenza richiesta, maggiore risulta anche il coinvolgimento del sistema anaerobico.

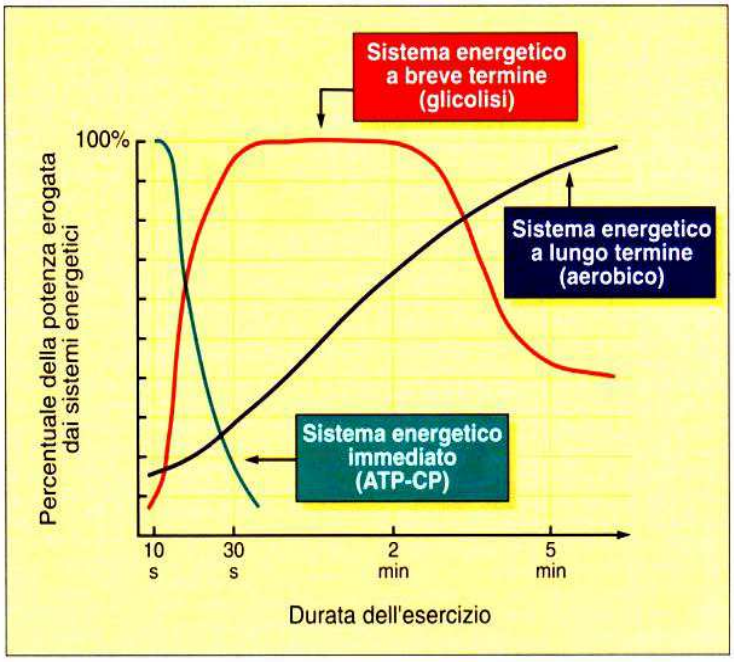

Figura 8

I tre sistemi esoergonici e il loro contributo relativo durante esercizi massimali

2.12 CONSUMO DI OSSIGENO DURANTE IL LAVORO MUSCOLARE

La curva della figura 9 illustra l'andamento del ***consumo di ossigeno,*** rilevato ogni minuto, durante una corsa. Si può notare che, il consumo di ossigeno sale in

modo esponenziale nel corso dei primi minuti di esercizio, si stabilizza dopo 3, 4 minuti e successivamente rimane costante, condizione che viene indicata come ***stato stazionario.***

Dal punto di vista biochimico, la condizione di stato stazionario comporta un bilancio tra l'energia fornita dall'ATP e la risintesi per via aerobica dell'ATP stesso, pertanto, non si ha accumulo di acido lattico nel sangue.

Come si nota dalla figura 9, il consumo di ossigeno non sale immediatamente all'inizio dell'esercizio.

Esiste, quindi, uno sbilanciamento tra l'energia fornita dal processo ossidativo e la richiesta energetica dell'esercizio.

Pertanto è il sistema ATP-CP a fornire energia prima che il livello delle reazioni ossidative raggiunga il valore dello stato stazionario.

L'area viola della figura esprime il concetto del debito di ossigeno: infatti per tutto il tempo in cui il consumo di ossigeno rimane inferiore al valore dello stato stazionario, l'energia viene fornita da un sistema anaerobico, in un certo senso è come se il sistema aerobico contraesse un debito in quanto l'energia viene appunto fornita da un altro sistema esoergonico.

La fase di ritorno del consumo di ossigeno verso il valore basale, che può essere di durata variabile, viene definita comunemente come pagamento del debito di ossigeno.

Come indicato dall'area rosa più chiara della figura 10, si intende per pagamento del debito di ossigeno, la differenza in più rispetto al consumo di ossigeno basale.

L'andamento del consumo di ossigeno durante il recupero, così come descritto dalle curve della figura 10 , rivela che:

- Se l'esercizio è leggero, quindi essenzialmente aerobico e di breve durata, circa il 50% del debito di ossigeno è pagato in 30 secondi. Si parla di componente rapida nel pagamento del debito di ossigeno.
- Invece il recupero da un lavoro strenuo presenta un quadro diverso, con considerevole aumento della temperatura e del lattato; si parla in questo

caso di componente lenta nel ritorno del consumo di ossigeno verso il valore basale.

Per spiegare questi dati fu proposta una doppia componente nella contrazione del debito di ossigeno, una componente detta alattacida (non legata ad accumulo di lattato) e una detta lattacida (legata all'accumulo di lattato).

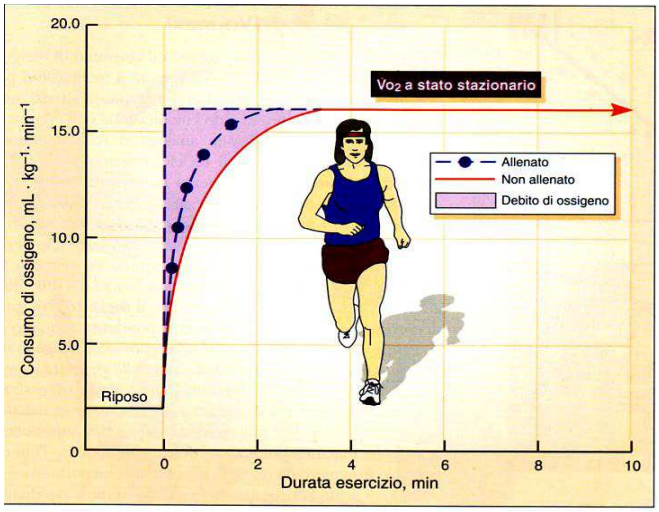

Figura 9

Andamento temporale del consumo di ossigeno nel caso di un soggetto allenato e di un soggetto non allenato

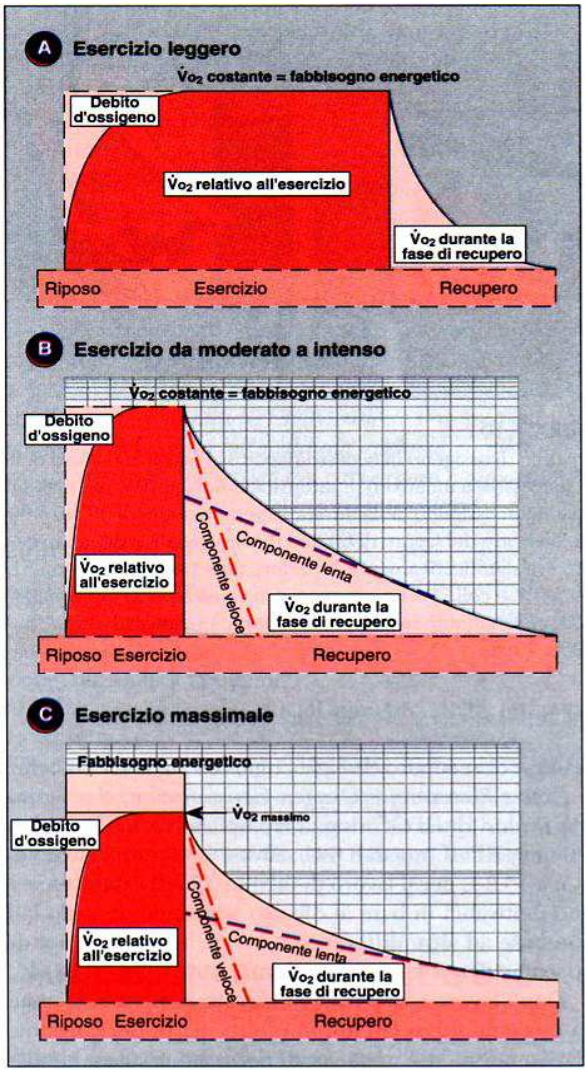

Figura 10
Andamento del consumo di ossigeno durante il lavoro e il recupero

2.13 MISURA DEL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO

Il massimo consumo di ossigeno, VO_{2max}, è una misura molto importante nell'ambito della fisiologia del lavoro muscolare, è un indice fondamentale nel definire le capacità prestative nelle prove di resistenza ed è un fattore determinante nell' influenzare la performance sportiva in prove di durata superiori ai 4-5 minuti.

I test del massimo consumo di ossigeno in laboratorio si ottengono facilmente, aumentando l'inclinazione dell'ergometro trasportatore.

Per i primi aumenti di inclinazione si nota che il consumo di ossigeno aumenta, mentre per gli ultimi aumenti di inclinazione il consumo di ossigeno aumenta sempre meno.

In particolare, nel corso degli ultimi aumenti di inclinazione, si osserva che il soggetto è in grado di correre, ma non si verifica un corrispondente aumento del consumo di ossigeno.

Quando il consumo di ossigeno non aumenta più in risposta a un aumento della richiesta energetica, si dice che si è raggiunto il massimo consumo di ossigeno (VO_{2max}), oppure che il soggetto sta erogando la massima potenza aerobica.

Per una richiesta energetica superiore, rispetto alla massima potenza aerobica, l'energia può solo provenire da reazioni glicolitiche che portano ad accumulo di acido lattico; questa situazione induce rapido affaticamento e il soggetto è costretto a fermarsi.

Il massimo consumo di ossigeno rappresenta la massima capacità di risintesi degli ATP per via esclusivamente aerobica.

In sintesi, il massimo consumo di ossigeno è il principale indicatore della capacità di un soggetto di sostenere un lavoro aerobico di elevata intensità.

Criteri per determinare VO_{2max}

Per essere sicuri che un soggetto abbia raggiunto il massimo consumo di ossigeno occorre arrivare ad un punto, nella prova ergometrica a carico crescente, ove si vede che il consumo di ossigeno non aumenta più.

Rimane vero il fatto che non esiste un preciso standard operativo rispetto a questo criterio.

Quando non si osserva il raggiungimento di un plateau nel consumo di ossigeno, oppure la prova viene terminata prima a causa della stanchezza muscolare, si parla semplicemente di valore picco del consumo di ossigeno.

Il valore picco è il valore più elevato misurato nel corso della prova.

Comunque, in genere, il massimo consumo di ossigeno si considera raggiunto quando, incrementando il carico, non si osserva un suo aumento in relazione a quanto si verifica nel corso del test.

Si è anche suggerito che per ritenere raggiunto il massimo consumo di ossigeno la concentrazione del lattato ematico deve raggiungere gli 8-10 mmol circa.

Test per il massimo consumo di ossigeno

Molti test sono stati messi a punto per la misura del massimo consumo di ossigeno.

Per misurare VO_{2max} si può ricorrere a una prova sopramassimale di 3-5 min, ma in genere si ricorre a un test a carico crescente e la prova termina quando il soggetto non è più in grado di sostenere lo sforzo, condizione definita "esaurimento".

Tuttavia bisogna ricordare che la decisione di fermarsi è del soggetto e questa decisione è spesso influenzata da fattori psicologici o motivazionali che non necessariamente rispecchiano il livello di impegno metabolico.

L'esperienza pratica rivela che per raggiungere il massimo consumo di ossigeno nel corso di un test ergometrico a carico crescente, occorre un elevato livello di motivazione ed anche la capacità di spingersi nello sforzo anaerobico.

Protocolli di comune impiego

Il massimo consumo di ossigeno effettuato con un test ergometrico a carico crescente può essere misurato:

- Nel corso di un test continuo, cioè senza soste tra un carico e l'altro.
- Nel corso di un test discontinuo, ove il soggetto recupera parecchi minuti tra un carico di lavoro e il successivo.

Per un test continuo il tempo di durata totale è dell'ordine di 12 min, mentre nel caso del test discontinuo raggiunge a 64 min.

Usando il protocollo continuo è possibile raggiungere il VO_{2max} aumentando il carico ogni 15 s, con una durata totale del test di circa 5 min.

Una caratteristica comune a tutti i test è quella di poter variare la durata del test, la velocità e l'inclinazione dell' ergometro trasportatore.

2.14 USO DELLA FREQUENZA CARDIACA PER STIMARE IL LIVELLO DI DISPENDIO ENERGETICO

Per ogni individuo esiste una relazione lineare tra frequenza cardiaca e consumo di ossigeno e questa vale per un ampio spettro di attività fisiche di tipo aerobico.

La figura 11 presenta la relazione tra frequenza cardiaca e consumo di ossigeno nel corso di esercizio a carico progressivo.

Le relazioni tra frequenza cardiaca e consumo di ossigeno sono sostanzialmente lineari ed è chiaro che la pendenza massima si ha nel caso di soggetti non allenati; tale pendenza è progressivamente minore con il migliorare delle capacità aerobiche e cardiovascolari.

E' possibile servirsi del rilievo della frequenza cardiaca per stimare il consumo di ossigeno e, conseguentemente il dispendio energetico.

Questo approccio è ampiamente usato quando non è possibile misurare il consumo di ossigeno nel corso di un'attività fisica.

Malgrado la tecnica di risalire al consumo di ossigeno partendo dalla frequenza cardiaca sia molto praticata, essa è di validità relativa in un contesto scientifico, in quanto la relazione tra frequenza cardiaca e consumo di ossigeno non è la stessa per tutte le attività fisiche.

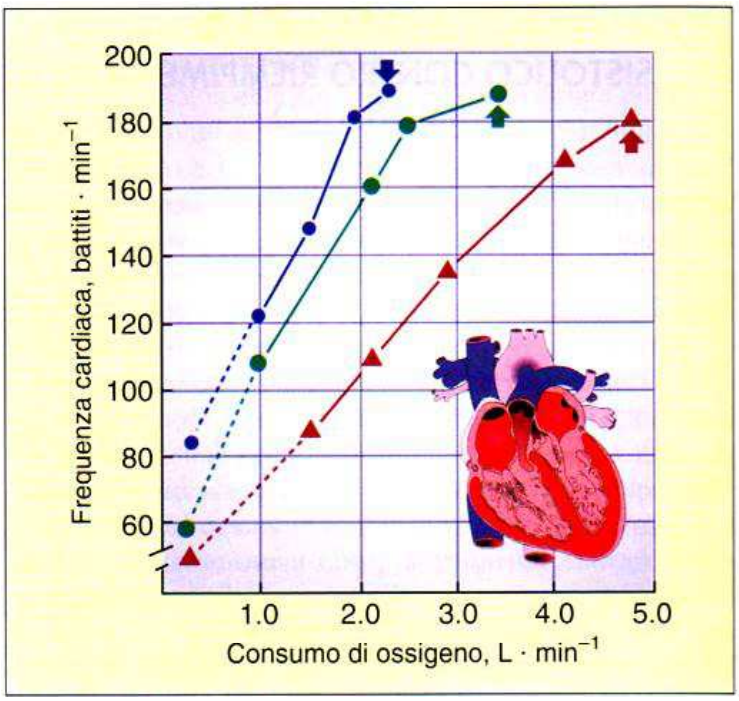

Figura 11

Frequenza cardiaca in funzione del consumo di ossigeno durante lavoro in atleti di resistenza (rosso), e studenti sedentari (blu) e dopo (verde) 55 giorni di allenamento aerobico

2.15 EFFETTO DELLA MASSA CORPOREA SUL CONSUMO ENERGETICO

La massa corporea è il principale fattore che influisce sul consumo energetico per varie forme di attività fisica.

Infatti il consumo energetico di una certa attività cresce con il crescere della massa, in particolare negli esercizi di tipo antigravitario, come la marcia e la corsa.

I dati della figura 12 indicano che il consumo energetico della marcia aumenta linearmente con l'aumento della massa corporea.

Normalizzare il consumo energetico per unità di massa corporea è molto utile poiché consente di stimare il consumo energetico totale di ciascun soggetto e permette un'analisi migliore nel confronto tra soggetti diversi.

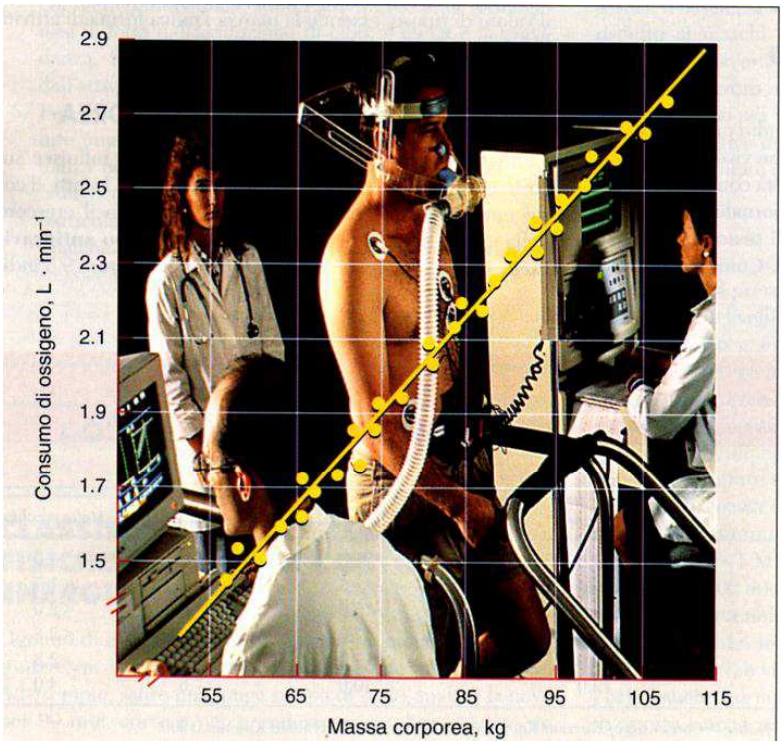

Figura 12

Relazione tra massa corporea e consumo di ossigeno misurato su test all'ergometro trasportatore

2.16 FIBRE MUSCOLARI RAPIDE E LENTE

Come si è già avuto modo di sottolineare (Cap.1), le fibre muscolari possono differire per proprietà contrattili e caratteristiche metaboliche. In base a questo ultimo aspetto sono stati identificati due tipi di fibre muscolari, definite rispettivamente ad elevata velocità di contrazione o semplicemente rapide (in Inglese fast twich, FT) dette anche di tipo II ed a bassa velocità di contrazione o lente (in inglese slow twich, ST) dette anche di tipo I.

Le fibre rapide (di tipo II) si suddividono a loro volta in due sottogruppi (tipo II A dette anche FOG, Fast-Oxidative-Glycolytic, e tipo II B dette anche FG, Fast-Glycolytic) e manifestano una grande capacità di generare ATP per via glicolitica.

Queste fibre vengono reclutate ogni volta che è richiesto un improvviso aumento di potenza, come durante gli scatti, ma anche in tutte le forme di lavoro ove è richiesta una potenza superiore a quella che può essere erogata dal meccanismo aerobico.

Le fibre lente (di tipo I, anche dette SO, Slow Oxidative) hanno invece una elevata capacità ossidativa, esse infatti possiedono un gran numero di mitocondri e un'elevata concentrazione di enzimi della via aerobica ossidativa, in particolare della via catabolica dei grassi.

Il ruolo principale delle fibre lente è quello di fornire energia in attività di tipo aerobico a stato stazionario.

Sicuramente, la ricchezza di fibre lente negli atleti di resistenza, spiega una soglia molto elevata per i lattati (Karlsson 1982).

Nella maggior parte di casi gli sport richiedono un livello elevato di impegno aerobico (a carico delle fibre lente) con reclutamento occasionale delle fibre rapide per scatti o improvvisi aumenti di potenza.

La tipologia muscolare di atleti con caratteristiche differenti risulta diversa, in quanto, gli stessi si avvalgono nel corso della prova atletica di sistemi esoergonici diversi.

Nel caso di un campione sulla distanza dei 50 m nel nuoto, le fibre muscolari rapide (dette anche di tipo II) sono almeno l'80%, mentre nel caso di un ciclista fondista la proporzione è invertita (80% di fibre lente, dette anche di tipo I).

Da quanto appena detto deriva che la tipologia muscolare, che riflette la proporzione di fibre rapide e lente, è molto importante nel definire le caratteristiche atletiche individuali.

3 LE DANZE STANDARD

3.1 STORIA DELLE DANZE STANDARD

Le Danze Standard rappresentano una delle specialità più importanti tra i balli di coppia e sono composte da cinque differenti balli: Valzer Inglese, Tango, Valzer Viennese, Slow Fox Trot e Quick Step.

Ciascun ballo ha caratteristiche estetiche, ritmiche e melodiche molto differenti tra loro, ma la particolarità che hanno in comune questi balli è che sono eseguiti da una coppia, composta da un uomo ed una donna, in posizione "chiusa", cioè uno di fronte all'altro.

Questo genere di danza viene praticato in tutto il mondo a livello sociale e ricreativo, con delle ottime funzioni aggregative, ma viene praticato anche a livello agonistico nelle competizioni di Danza Sportiva.

Le Danze Standard, con il passare del tempo, si sono evolute con l'introduzione di nuove regole e nuove figure (posizioni dei corpi). Esse sono state divise in varie classi e categorie, tenendo conto delle differenti difficoltà tecniche e dei livelli di preparazione necessari per eseguirle ed anche in funzione dell'età dei competitori.

Sono stati scritti libri per l'istruzione e la preparazione dei competitori con termini riconosciuti a livello internazionale, in cui vengono minuziosamente descritte tecniche, ritmi e tempi.

3.1.1 LA POSIZIONE

La posizione “chiusa” delle Danze Standard richiede durante l’intera esecuzione di ciascun ballo, cinque punti di contatto tra i due ballerini.

Si tratta di tre contatti delle mani:

1. la mano sinistra del cavaliere con la mano destra della dama.
2. la mano sinistra della dama che si posa sulla parte superiore del braccio destro del cavaliere (dietro il braccio solo per il tango).
3. la mano destra del cavaliere sulla parte posteriore della spalla sinistra della dama.

E due zone di contatto del corpo:

1. il braccio sinistro della dama si posa sul braccio destro del cavaliere, tra il gomito e la spalla.
2. il bacino del cavaliere e della dama sono in contatto.

Questa posizione è un tacito invito alla dama affinché si lasci condurre dal cavaliere e dona alla coppia un portamento regale, caratteristica basilare dei balli che provengono dalle corti reali dell’Europa occidentale (FIG.13). La posizione eretta del busto rende esteticamente più piacevole la coppia ed è una caratteristica ancor più evidente nel Balletto classico, che ha avuto le stesse origini (Clarke, 1981).

Figura 13 Luigi XIV a Versailles danza il Minuetto

La peculiarità della posizione chiusa prende le sue origini dai tempi in cui gli uomini portavano la spada mentre ballavano, come conferma la stampa di Hans Sebald Beham (1500-1550) e l'illustrazione "Il Ballarino" di Fabrito Caroso di 1581 (Lindahl, 1996) (FIG. 14 e FIG. 15).

Figura 14

Hans Sebald Beham 1537

Figura 15

Da Fabritio Caroso 1581

"Il Ballarino"

Poichè la maggior parte dei cavalieri era destro, convenzionalmente si portava la spada sul lato sinistro del corpo, per facilitarne l'utilizzo con la mano destra.

Per un ballo eseguito in cerchio, l'uomo prendeva l'interno del cerchio, in modo che la sua spada non colpisse i piedi del pubblico e la dama si posizionava dunque alla destra del cavaliere; probabilmente è questa l'origine della posizione sul lato destro del corpo della dama rispetto al cavaliere, mantenuta tuttora.
Il ballo veniva eseguito in senso anti-orario, da ciò l'origine della progressione in senso antiorario delle danze standard.

3.1.2 VALZER VIENNESE

Il Valzer si balla su una musica divisa in tre battiti (serie d'accenti che si susseguono nel tempo musicale) per ciascuna battuta (spazio temporale che intercorre tra un accento forte ed un altro); ogni passo è eseguito su un battito, la sequenza è composta da 3 passi cui segue una chiusura. Ciò può essere fonte di difficoltà per il principiante, ma una volta acquisita la necessaria padronanza, il ballo assume un aspetto romantico e delizioso.
La prima documentazione di un ballo con tale ritmo risale alle danze popolari della Provenza, in Francia (Chujoy, 1967).
Nel 1559, il valzer veniva denominato "Volta" ("la girata" in italiano), perché le coppie, girando, sembravano coinvolgere il pubblico ai lati della pista.
Durante il sedicesimo secolo, il "Volta" si diffuse anche nelle corti reali dell'Europa occidentale . La caratteristica di questo ballo sta nel fatto che il cavaliere cinge la dama alla vita e lei pone il braccio destro sulla sua spalla, per essere facilmente guidata.
Benché spesso associato alla Germania ed ai paesi scandinavi, il valzer è diventato molto popolare a Vienna, perché protagonista delle grandi serate a corte. Nel 1812 questo ballo è stato introdotto in Inghilterra con lo pseudonimo di "Waltz tedesco", ed ha ottenuto un tale riscontro da carpire perfino l'attenzione di Sir Byron (FIG.16).

Figura 16

I 9 passi del Valzer nel 1816 di Thomas Wilson.

Con il diciannovesimo secolo, il ballo si è ulteriormente diffuso grazie alla musica di Josef e di Johann Strauss.

Attualmente, il Valzer Viennese è ballato ad un tempo di circa 60 battute il minuto, con una gamma limitata di figure.

3.1.3 VALZER INGLESE

Agli inizi del diciannovesimo secolo, il "Waltzen" (FIG.17) è diventato popolare in molte zone della Germania e dell'Austria, con le varianti locali che prendono origine dalle aree geografiche in cui vengono ballate.

Figura 17

Il " Waltzen" popolare

Inizialmente il Valzer veniva eseguito indossando dei pattini pesanti e veniva simulato uno schiaffeggiamento a tempo di musica.

In America nel 1834 si è evoluta una forma più lenta del velocissimo valzer viennese. Questa nuova versione del Valzer ha mantenuto le figure di rotazione

caratteristiche e ne ha inserite delle altre; come il valzer viennese si balla su una musica divisa in tre battiti per ciascuna battuta, ogni passo è eseguito su un battito.

La forma attuale del Valzer Inglese è nata nel 1910 in Inghilterra. Le battute sono scese a 28/30 il minuto. I ballerini hanno iniziato ad approfittare del tempo più lento per aggiungere altre figure, alcune con le battute sincopate, cioè più passi su una battuta, che donano a questo valzer così lento, momenti di vivacità in modo da renderlo più interessante da eseguire e da guardare.

3.1.4 TANGO

Il Tango era (ed è tuttora) il ballo di flamenco della Spagna. Con la conquista spagnola di buona parte del Sud America, il Tango, insieme con altri balli folkloristici spagnoli, si è gradualmente diffuso nel mondo.

Il Tangano, un ballo africano importato con gli schiavi neri, è il probabile precursore dell'attuale tango (Andrews, 1979). Nel corso degli anni questi due balli si sono fusi con altri nel nuovo mondo.

In particolare in Argentina, a di Buenos Aires, verso la fine del diciannovesimo secolo, si è fuso con l'Habanera, un tipico ballo dell'Avana, Cuba (Norton, 1994). Il ballo risultante è conosciuto come la Milonga (FIG.18).

Figura 18

La Milonga

Anche se inizialmente era conosciuto solo tra le classi operaie ed i bassifondi della società Argentina, con il ventesimo secolo, si è guadagnato l'approvazione di tutte le classi sociali. Inoltre il suo successo è dovuto anche alla musica da camera francese (FIG.19).

Figura 19

Manifesto della musica da camera francese

Nel 1910 (Collier, 1995) esplose la "Tangomania" in alcune delle più importanti capitali del mondo: a Parigi, poi Londra e New York. La prima guerra mondiale non ha fatto diminuire quest'interesse, tanto che Rudolph Valentino (FIG.20) diffonde il Tango con una sua pellicola "The four Horsemend of the Apocalypse" (1921).

Figura 20

Rudolph Valentino e Beatrice Dominguez nel tango di "The Four Horsemen of the Apocalypse" (1921).

La Milonga è un ballo riservato e sensuale, con enfasi visiva sui movimenti dei piedi e delle gambe, soprattutto della dama che durante il ballo sfiora e s'insinua tra le gambe del cavaliere.
Questo particolare è stato cambiato drasticamente a Parigi nel 1930, anno in cui il ballo è stato modificato nell'esecuzione, con il portamento fiero degli altri balli delle danze standard ed è stata introdotta un'azione di scatto nei movimenti. Ciò ha spostato l'enfasi visiva verso il busto e la testa, una caratteristica tuttora attuale.
Il Tango si balla su una musica divisa in quattro battiti per ciascuna battuta, con una frequenza di 30/32 battute il minuto. Come per il valzer lento, l'esecuzione di alcune figure avviene con tempi sincopati.

3.1.5 SLOW FOX TROT

Questo ballo, come gli altri, si esegue in posizione chiusa, la musica è suddivisa in quattro battiti per ogni battuta ed ha un tempo di circa 30 battute il minuto. All'inizio è stato denominato One Step oppure Two Step nell'era Vittoriana (Coll, 1919). Fu introdotto nei nightclub come "Castle Walk" da Mr and Mrs Castle (FIG.21) e poi si è diffuso con gli stages di Harry Fox, a New York nel 1913, (Gwin, 1985) da cui questo ballo ha preso il suo nome attuale.

Figura 21

Irene and Vernon Castle ca. 1912, in un'esibizione di danza.

Il nome Slow Fox Trot deriva: il termine "Trot", dal trotto del cavallo che atterra su entrambe le zampe anteriori e posteriori contemporaneamente e diagonalmente; inoltre Fox, dall'inglese volpe, ricorda infatti il portamento insolito di quest'animale che cammina formando una fila d'orme allineate.

Agli inizi, il foxtrot si ballava con i piedi destro e sinistro che cadevano su una linea, ciascun piede disposto direttamente davanti o dietro l'altro; soltanto negli anni '50 si è diffusa una diversa tecnica, per cui i piedi seguono due binari affiancati e paralleli.

Il ballo, in origine, aveva un tempo di circa 40 battute il minuto (Buckman, 1978). Ancora oggi è insegnato negli accademie di ballo di Arthur Murray e di Fred Astaire. Il "foxtrot" (FIG.22) originale è chiamato "Rhythm" o "The Blues" (Moore, 1951).

Figura 22

Manifesto del "foxtrot"

(1951)

È diventato subito popolare a New York e un anno più tardi a Londra. Era una sorta di ribellione contro il ballo del diciannovesimo secolo e dell'epoca Vittoriana, ove la norma era usare i piedi ruotati, piuttosto che, come ora, paralleli. Intorno al 1922, questo ballo fu denominato Slow Fox Trot, caratterizzato da movimenti meno energici, più lenti, scorrevoli e continui, il tempo è stato rallentato a 29/30 battute il minuto.

3.1.6 QUICK STEP

Mentre la musica del genere Ragtime si è sviluppata durante gli anni '20, i nuovi balli quali il Charleston, lo Shimmy ed il Black Bottom sono diventati popolari più tardi. Il Charleston (FIG.23), originario delle Isole di Capo Verde (Raffe, 1964), evoluto nel ballo vigoroso eseguito dagli operai del porto di Charleston (Rust, 1969), si balla ad un tempo di 50/55 battute il minuto (Sadie, 1980).
Con il passare del tempo divenne popolare in tutto il mondo, ed il carattere "selvaggio" rimase insito in esso sino agli anni '40, quando divenne un ballo di coppia, introducendo la posizione chiusa e un notevole numero di Chasses. Nasce così il Quick Step.

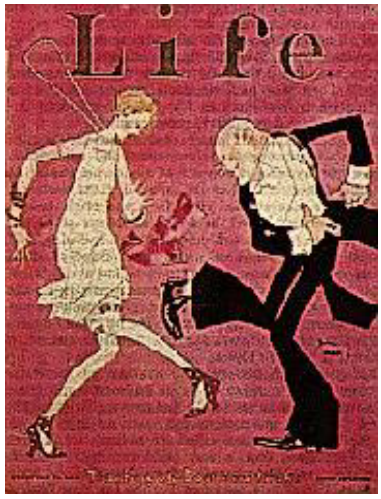

Figura 23

Copertina della rivista "Life Magazine", Feb. 18 1926, da John Held

Pare che il Quick Step provenga dai sobborghi neri di Detroit, anche se non è escluso possa essere originario di New York o di New Orleans.
Si esegue su musica a quattro battiti per ogni battuta e ad un tempo di 40 battute il minuto. E' essenziale ondeggiare il busto, piegando le ginocchia ed eseguendo degli scatti con il corpo (Sadie, 1980). L'eccessiva energia deriva probabilmente da un ballo nigeriano, lo Shika, eseguito dagli schiavi neri d'America. È diventato popolare negli U.S.A. nel periodo 1910/1920 e si è trasformato in una ballo nazionale nel 1922 (Sadie, 1980). Al giorno d'oggi, questo ballo si esegue agitando velocemente le spalle e le anche, ruotandole a destra e a sinistra in avanti ed indietro in asse verticale. Questo è stato trasformato in una versione più veloce di Fox Trot nel 1923, divenendo il Quick Step (Sadie, 1980).
Attualmente il Quick Step è ballato ad un tempo di circa 49/50 battute al minuto; mantiene la camminata, gli chasses e le girate dell'originale Fox Trot, con l'aggiunta di altre figure veloci.

3.2 LA MODERNA ORGANIZZAZIONE DELLA DANZA SPORTIVA

La Federazione Italiana Danza Sportiva (FIDS) è nata nel febbraio 1997, con un processo iniziato nei primi anni 90 e ha portato le 17 federazioni di danza, che operavano da oltre 40 anni, a riunirsi insieme sotto il coordinamento di una sola federazione nazionale.
La Danza Sportiva ha origini milanesi, perché proprio nel capoluogo lombardo si era costituita nel '53 la prima Associazione.
Da allora, nuove Associazioni si sono costituite al Nord, al Centro e al Sud di Italia, applicando le regole internazionali, ma non riuscendo a trovare quella unificazione interna che avrebbe potuto portarle ad un riconoscimento ufficiale da parte del CONI.

Le varie Associazioni italiane, infine, decisero di unificarsi e di costituire la Federazione Italiana Danza Sportiva che il 28 Febbraio 1997 veniva riconosciuta dal CONI come disciplina associata.
Il primo vero amministratore della FIDS fu un commissario straordinario nominato dal Coni nella persona di Novella Calligaris. Dopo un anno e mezzo di gestione il commissario lasciò, alla danza sportiva, una federazione strutturata in maniera omologa alle altre federazioni sportive del CONI. Il 21 gennaio 2001, venne eletto.Presidente il Sig. Ferruccio Galvagno.
Era stata finalmente creata la struttura tipica delle Federazioni Sportive Nazionali.
La FIDS è costituita dalle Associazioni (Società Sportive) che in Italia svolgono l'attività agonistica della Danza Sportiva: ad oggi sono 2000, con circa 100000 tesserati, impegnati in circa 1500 gare annuali.
Da diverso tempo è stata inoltrata domanda ufficiale per inserire questo sport nel programma olimpico, perchè praticato in maniera sportivamente organizzata in più di 80 Paesi nei cinque continenti.
L'Italia è nazione leader in campo mondiale: dal 1996 il titolo di Campione del Mondo nelle Danze Standard è tenuto da coppie italiane.

3.2.1 DISCIPLINE

Nella tabella 1 sono riassunte tutte le discipline che fanno parte della Danza Sportiva.
Le Danze Standard e Latino Americane vengono definite Danze Olimpiche poiché tali Danze sono indubbiamente le più diffuse e quelle per le quali si nutre la speranza di un inserimento nel programma olimpico.

Discipline	Specialità
Danze Standard	Walzer inglese, tango, walzer viennese, slow fox trot, quick step
Danze latino-americane	Samba, cha cha cha, rumba, paso doble, jive
Liscio	
Ballo da sala	
Danze folk romagnole	
Danze jazz	Boogie woogie, rock'n roll, mixing blues etc.
Danze free style	Breack dance, hip hop, funky etc.
Danze artistiche	Danza classica, danza moderna, danza contemporanea

Tabella 1
Varietà di balli che fanno parte della Danza Sportiva

3.2.2 CATEGORIE

Secondo l'età dei componenti della coppia vengono definite delle categorie.
Per quanto riguarda le Danze Olimpiche, le categorie sono espresse nella tab. 2.
Le categorie riconosciute a livello internazionale sono espresse nella tabella in grassetto.

Categorie	Età
Juveniles I	Entrambi i ballerini hanno meno di 9 anni
Juveniles II	Il più anziano della coppia ha da 10 a 11 anni
Junior I	Il più anziano della coppia ha da 12 a 13 anni
Junior II	**Il più anziano della coppia ha da 14 a 15 anni**
Youth	**Il più anziano della coppia ha da 16 a 18 anni**
Amatori	**Il più anziano della coppia ha da 19 a 34 anni**
Senior I	**Il più anziano della coppia ha da 35 a 45 anni**
Senior II	Il più anziano della coppia ha da 46 a 55 anni
Senior III	Il più anziano della coppia ha 56 anni o più

Tabella 2
Categorie Danze Olimpiche

3.2.3 CLASSI

Le varie categorie sono a loro volta suddivise per ordine di merito, in classi, (Tabella 3) che evidenziano una diversa preparazione tecnico-atletica e a loro

volta differenti programmi di gara (da quelli obbligatori delle classi inferiori, fino ai programmi liberi della classe A e Internazionale).
Le competizioni, quindi vengono organizzate per discipline, per categorie e per classi.

Classi
B3
B2
B1
A
A1
Internazionale
Professionisti

Tabella 3
Classi Danze Olimpiche

3.2.4 SVOLGIMENTO DI UNA GARA

I soggetti fondamentali in una competizione di danza sportiva sono: il direttore di gara, i giudici di gara, il presentatore, il responsabile della musica ed i ballerini.
Il ***Direttore di Gara*** a norma del Regolamento dell'Attività Sportiva è la massima autorità nella gestione di una competizione Federale. Dal momento d'inizio delle gare, fino alla conclusione del programma, egli è l'unico responsabile, sotto il profilo tecnico, del buon andamento della competizione
Il ***Giudice di gara*** è la figura alla quale è affidato il compito di valutare la prestazione degli atleti al fine di definire la classifica finale.
Nelle gare federali e Campionati il collegio è formato normalmente da 9-11 giudici.
Il ***Presentatore di Gara*** è la figura alla quale è affidata la responsabilità della conduzione della competizione.
Il ***Responsabile della musica di Gara*** è la figura alla quale è affidata la responsabilità di selezionare e controllare la musica sulla quale si basano le

prestazioni degli atleti e deve conoscere perfettamente caratteristiche melodiche, velocità metronomiche dei brani sui quali si disputa la competizione.

I ***ballerini*** sono gli attori principali in una competizione di danza sportiva.

Vengono suddivisi in base alla loro età in categorie ed in base alla loro capacità in classi di merito.

Partecipare ad una gara dà la possibilità, confrontandosi con altri competitori, di verificare nella pratica, l'apprendimento di nozioni e tecniche acquisite con lo studio e con l'applicazione durante gli allenamenti.

Laura Lunetta e Nicola Bini

Campionato Italiano Professionisti Danze Standard

3.3 ANALISI DEGLI ASPETTI FISIOLOGICI E BIO-ENERGETICI DELLA DANZA

La Danza Sportiva è un'attività già consolidata nel tempo, ma molto giovane se valutata nel contesto delle discipline sportive. Ciò comporta che le sue caratteristiche funzionali e biomeccaniche siano state relativamente poco studiate, con conseguente ricaduta su metodologie di allenamento inappropriate.
Le esigenze di una corretta programmazione dell'allenamento devono basarsi sullo studio del modello funzionale di questo sport. A questo proposito sono di seguito esposti gli studi condotti sulla Danza, partendo dalla Danza Aerobica fino alla Danza Sportiva.

3.3.1 DANZA AEROBICA

In uno studio (Parker SB.1989) sono stati esaminati la frequenza cardiaca e il consumo di ossigeno (VO_2), durante una seduta di allenamento di Danza Aerobica, in un gruppo di 14 ragazze non allenate di età 19+/-1 anni.
Il massimo consumo di ossigeno (VO_2max) e la composizione corporea sono stati determinati prima e dopo un periodo di allenamento di 8 settimane.
Inoltre le risposte della frequenza cardiaca e del VO_2 di una sessione di allenamento di Danza Aerobica, sono state confrontate con le risposte della frequenza cardiaca derivanti dalla corsa su pedana mobile stabilite allo stesso VO_2.
La sessione di Danza Aerobica ha rilevato un consumo di ossigeno minore rispetto all'esercizio su pedana mobile, mentre non vi erano cambiamenti significativi nella percentuale di massa grassa, invece il valore di VO_2max era aumentato dell'11%.

Questi risultati hanno indicato che riguardo alla frequenza cardiaca, la Danza Aerobica, rappresenta un esercizio d'intensità relativamente bassa rispetto alla corsa, però produce gli stessi adattamenti cardiovascolari della corsa .

In un altro lavoro (Bell JM.1994) sono stati calcolati il consumo di ossigeno e la frequenza cardiaca durante differenti stili di Danza Aerobica.

Sono state esaminate 10 donne di età media 34 anni, in una prova di durata 15/20 minuti. Il consumo medio d'ossigeno del ballo è variato da 1.29 l min^{-1} a 1.83 l $\cdot min^{-1}$, le frequenze cardiache medie oscillavano tra 135 e 174 battiti al minuto.

In un successivo studio (Scharff-Olson M.1992) è stato esaminato il rapporto tra frequenza cardiaca (FC) e consumo di ossigeno (VO_2) durante degli esercizi di Danza Aerobica.

Il campione preso in esame era rappresentato da un gruppo di 11 donne e la prova consisteva in esercizi della durata di 20 minuti.

I risultati hanno dimostrato che la Danza Aerobica produce un consumo d'ossigeno al di sopra del 50% rispetto al massimo (VO_2max) ed una FC dell'80% (calcolata in base all'età), rispetto al massimo (FCmax).

Questi risultati si trovavano in contrasto con i dati ottenuti con il test su pedana mobile, e indicavano che il 50% di VO_2max era realizzato a circa il 65% di FCmax.

Questi risultati, quindi, sostengono la recente ricerca che mostra che le misurazioni della FC, derivanti dalla prova su pedana mobile, possono non riuscire a collocare esattamente i partecipanti nella zona di allenamento più consona.

3.3.2 PATTINAGGIO SUL GHIACCIO

In un lavoro (Roi GS.1989) sono state analizzate le caratteristiche antropometriche ed alcune caratteristiche funzionali dei ballerini di Pattinaggio sul Ghiaccio.

È stato rilevato che il massimo consumo d'ossigeno è simile a quello riscontrato nei ballerini di Danza Classica.

Le prove effettuate sul ghiaccio hanno rivelato però un'alta produzione di lattato, la partecipazione del metabolismo anaerobico e alte frequenze cardiache.

Si è concluso che l'alta produzione di lattato durante il ballo sul ghiaccio, è dovuta alla contrazione muscolare isometrica, necessaria per effettuare determinate figure.

3.3.3 GINNASTICA RITMICA

In uno studio (Baldari C. 2001) è stato esaminato il livello di fitness della Ginnastica Ritmica.

Sono stati messe a confronto un gruppo di 12 ginnaste d'alto livello, un gruppo di 8 ballerine professioniste di Danza Classica e 12 soggetti di sesso femminile sedentari, tutti d'età compresa dai 13 ai 16 anni; sono stati misurati:VO_2max, soglie ventilatorie (IVT) ed anaerobiche (IAT).

I valori più alti sono stati trovati nelle ginnaste, seguiti dai valori delle ballerine ed infine nel controllo (VO_2max: 51.7, 47.5 e 34.5 ml · Kg^{-1} · min^{-1} rispettivamente).

Questo ha dimostrato che la Ginnastica Ritmica, a livello di impegno fisico, si colloca prima della Danza Classica.

3.3.4 DANZA CLASSICA

In un lavoro (Shantz PG.1984) è stato calcolato il rendimento aerobico e anaerobico tramite il consumo di ossigeno, frequenza cardiaca e concentrazione del lattato nel sangue, su ballerini professionisti di Danza Classica del balletto reale svedese di Stoccolma.

È stato riscontrato che durante gli esercizi basilari, il consumo d'ossigeno ammontava al 35-45% rispetto al massimo e la concentrazione di lattato raggiungeva i 3 mM.

Durante le parti di assolo, composte da coreografie più impegnative, il consumo d'ossigeno raggiungeva l'80% del massimo e la concentrazione di lattato toccava i 10mM.

Da questi studi si è concluso che la Danza Classica è principalmente un'esercitazione di tipo intermittente ed i pezzi di coreografia che durano solitamente alcuni minuti, possono richiedere un alto dispendio energetico, mentre durante le sessioni di allenamento di base, il rendimento di energia è basso.

In un altro lavoro (Cohen JL.1982), è stato calcolato il dispendio calorico medio ($Kcal \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$) durante l'esercitazione alla sbarra (di durata 28 minuti), che ammontava a 0.09 e 0.08 rispettivamente per gli uomini e le donne, e durante le esercitazioni al centro del pavimento (di durata 32 minuti) che ammontava a 0.13 per gli uomini e 0.10 per le donne.

Le uscite caloriche nette valutate per l'intero balletto sono state in media di 200 $Kcal \cdot h^{-1}$ per le donne e 300 $Kcal \cdot h^{-1}$ per gli uomini.

Si è concluso che l'alta componente isometrica presente negli esercizi di allenamento, uniti al componente di "sprint" presente nelle coreografie, producono dei valori di VO_2max che collocano i ballerini di Danza Classica nella gamma di atleti di non-resistenza.

In un successivo lavoro (Mihajlovic B. 2003) è stata analizzata la composizione corporea rispetto a massa magra e massa grassa, tramite il metodo bioelettrico di impedenza (BMI), in un gruppo di ballerini di Danza Classica e in un gruppo di controllo di soggetti non atletici della stessa età.
L'analisi ha rilevato valori significativamente più bassi del grasso corporeo nei ballerini rispetto al controllo (18.85 +/- 4.50% contro 23.41 +/- 4.34).

3.3.5 DANZA MODERNA E DANZA CONTEMPORANEA

Da alcuni studi (Wyon MA.2004-2005) si è potuto appurare l'esistenza di un deficit nella preparazione atletica di suddetti ballerini, riguardo all'aumento della capacità aerobica e del dispendio energetico richiesti durante la prestazione.
Gli studi sostengono che i ballerini non sono preparati adeguatamente, a livello fisiologico, per effettuare la loro prestazione al livello di abilità richiesta.
Questi studi suggeriscono un allenamento supplementare per colmare questa lacuna e per preparare meglio il ballerino alla prestazione.
Inerente a questo tipo di problema ed in conclusione di questo percorso tra le varie forme di Danza, si evidenzia un articolo (Koutedakis Y.2004) di fondamentale importanza.
In questo studio viene evidenziato il "tallone di Achille" del mondo del ballo, cioè una preparazione atletica inadeguata.
Ciò riflette un punto di vista, non fondato, di diverse sezioni del mondo della Danza, che sostiene che l'allenamento, non direttamente collegato alla Danza in questione, intaccherebbe le caratteristiche estetiche del ballerino.
In opposizione a ciò, dati recenti hanno rilevato che l'allenamento supplementare ed integrato, può condurre a miglioramenti dei parametri di idoneità e ridurre i traumi causati dal ballo, senza interferire con i requisiti artistici ed estetici.

Sembra, tuttavia, che i regimi rigorosi di allenamento tradizionale, siano riusciti a trasformare il ballo in un'attività esercitata da individui che hanno sviluppato differenti caratteristiche di flessibilità rispetto ad altri atleti.
Questi fattori aiuteranno i ballerini ed i loro insegnanti a migliorare le tecniche di allenamento, impiegando strategie efficaci per prevenire traumi e per migliorare le condizioni fisiche.
Il cambiamento dei regimi tradizionali di allenamento, tramite nuove tecniche, deve avvicinarsi prudentemente alle caratteristiche del ballo in sé, per accertarsi che il contenuto estetico non ne sia influenzato.
Poiché le funzioni fisiologiche sono state accertate soprattutto nel contesto della Danza Classica, è richiesta ulteriore ricerca scientifica su tutte le forme di ballo.

3.3.6 DANZA SPORTIVA

Grazie agli studi condotti sulla ***Danza Sportiva*** fino ad oggi, si può giungere all'esposizione della ricerca che ha finalizzato la tesi.
A tale proposito, in letteratura, sono presenti soltanto due lavori che analizzano gli aspetti fisiologici e bioenergetici della Danza Sportiva.
Nel primo lavoro (BA Blanksy 1988), gli autori si sono proposti di analizzare dieci coppie competitive di Danza Sportiva, durante una simulazione di gara composta da cinque balli, sia per le Danze Standard sia per le Danze Latino-Americane.
La frequenza cardiaca è stata telemetrata durante la simulazione della sequenza di gara, ed è stata messa direttamente in relazione con le misurazioni del consumo di ossigeno e della frequenza cardiaca, ottenuti dal test su pedana mobile (treadmill) in laboratorio.
Tali valori sono stati riportati in una regressione lineare, poi impiegata per valutare i dispendi di energia lorda e netta delle sequenze dei balli di gara.

È stata condotta un'analisi a più variabili, con misurazioni ripetute della sequenza di gara, per esaminare gli effetti principali sull'interazione del fattore sesso.

I valori di frequenza cardiaca medi per la sequenza delle Danze Standard erano risultati: 170 battiti · min^{-1} per gli uomini e 173 battiti · min^{-1} per le donne.

Mentre per la sequenza delle Danze Latino-Americane la media della frequenza cardiaca era: 168 battiti · min^{-1} e 177 battiti · min^{-1} per gli uomini e le donne rispettivamente.

I valori lordi medi previsti del consumo di ossigeno per gli uomini erano: 42.8 +/- 5.7 ml · Kg^{-1} · min^{-1} per le Danze Standard e 42.8 +/- 6.9 ml · Kg^{-1} · min^{-1} per le Danze Latino-Americane.

Le valutazioni lorde corrispondenti del consumo di ossigeno per le donne erano: 34.7 +/- 3.8 ml · Kg^{-1} · min^{-1} per le Danze Standard e 36.1 +/- 4.1 ml · Kg^{-1} · min^{-1} per le Danze Latino-Americane.

E' stato calcolato, inoltre, il dispendio energetico per gli uomini, che è risultato di 54.1 +/- 8.1 Kj · min^{-1} durante la sequenza delle Danze Standard e di 54.0 +/- 9.6 Kj · min^{-1} durante la sequenza delle Danze Latino-Americane; mentre il dispendio energetico previsto per le donne è risultato di 34.7 +/- 3.8 Kj · min^{-1} per le Danze Standard e di 36.1 +/- 4.1 Kj · min^{-1} per le Danze Latino-Americane.

Questi risultati hanno dimostrato che, sia gli uomini che le donne erano sottoposti ad un impegno elevato, e durante la loro performance avevano raggiunto più dell'80% del loro massimo consumo di ossigeno.

E' stata osservata una differenza significativa tra gli uomini e le donne, soprattutto per quanto riguarda i valori, lordi e netti, previsti del consumo di ossigeno.

Tale lavoro risulta comunque incompleto, poiché il consumo di ossigeno non è stato misurato durante la simulazione di gara, ma attraverso il test su pedana mobile; stessa cosa per il costo energetico che è stato ottenuto indirettamente, attraverso la relazione tra frequenza cardiaca e consumo di ossigeno misurati in laboratorio; il lattato non è stato mai misurato.

Per tale motivo la F.I.D.S. (Federazione Italiana Danza Sportiva) ha stimolato e promosso alcune ricerche scientifiche ed epidemiologiche su diversi aspetti biologici della Danza Sportiva.

Queste ricerche sono state condotte dalla Commissione Medica Federale, la quale, a sua volta ha potuto usufruire dell'apporto scientifico dell'Istituto di Scienza dello Sport del CONI.

A causa della presenza di numerose discipline all'interno della Federazione, lo studio del modello funzionale è stato, per il momento, condotto esclusivamente sulle Discipline Olimpiche riconosciute dal CIO (Comitato Internazionale Olimpico): Danze Standard e Danze Latino-Americane, che verranno utilizzate come modello competitivo.

Questo studio è stato presentato in occasione delle Olimpiadi di Sydney del 2000 dal Dott. Marcello Faina (Presidente della Commissione Medica) insieme a Novella Calligaris (nominata Commissario Straordinario), nel giorno di pausa delle Olimpiadi, e nel quale si è svolta anche una rappresentazione con 500 coppie di Danze Olimpiche.

In questo lavoro (Faina M.2001) sono state studiate le qualità, fra quelle conosciute e misurabili, che determinano la prestazione, in 12 coppie di danzatori di alto livello (Adulti Classe A1 e Classe Internazionale di Danze Standard e Danze Latino-Americane).

Per prima cosa questo gruppo di atleti è stato sottoposto a dei test di valutazione in laboratorio, in cui è stato determinato:

1. il valore di VO_2max, la massima frequenza cardiaca e la lattemia tramite un test massimale incrementale all'esaurimento, su pedana mobile (treadmill);
2. la potenza dei muscoli estensori della gamba e la relativa capacità di riuso elastico, attraverso un test di spinta alla pressa (CM PUSH TEST);
3. la composizione corporea mediante plicometria.

I risultati sono espressi nella tabella 4.

Parametri	Standard M	Standard F	Latini M	Latini F
$V'O_2$ max (ml/kg/min)	60.9 ± 6	53.7 ± 5	59.2 ± 7	52.3 ± 5
$V'O_2$ max (ml/kgffm/min)	68.3 ± 10	64.3 ± 7	70.5 ± 12	62.0 ± 6
C M push test (watt x kg^{-1})	17.4 ± 2	12.8 ± 1	16.5 ± 3	14.6 ± 2
Massa magra (kg)	60.7 ± 4	44.1 ± 5	46.9 ± 14	30.9 ± 10
Massa grassa (%)	11.6 ± 3	17.1 ± 1	9.4 ± 3	14.1 ± 5

Valori medi di massima potenza aerobica calcolati come ml di $V'O_2$ per chilo di peso corporeo al minuto (ml/kg/min) e normalizzati per i chili di massa magra (kgffm), e quelli di massima potenza muscolare (watt x kg^{-1}). I valori sono suddivisi per sesso (M, F) e per specialità (standard, latini). La composizione corporea è espressa come kg di massa magra e % di massa grassa.

Tabella 4
Le caratteristiche fisiologiche degli atleti

Tramite un'attenta valutazione dei parametri funzionali ottenuti, sia in assoluto sia relativi, si è potuto dedurre che i danzatori sono dotati di buone qualità aerobiche ma di scarse qualità meccanico-muscolari, ed inoltre questa carenza si è notata in particolar modo nelle donne.

È ancora da appurare se questo deficit a livello meccanico-muscolare deriva dai requisiti e dalle caratteristiche proprie di questo sport, oppure da un programma di allenamento non appropriato.

A questo punto, per completare l'analisi del modello funzionale della prestazione, gli stessi atleti sono stati valutati sul campo, durante una simulazione di gara di Danze Standard e di Danze Latino-Americane.

La gara è stata simulata nella fase di semifinale e finale, quindi la sequenza dei cinque balli, intervallati da 30 secondi di recupero passivo tra l'uno e l'altro, è stata eseguita una prima volta, poi a distanza di 30 minuti è stata ripetuta una seconda volta.

Durante la simulazione di gara sono stati misurati alcuni parametri:

1. la frequenza cardiaca (FC), mediante cardiofrequenzimetro telemetrico;
2. il consumo di ossigeno (VO_2), mediante metabolimetro telemetrico;

3. il valore di picco della concentrazione ematica del lattato al termine della serie di balli, come testimonianza dell'utilizzo del metabolismo anaerobico lattacido e dell'impegno muscolare.

Parametri	Standard M	Standard F	Latini M	Latini F
$V'O_2$ (ml x kg^{-1} x min^{-1})	45.8 ± 6.0	38.0 ± 8.5	47.8 ± 7.2	39.7 ± 8.0
$V'O_2$ (% $V'O_2$ max)	75.7 ± 10.6	70.8 ±13.8	84.2 ± 11.2	72.5 ± 12.8
FC (bpm)	175.7 ± 8.5	179.2 ± 11.2	184.5 ± 9.0	182.1 ± 10.9
FC (% FC max)	91.1 ± 3.5	90.7 ± 5.2	94.7 ± 4.2	95.8 ± 5.1
Lattato di picco (mM)	8.5 ± 2.3	8.3 ± 3.9	8.7 ± 2.5	7.0 ± 2.9

Tabella 5
Valori medi dei parametri fisiologici durante una gara

Nella tabella 5 sono stati riportati i valori ottenuti durante la simulazione di gara della sola fase di finale.

In essa si possono notare i valori medi di VO_2 sia in valore assoluto, sia in valore relativo, cioè rapportati al peso corporeo, ed i valori di VO_2 e di FC rapportati ai valori massimali misurati nel precedente test su nastro trasportatore. La tabella riporta anche i valori del picco lattatemico.

Inoltre è stato valutato anche il Costo Energetico dei singoli balli che compongono la sequenza di gara.

A tal fine è stato effettuato un ulteriore studio sulla cinetica della produzione del lattato.

↓ ↓↓ R ↓ ↓↓ R ↓ ↓↓ R ↓ ↓↓ R ↓ ↓↓

1 ballo _____ 2 balli _____ 3 balli _____ 4 balli _____ 5 balli

I numeri dei balli intendono l'esecuzione in maniera sequenziale dei balli di gara (1 ballo = primo ballo della sequenza di gara; 2 balli = primi due balli della sequenza di gara, etc.); le frecce indicano i prelievi per ricerca picco (valore di base a riposo, al 3° e 6° minuto di recupero dopo ogni serie); le R indicano il recupero completo.

Tabella 6
Sintesi del sistema di misurazione del lattato ematico

Dalla tabella 6 si nota che sono stati effettuati dei prelievi ematici durante la simulazione di gara: prima dell'esecuzione del ballo e dopo al terzo e al sesto minuto di recupero dopo ogni serie.

Da tutte queste analisi si è potuto concludere che nella disciplina delle Danze Standard i balli presenti mostrano un diverso impegno metabolico (FIG 24, FIG 25).

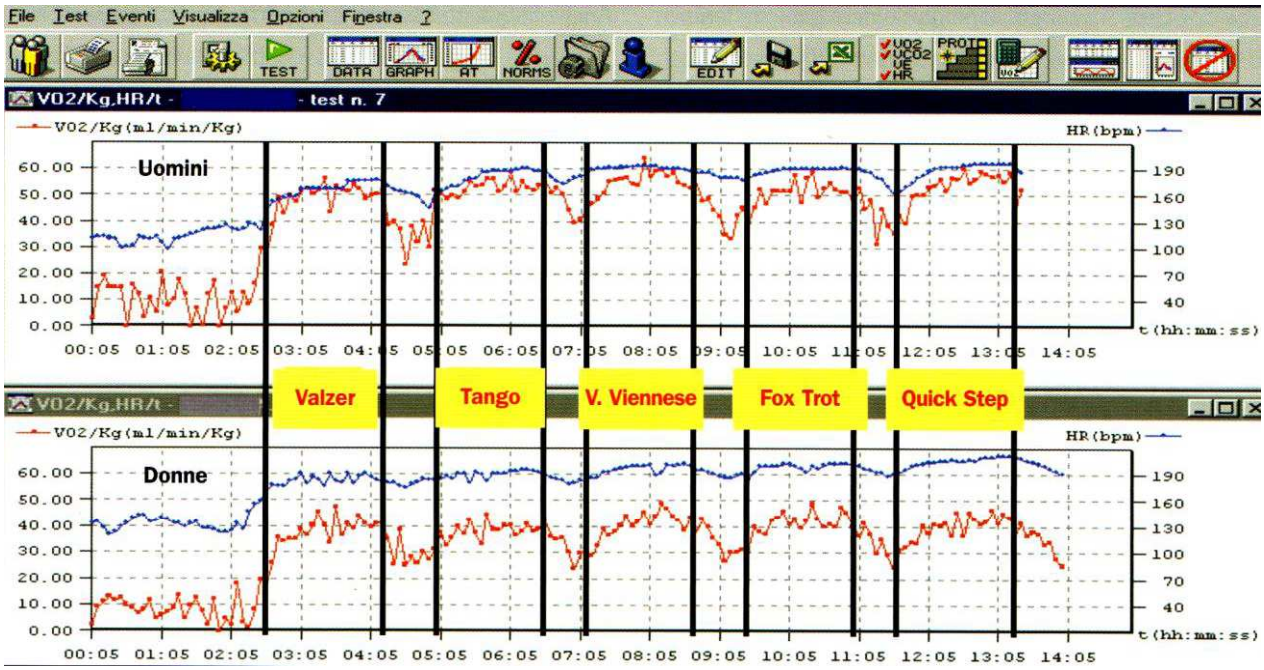

Figura 24
Andamento di VO_2 e FC (HR) durante una finale di Danze Standard

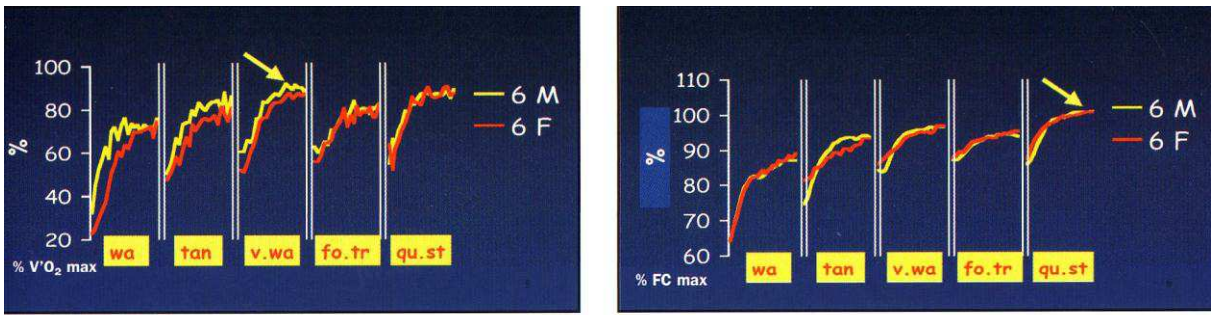

Figura 25
Valori di VO_2 (come % di VO_2max) Valori di FC (come % di FCmax) durante una finale di Danze Standard

In particolare, i primi due balli di gara, Valzer Inglese e Tango , mostrano un coinvolgimento del metabolismo aerobico di media entità e progressivamente crescente.

Sempre, in questi due balli, si è notato un incremento del lattato ematico, che potrebbe essere considerato espressione della rallentata attivazione del VO_2 e quindi rappresentativo del deficit di O_2 iniziale.

Il Valzer Viennese sembra richiedere invece il più elevato coinvolgimento del metabolismo aerobico (picco di VO_2 superiore al 95% del VO_2max espresso nella FIG 25 dalla freccia) con un parallelo modesto incremento della lattato ematico.

Va notato comunque che tale ballo si colloca alla metà della serie, cioè circa 3-5 minuti dopo l'inizio della gara, un tempo adeguato ad una massimale attivazione del VO_2.

Lo Slow Fox Trot è un ballo con un medio consumo energetico, infatti si può notare dal grafico la riduzione del valore del VO_2; si è anche osservata una riduzione della concentrazione del lattato ematico che, presumibilmente con la diminuzione dell'intensità del ballo, viene parzialmente metabolizzato durante il ballo stesso.

Quindi la collocazione dello Slow Fox Trot, nell'ordine in cui viene eseguito in gara, tra il Valzer Viennese ed il Quick Step, sembra appropriata per consentire ai danzatori il recupero.

Durante il Quick Step, ultimo ballo di gara, si osserva un incremento sia del livello di VO_2 sia della produzione di lattato; in effetti il ritmo e la velocità dei passi in questo ballo sono tali da richiedere un'elevata e continua produzione di energia meccanica.

Nella specialità delle Danze Latino-Americane, le caratteristiche dei balli sembrano richiamare quelle delle Danze Standard.

Anche in questo caso, infatti, i primi due balli (Samba e Cha Cha) mostrano un coinvolgimento del metabolismo aerobico di media entità ma progressivamente crescente, con una produzione di lattato molto elevata.

La Rumba è risultato un ballo con medio consumo energetico e la sua posizione, nell'ordine in cui viene eseguito in gara, tra il Cha Cha e il Paso Doble sembra più appropriata per favorire il recupero dei danzatori; si è osservata, infatti, una riduzione della concentrazione del lattato ematico, così come si era visto nello Slow Fox Trot delle Danze Standard.

È da notare, tuttavia, che in questa disciplina questo ballo di recupero è posto a metà della serie e non prima del ballo più impegnativo, il Jive.

Il Paso Doble sembra richiedere un elevato coinvolgimento del metabolismo aerobico con un parallelo moderato incremento della lattatemia.

L'ultimo ballo, il Jive, risulta avere il più elevato coinvolgimento del metabolismo aerobico con un parallelo incremento della lattemia; anche in questo caso (come nel Quick Step per le Danze Standard) il ritmo e la velocità dei passi sono tali da richiedere una elevata e continua produzione di energia meccanica.

Oltre a tutti questi fattori, se consideriamo che durante lo svolgimento di una competizione sportiva, ogni ballo ha una durata di circa 1 minuto e 30secondi, tra un ballo e il successivo trascorrono circa 30 secondi, tra ogni fase (eliminatorie semifinale e finale) ci sono 20-30 minuti di intervallo, si ha un'idea del notevole utilizzo della capacità anaerobica e della potenza aerobica.

E' stato osservato che il livello di qualificazione sportiva sembra avere una qualche correlazione con l'impegno funzionale dei danzatori.

La figura 26 mostra i risultati di uno studio comparativo svolto su atleti appartenenti a differenti classi di livello agonistico, ma stessa fascia di età, (classe A1 e classe internazionale) durante una seduta di allenamento.

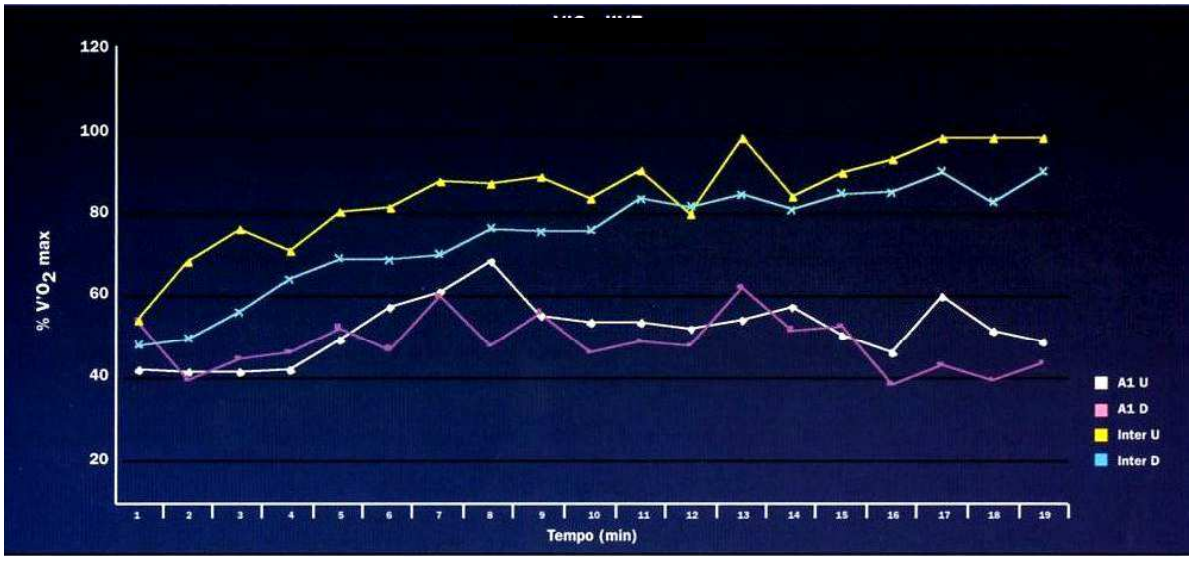

Figura 26
Confronto tra i valori di VO_2 (come % di VO_2max) in due coppie di Danze Standard di cl. A1 e Internazionale

Dai dati è emerso che per gli atleti appartenenti alla classe di maggior livello (classe internazionale) si rileva un impegno metabolico (espresso dalla % VO_2max) più elevato rispetto a quelli appartenenti alla classe più bassa.

Da questo studio è stato ipotizzato che l'atleta di alto livello, probabilmente per la maggiore continuità agonistica, ma forse anche per effetto di un allenamento più intenso, sia in grado di attivare il metabolismo aerobico ad una maggiore intensità relativa, probabilmente anche a parità di attivazione del metabolismo glicolitico anaerobico.

Queste maggiori qualità funzionali predispongono l'atleta ad una maggiore resistenza alla fatica e denotano certamente una sua più elevata intensità agonistica.

Tramite i dati ottenuti da questo lavoro, è stato possibile paragonare i valori relativi della potenza aerobica e muscolare dei danzatori rispetto a quelli di atleti di elite in altri sport, sia per quanto riguarda gli uomini sia per le donne (Dal Monte A. 1999).

A B

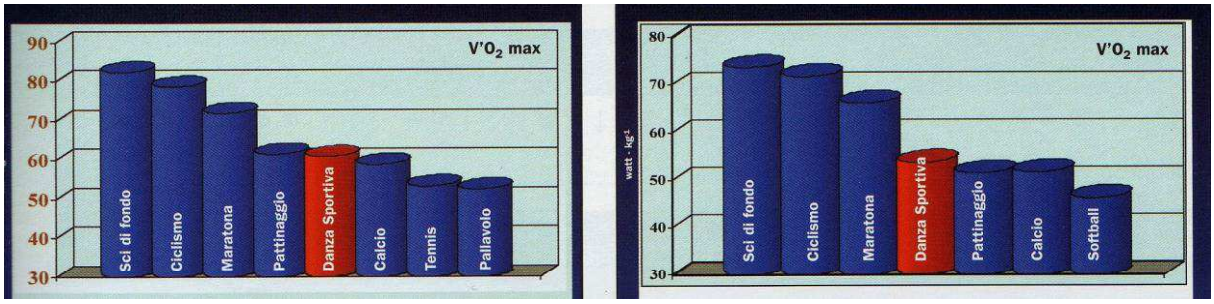

Figura 27
Valori di massima potenza aerobica in atleti uomini (A) e donne (B) di diversi sport

C D

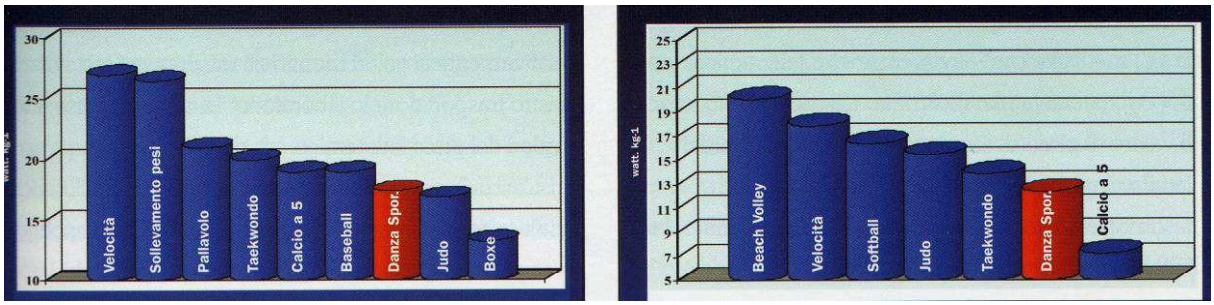

Figura 28
Valori di massima potenza muscolare degli estensori della gamba in atleti uomini (C) e donne (D) di diversi sport

Osservando i grafici (FIG.27, FIG.28), si può notare che la danza sportiva (i valori della danza sportiva si riferiscono alle Danze Standard), rispetto ai valori di VO_2max, si può collocare tra il Pattinaggio e il Calcio, per quanto riguarda gli uomini, e tra la Maratona ed il Pattinaggio, per quanto riguarda le donne.
Rispetto ai valori di massima potenza muscolare degli estensori della gamba, la Danza Sportiva si può collocare tra il Baseball e il Judo, per quanto riguarda gli uomini, e tra il Taekwondo ed il Calcio a cinque per le donne.

La Danza Sportiva, quindi, rispetto ai valori dei parametri fisiologici riscontrati, a livello di impegno fisico può essere paragonata ad uno sport di squadra.
Risulta infatti, che nella classificazione fisiologica delle attività sportive (Lubich T.1990), (Dal Monte A.1960) lo sport della Danza Sportiva è inserito tra le Attività di destrezza con notevole impegno muscolare.
Sempre in questo lavoro, è stato calcolato il costo energetico di ogni singolo ballo, sia per le Danze Standard che per le Danze Latino-Americane.
Nella tabella 7, i valori di costo energetico vengono espressi in Kcal/Kg/h (prime due colonne) ed in valore assoluto (ultime due colonne), calcolato nelle serie dei balli analizzate (durata di ogni ballo 90 secondi) e riferito, quindi ,al danzatore medio del campione sperimentale preso in esame (maschio 70 Kg , femmina 52 Kg).

	maschi	*femmine*	*maschio 70 kg*	*femmina 52 kg*
	kcal/kg-h	*kcal/kg-h*	*kcal tot.*	*kcal tot.*
VALZER INGLESE	*12.4*	*9.2*	*22.9*	*13.1*
TANGO	*14.5*	*11.7*	*26.8*	*16.6*
VALZER VIENNESE	*15.8*	*13.2*	*29.3*	*18.8*
SLOW FOXTROT	*14.4*	*12.4*	*26.6*	*17.7*
QUICKSTEP	*15.8*	*13.9*	*29.2*	*19.8*
	maschi	*femmine*	*maschio 70 kg*	*femmina 52 kg*
	kcal/kg-h	*kcal/kg-h*	*kcal tot.*	*kcal tot.*
SAMBA	*8.4*	*6.9*	*15.6*	*9.4*
CHA CHA	*9.0*	*7.8*	*16.7*	*10.7*
RUMBA	*8.2*	*6.9*	*15.1*	*9.5*
PASO DOBLE	*8.5*	*7.8*	*15.8*	*10.6*
JIVE	*8.3*	*7.7*	*15.4*	*10.5*

Tabella 7
Costo energetico (riferito al metabolismo aerobico) di ogni singolo ballo delle specialità olimpiche

Dai dati riportati in questa tabella, si può concludere che, per quanto riguarda le Danze Standard, il ballo in cui è stato riscontrato un dispendio energetico più

basso , è stato il Valzer Inglese, mentre quelli a maggior dispendio energetico sono stati il Valzer Viennese ed il Quick Step.

3.3.7 ASPETTI TRAUMATOLOGICI NELLA DANZA SPORTIVA

La Danza Sportiva, pur non essendo uno sport di contatto (in realtà spesso nelle gare con più alto numero di partecipanti le coppie in pista sono numerose e numerosi sono anche i traumi "involontari" provocati dagli scontri tra le coppie), sottopone le strutture osteoarticolari e muscolari a stress ripetuti di elevata intensità così come accade in molti altri sport ad elevato contenuto tecnico e ad alta intensità.

Se a ciò si aggiunge una non ancora sufficiente diffusa cultura del corretto riscaldamento, ben si intuisce come le possibilità di traumi o danni muscolari e articolari sia relativamente alta. La tecnica, inoltre, richiede posizioni e quindi posture obbligate che dovrebbero essere supportate da un'adeguata preparazione atletica.

In un lavoro (Tsung PA 1998) si evidenziano i danni e le possibili lesioni causate da questo tipo di sport. Detto rapporto descrive il caso di un ballerino di Danza Sportiva che ha sviluppato una radicolopatia cervicale, come conseguenza di frequenti rotazioni e tensioni laterali della spina cervicale attuati durante la pratica del ballo. I dolori al collo e l'indicativa radicolopatia di sinistra C7 sono stati confermati e documentati sia da una risonanza magnetica sia dalla prova elettrodiagnostica.

Questo rapporto dimostra che la posizione innaturale richiesta nel ballo, i movimenti di frequente estensione e di rotazione laterale a cui è sottoposto il collo in questo tipo di danze, possono promuovere lo sviluppo di radicolopatie cervicali.

Durante la pratica della Danza Sportiva, l'intensità e la ripetitività delle evoluzioni nell'arco delle sedute di allenamento, oltre agli impegni di gara, portano con frequenza a livelli critici l'adattabilità dell'apparato locomotore ai carichi proposti.

Come in altre discipline sportive, un prolungato lavoro "in area limite" predispone alla possibilità di insorgenza di patologie definite "da sovraccarico funzionale".

Dette patologie sono legate tanto a fattori intrinsechi (caratteristiche morfo-funzionali dei ballerini), quanto alla specificità della disciplina ed alle metodiche di allenamento. Non sono estranee, comunque, problematiche a carico dell'apparato locomotore ad insorgenza acuta e quindi traumatica.

Una recente indagine epidemiologica (Faina M. 2005), condotta dalla Commissione Medica della Fids su un numero significativo di ballerini, ha consentito di identificare, con maggior precisione, i dati di correlazione tra Danza Sportiva e patologie dell'apparato locomotore.

I grafici che seguono (FIG 29,30,31,32) illustrano in sintesi i risultati di tale studio.

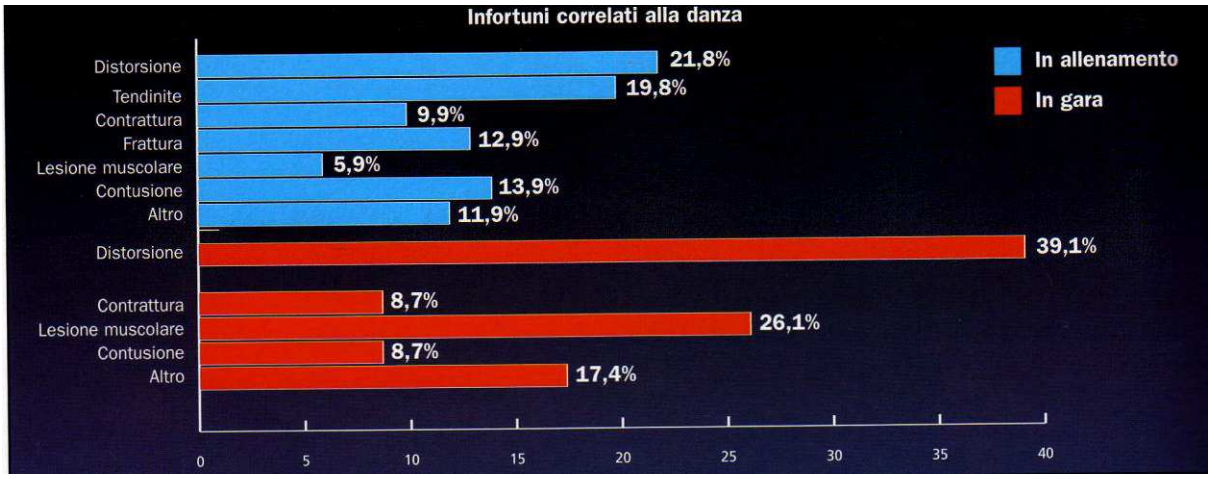

Figura 29
Tipologia degli infortuni dichiarati correlati alla Danza

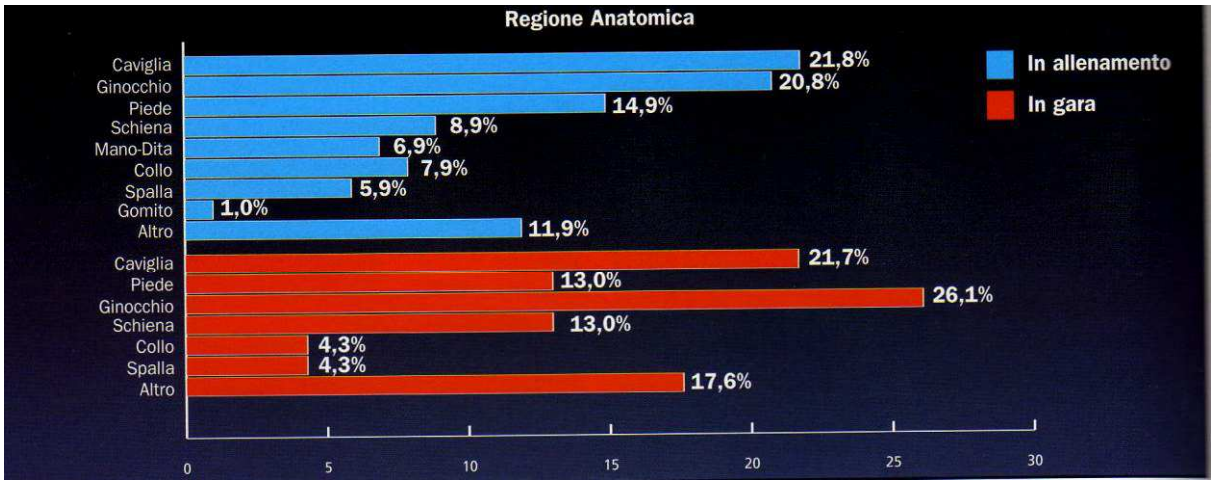

Figura 30
Regione anatomica interessata da questi infortuni correlati alla Danza

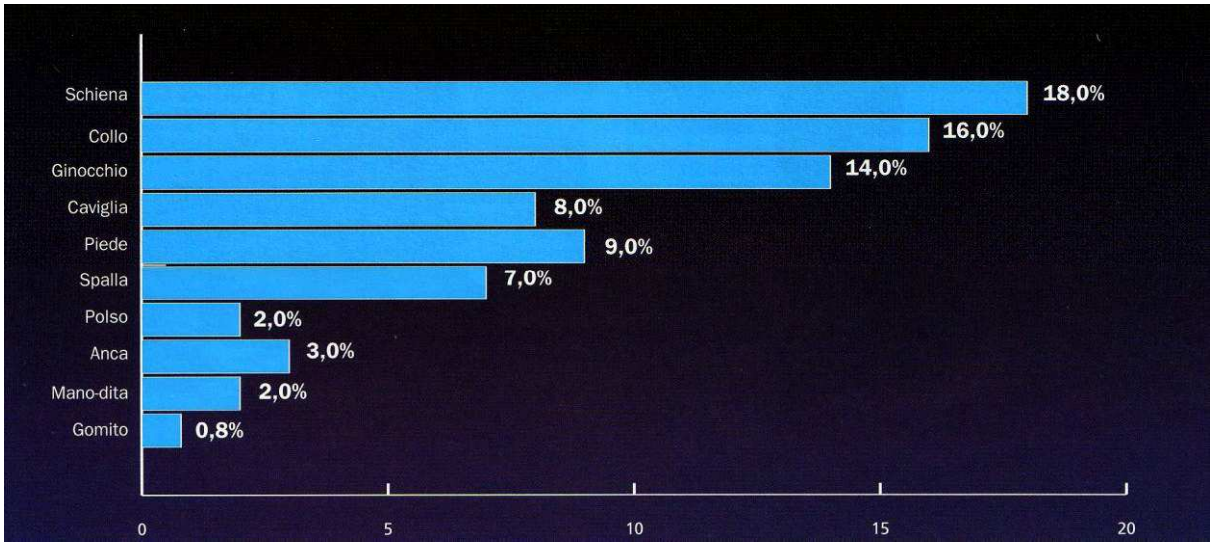

Figura 31
Distretti interessati dai disturbi dichiarati

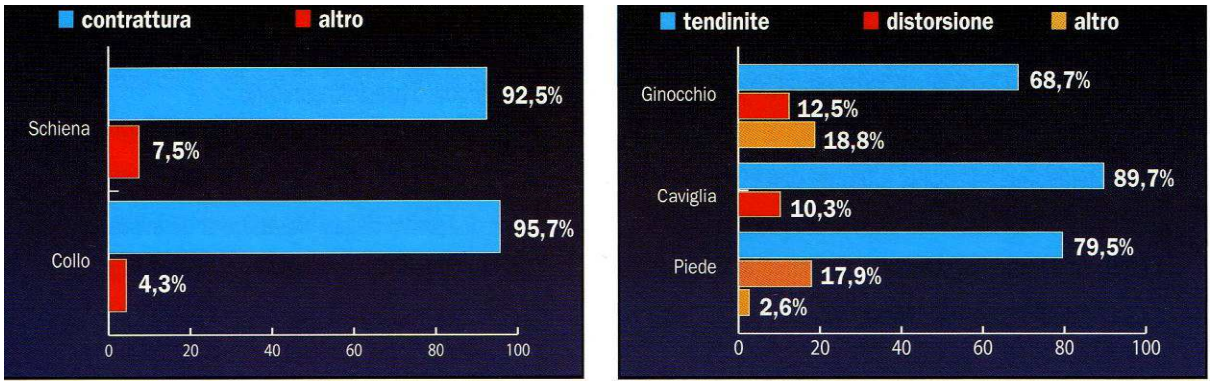

Figura 32
Tipologia e sede dei disturbi dichiarati

Alla luce di questi dati, è emerso che le problematiche più frequenti correlate alla pratica della Danza Sportiva sono:

1. patologie del complesso piede-caviglia
2. patologie del ginocchio
3. patologie del rachide
4. sindromi miofasciali
5. patologie muscolari
6. patologie tendinee

I risultati hanno evidenziato, inoltre, che i distretti più frequentemente coinvolti da problematiche da sovraccarico sono senza dubbio la colonna vertebrale (tratto cervicale e lombare) ed il complesso piede-caviglia.

Si deve tener presente che, proprio in virtù della capacità di stimolare le qualità funzionali, la Danza Sportiva, opportunamente modulata, è anche attività atta a finalità ricreative e riabilitative e può essere praticata a tutte le età e a tutti i livelli. Nei lavori (Novak LP 1978, Kirkendall DT. 1983, Hoffmann S.1999) si evidenziano tutti gli apporti positivi che induce la pratica di questo sport .

In essi emerge che il ballo, non solo migliora le capacità fisiche, ma migliora anche la Fitness cardiovascolare-polmonare e la composizione corporea.

SCOPO DEL LAVORO

Nella classificazione fisiologica delle attività sportive (Dal Monte 1969e Lubich 1990) lo sport della Danza Sportiva risulta inserita tra le "Attività di destrezza" con notevole impegno muscolare.

Ciò sta a significare che la danza non solo implica la prevalente sollecitazione degli apparati sensoriali, richiedendo atti motori estremamente precisi, rapidi e armonici, ma anche che l'ottenimento dei gesti propri della danza è condizionato dal possesso, da parte dell'atleta, di caratteristiche fisiologiche grazie alle quali possono essere eseguiti gli eleganti e armonici movimenti che la danza comporta.

L'approccio puramente teorico, tuttavia, non può soddisfare né le esigenze di una corretta programmazione di allenamento, né quelle di tipo preventivo-riabilitativo, se non a condizione di conoscerne il carico interno fisiologico.

Per tale motivo lo scopo principale di questo lavoro è stato quello di analizzare le qualità, fra quelle conosciute e misurabili, che determinano la prestazione in cinque coppie di Danzatori di alto livello (Classe A1, Classe Internazionale e Professionisti).

A tale scopo, è stata simulata una gara composta da una sequenza di cinque balli, intervallati da 30 secondi di recupero passivo tra l'uno e l'altro.

Durante la simulazione di gara sono stati misurati alcuni parametri:

- La Frequenza Cardiaca
- Il Consumo di Ossigeno
- Il Valore picco della concentrazione ematica del lattato

Nello svolgimento di questo studio è stato ideato un nuovo protocollo massimale incrementale per la determinazione del massimo consumo di ossigeno, studiato appositamente per questo tipo di disciplina ed eseguito direttamente su campo. Il consumo di ossigeno e la frequenza cardiaca sono stati espressi in percentuale rispetto al massimo raggiunto.

Successivamente è stato valutato anche il Consumo Energetico dei singoli balli che compongono la sequenza di gara.

Da queste analisi si è potuto concludere che nella disciplina delle Danze Standard, i balli mostrano un diverso impegno metabolico.

Tramite il confronto con i risultati ottenuti dai lavori precedenti (Cap.3), condotti sia sulla Danza Sportiva sia su altre forme di Danza o di sport riconducibili alla Danza, è stato possibile valutare il livello di qualificazione sportiva e l'impegno funzionale, utili nella scelta dei metodi e dei mezzi di allenamento verso cui orientarsi.

PARTE SPERIMENTALE

4 MATERIALI E METODI

4.1 IL MODELLO FUNZIONALE DELLA PRESTAZIONE

Da quanto appreso relativamente al meccanismo di contrazione muscolare (Cap.1) ed al metabolismo energetico (Cap.2), ben si comprende che ogni atleta per effettuare la propria prestazione deve produrre energia meccanica e, quindi energia biochimica, che dipenderà dalla durata e dall'intensità della gara.

Nella definizione del modello funzionale della gara l'approccio deve tendere a definire due aspetti fondamentali: quali sono le caratteristiche fisiologiche dell'atleta che pratica una determinata disciplina sportiva e qual' è l'andamento dei parametri fisiologici misurabili durante la gara stessa.

Basandosi sul primo dei due aspetti suddetti, si desume che, solo gli atleti dotati delle caratteristiche fisiologiche essenziali per una determinata disciplina sportiva, raggiungono risultati di alto livello.

Conseguentemente, la valutazione di tali parametri, dovrebbe permettere di identificare quali sono le qualità predisponenti per quella disciplina.

Il secondo approccio metodologico consiste nel verificare come si comportano le varie qualità organico-funzionali durante una gara, al fine di confermare il tipo e l'incidenza di ciascuna di esse nel determinare la prestazione.

Ciò permette di definire il modello funzionale della prestazione verso cui orientarsi, nella scelta dei metodi e dei mezzi di allenamento, ossia l'obiettivo da perseguire. In altri termini, quali sono i mezzi ed i metodi più idonei a raggiungere gli obiettivi prefissati, ovvero lo sviluppo delle capacità funzionali per la disciplina presa in considerazione.

E' evidente che il compito di allenare spetta al maestro di danza il quale, tuttavia, ha necessità di avere informazioni sempre più precise sulle modificazioni fisiologiche indotte dallo stimolo allenante.

Risulta, quindi, importante studiare ogni singolo atleta al fine di modificare i carichi di lavoro e adattare l'allenamento alle varie situazioni.

L'approccio puramente teorico non è sufficiente per una corretta programmazione dell'allenamento che deve basarsi sul modello funzionale studiato per questo sport.
Come si è potuto vedere in letteratura (Cap. 3.3) sono presenti pochi lavori che analizzano gli aspetti fisiologici e bioenergetici della Danza Sportiva; a tale proposito ci si è proposti di stimolare e promuovere delle ricerche scientifiche conoscitive sugli aspetti biologici della Danza Sportiva, condotte con il supporto della Facoltà di Scienze Motorie.
Nello studio del modello di prestazione e dei parametri fisiologici dell'atleta, si limiterà l'analisi alle Danze Standard anche definite Danze Olimpiche; ciò perché tali Danze sono indubbiamente le più diffuse e quelle per le quali si nutre la speranza di un inserimento nel programma Olimpico, ed anche perché sono quelle sulle quali maggiormente si è focalizzata l'attenzione della ricerca scientifica.

4.2 CARATTERISTICHE TECNICHE DI UNA GARA DI DANZA SPORTIVA

La pista deve essere di forma rettangolare e deve rispettare una delle tre configurazioni indicate:

-16 metri x 25 metri = mq. 400
-14 metri x 20 metri = mq. 280
-12 metri x 20 metri = mq. 240

Il materiale utilizzato per le piste da ballo è il parquet.

Le competizioni di Danze Standard si svolgono confrontandosi su cinque diversi balli di gara, e la sequenza con cui vengono eseguiti è:

1. ***Valzer Inglese***
2. ***Tango***
3. ***Valzer Viennese***
4. ***Slow Fox Trot***
5. ***Quick Step***

Il tempo di ogni ballo non deve discostarsi dai valori di battute al minuto indicati nella tabella 8 sottostante:

Balli Standard	***Battute al minuto***
Valzer Inglese	29-30
Tango	32-33
Valzer Viennese	58-60
Slow Fox Trot	28-30
Quick Step	49-51

Tabella 8
Sequenza dei balli e battute al minuto durante una gara.

Nella fase finale della competizione la durata dei singoli balli sarà compresa tra 1 min. e 30 s. e 2 min., fatto salvo per Valzer Viennese e QuicK Step che dovranno essere compresi tra 1 min. e 20 s. ed 1 min. e 40 s.
Il compito di valutare la prestazione degli atleti, al fine di definire la classifica finale, è affidato ai Giudici di gara (di norma 9-11), i quali esprimono il loro giudizio soggettivo secondo i seguenti elementi di valutazione:

1. il tempo musicale
2. l'esecuzione tecnica
3. il rispetto del programma
4. l'armonia del movimento

Ogni competizione include una fase finale che può essere o meno preceduta da una o più fasi eliminatorie: se il numero delle coppie concorrenti è inferiore o uguale a 7, la competizione sarà costituita solo dalla fase finale; se tale numero è superiore a 7, si avranno anche le fasi eliminatorie mediante le quali si realizza una selezione graduale delle coppie ed alla fine solo sei o sette di queste potranno accedere alla fase finale.

Ciò indica che in una competizione con tanti partecipanti, le coppie finaliste possono essere impegnate, in un'unica giornata, in diverse fasi eliminatorie. Comunque, in tutte le fasi compresa la finale, le coppie in gara eseguiranno la loro performance contemporaneamente

In questo studio, per analizzare il modello di prestazione, è stata simulata la sola fase finale di una gara, rispettando lo stesso ordine e durata dei balli.

4.3 RILIEVO DEI PARAMETRI FISIOLOGICI DEGLI ATLETI

Per valutare il livello di qualificazione sportiva e l'impegno funzionale di questa disciplina, in questo studio è stato analizzato il comportamento di alcuni parametri fisiologici quali:

- Consumo di ossigeno
- Frequenza cardiaca
- Lattato ematico

durante la simulazione della fase finale di una gara di Danze Standard e durante l'esecuzione di ognuno dei cinque balli svolti nella competizione.

La simulazione della fase finale di una gara ha permesso di analizzare il modello di prestazione e quindi l'andamento dei parametri fisiologici, durante l'esecuzione dei cinque balli, svolti con la stessa modalità di una competizione.

L'analisi di ognuno dei cinque balli, invece, analizzati in maniera separata, ha permesso di determinare il consumo energetico di ogni singolo ballo.

4.4 STRUMENTAZIONE

Per monitorare il consumo di ossigeno è stato utilizzato il ***metabolimetro*** portatile ($K4b^2$, Cosmed, Italia).
Per monitorare la frequenza cardiaca è stato impiegato un ***cardiofrequenzimetro***, a fascia toracica, (Polar S810, Finlandia).
Il lattato ematico è stato misurato, mediante microprelievo al lobo dell'orecchio, con un ***lattacidometro*** portatile (Lactate Pro, Arkray, Canada).

4.5 ERGOSPIROMETRO PORTATILE: $K4b^2$, COSMED

Il $K4b^2$ COSMED è un sistema portatile per la misura degli scambi gassosi intrapolmonari sul campo e su base respiro per respiro (FIG.33).
Si tratta di una tecnica che consente di analizzare la risposta fisiologica all'esercizio fisico durante attività brevi e d'intensità variabile, oppure prolungate nel tempo per diverse ore. Il $K4b^2$ è in grado di misurare diversi parametri fisiologici tra i quali $V'O_2$, $VC\ O_2$, HR e VE, viene utilizzato per valutazione medico sportiva, per la ricerca ed in campo clinico.
Analizzatori di Gas:
gli analizzatori rapidi di O_2 e CO_2 sono termostatati e mantenuti a temperatura costante, mentre il flusso di campionamento e la pressione continuamente monitorati da un barometro ed un termometro, consentono la correzione istantanea di qualsiasi cambiamento delle condizioni ambientali.

Infine, un tubo semipermeabile di nafion per il campionamento del gas espirato, consente l'eliminazione della condensa.

Collegandolo via cavo al PC, il K4b² si trasforma in un sistema convenzionale per la valutazione della prova da sforzo in laboratorio.

Registratore Dati:

L'unità portatile ha una memoria con un'elevata capacità di immagazzinare dati (fino a 16.000 atti respiratori). Quando il test è terminato, i risultati possono essere trasferiti al PC per successiva analisi e presentazione.

Software:

Il Software sotto Windows™ consente di gestire i dati, elaborarli e presentarli nel formato numerico o grafico in funzione del tempo.

Alcuni strumenti del software, inoltre, consentono la rilevazione della soglia anaerobica, lo studio della cinetica dell'ossigeno, il calcolo del dispendio energetico del metabolismo basale e del consumo d'ossigeno.

Trasmissione per telemetria:

Utilizzato nella versione telemetrica, il K4b² è in grado di trasmettere i dati, respiro per respiro, ad un'unità ricevente collocata nel raggio di quasi un chilometro, consentendo all'operatore di seguire in tempo reale, sul monitor di un PC, le fasi del test.

Opzioni:

Con l' aggiunta di una sonda collegata ad un sensore (a dito, orecchio o a reflattanza) il K4b^2 è in grado di monitorare e registrare in modo non invasivo: la saturazione di ossigeno nel sangue, l'onda pulsoria e la frequenza cardiaca durante l'attività fisica.

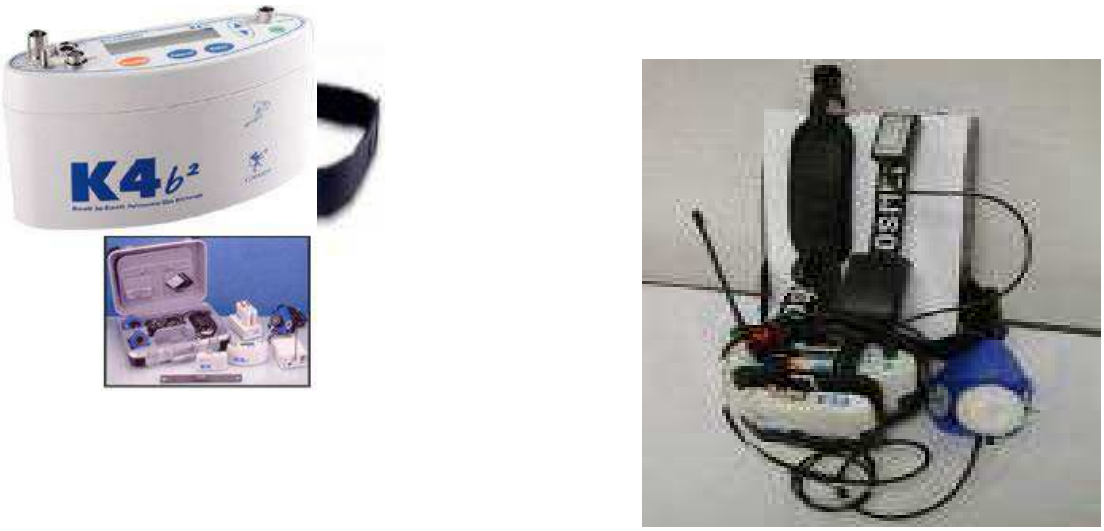

Figura 33
Ergospirometro portatile : K4b^2, Cosmed

4.6 MISURA DEL CONSUMO ENERGETICO

La calorimetria diretta e indiretta serve per valutare il dispendio energetico.
La calorimetria diretta prevede la misura del calore prodotto dall'organismo mediante un calorimetro che è isolato termicamente dall'ambiente circostante.
Con il metodo della calorimetria indiretta, si giunge alla stima del dispendio energetico tramite la misura del consumo di ossigeno e della produzione di anidride carbonica, sfruttando la spirometria in circuito chiuso e aperto.
Oggi i ricercatori che si occupano di misure di metabolismo energetico possono disporre di strumenti di tecnologia avanzata nel campo dei microprocessori, come il metabolimetro portatile (K4b^2 Cosmed), che si basa sulla trasmissione dei dati di ventilazione polmonare, concentrazione di ossigeno e anidride carbonica nell'aria espirata, per telemetria (senza fili).
Tale sistema, essendo composto da una strumentazione leggera, meno di un chilo, può essere usato in un ampio spettro di attività fisico-sportive, escluse quelle di contatto (calcio pallacanestro.etc…), ove impedirebbe un regolare svolgimento della prestazione. E', inoltre, molto utile per valutare il dispendio energetico in

condizioni reali di prestazione, quindi non di laboratorio, come in questo studio (vedi foto).

Il soggetto N.B. durante la prova con il metabolimetro (K4b^2 cosmed).

A causa delle differenze chimiche strutturali, è diversa la quantità di ossigeno necessaria per ossidare completamente i vari substrati in relazione alla produzione di anidride carbonica.

Il rapporto tra anidride carbonica prodotta e ossigeno consumato prende il nome di ***quoziente respiratorio (QR)***, questo fornisce indicazioni interessanti relativamente alla miscela di substrati che l'organismo sta ossidando.

Il QR di carboidrati, lipidi e proteine è rispettivamente di 1, 0.7 e 0.82.

Per ogni valore di QR esiste un corrispondente valore calorico dell'ossigeno.

Nella maggior parte dei casi si può assumere un QR di 0.82, cui corrisponde un valore calorico dell'ossigeno di 4.825 kcal e una liberazione di energia per il 40% dai carboidrati ed il 60% dai lipidi.

I calcoli proposti per la definizione del QR si basano sull'assunzione che gli scambi di gas respiratori, che si verificano a livello dei polmoni, riflettono esattamente gli stessi scambi che si verificano a livello cellulare nel corso del metabolismo energetico.

Calcoli metabolici:

Mediante il metabolimetro portatile $K4b^2$ (Cosmed) è possibile calcolare quanto ossigeno è stato rimosso dall'aria inspirata ed è stato quindi assorbito dall'organismo in relazione alle sue richieste energetiche.

La composizione dell'aria inspirata è costante e nota (CO_2 = 0.03% ; O_2 =20.93%; N_2 = 79.04%), pertanto è possibile risalire al consumo di ossigeno.

L'aria espirata contiene più CO_2, meno ossigeno e più azoto.

Ne deriva che il volume espirato differisce dal volume inspirato.

Tramite il quoziente respiratorio ($QR = V_{CO_2}/V_{O_2}$) e la differenza tra l'ossigeno inspirato e l'ossigeno espirato, è possibile calcolare il consumo di ossigeno.

Tramite l'utilizzo di una tabella che riporta gli equivalenti calorici dell'ossigeno, per diversi valori del quoziente respiratorio non proteico, è possibile trasferire le unità di consumo di ossigeno in unità di dispendio energetico espresse in kcal/min.

Quindi, è possibile calcolare la spesa energetica (kcal/min) moltiplicando il consumo di ossigeno ottenuto (L/min) per l'equivalente calorico dell'ossigeno a stato stazionario per un certo valore di QR.

Nella valutazione del dispendio energetico di diversi sport in genere si parla di costo energetico.

Il costo energetico è la quantità di energia necessaria a percorrere una distanza unitaria e si esprime in genere in Kj . Km^{-1} o in Kcal .Km^{-1}. Poichè la Danza Sportiva non è possibile considerarla come "forma di locomozione", nell' analisi

del modello di prestazione è stato considerato il consumo energetico, che è una potenza metabolica che esprime il dispendio energetico per unità di tempo (Kcal . min.)

4.7 CARDIOFREQUENZIMETRO A FASCIA TORACICA: POLAR S810

L'uso del cardiofrequenzimetro (FIG.34) permette di effettuare la misurazione della frequenza cardiaca durante lo svolgimento di un lavoro fisico.
Si tratta di un dispositivo che, riportando senza distorsioni la frequenza cardiaca al minuto (bpm), valuta l'intensità dello sforzo cardiaco compiuto e consente di ottenere, di conseguenza, delle indicazioni utili anche sui sistemi energetici maggiormente impegnati sia durante che dopo l'esercizio.
Più è intenso l'esercizio fisico più sono rapide le pulsazioni e più i sistemi metabolici di tipo anaerobico sono coinvolti. Più veloce è il ritorno a valori normali migliore sarà il grado di efficienza fisica.
Il cardiofrequenzimetro polar è composto da un trasmettitore toracico ad elettrodi, indossato tramite una cintura elastica, che invia in telemetria i segnali elettrici del cuore ad un ricevitore e direttamente al computer, per un'analisi in tempo reale, delle pulsazioni campionate ogni cinque secondi.
In questo studio, i dati provenienti dal cardiofrequenzimentro sono stati processati e analizzati in sincronia con i dati metabolici provenienti dal metabolimetro portatile K4b² (Cosmed, Italia).

Figura 34
Cardiofrequenzimetro Polar S810
Fascia toracica

4.8 LATTACIDOMETRO PORTATILE: LACTATE PRO™ TEST METER (ARKRAY)

Il lattato, prodotto principalmente da cellule muscolari, eritrociti, neuroni ecc., e successivamente immesso come anione nel circolo sanguigno, è il risultato finale del metabolismo anaerobico del glucosio e gioca un ruolo importante nell'equilibrio acido-base del corpo.

Il lattato viene usato come indicatore biochimico per l'acidosi indotta dalla glicolisi anaerobica. Il livello del lattato del sangue aumenta con l' intensità dell' esercitazione e mostra chiaramente la transizione da attività aerobica ad attività anaerobica.

Il metodo di misurazione di questo metabolita si basa su un metodo amperometrico utilizzando una reazione enzimatica.

I reagenti presenti nella striscetta sono Lattato Ossidasi (LOD, 1,92 unità) e il Potassio Ferricianide (0,096 mg).

In generale si ritiene che, durante e dopo un esercizio fisico, il lattato prodotto dalle cellule muscolari si diffonde progressivamente in tutti i liquidi organici e quindi la sua misurazione può essere effettuata operando un microprelievo di sangue anche in zone non coinvolte dall'esercizio fisico.

Le zone maggiormente utilizzate per il microprelievo sono i capillari del polpastrello delle dita della mano e/o del lobo dell'orecchio (Margaria, 1975). Poiché il sito di prelievo può variare la misura del lattato, occorre precisare che in questo studio è stato effettuato il prelievo dal capillare del lobo dell'orecchio (FIG.35).

Difatti, dopo un attenta cura nella pulizia della superficie di prelievo, ad evitare interferenze nelle misurazioni dovute principalmente alla presenza di sudore, soprattutto nei prelievi successivi ai test, veniva effettuato un piccolo foro con lancetta di metallo, simile a quella utilizzata per il controllo della glicemia. Successivamente, il campione di sangue, nella quantità minima di 5 microlitri, è stato posto sulla striscetta e automaticamente dopo 60 s si ha la misurazione del lattato secondo la reazione chimica che avviene sullo strato superficiale della striscetta dove sono presenti i due reagenti.

Difatti, nel momento che il campione di sangue raggiunge la superficie della striscetta il lattato presente reagisce specificatamente con l'enzima lattato ossidasi (LOD). Contemporaneamente il potassio ferricianide, dalla forma ossidata passa alla forma ridotta, in proporzione alla concentrazione di lattato nel campione ematico.

L' aumentato accumulo di potassio ferrocianide e la sua successiva ossidazione in potassio ferricianide + e^- produce una corrente elettrica proporzionale alla concentrazione di lattato e quindi trasformata nella quantità di lattato in mM/L (FIG. 35).

Figura 35 Metodo di misurazione del lattato tramite Lattacidometro portatile: Lactate pro, Arkray. La misurazione avviene attraverso le segueti fasi: inserimento della striscetta contenente i reagenti (foto 1); microprelievo ematico dal lobo dell'orecchio attraverso il contatto della striscetta con la goccia di sangue (foto 2); misurazione automatica dopo 1 minuto del livello di lattato nel sangue (foto 3).

4.9 SOGGETTI

Il lavoro è stato condotto su cinque coppie di danzatori, iscritti alla Federazione Italiana Danza Sportiva (FIDS) come atleti agonisti e partecipanti regolarmente alle gare nazionali ed internazionali, nelle seguenti categorie e classi (tabella 9):

Soggetto 1 F.F. anni 18 categoria Amatori 19-34 anni classe A1;
Soggetto 2 N.B. anni 32 categoria Amatori 19-34 anni classe Professionisti;
Soggetto 3 A.R. anni 39 categoria Senior 1 35-45 anni classe Internazionale;
Soggetto 4 A.C. anni 48 categoria Senior 2 46-55 anni classe A1;
Soggetto 5 A.F. anni 57 categoria Senior 3 56-64 anni classe A1;

Tabella 9
Età, categorie e classi dei soggetti

A causa della disponibilità di un solo metabolimetro portatile (K4b^2 cosmed) per misurare il consumo dell'ossigeno, nel presente lavoro sono stati analizzati solamente i partner maschi di ogni coppia di danzatori.

4.10 ANALISI METABOLICA DEL MODELLO DI PRESTAZIONE

In ogni specialità sportiva, solo gli atleti dotati di determinate caratteristiche fisiologiche specifiche per ogni disciplina, raggiungono risultati di alto livello. Analizzare la prestazione di una disciplina sportiva consente di conoscere quali caratteristiche fisiologiche siano maggiormente coinvolte durante la gara.

Molti criteri sono stati proposti per classificare le attività fisiche in base all'impegno richiesto.

Un criterio prende in considerazione il rapporto tra il dispendio energetico dell'attività fisica rispetto a quello basale.

Si identifica come ***lavoro leggero*** quello che comporta un consumo di ossigeno tre volte superiore rispetto al basale, come ***lavoro pesante*** quello che comporta un consumo di ossigeno da 6 a 8 volte superiore al basale e, infine, come ***lavoro massimale*** quello che comporta un consumo di ossigeno superiore di 9 volte o più rispetto al basale.

Inoltre, l'***intensità*** e la ***durata*** sono i due fattori che definiscono il grado di pesantezza di un certo tipo di lavoro fisico.

Per studiare il modello di prestazione e, quindi, conoscere l'andamento dei parametri fisiologici nelle danze standard, le cinque coppie di danzatori hanno simulato una gara.

La simulazione di una gara consiste nell'esecuzione sequenziale dei cinque balli delle Danze Standard: Valzer Inglese, Tango, Valzer Viennese, Slow Fox Trot, Quick Step, nello stesso ordine in cui vengono svolti durante una gara.

In questo test il tempo di durata di ciascun ballo è stato di un (1) minuto e trenta (30) secondi ed i balli sono stati intervallati da circa 30 secondi di recupero passivo tra l'uno e l'altro (simulazione della fase finale).
Durante la simulazione della gara sono stati monitorati il consumo di ossigeno e la frequenza cardiaca, mentre il lattato ematico è stato prelevato mediante microprelievi effettuati al lobo dell'orecchio, al secondo terzo e quarto minuto dalla fine della gara simulata.
Per l'analisi dei dati, relativamente al consumo di ossigeno e alla frequenza cardiaca, sono stati utilizzati i valori registrati ogni 5 secondi. Inoltre, data l'influenza della massa corporea sul consumo di ossigeno, i dati ad esso relativi sono stati analizzati sia in ml/min che in ml/kg/min.
Per l'analisi del lattato è stato utilizzato il valore di picco trovato in ogni singolo prelievo.

4.11 CONSUMO ENERGETICO DI OGNI SINGOLO BALLO

Di ciascun ballo, dei cinque che costituiscono il modello di prestazione in gara, e' stato valutato singolarmente il consumo energetico.
Tale valutazione, per non essere influenzata dalla prova precedente, è stata effettuata una settimana dopo lo studio del modello di prestazione.
Tutti i test sono stati effettuati con identiche condizioni ambientali: temperatura, orari, alimentazione ed allenamenti precedenti; per fare in modo che questi fattori non interferissero con il modello di prestazione considerato.
Al fine di evitare l'interazione dei balli tra loro ed influenzare, quindi, i parametri metabolici, ciascun ballo è stato eseguito a distanza di 10 minuti l'uno dall'altro.
La durata di ogni ballo è stata, come durante la gara, di 1 minuto e trenta secondi e dopo l'interruzione di ogni ballo è stato misurato, mediante microprelievo al lobo dell'orecchio, il lattato ematico.

Per l'analisi dei dati, relativamente al consumo di ossigeno e alla frequenza cardiaca, sono stati utilizzati i valori registrati ogni 5 secondi.
Inoltre, data l'influenza della massa corporea sul consumo di ossigeno, i dati ad esso relativi sono stati analizzati sia in ml/min che in ml/kg/min.
Per l'analisi del lattato è stato utilizzato il valore di picco trovato in ogni singolo prelievo.
Ai fini dell'analisi statistica è stato preso come dato il valore più alto di tre prelievi effettuati al terzo, al quarto ed al quinto minuto dalla fine di ogni singola prova.

4.12 VALUTAZIONE DEL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO ($VO_{2\ max}$)

Per determinare il consumo di ossigeno e la frequenza cardiaca massima nelle Danze Standard, invece di impiegare i protocolli classici standardizzati sopra indicati che prevedono l'utilizzo di test incrementali su treadmill o cicloergometri, in questo studio è stato sperimentato un nuovo protocollo.
Tale esigenza si basava sul fatto che la determinazione del massimo consumo di ossigeno nelle Danze Standard, attraverso i protocolli classici, poteva non essere idonea in quanto non specifica rispetto alle caratteristiche tecniche e alle specifiche richieste neuromuscoalri e metaboliche dei danzatori.
Il presente protocollo consiste nell'esecuzione continua dei singoli balli, ognuno sempre della durata di 1 minuto e trenta secondi, non rispettando più l'ordine di esecuzione tipico della gara, ma in sequenza crescente, senza tempi di recupero tra i balli, in base alla potenza metabolica sviluppata durante ogni ballo, precedentemente analizzata, e in relazione alle caratteristiche di frequenza di battute musicali di ciascun ballo (vedi tabella 10):

Balli Standard	*Battute al minuto*
Valzer Inglese	29-30
Slow Fox Trot	28-30
Tango	32-33
Quick Step	49-51
Valzer Viennese	58-60

Tabella 10
Sequenza dei balli e battute al minuto durante il test massimale.

Per rendere la prova realmente massimale, in questo protocollo, la durata dell'ultimo ballo è stata prolungata fino a quando il soggetto riusciva a proseguire nell'esecuzione.

L'interruzione del test avveniva quando il soggetto non era più in grado di sostenere lo sforzo per proseguire la prova.

Durante l'esecuzione del test è stato misurato il consumo di ossigeno e la frequenza cardiaca massima e il lattato ematico per il quale sono stati effettuati dei prelievi dal lobo dell'orecchio al terzo, quarto e quinto minuto dalla fine della prova prendendo in considerazione, ai fini statistici, il valore più alto tra questi.

5 RISULTATI

5.1 ANALISI METABOLICA DEL MODELLO DI PRESTAZIONE

Il consumo di ossigeno di ciascun soggetto durante la simulazione della fase finale di una gara di danze standard è raffigurato nei seguenti grafici (da FIG.36 a FIG.40):

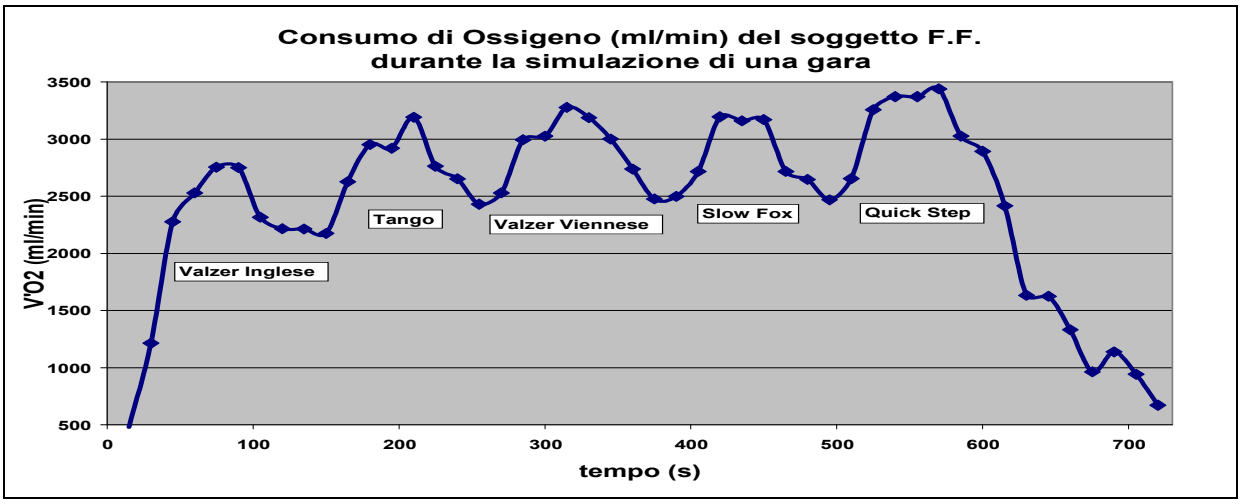

Figura 36.

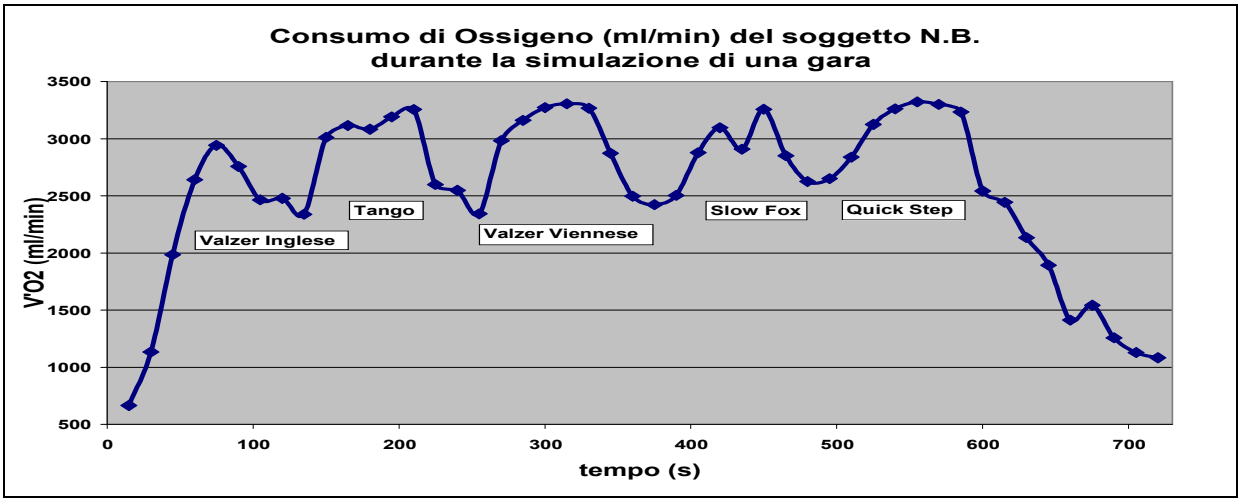

Figura 37

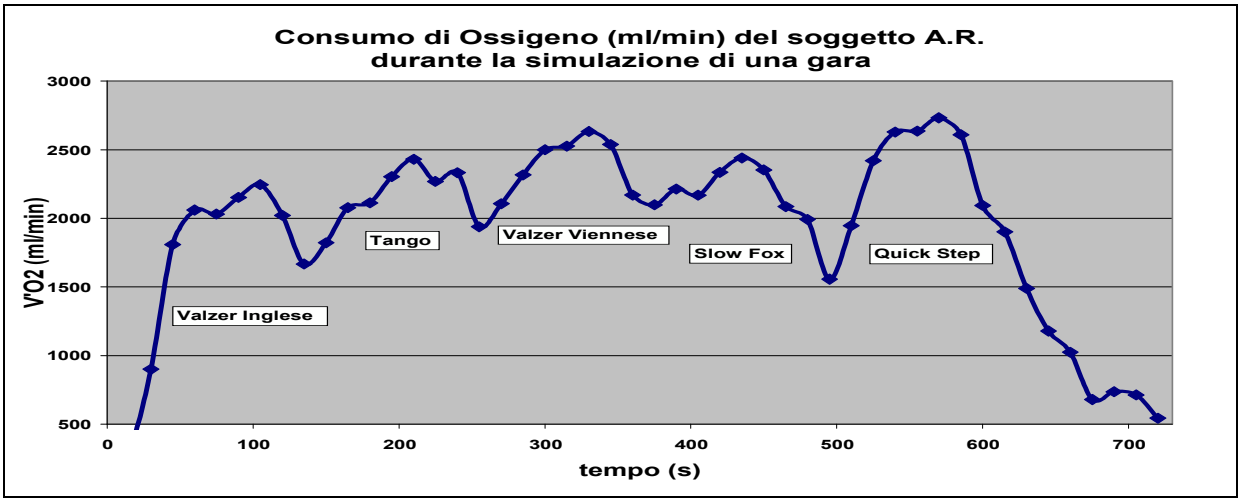

Figura 38

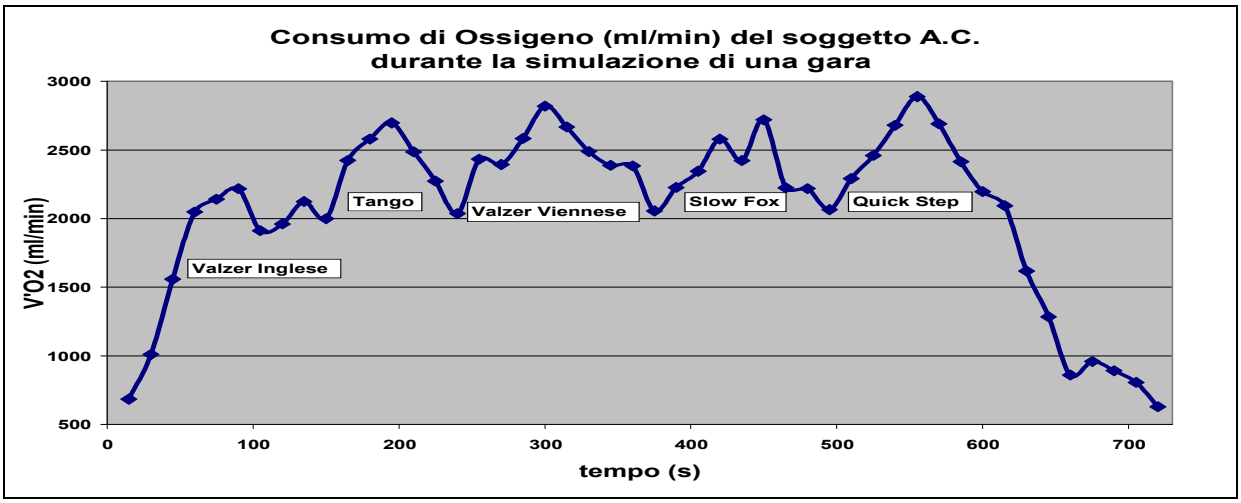

Figura 39

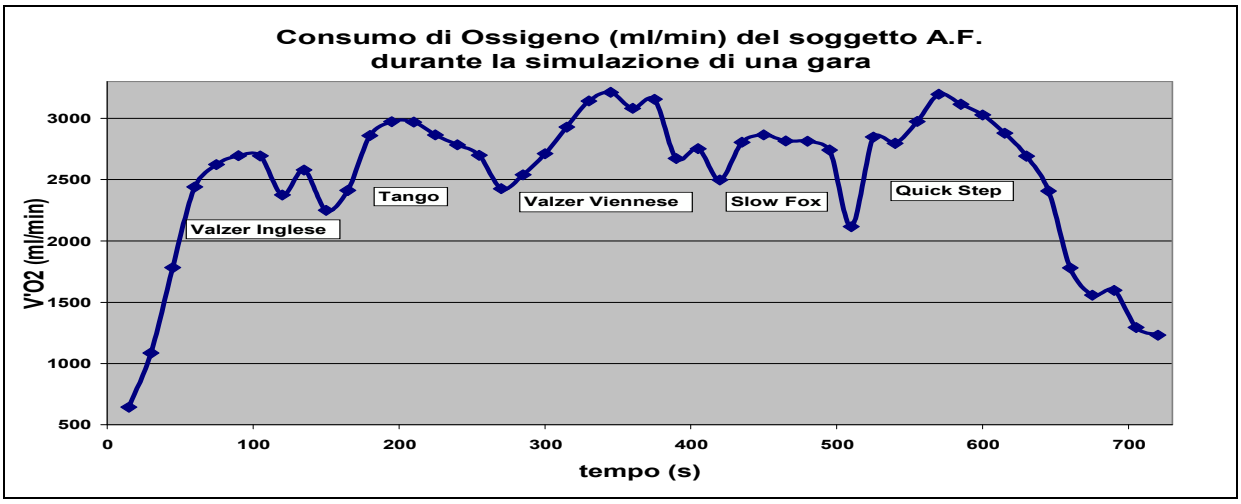

Figura 40

Nel grafico (FIG.41) è stata espressa la media del consumo di ossigeno rilevato, in tutti i soggetti sopraindicati**.**

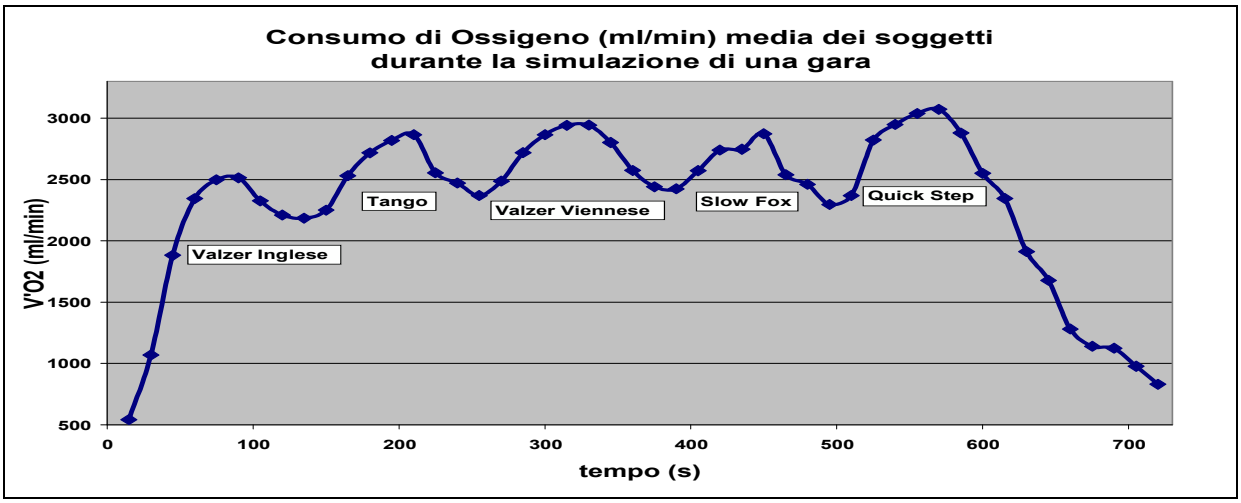

Figura 41

La frequenza cardiaca di ciascun soggetto, durante la simulazione della fase finale di una gara di danze standard, è raffigurato nei seguenti grafici (da FIG.42 a FIG.46):

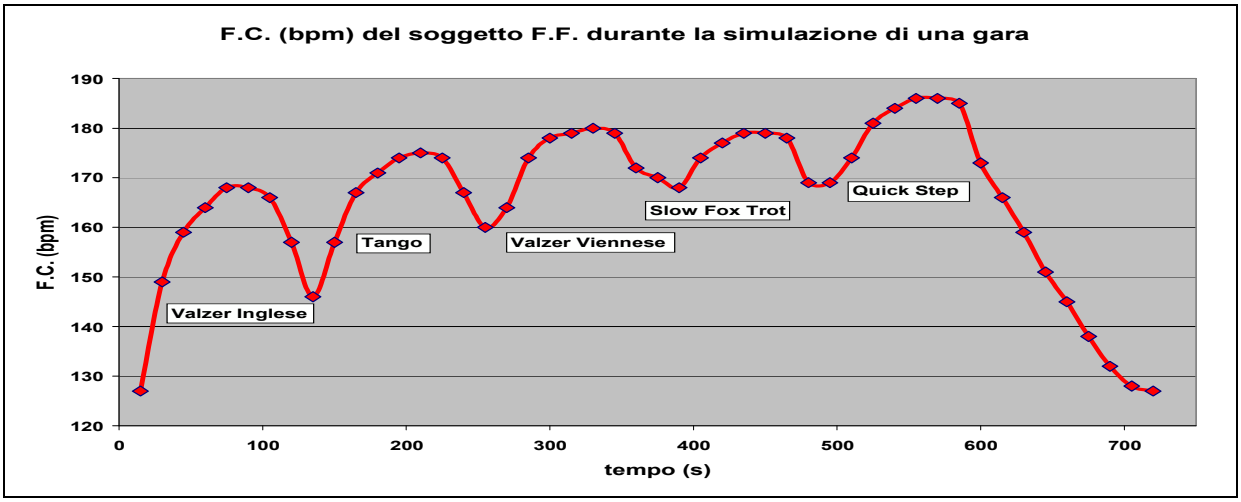

Figura 42

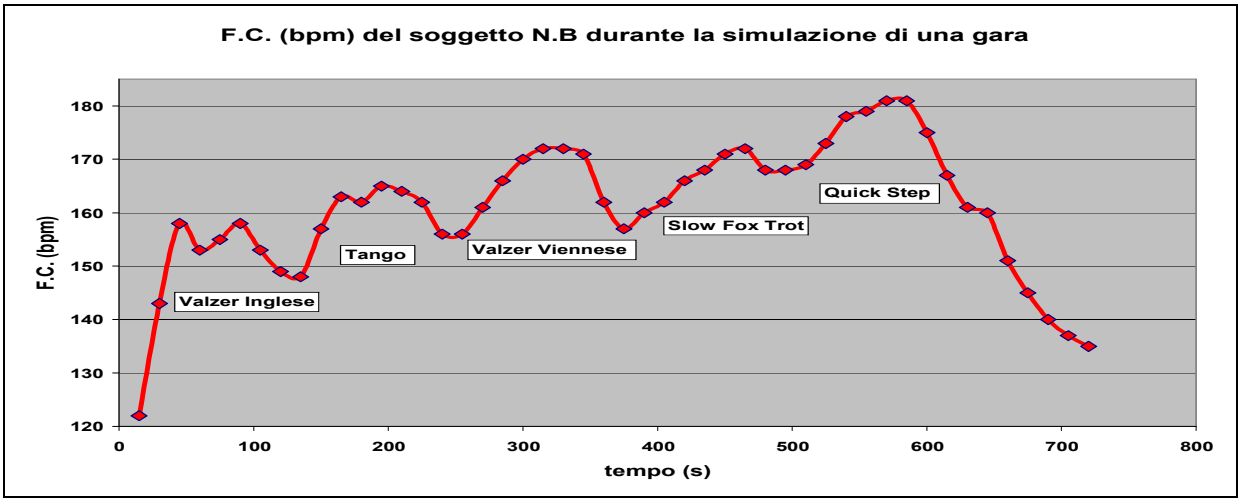

Figura 43

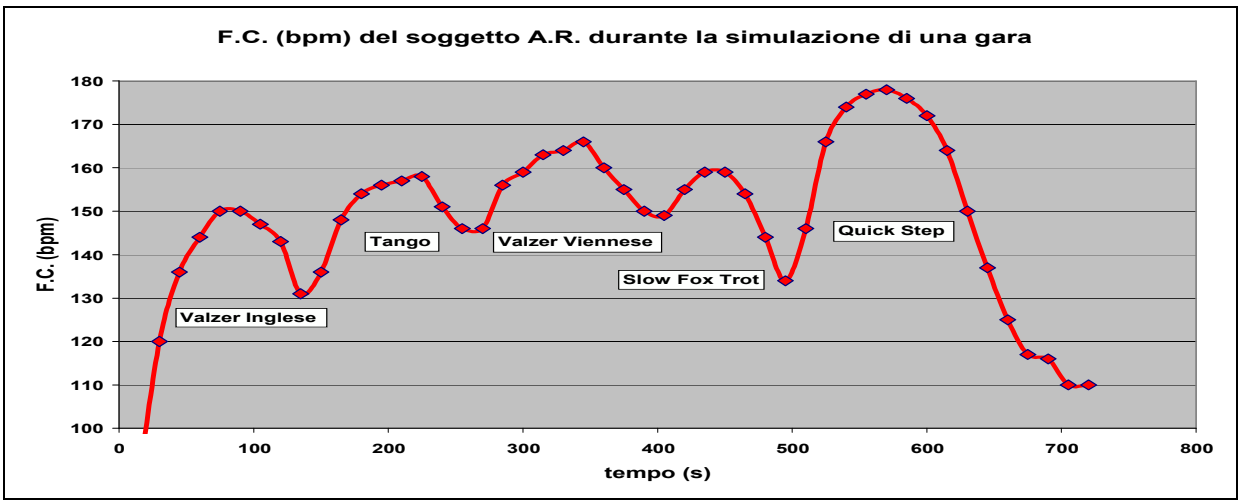

Figura 44

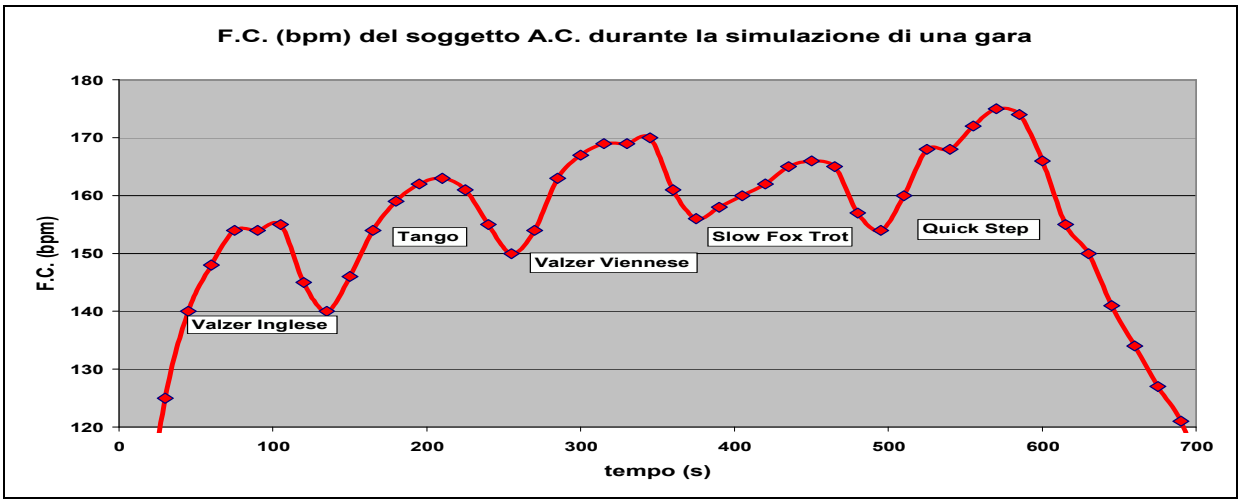

Figura 45

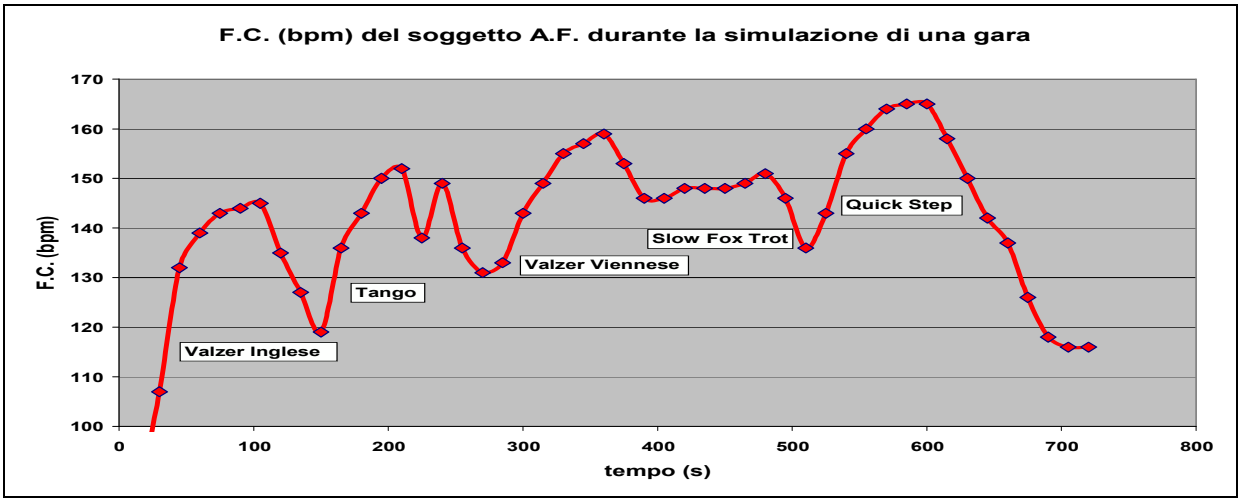

Figura 46

Nel grafico sottostante (FIG.47) è stata espressa la media della frequenza cardiaca, rilevata in tutti i soggetti sopra indicati.

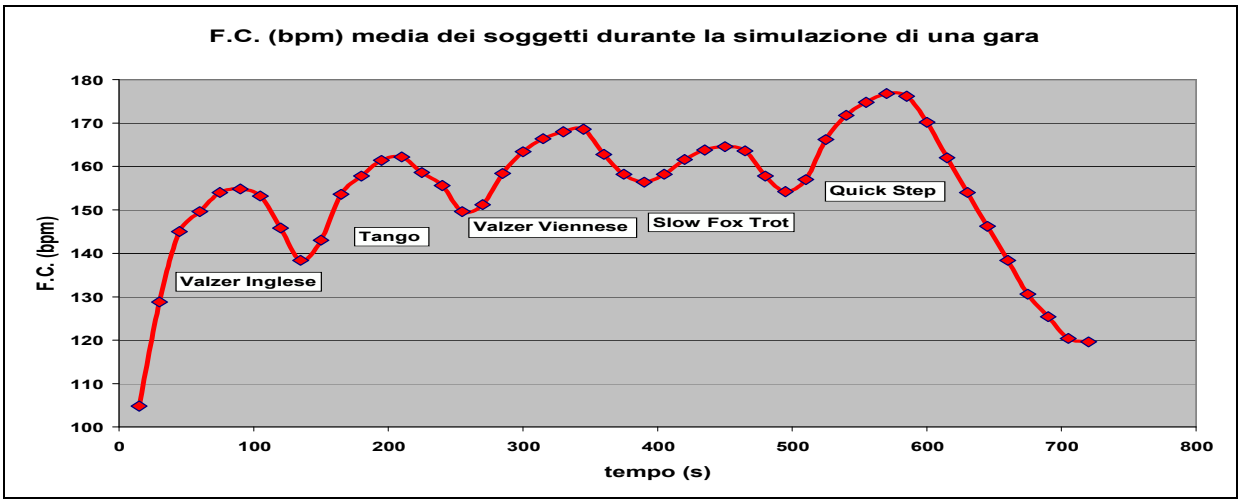

Figura 47

Dai grafici sopra esposti si può notare l'andamento dei parametri di frequenza cardiaca (FC) e consumo di ossigeno (VO_2), durante la simulazione di gara.
Tali parametri, come si può osservare, hanno valori diversi nei differenti balli.
In particolare i primi due balli, Valzer Inglese e Tango, mostrano dei valori di FC e VO_2 mediamente bassi, mentre nel ballo successivo, Valzer Viennese, si raggiungono dei valori molto più alti .

Durante il quarto ballo di gara, lo Slow Fox Trot, si osserva una riduzione di tali valori, per poi osservare un nuovo innalzamento che raggiunge il massimo valore nell'ultimo ballo di gara, il Quick Step.

Nel grafico (FIG.48) è stata messa in relazione la media dei valori del consumo di ossigeno con la media dei valori della frequenza cardiaca, rilevati durante la simulazione di gara.

Si può osservare che i valori riscontrati sono molto simili e che le relazioni tra frequenza cardiaca e consumo di ossigeno sono sostanzialmente lineari (sovrapponibili).

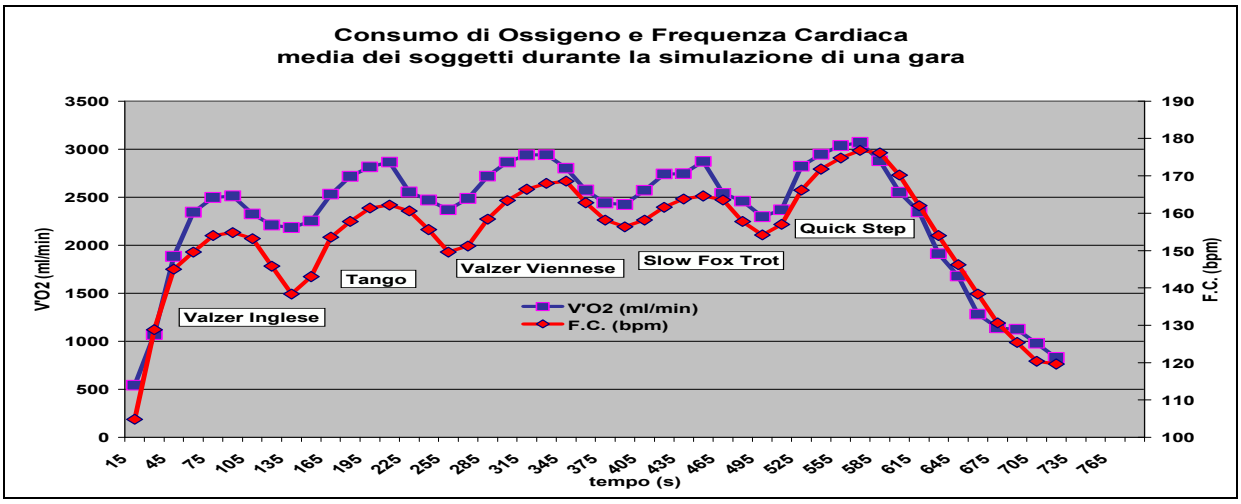

Figura 48

5.2 CONSUMO ENERGETICO DI OGNI SINGOLO BALLO

Il consumo di ossigeno di ciascun soggetto durante ogni singolo ballo è raffigurato nei seguenti grafici (da FIG.49 a FIG.53):

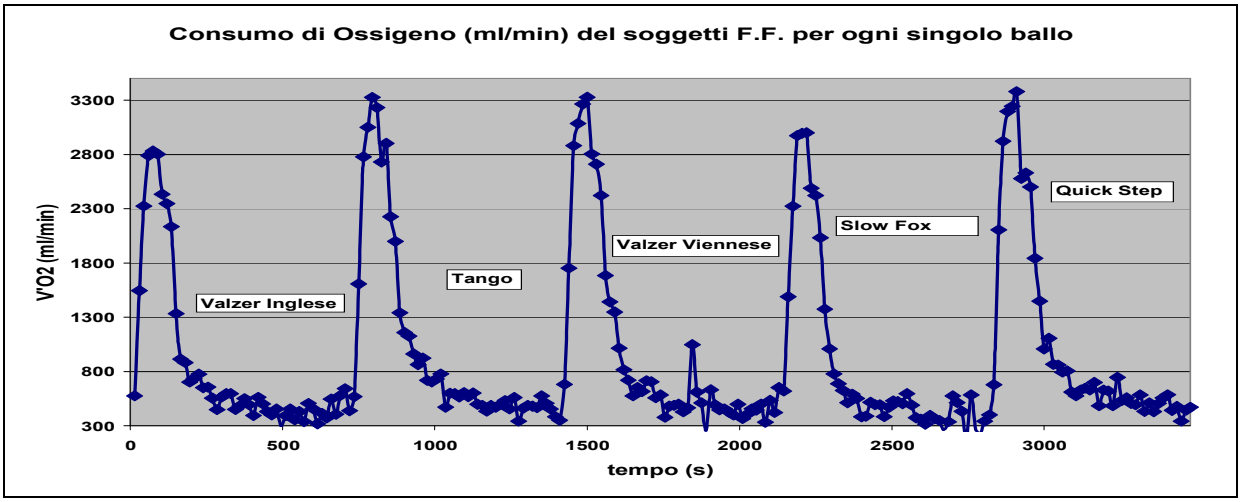

Figura 49

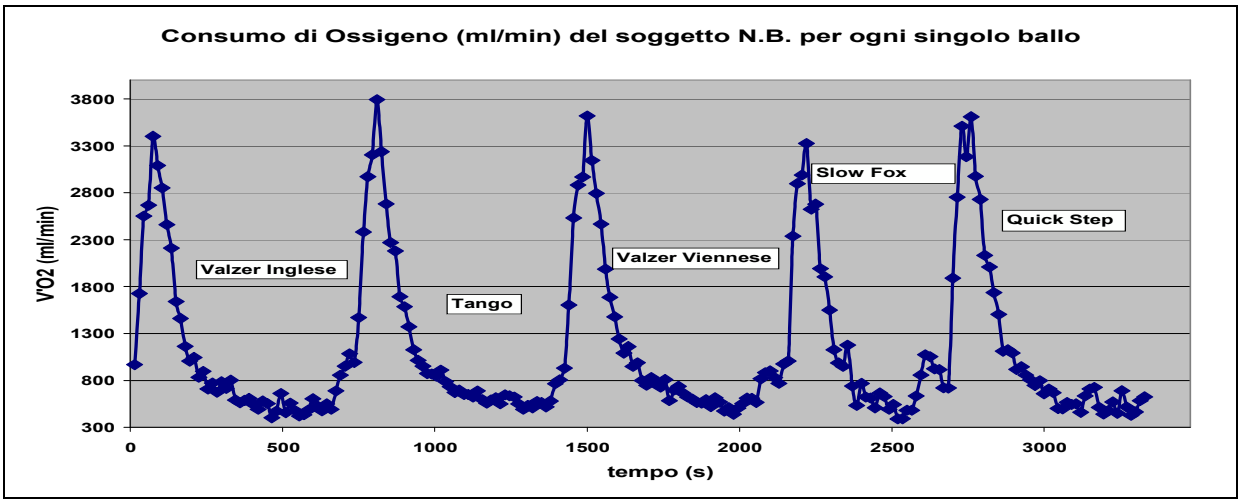

Figura 50

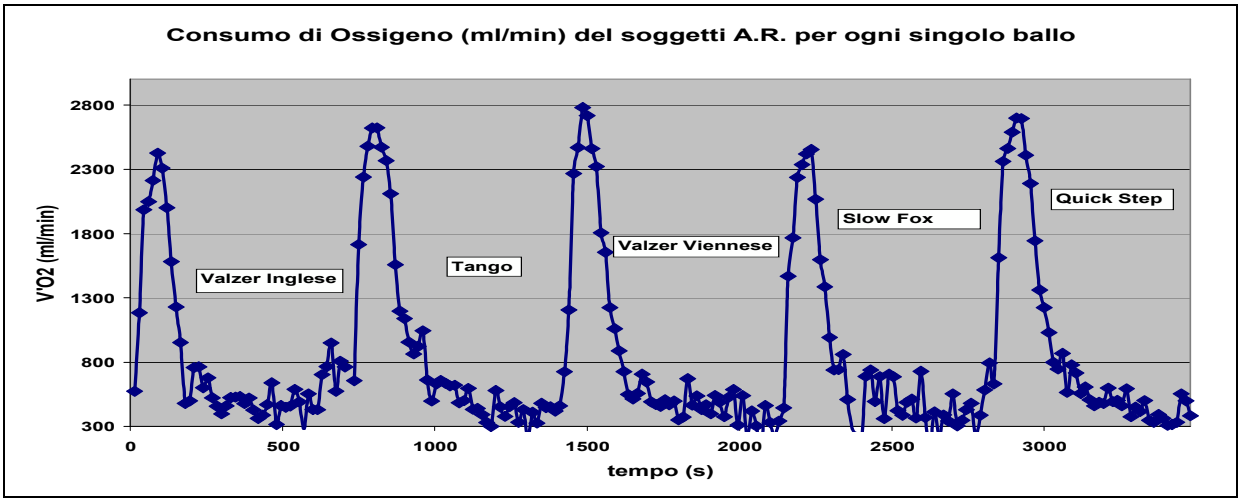

Figura 51

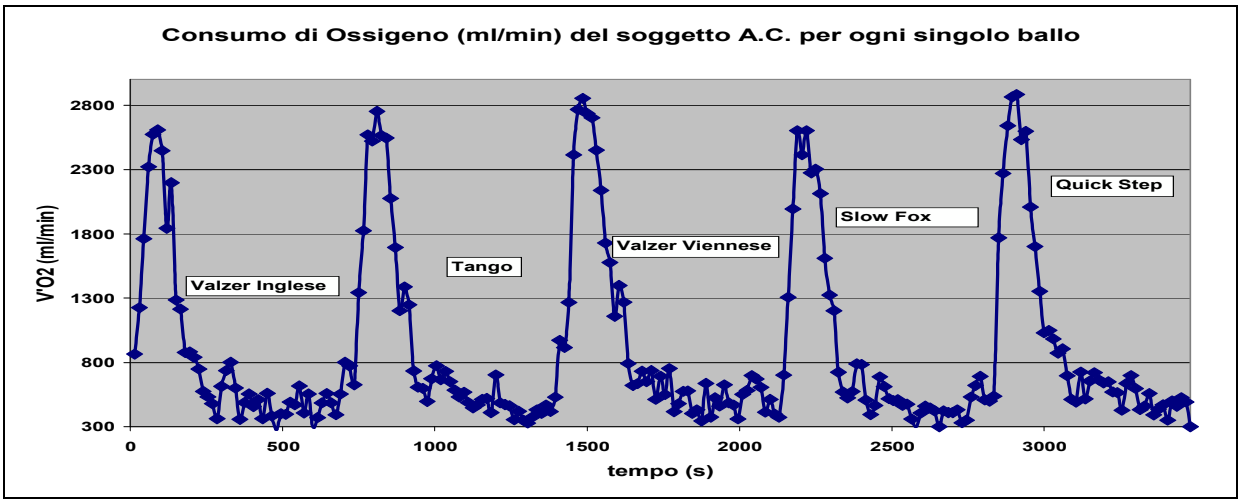

Figura 52

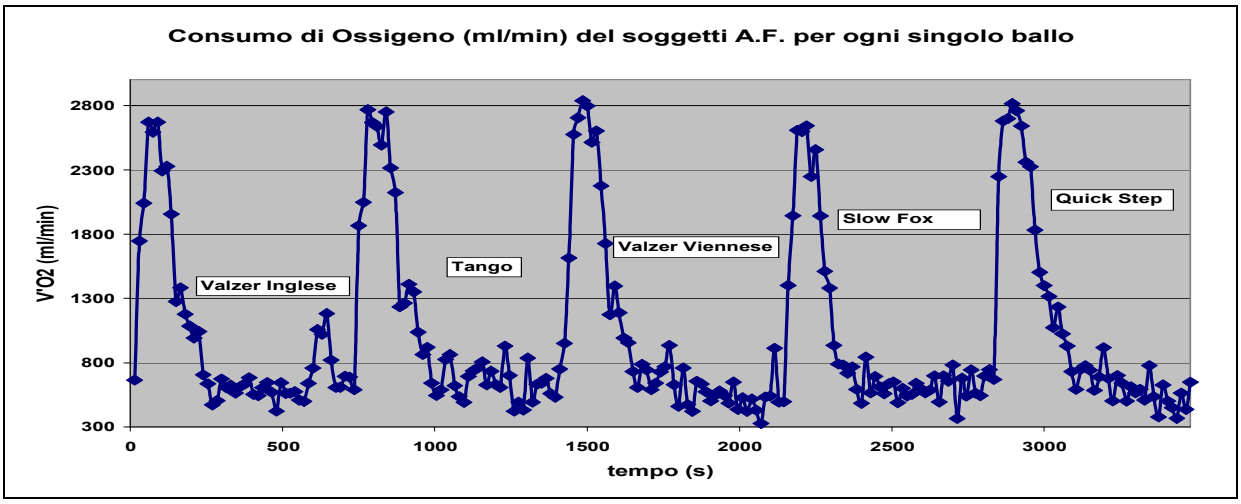

Figura 53

Nel grafico sottostante (FIG.54) è stata espressa la media del consumo di ossigeno rilevata in tutti i soggetti sopra indicati.

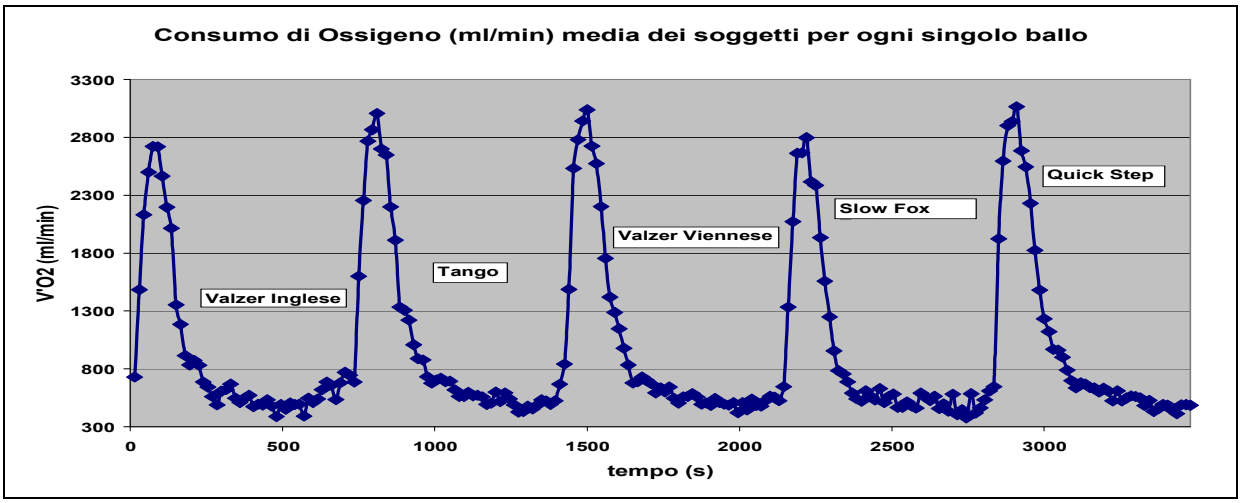

Figura 54

La frequenza cardiaca di ciascun soggetto durante ogni singolo ballo è raffigurata nei seguenti grafici (da FIG.55 a FIG.59):

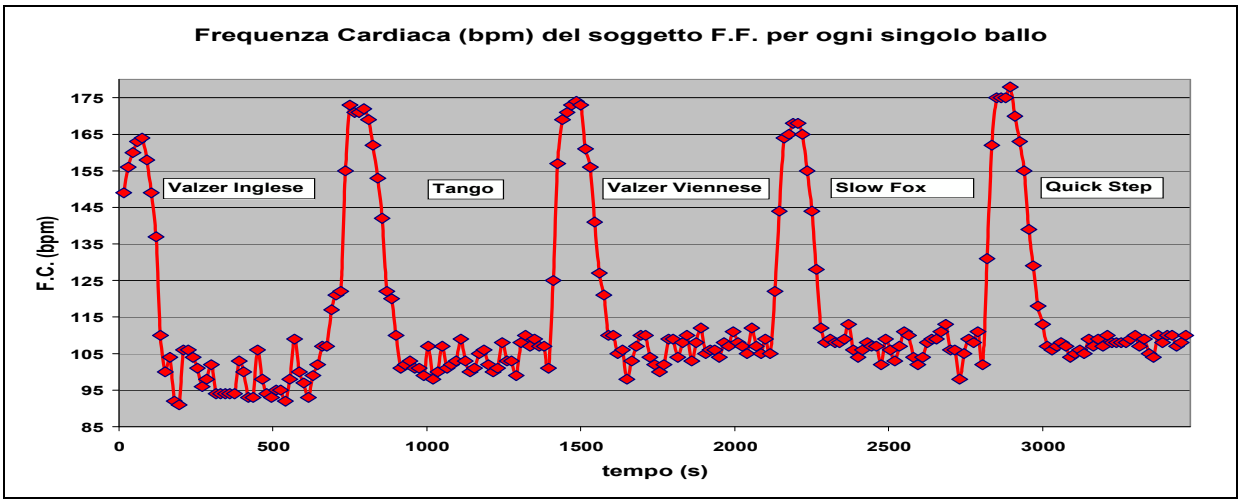

Figura 55

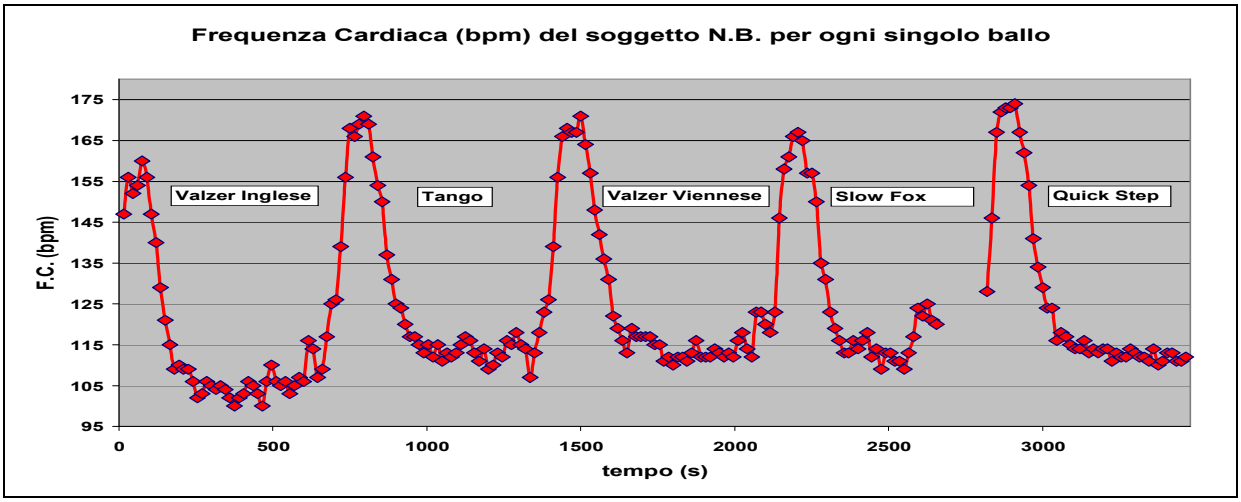

Figura 56

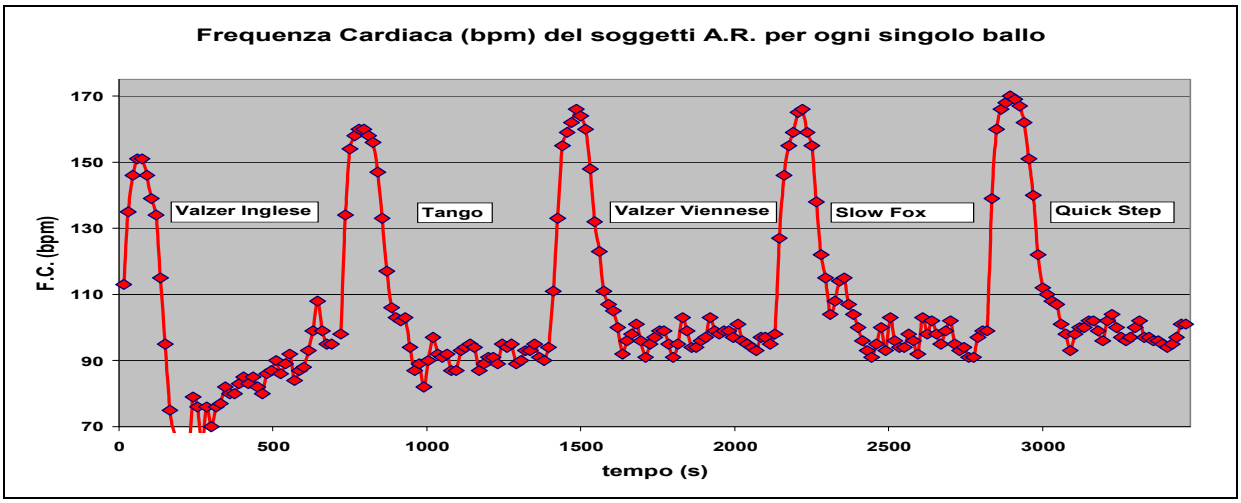

Figura 57

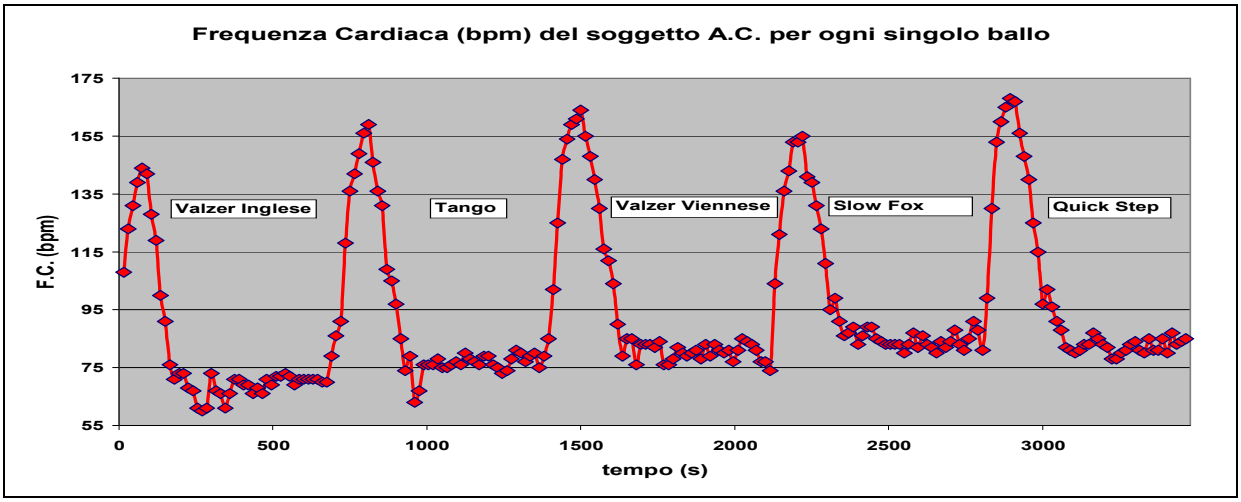

Figura 58

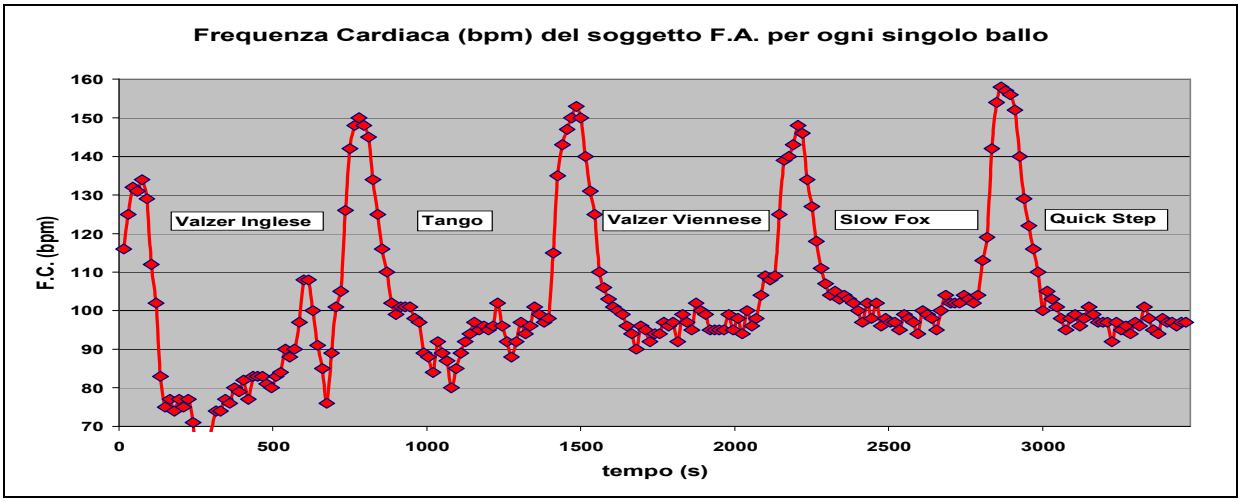

Figura 59

Nel grafico sottostante (FIG.60) è stata espressa la media della frequenza cardiaca, rilevata in tutti i soggetti sopra indicati.

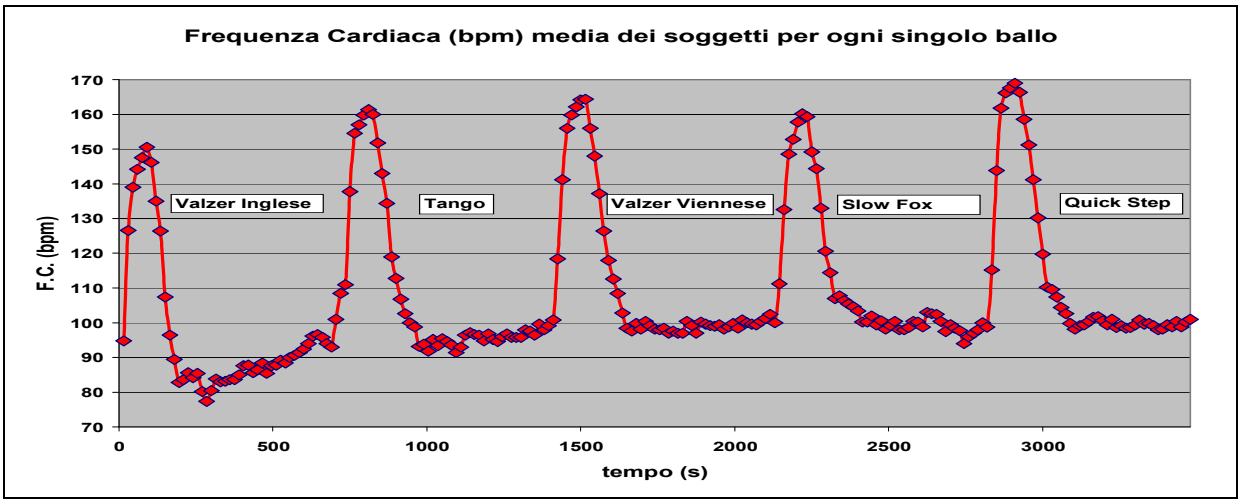

Figura 60

Nel grafico (FIG.61) è stata messa in relazione la media dei valori del consumo di ossigeno con la media dei valori della frequenza cardiaca, rilevati durante ogni singolo ballo.

Si può osservare che i valori riscontrati sono molto simili e le relazioni tra frequenza cardiaca e consumo di ossigeno sono sostanzialmente lineari (sovrapponibili).

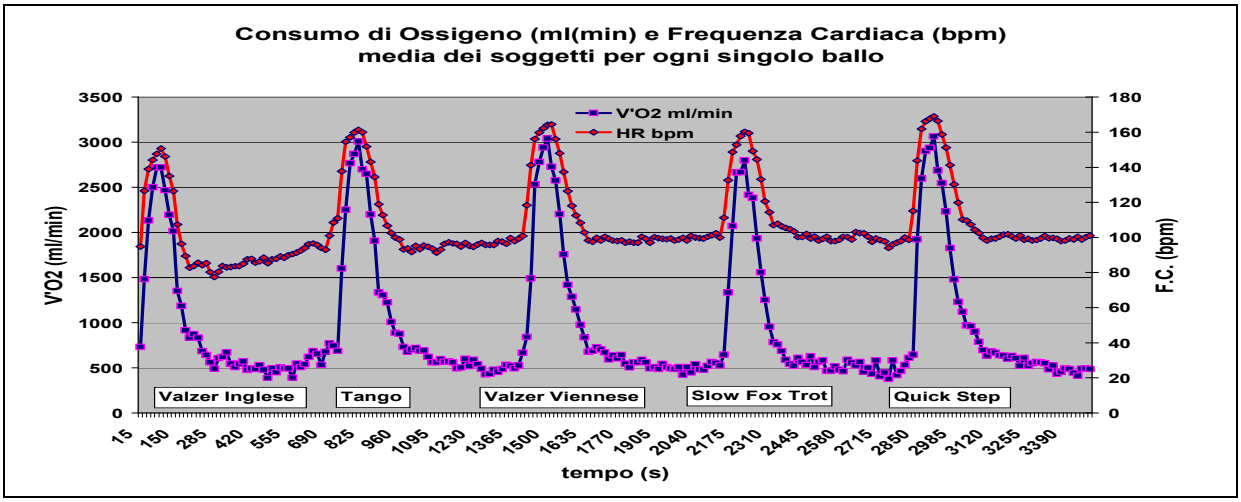

Figura 61

Il lattato di ciascun soggetto durante ogni singolo ballo è raffigurato nei seguenti grafici (da FIG.62 a FIG.66):

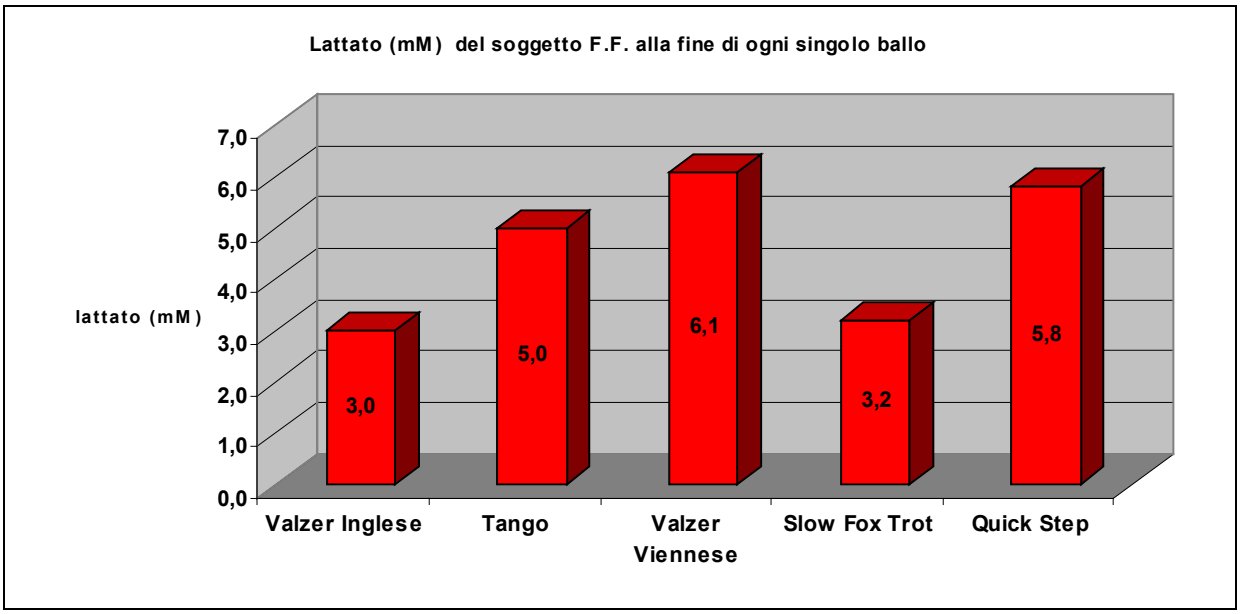

Figura 62

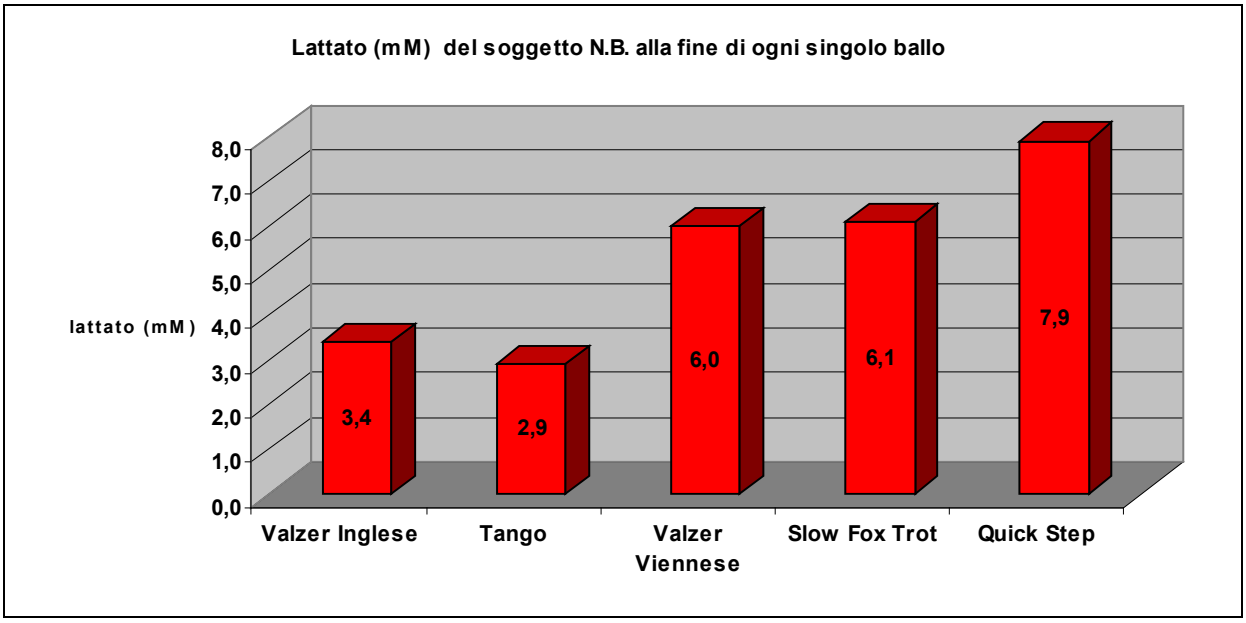

Figura 63

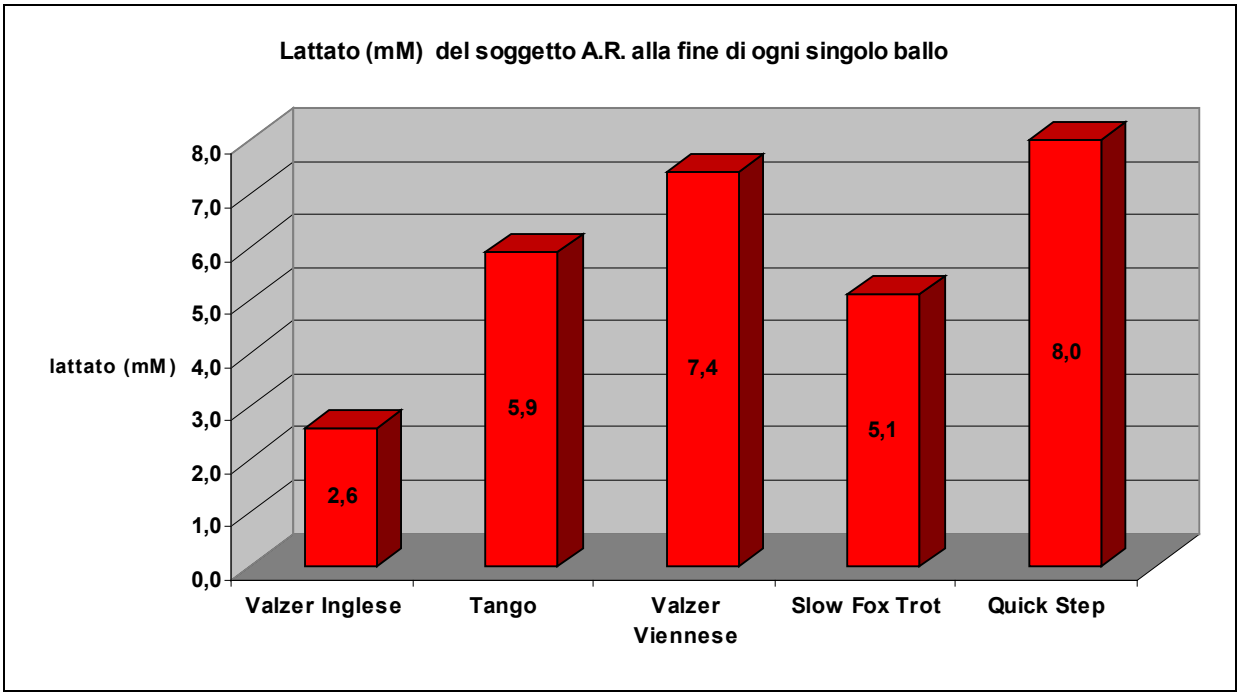

Figura 64

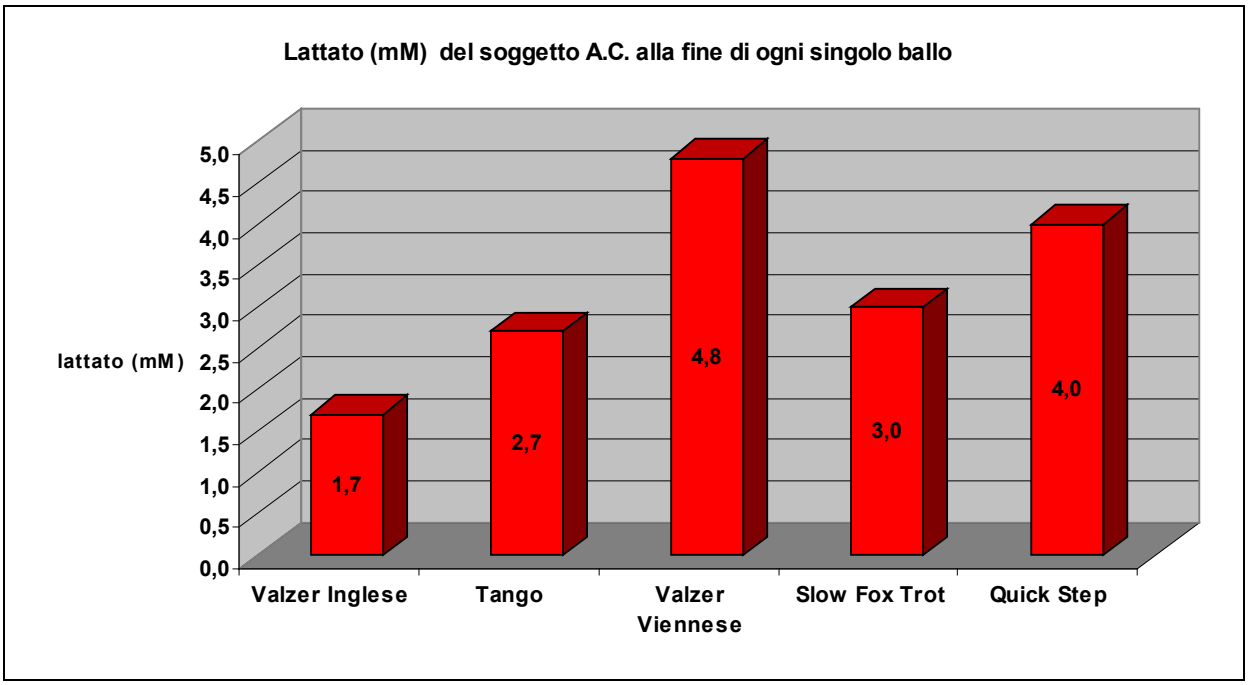

Figura 65

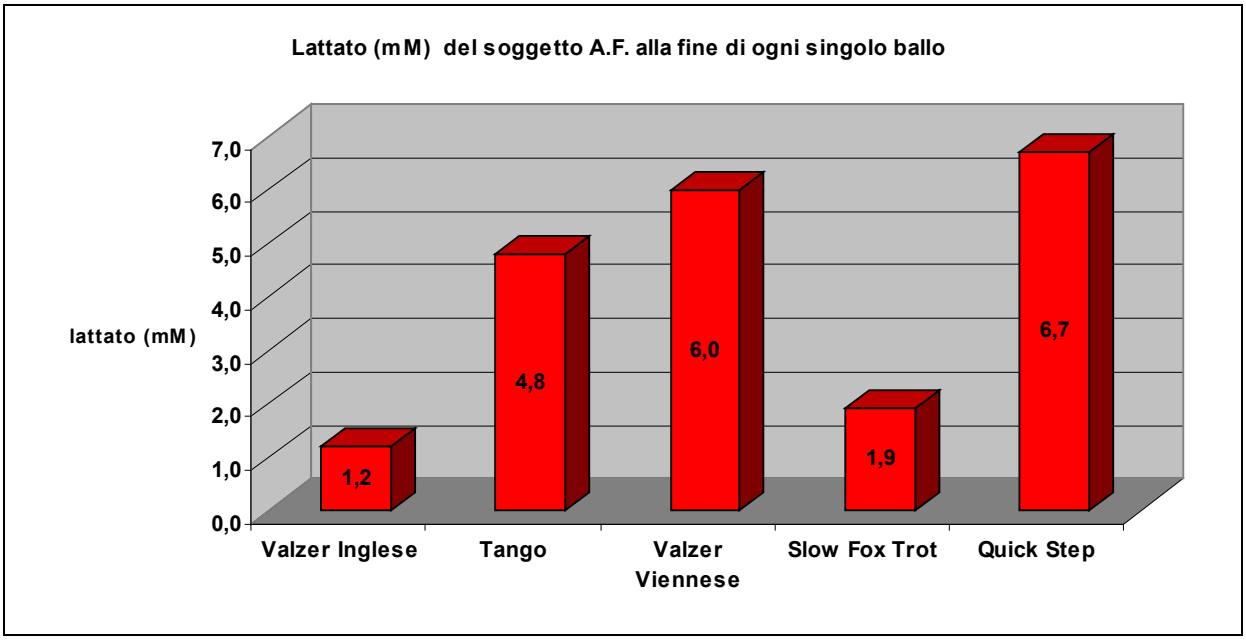

Figura 66

Nel grafico sottostante (FIG.67) è stata espressa la media dei valori di lattato rilevato in tutti i soggetti sopra indicati:

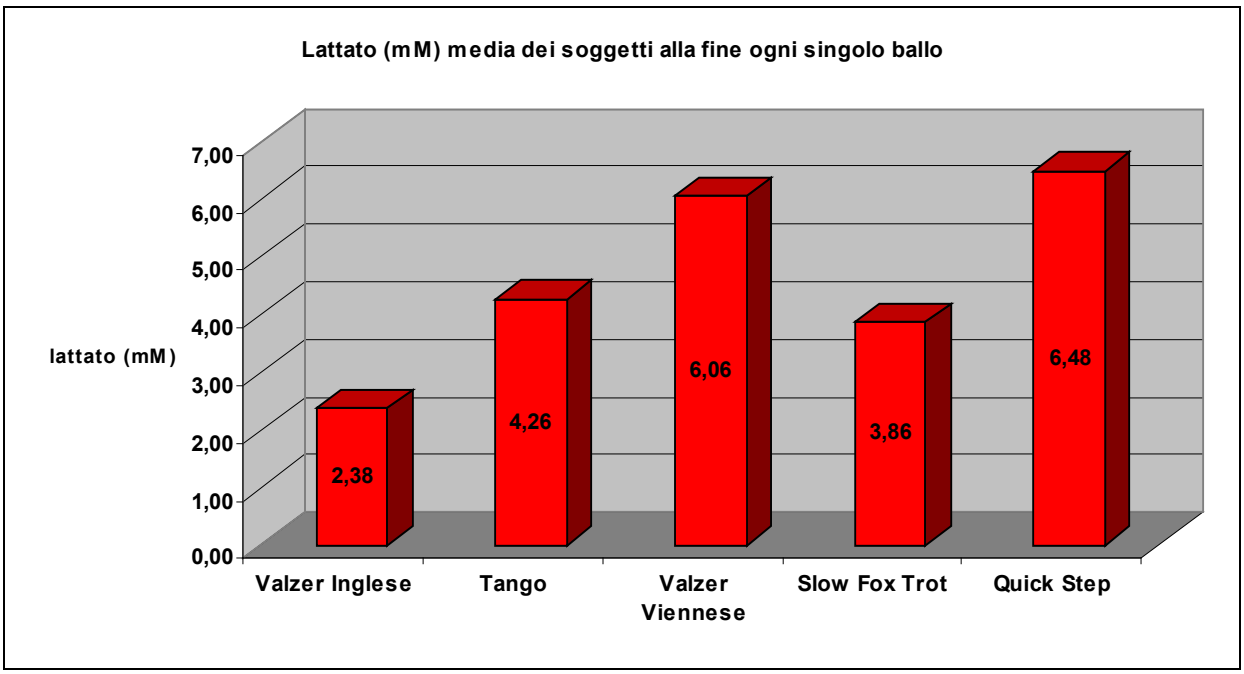

Figura 67

Il Consumo energetico (kcal/min) di ciascun soggetto durante ogni singolo ballo è raffigurato nei seguenti grafici (da FIG.68 a FIG.72):

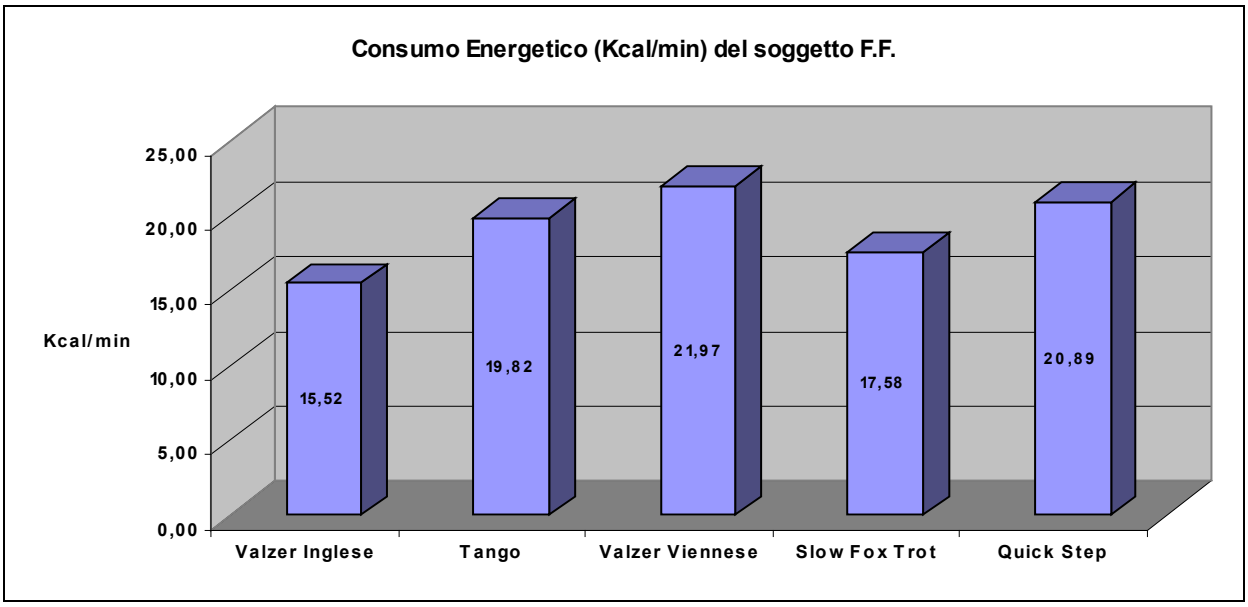

Figura 68

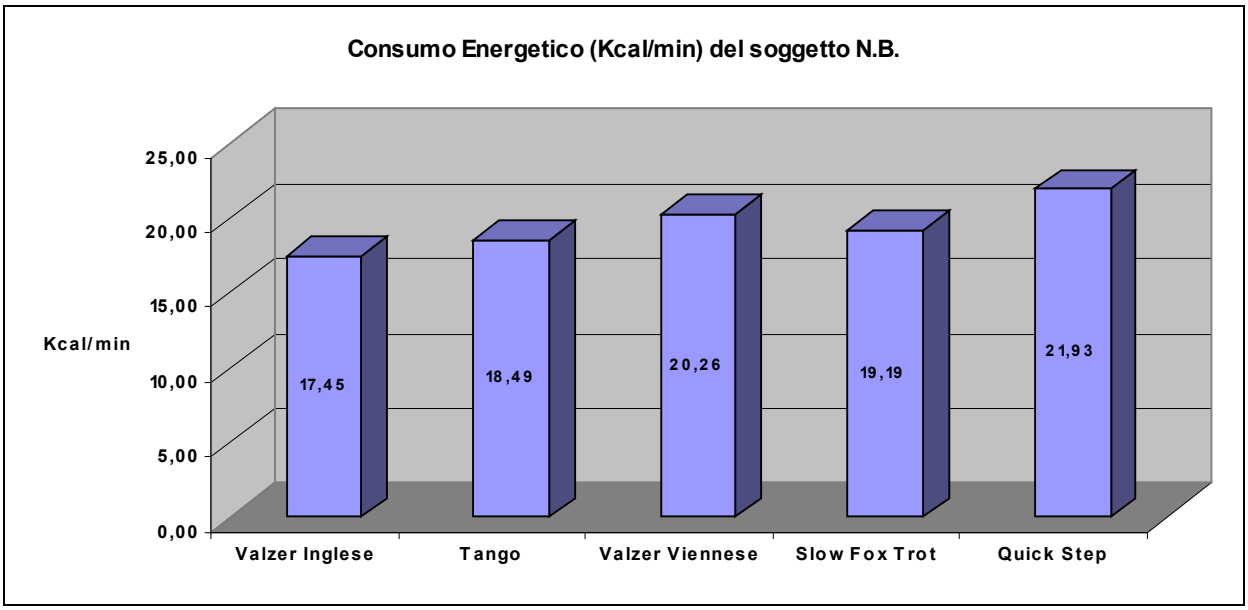

Figura 69

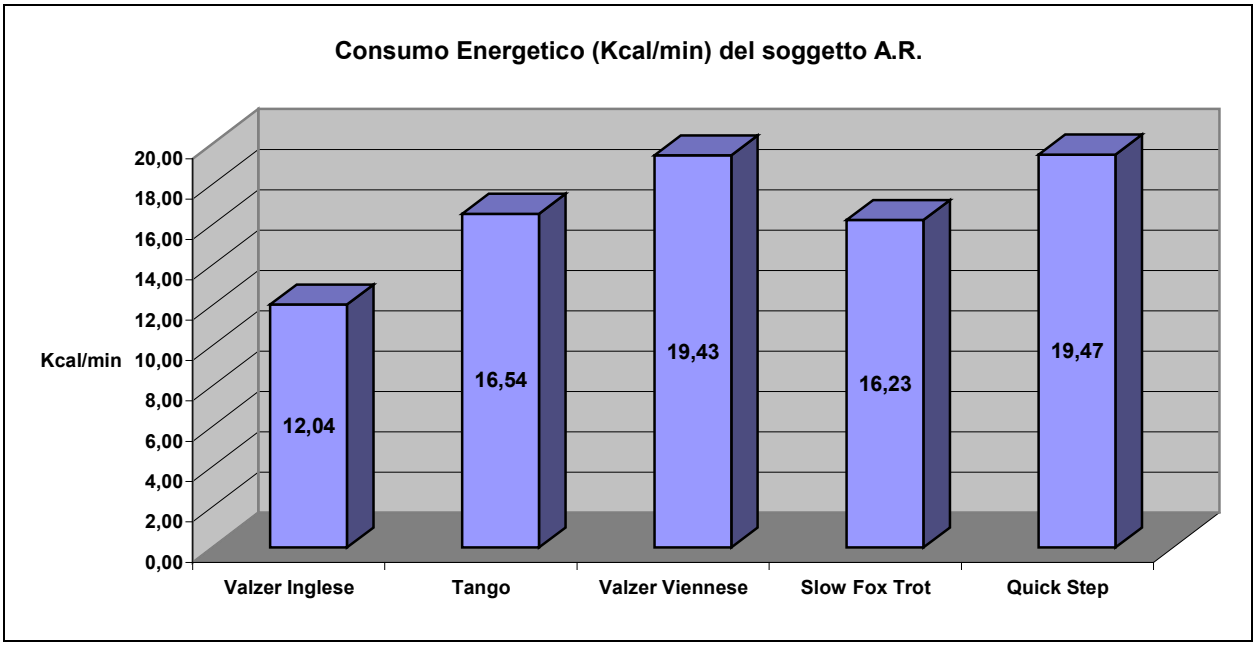

Figura 70

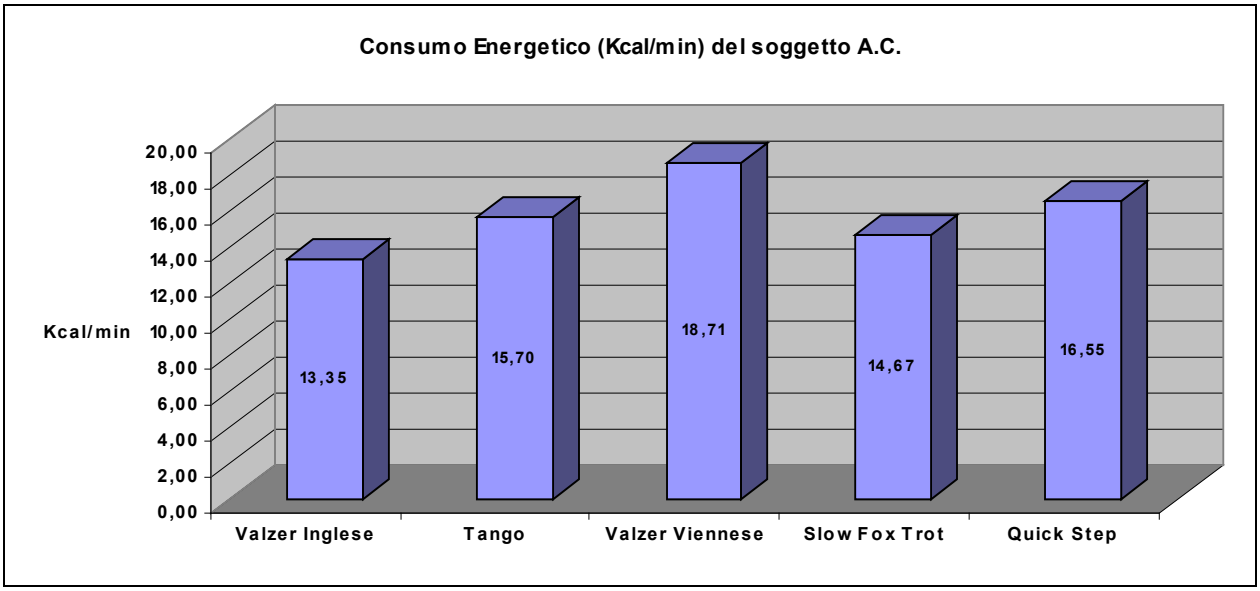

Figura 71

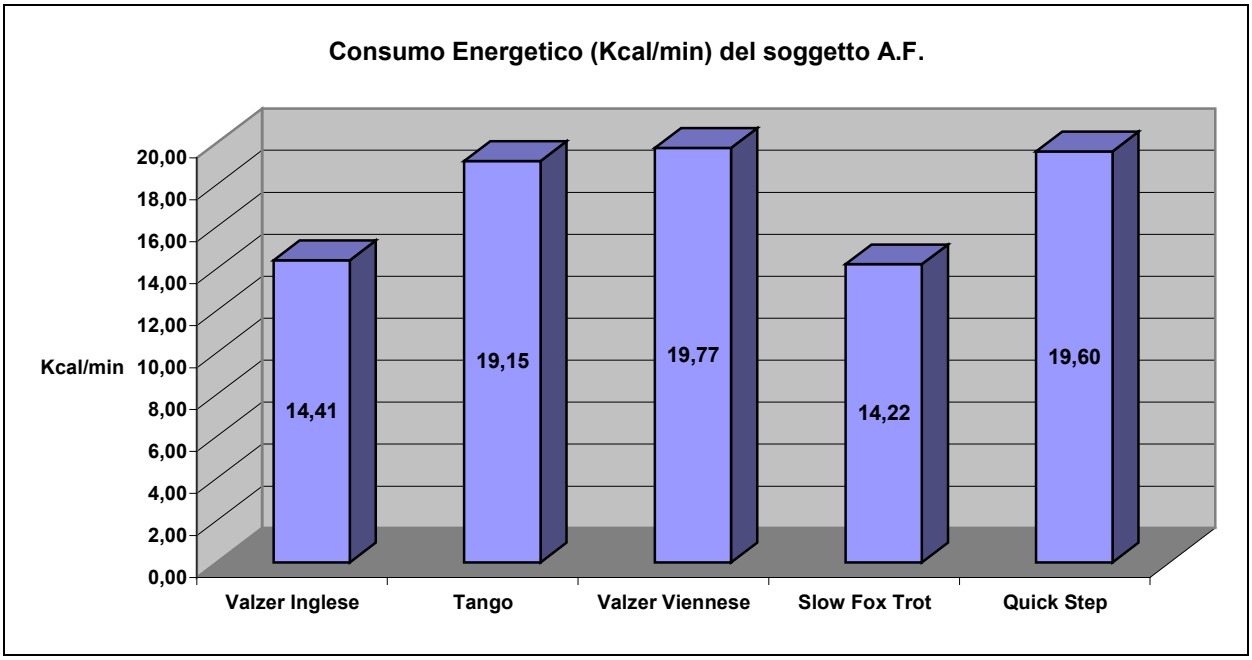

Figura 72

Nel grafico sottostante (FIG.73), è stata espressa la media del consumo energetico rilevato in tutti i soggetti sopra indicati:

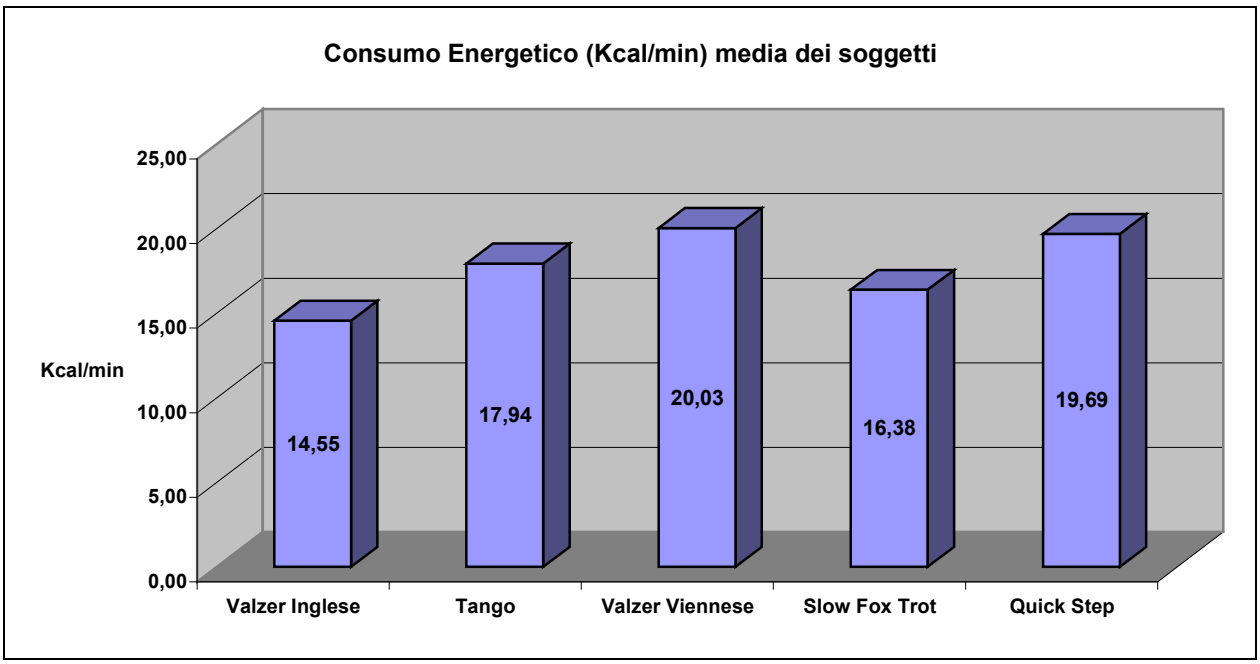

Figura 73

Il Consumo energetico ed il lattato ematico di ciascun soggetto durante ogni singolo ballo sono raffigurati nei seguenti grafici (da FIG.74 a FIG.78):

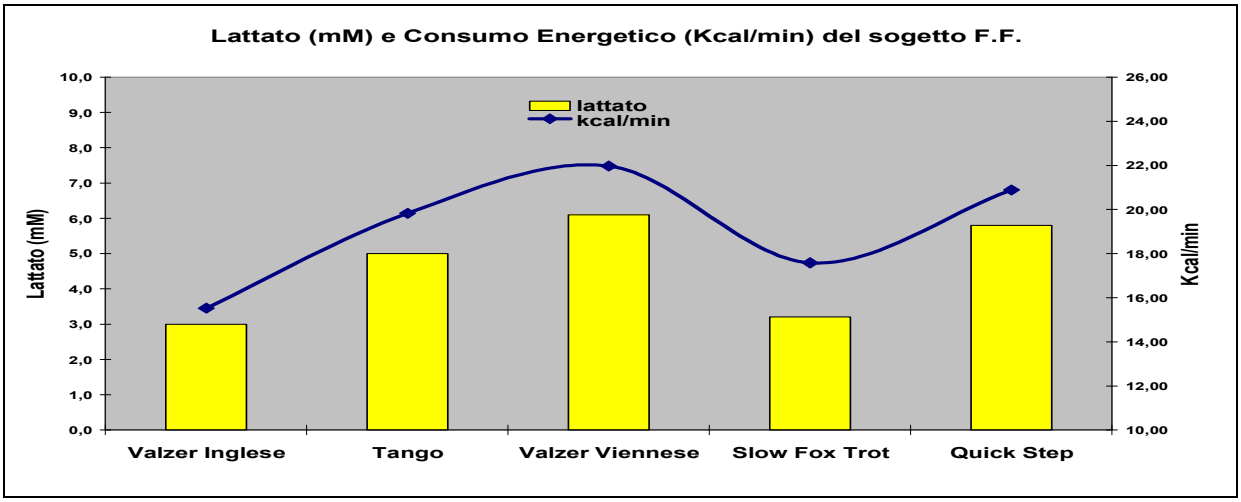

Figura 74

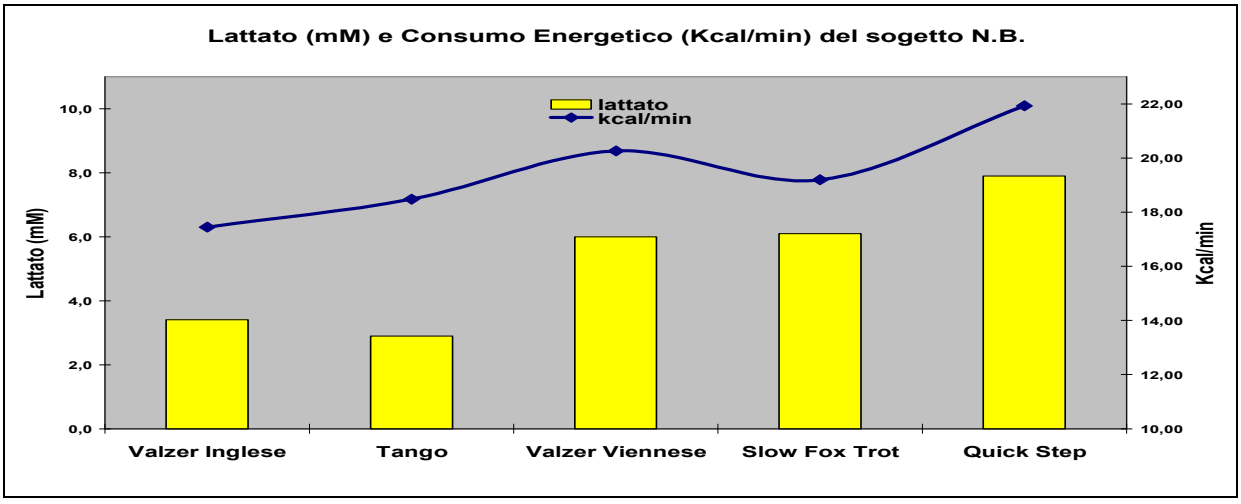

Figura 75

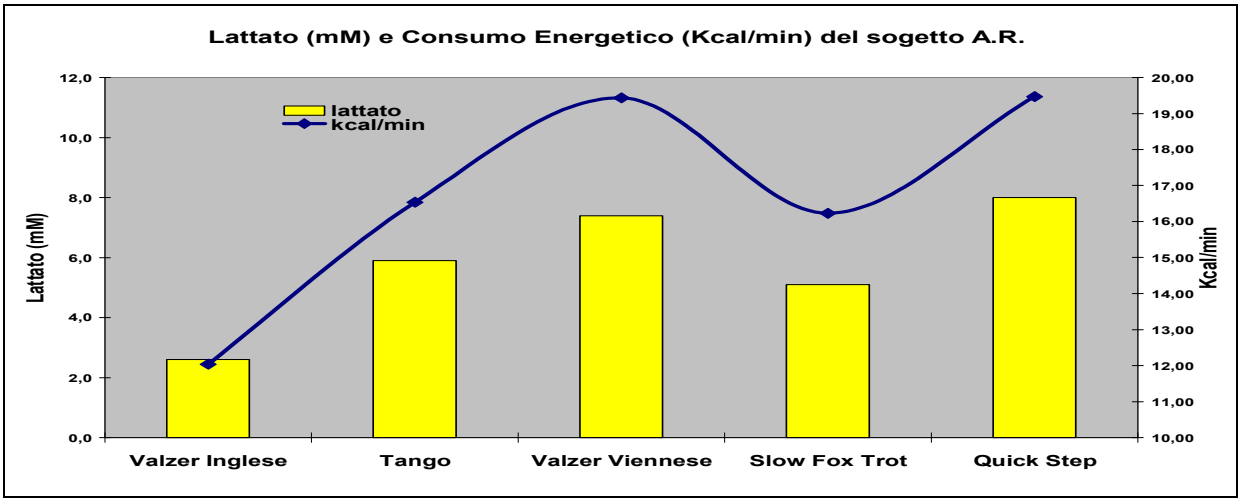

Figura 76

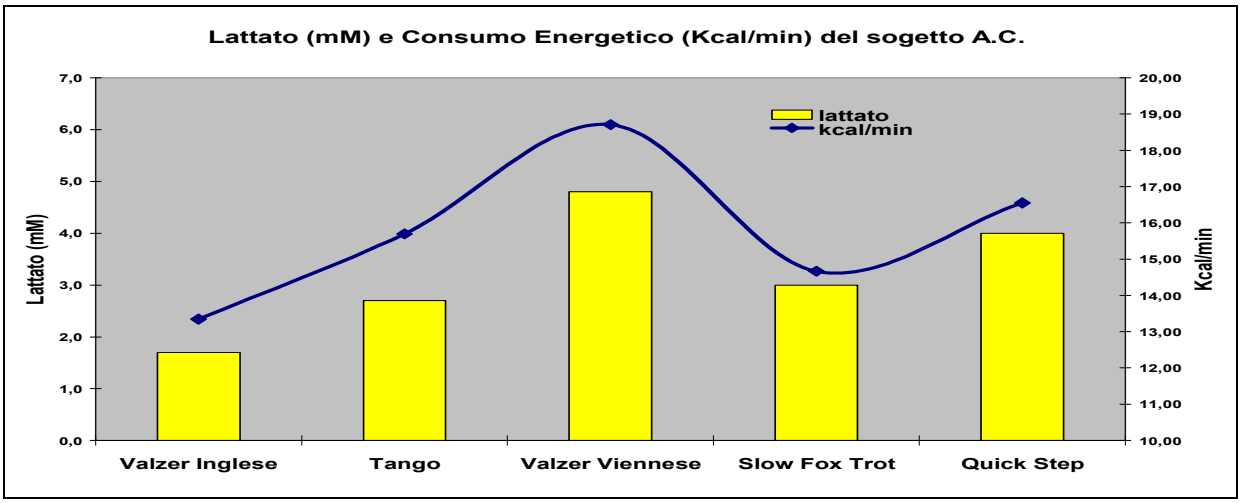

Figura 77

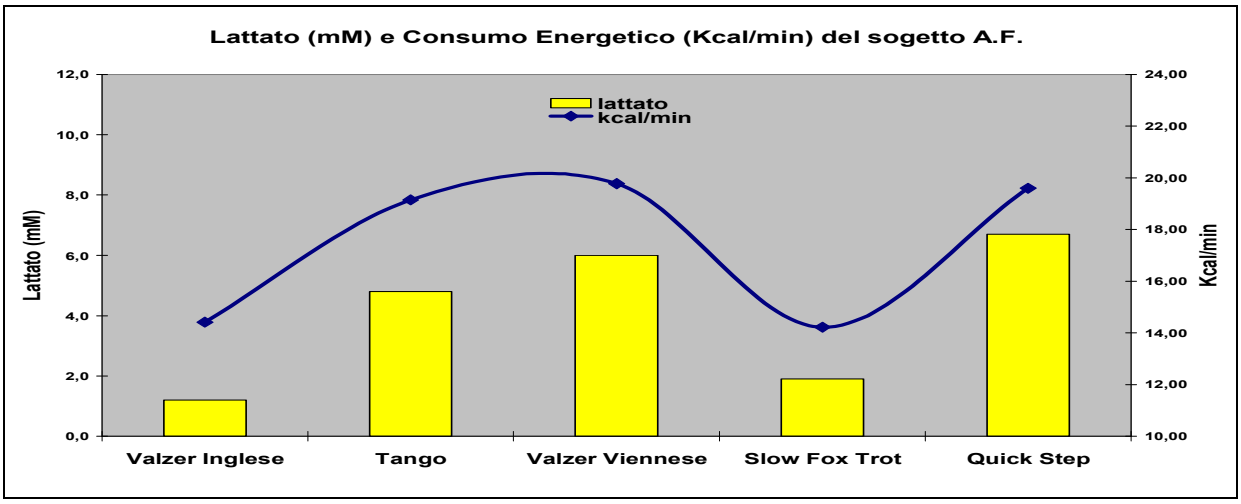

Figura 78

Nel grafico sottostante (FIG.79) è stata messa in relazione la media dei valori del consumo energetico, con la media dei valori del lattato rilevati durante ogni singolo ballo, inoltre, è stata evidenziata anche la deviazione standard.

Si può osservare che i valori riscontrati sono molto simili e che le relazioni tra consumo energetico e lattato ematico sono sostanzialmente lineari.

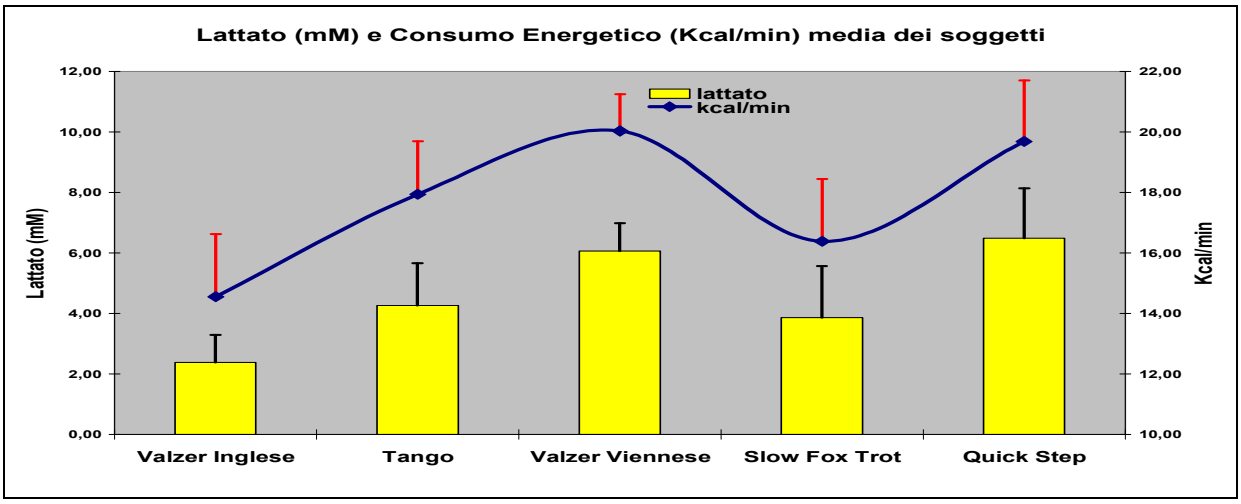

Figura 79

5.3 TEST PER DETERMINARE IL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO E LA FREQUENZA CARDIACA MASSIMA

Il consumo di ossigeno di ciascun soggetto durante una prova a potenza metabolica crescente è raffigurato nei seguenti grafici (da FIG.80 a FIG.84):

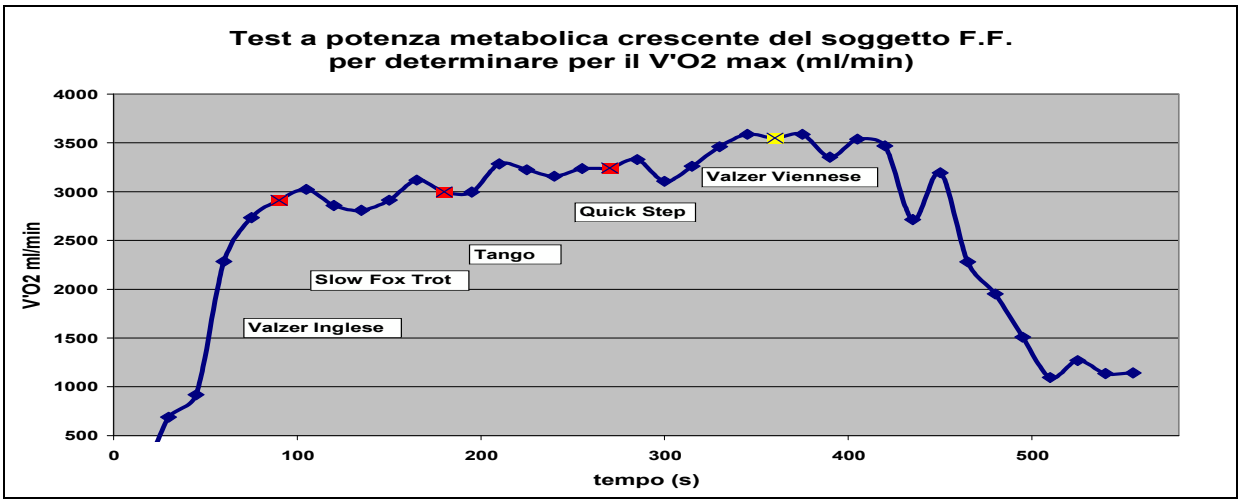

Figura 80

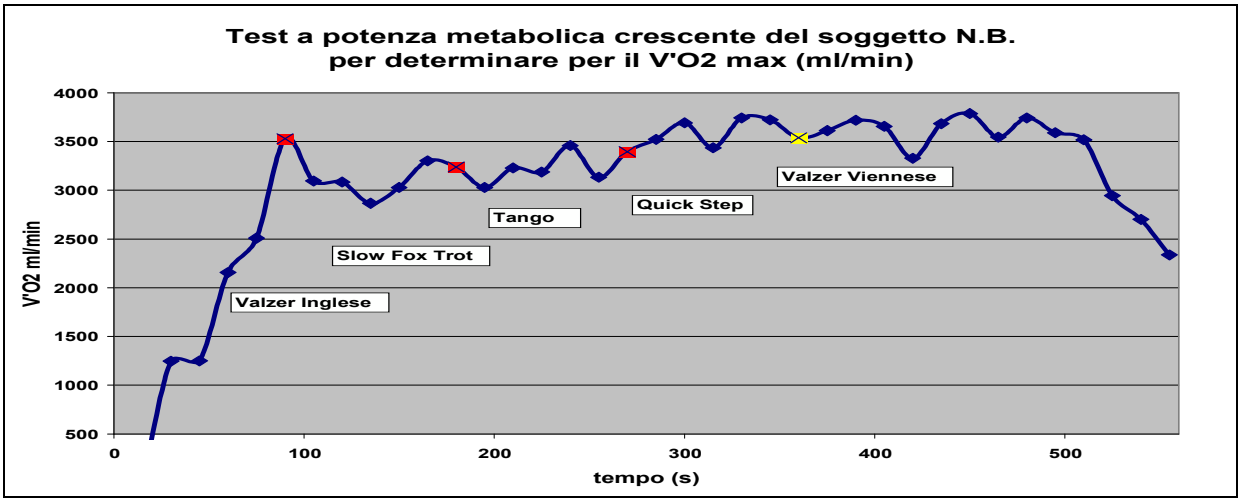

Figura 81

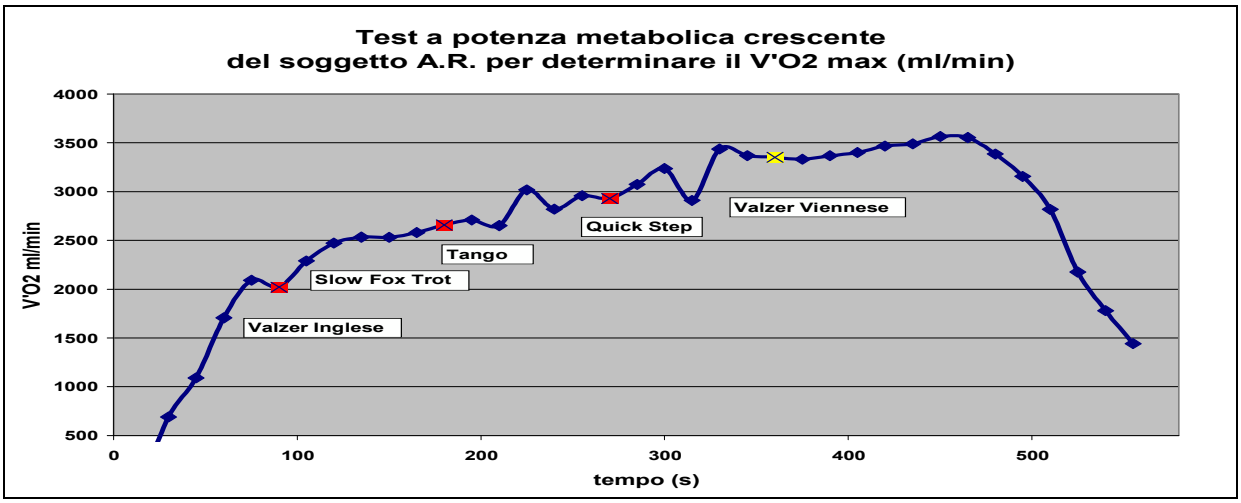

Figura 82

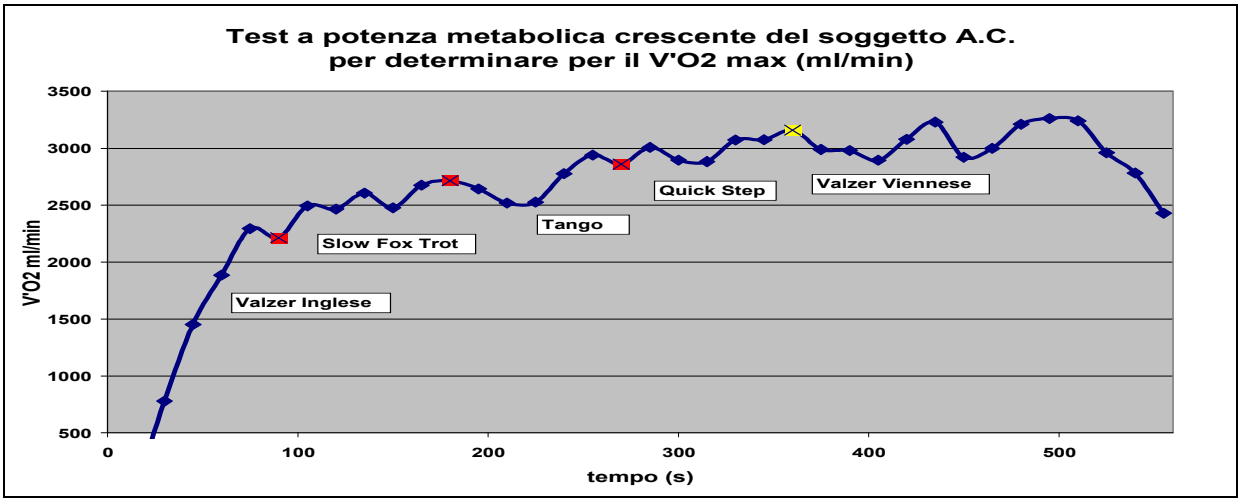

Figura 83

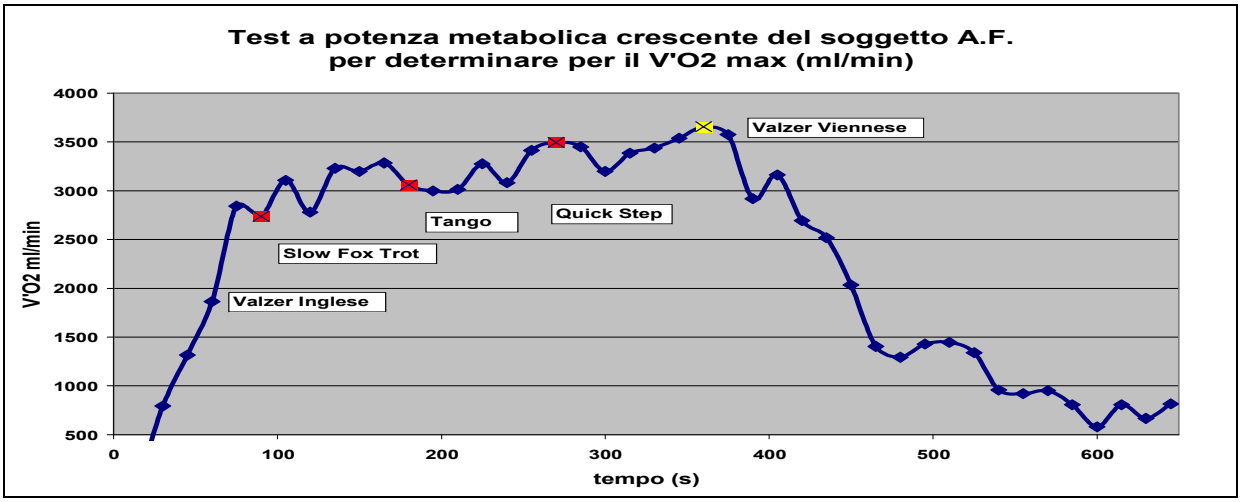

Figura 84

Nel grafico sottostante (FIG.85), è stata espressa la media del massimo consumo d'ossigeno, rilevato in tutti i soggetti sopra indicati:

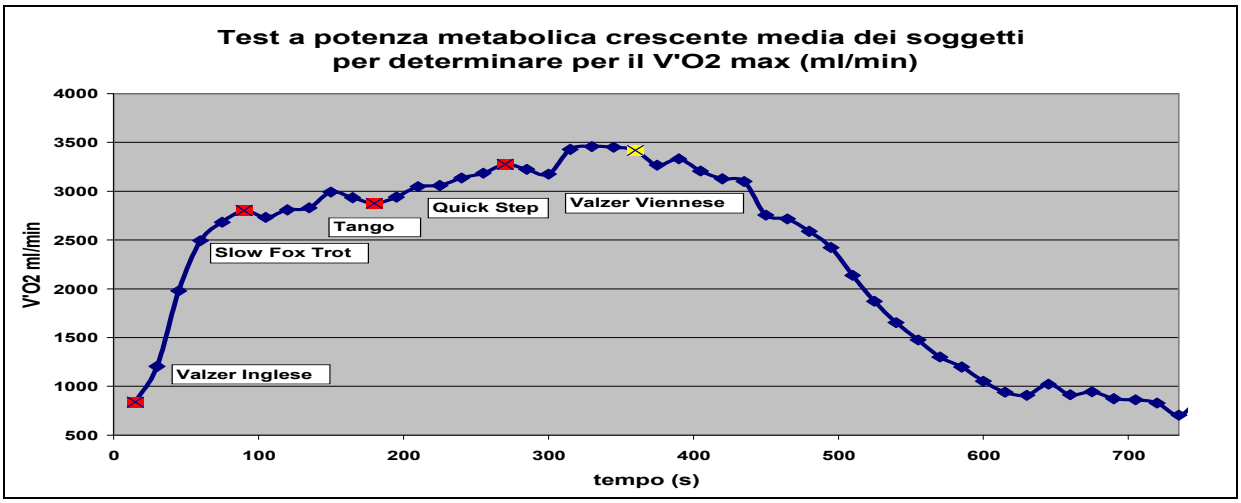

Figura 85

La frequenza cardiaca di ciascun soggetto durante una prova a potenza metabolica crescente è raffigurato nei seguenti grafici (da FIG.86 a FIG.90):

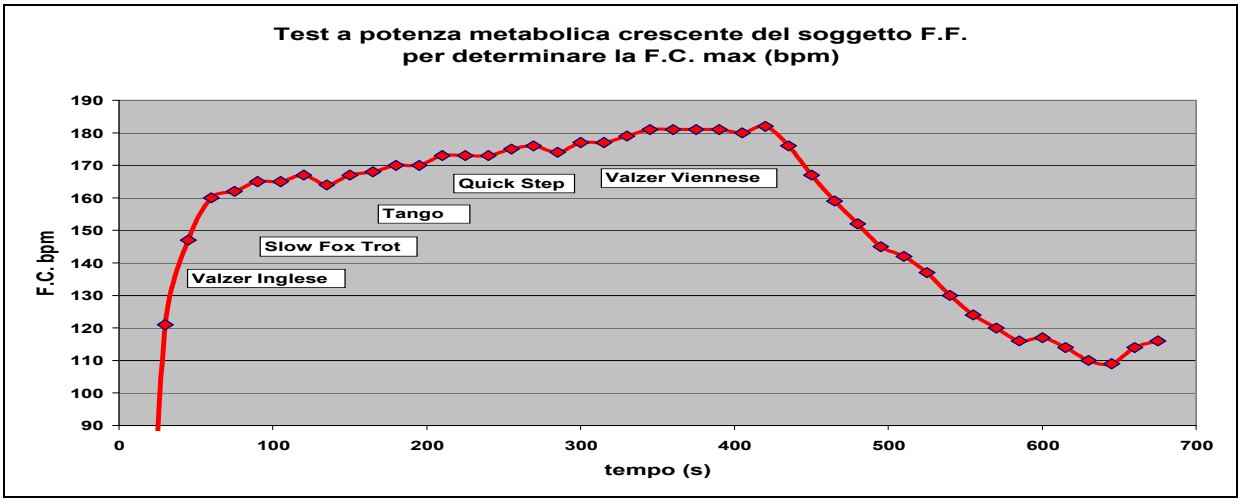

Figura 86

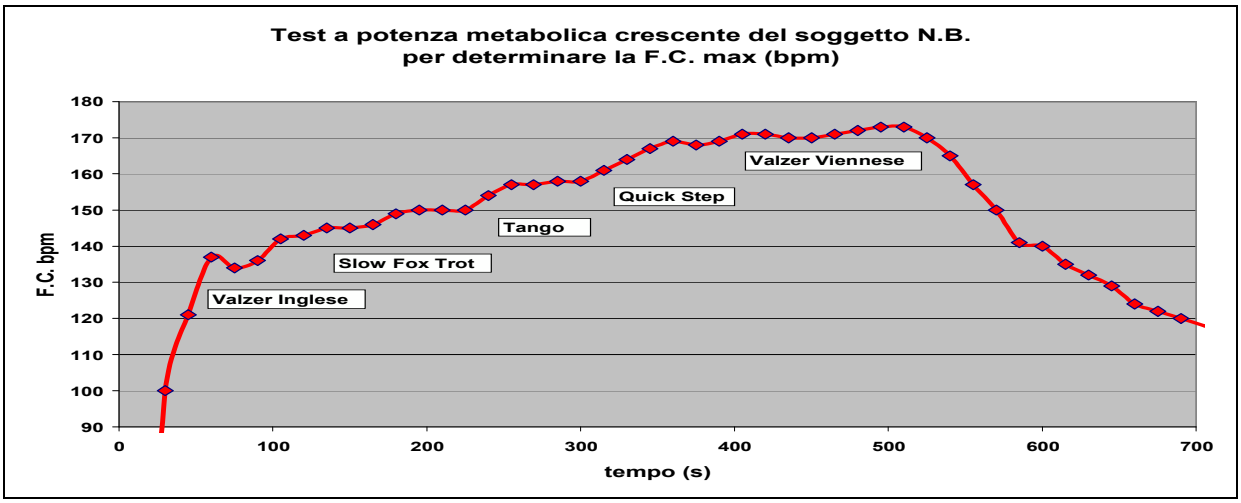

Figura 87

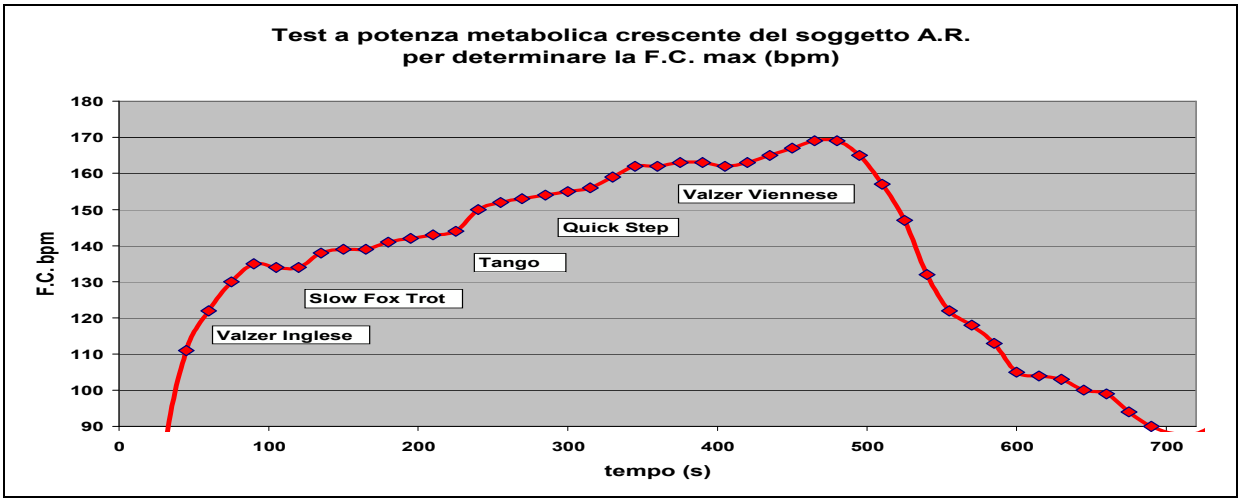

Figura 88

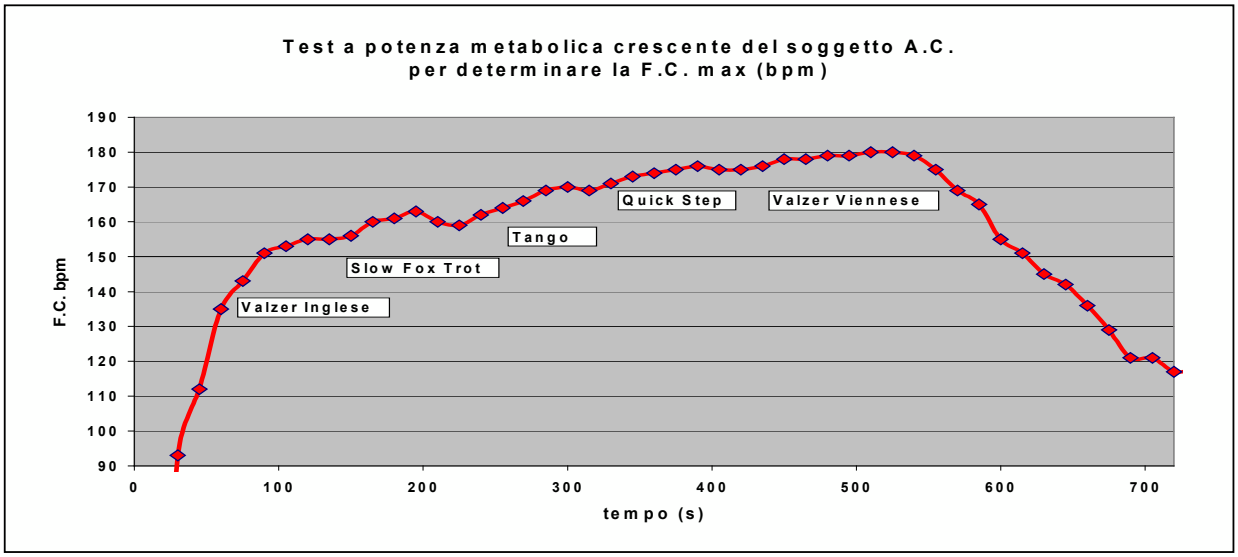

Figura 89

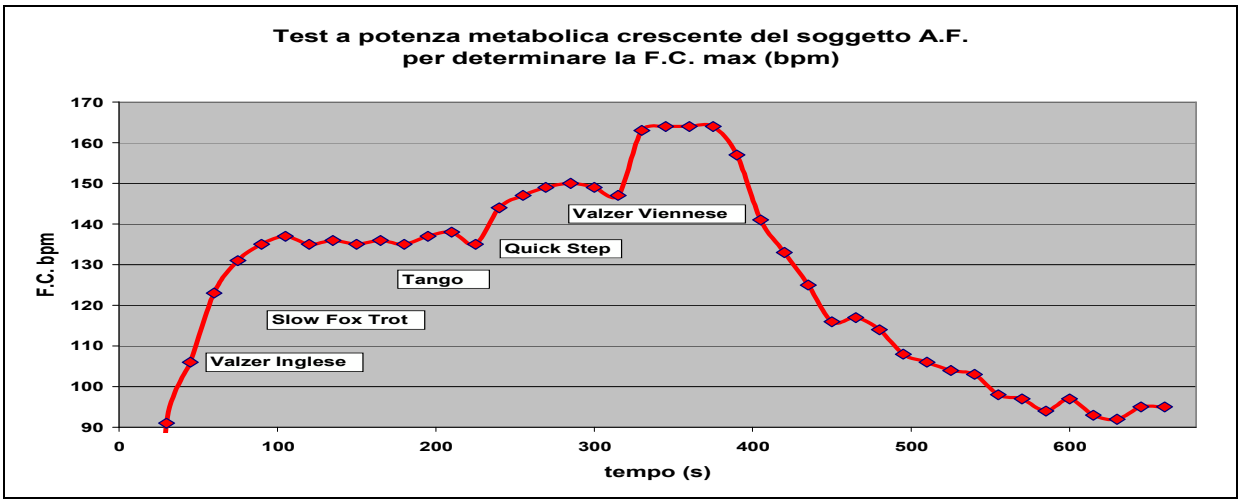

Figura 90

Nel grafico sottostante (FIG.91), è stata espressa la media della massima frequenza cardiaca, rilevata in tutti i soggetti sopra indicati:

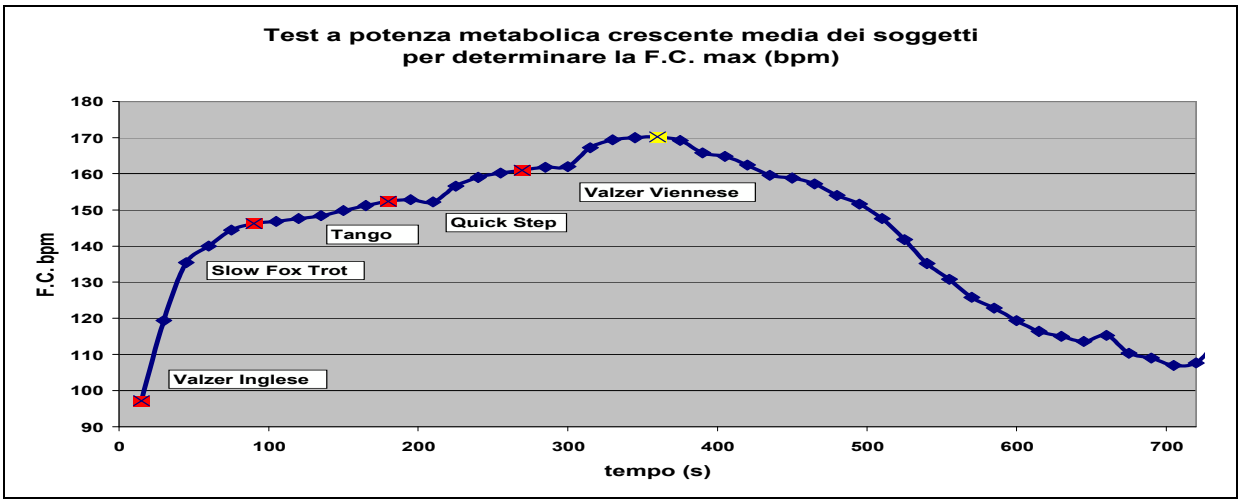

Figura 91

Nel grafico sottostante (FIG.92), è stata messa in relazione la media dei valori del massimo consumo di ossigeno con la media dei valori della frequenza cardiaca massima.

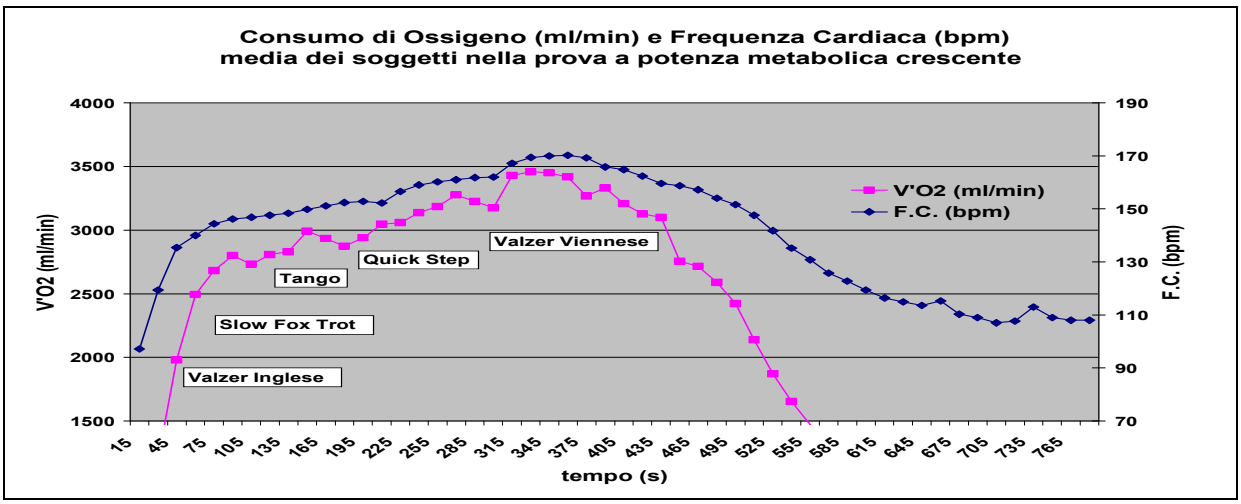

Figura 92

Nel grafico sottostante (FIG.93), sono stati messi a confronto i valori di Lattato rilevati alla fine della prova a potenza metabolica crescente dei singoli soggetti, e la media di tali valori.

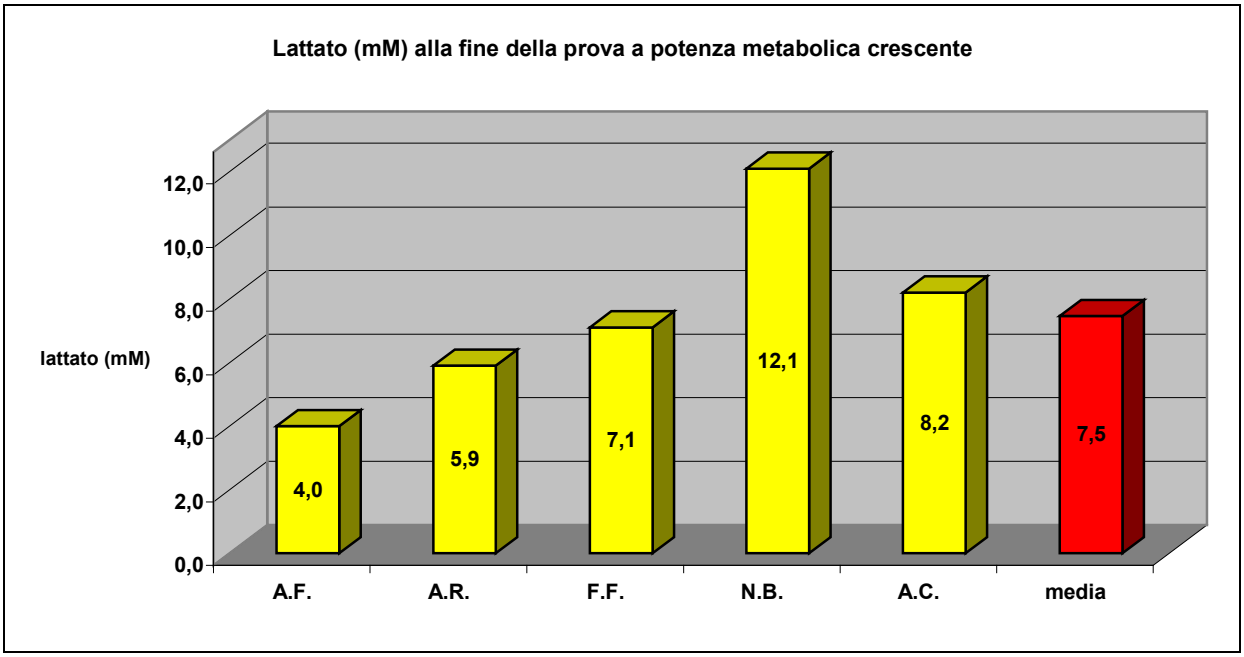

Figura 93

5.4 PERCENTUALE DEL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO DURANTE L'ANALISI METABOLICA DEL MODELLO DI PRESTAZIONE

Il consumo di ossigeno in percentuale rispetto al massimo raggiunto da ciascun soggetto, durante la simulazione della fase finale di una gara di danze standard, è raffigurato nei seguenti grafici (da FIG.94 a FIG.98) e nel grafico (FIG.99) è rappresentata la media di essi:

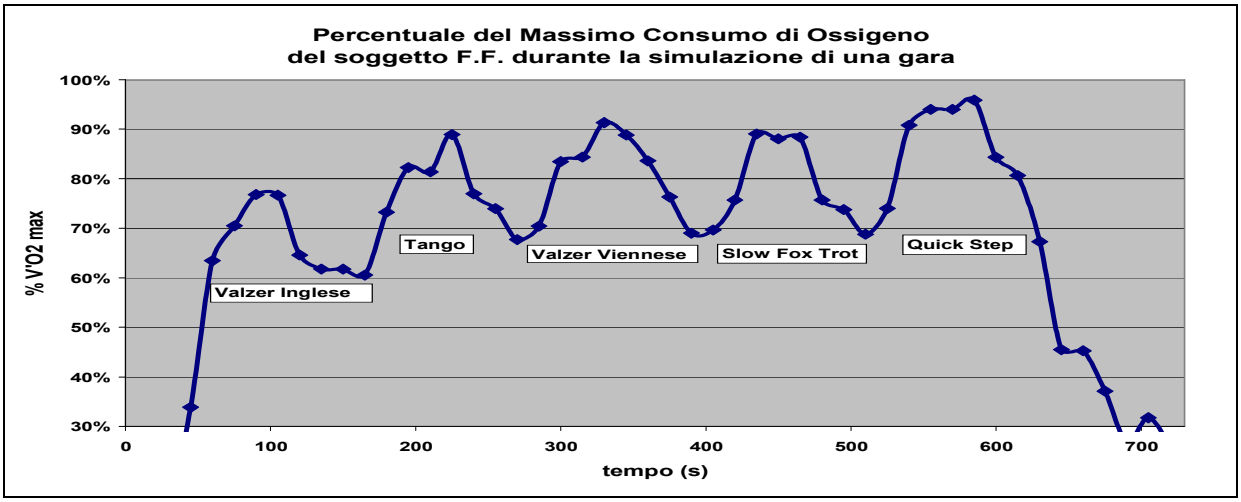

Figura 94

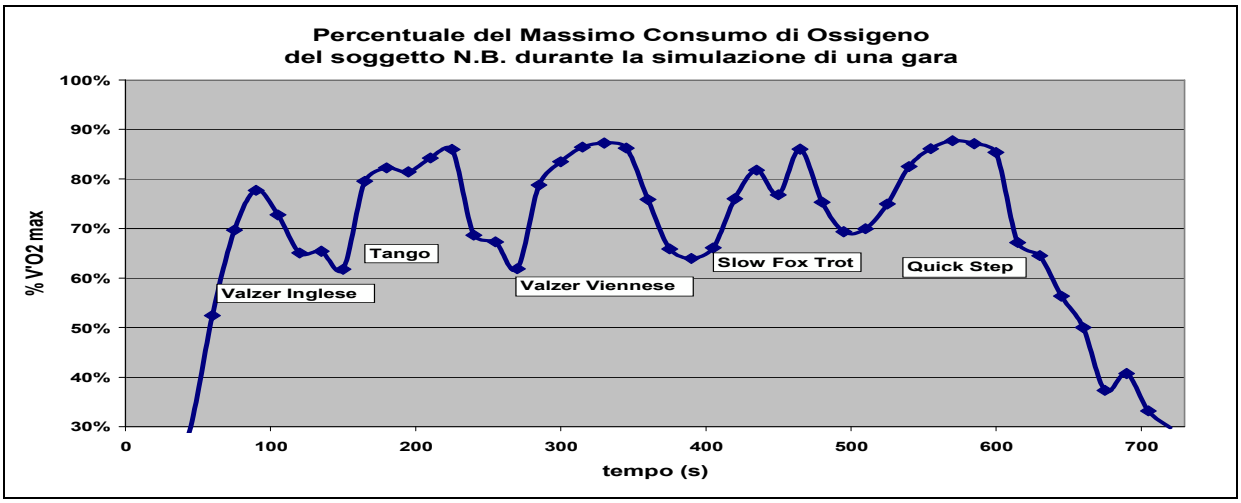

Figura 95

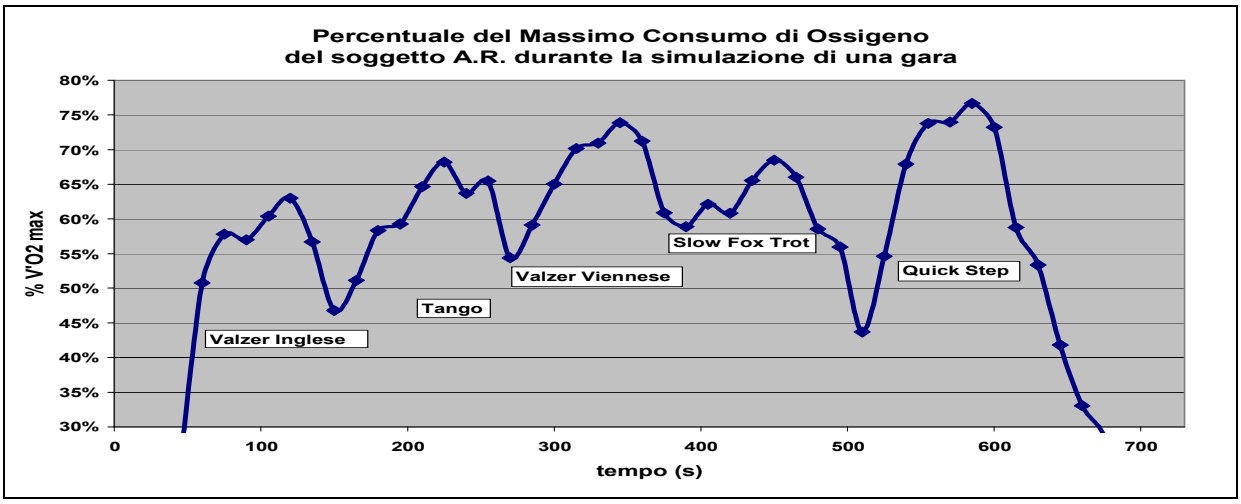

Figura 96

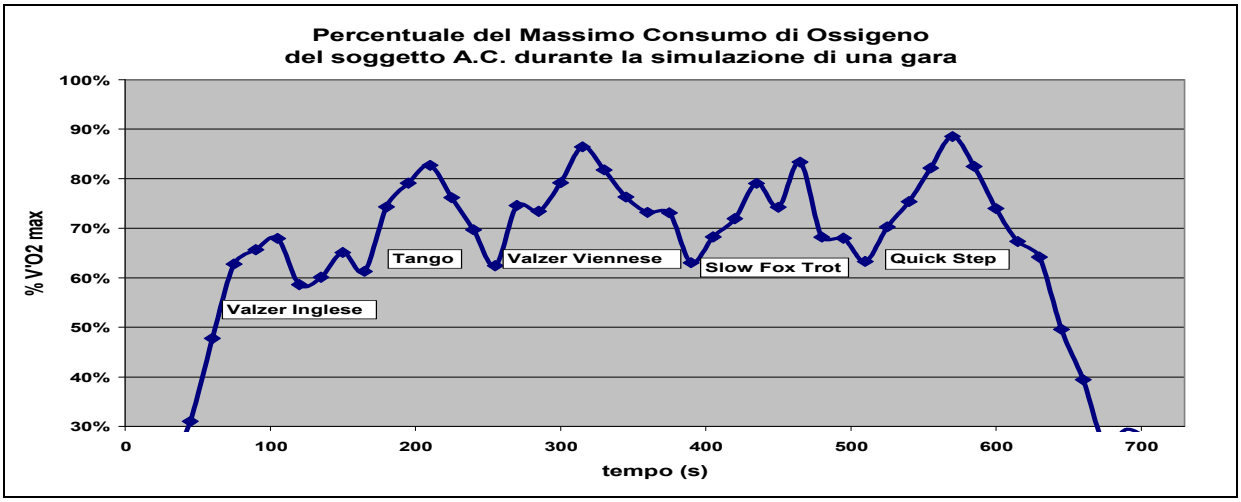

Figura 97

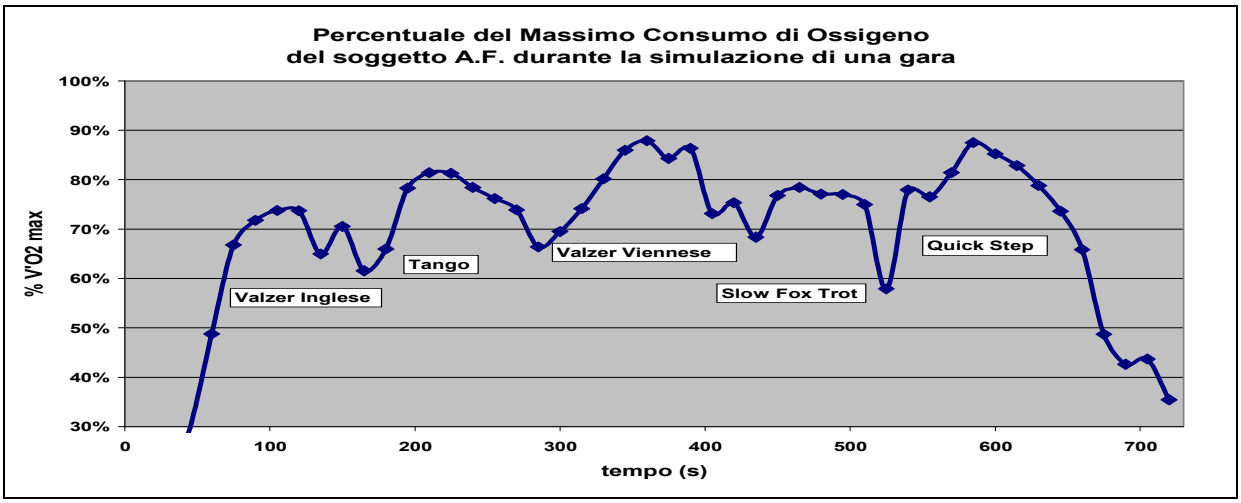

Figura 98

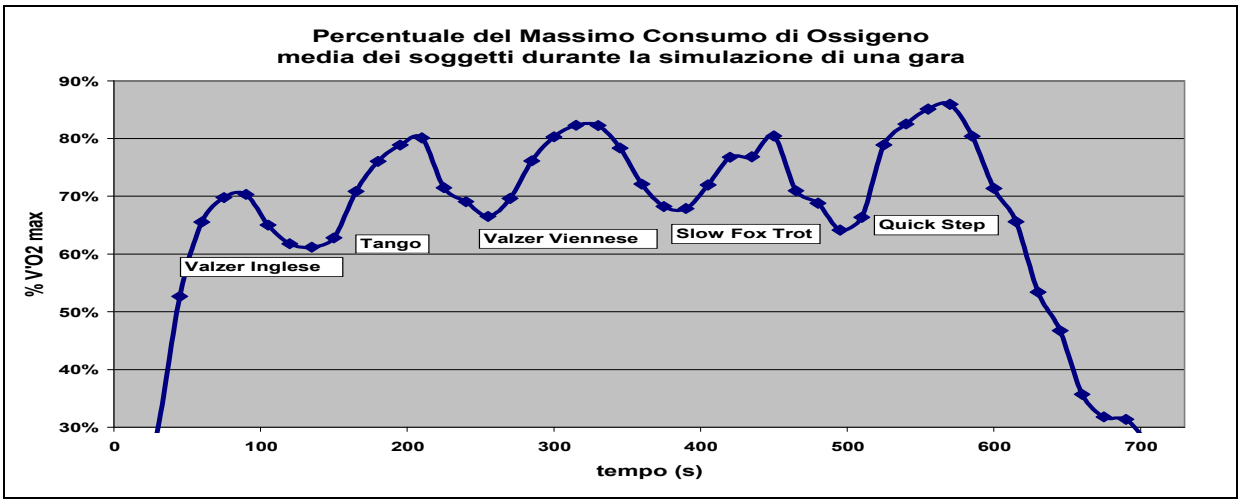

Figura 99

La frequenza cardiaca in percentuale rispetto alla massima raggiunta da ciascun soggetto, durante la simulazione della fase finale di una gara di danze standard, è raffigurata nei seguenti grafici (da FIG.100 a FIG.104) e nel grafico (FIG.105) è rappresentata la media di essi:

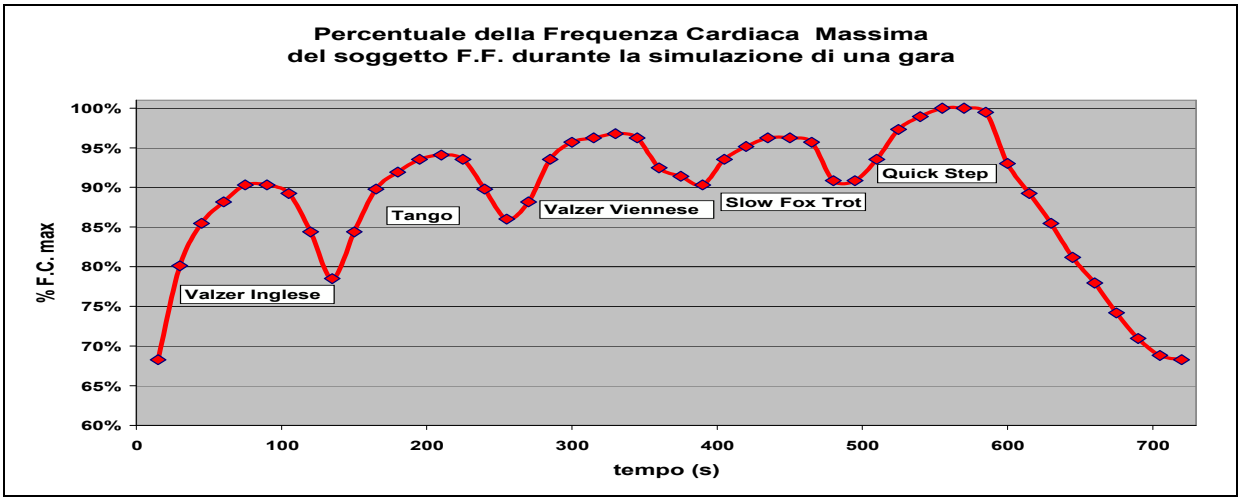

Figura 100

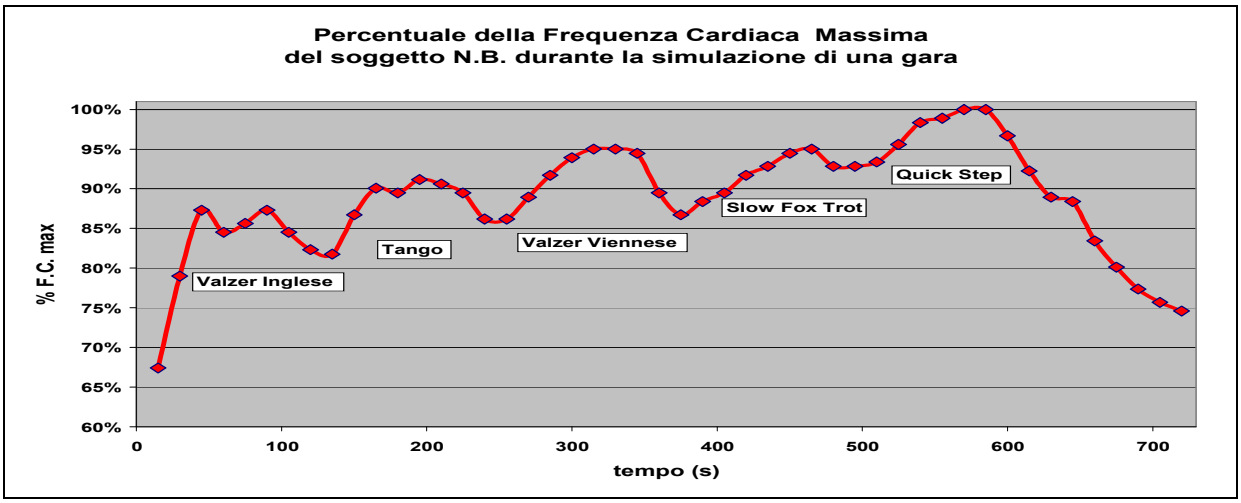

Figura 101

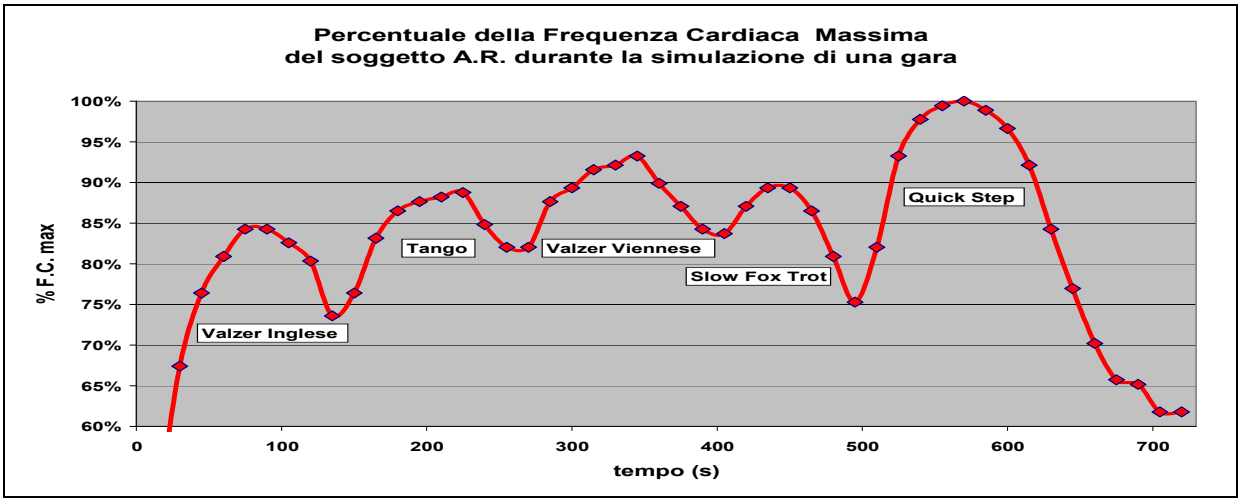

Figura 102

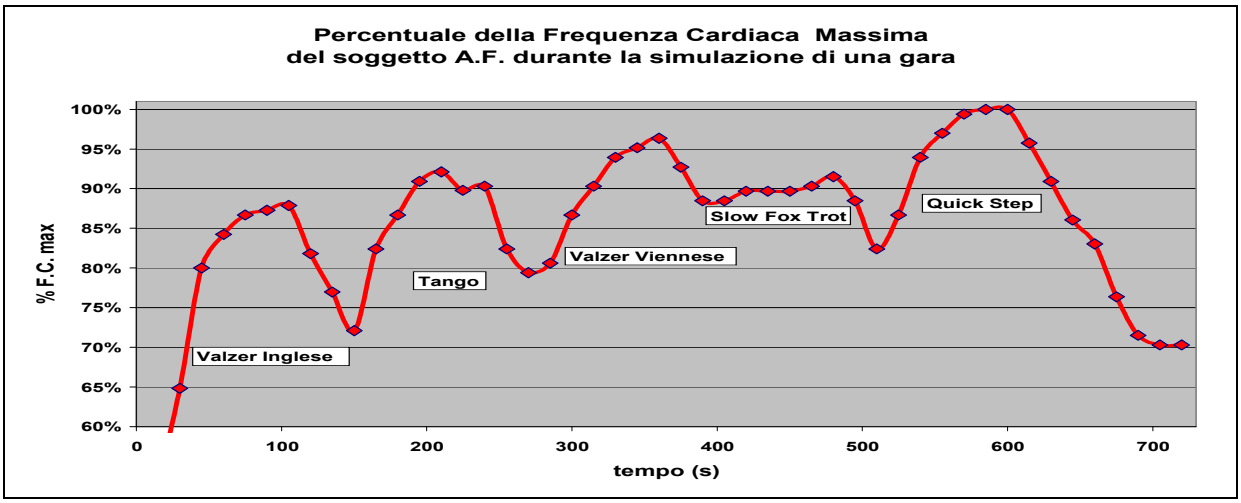

Figura 103

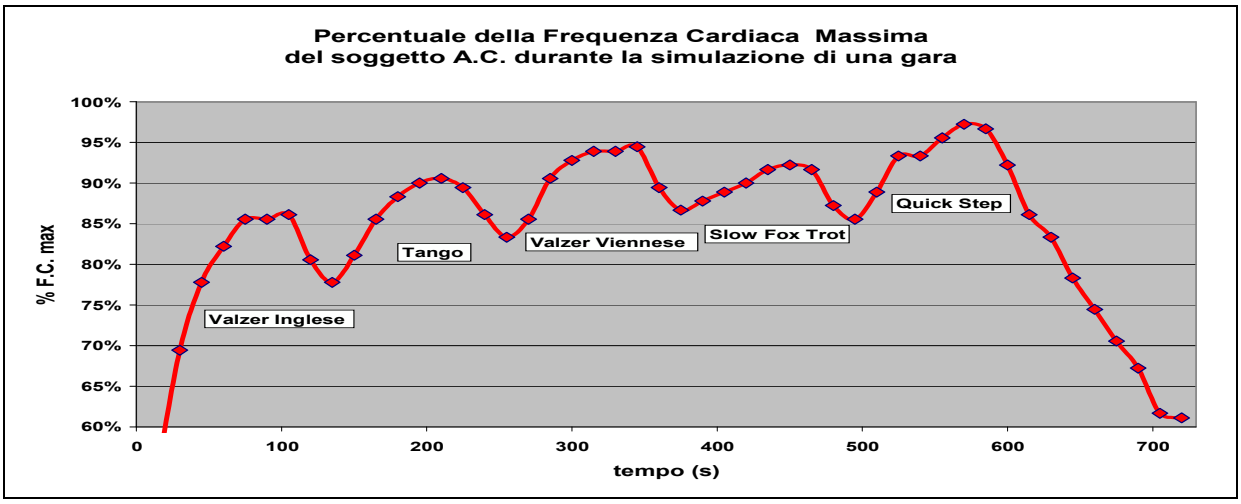

Figura 104

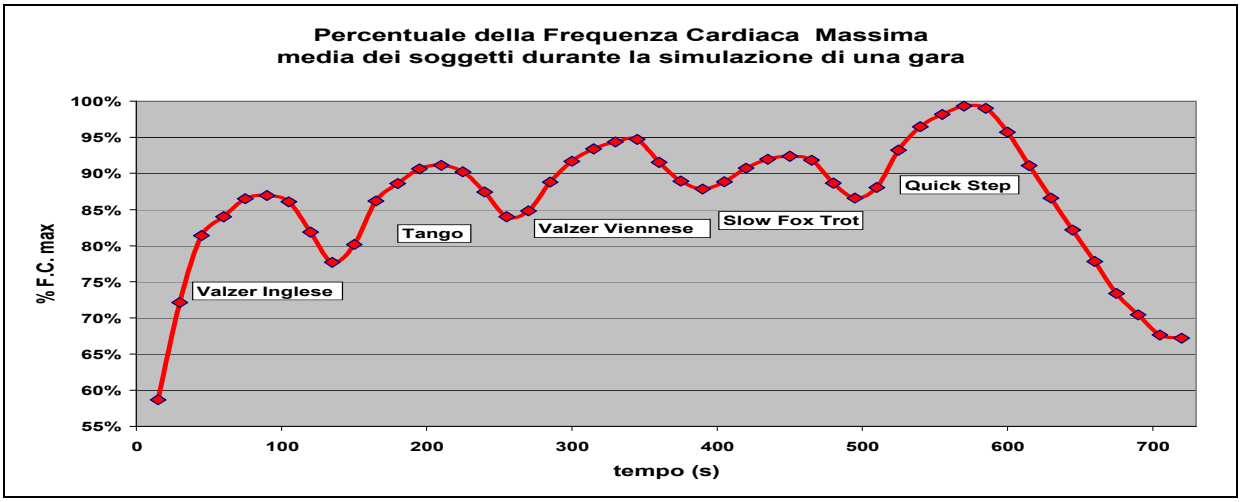

Figura 105

Nel grafico sottostante (FIG.106), è stata messa in relazione la media dei valori del consumo di ossigeno e della frequenza cardiaca, espressi in percentuale, dei soggetti sopra indicati:

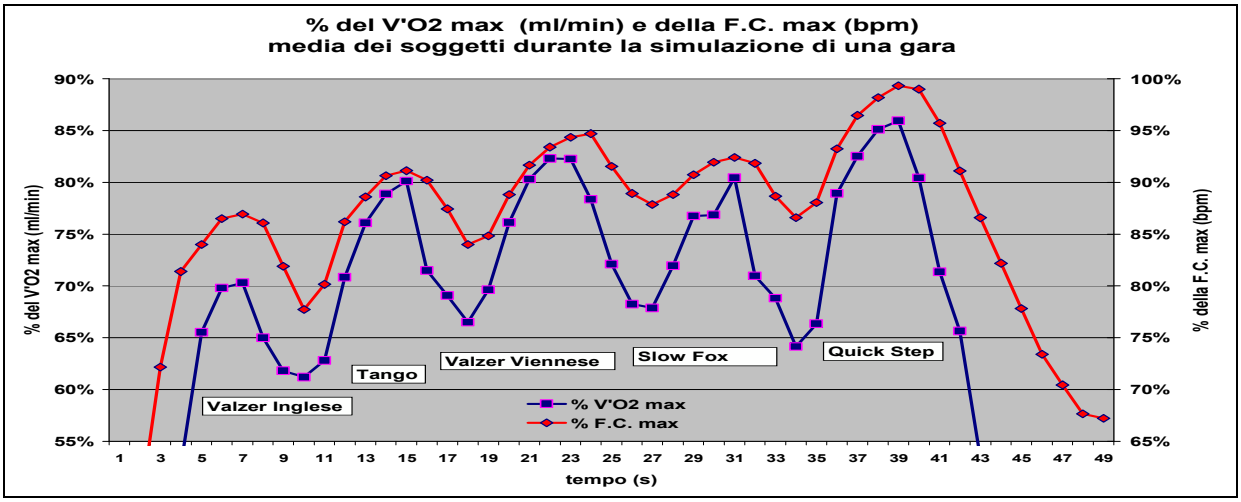

Figura 106

5.5 PERCENTUALE DEL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO DURANTE L' ANALISI METABOLICA DI OGNI SINGOLO BALLO

Il consumo di ossigeno, in percentuale rispetto al massimo raggiunto da ciascun soggetto, durante ogni singolo ballo di danze standard, è raffigurato nei seguenti grafici (da FIG.107 a FIG.111) e nel grafico (FIG.112) è rappresentata la media di essi:

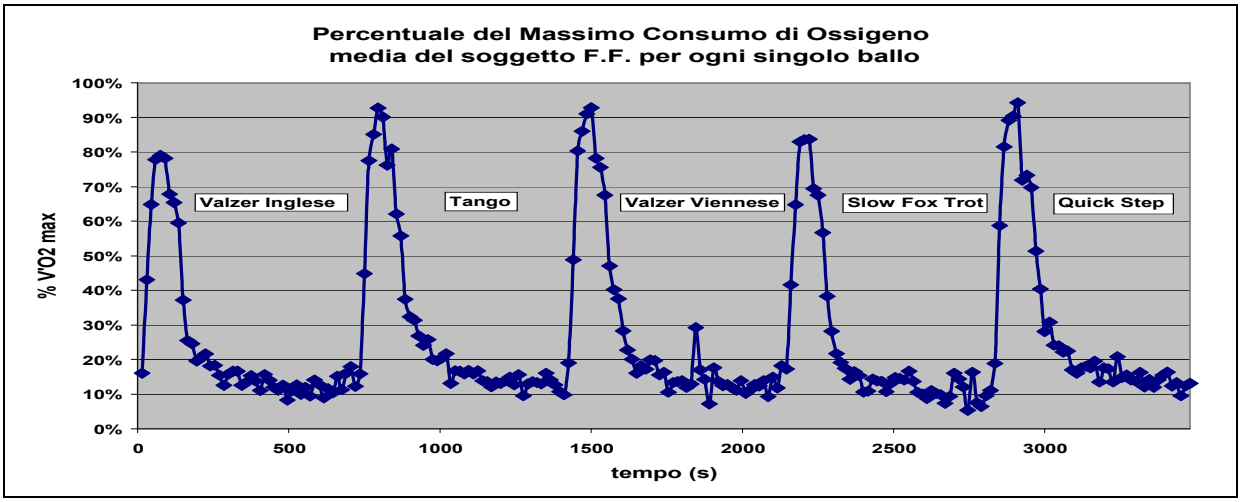

Figura 107

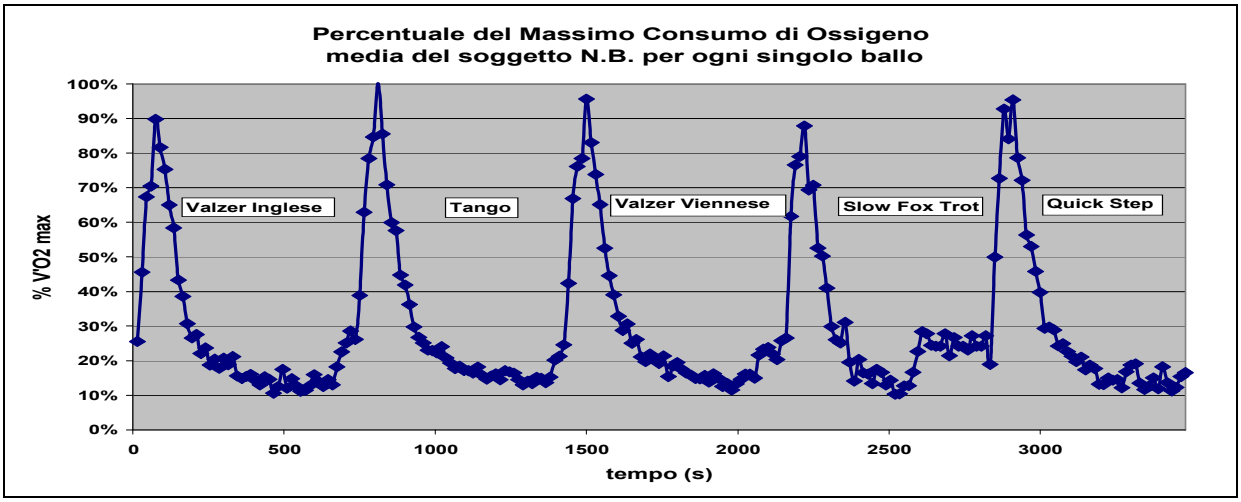

Figura 108

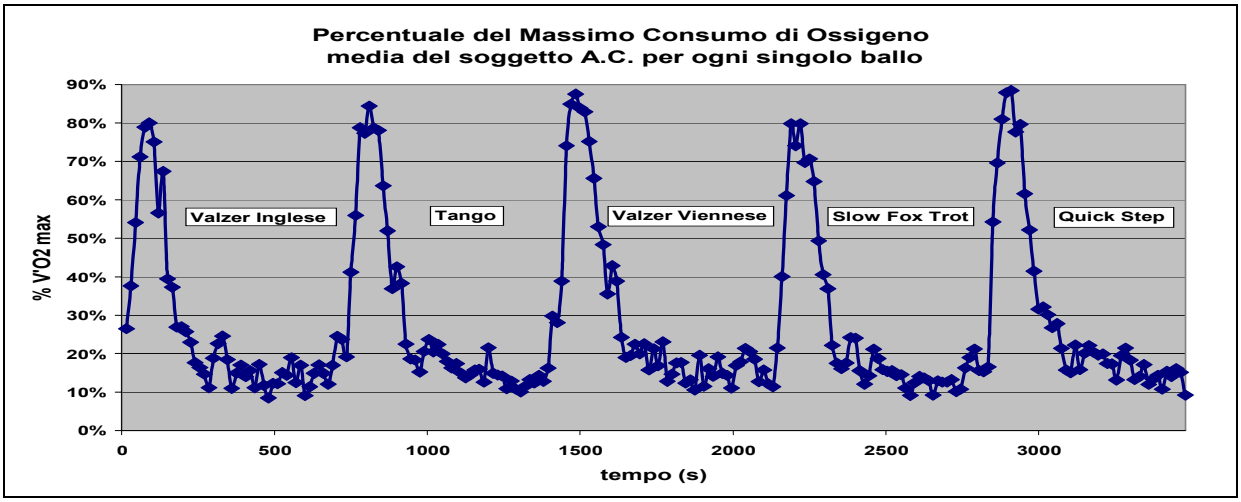

Figura 109

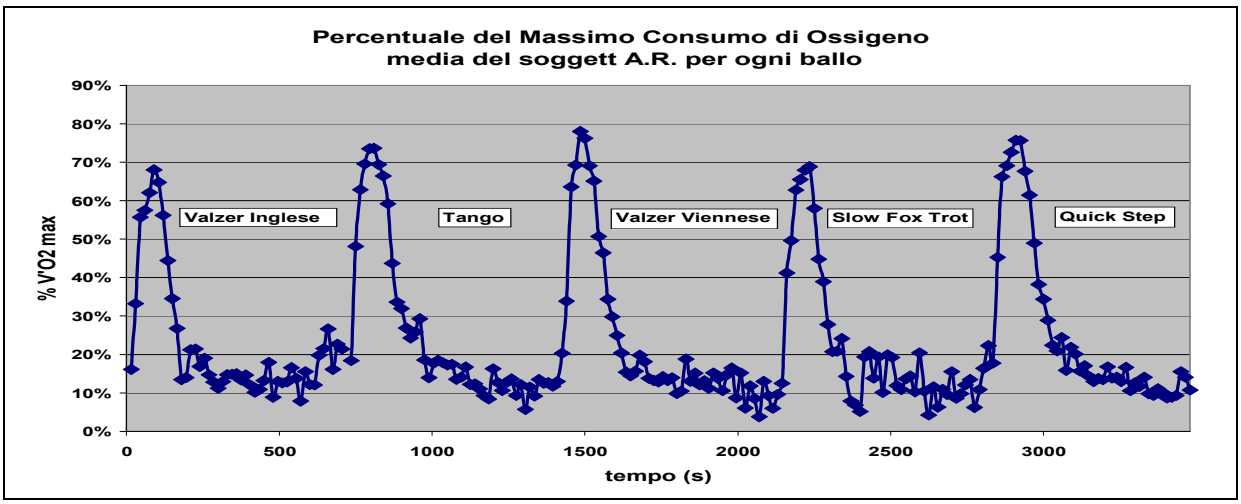

Figura 110

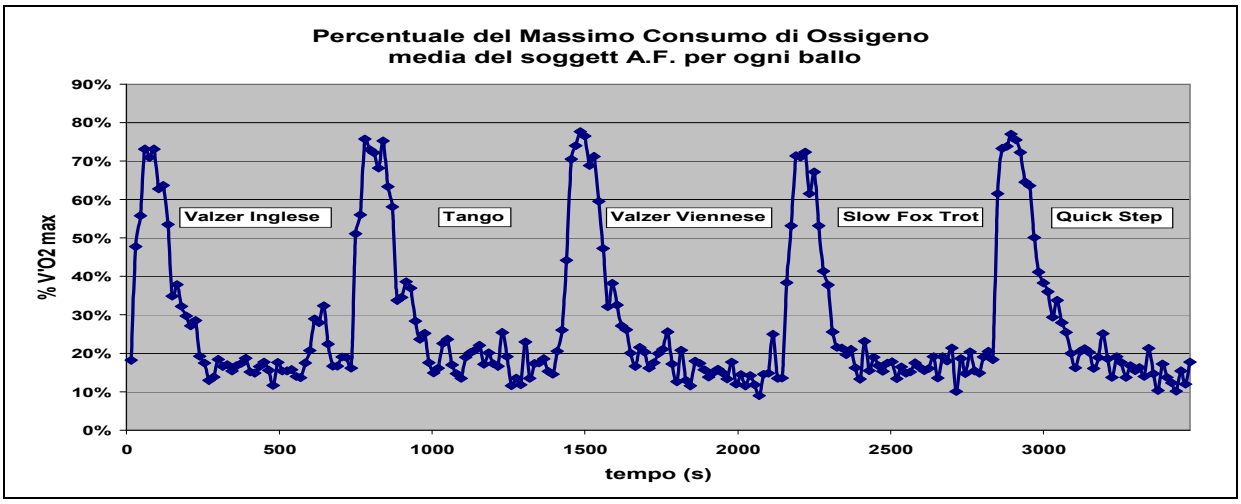

Figura 111

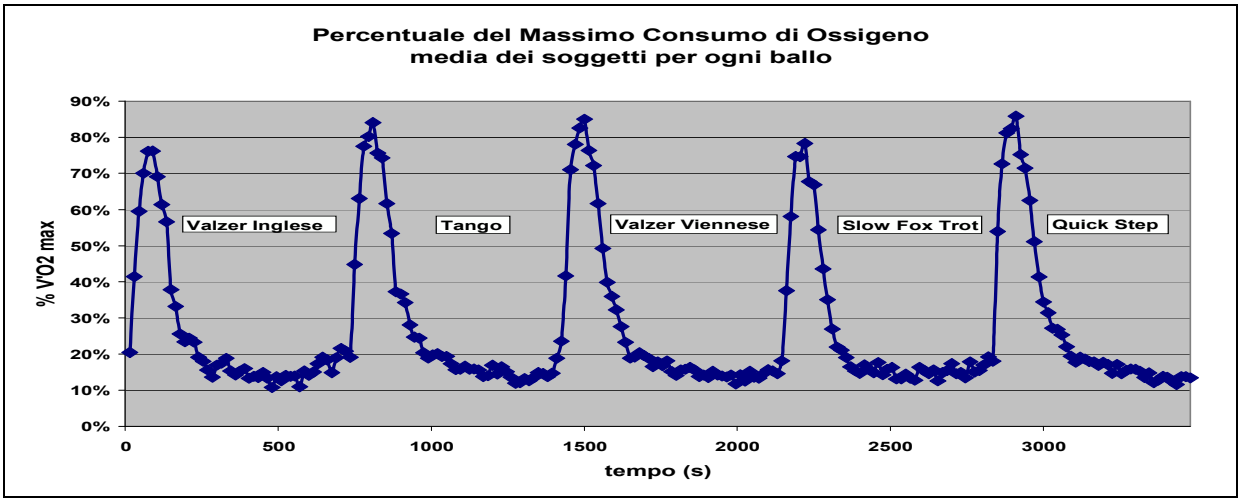

Figura 112

La frequenza cardiaca in percentuale rispetto alla massima raggiunta da ciascun soggetto, durante ogni singolo ballo di danze standard, è raffigurata nei seguenti grafici (da FIG.113 a FIG.117) e nel grafico (FIG.118), è rappresentata la media di essi:

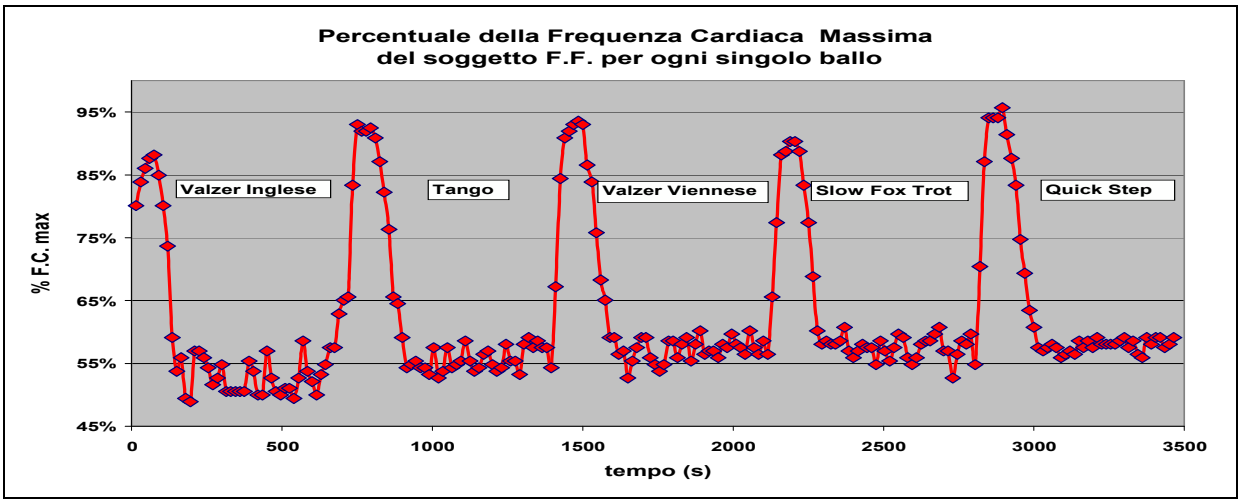

Figura 113

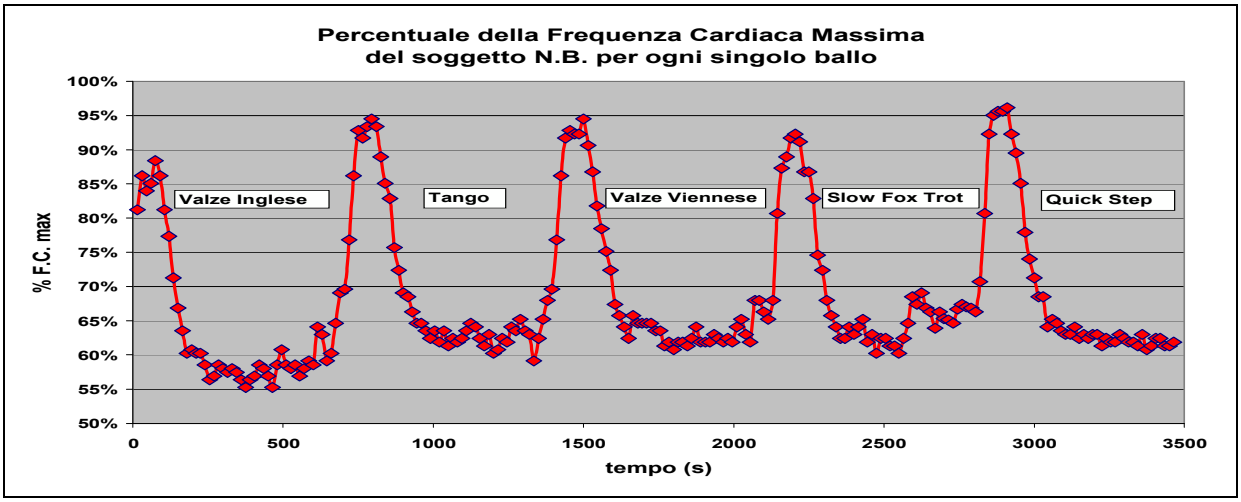

Figura 114

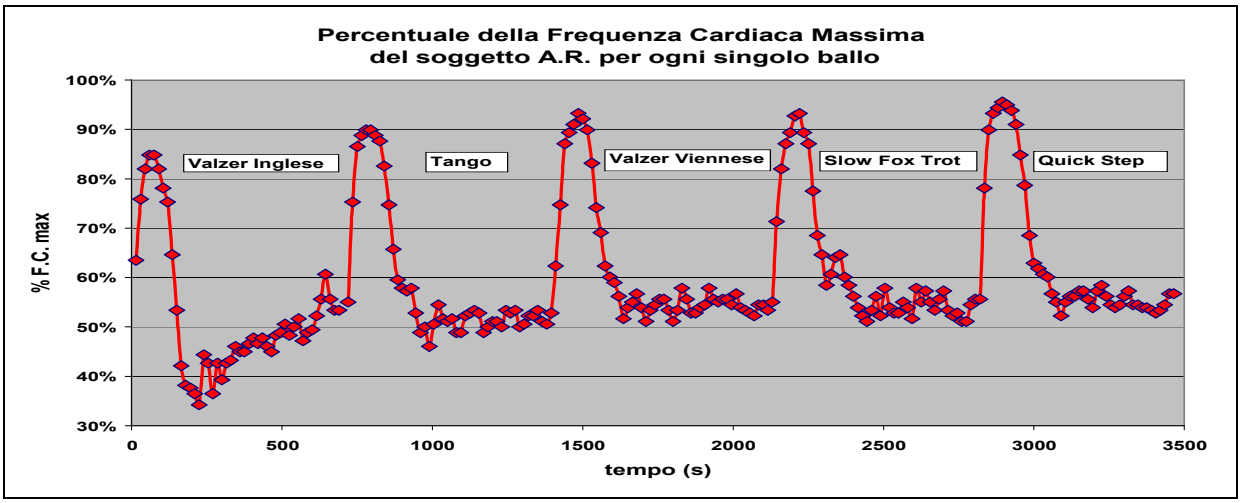

Figura 115

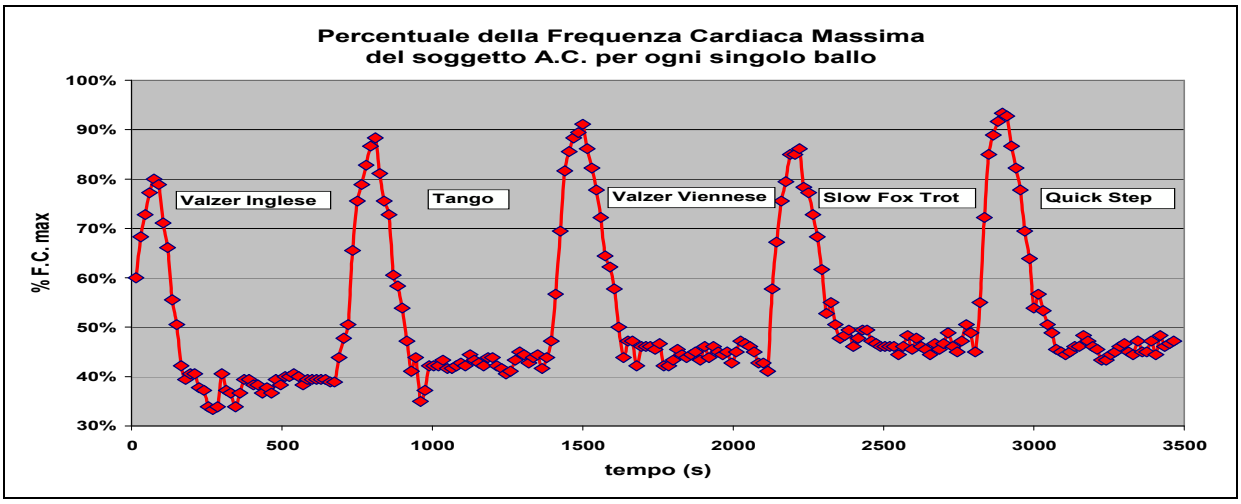

Figura 116

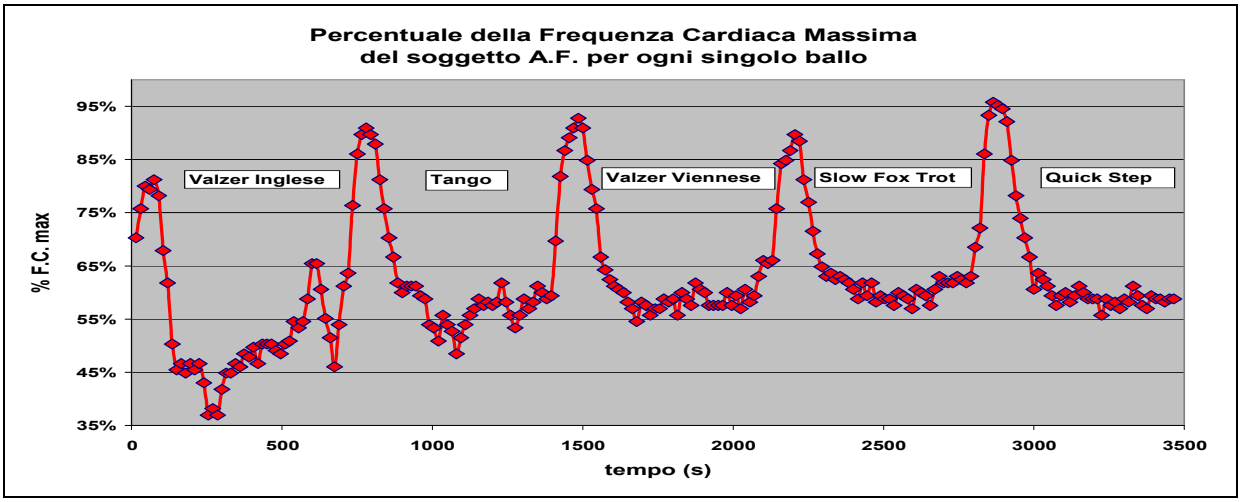

Figura 117

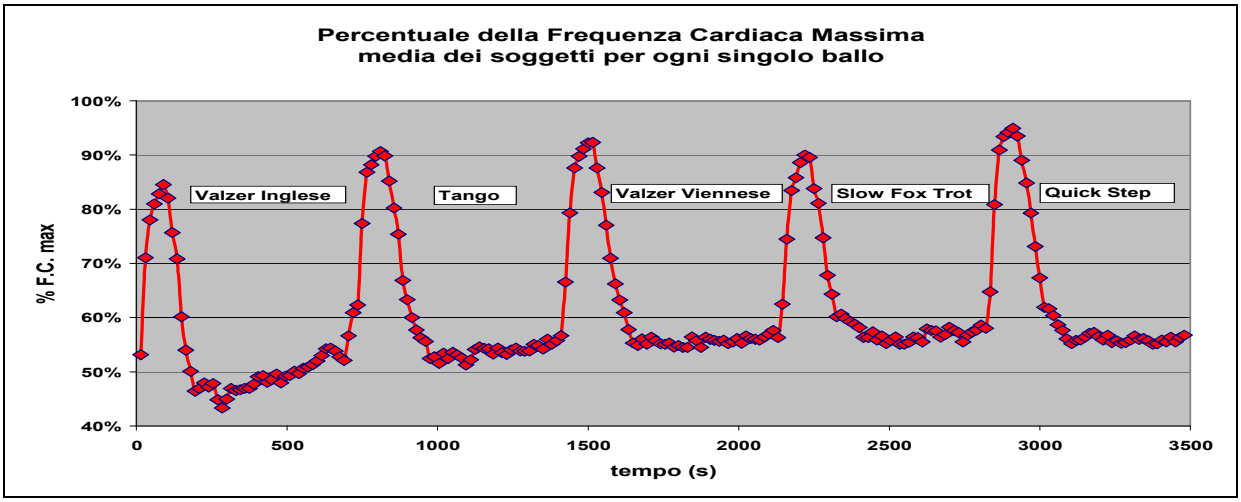

Figura 118

Nel grafico seguente (FIG.119), è stata messa in relazione la media dei valori del consumo di ossigeno e della frequenza cardiaca, espressi in percentuale, dei soggetti sopra indicati:

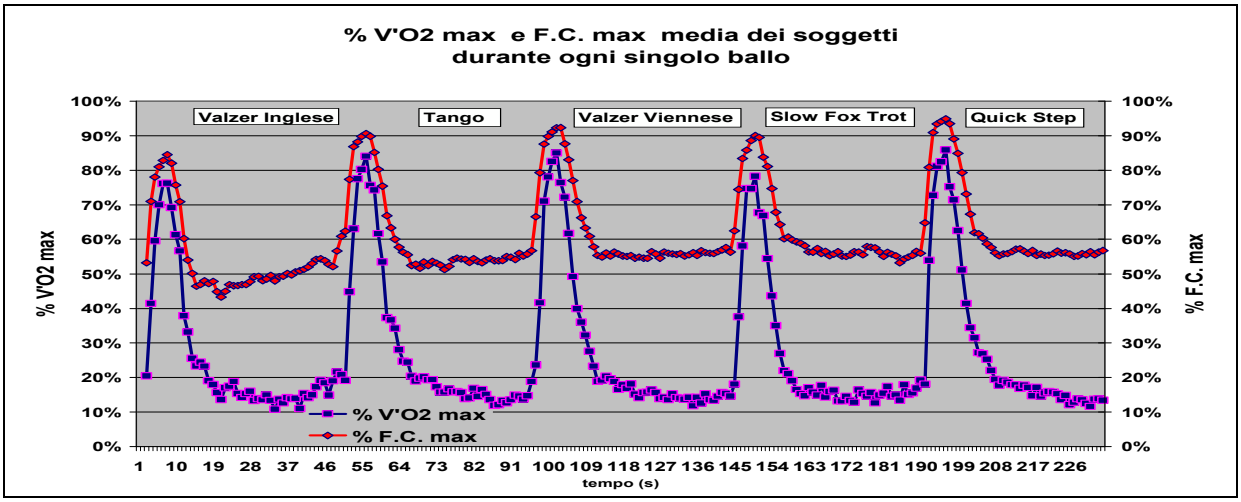
% V'O2 max e F.C. max media dei soggetti
durante ogni singolo ballo
Valzer Inglese
Tango
Valzer Viennese
Slow Fox Trot
Quick Step
% V'O2 max
% F.C. max
tempo (s)
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
1 10 19 28 37 46 55 64 73 82 91 100 109 118 127 136 145 154 163 172 181 190 199 208 217 226

Figura 119

	Percentuale del Massimo Consumo di Ossigeno durante la simulazione di una gara					
	F.F.	N.B.	A.R.	A.C.	A.F.	Media
Valzer Inglese	76,8%	77,7%	63,0%	68,0%	73,8%	71,4%
Tango	88,9%	86,0%	68,2%	82,7%	81,3%	81,5%
Valzer Viennese	91,3%	87,3%	73,9%	86,4%	87,9%	84,7%
Slow Fox Trot	89,0%	86,1%	68,5%	83,4%	78,4%	81,7%
Quick Step	95,9%	87,7%	76,6%	88,5%	87,5%	87,2%

Tabella 11

	gara	singoli
Valzer Inglese	72%	76%
Tango	81%	84%
Valzer Viennese	85%	85%
Slow Fox Trot	81%	81%
Quick Step	87%	85%

Tabella 12

Soggetti	età (anni)	h (cm)	peso (Kg)	V'O2 max (ml/min)	V'O2 (ml/min/kg)	F.C. max (bpm)
F.F.	18	180	74	3587	48,47	186
N.B.	32	188	73	3786	51,86	181
A.R.	39	171	69	3563	51,64	178
A.C	48	174	76	3261	42,91	180
A.F.	57	183	86	3654	42,49	165
Media	38,8	179,2	75,6	3570	47,47	178
Deviazione Standard	14,96	6,83	6,35	193,35	4,56	7,84

Tabella 13

DISCUSSIONI

Dall'analisi metabolica del modello di prestazione effettuata nella fase finale di una gara di danze standard, si evince che il consumo di ossigeno, in tutti e cinque i soggetti esaminati in questo studio, ha un andamento simile dall'inizio alla fine della gara.

I livelli più bassi si sono verificati all'inizio durante l'esecuzione del primo ballo (Valzer Inglese) e in corrispondenza del penultimo ballo di gara (Slow Fox). Anche la frequenza cardiaca nel suo andamento, tendenzialmente crescente (dal primo al quinto ballo) e verosimilmente lineare con il consumo energetico, mostra una deflessione nel quarto ballo.

Tale situazione è da mettere in relazione a due ordini di fattori: il primo, relativo all'inizio della prestazione che riguarda solo il Valzer Inglese; il secondo, relativo al basso numero di battute al minuto (Tab. 8), che riguarda sia il Valzer Inglese che lo Slow Fox Trot. Inoltre, per quanto riguarda il consumo di ossigeno, nell'analisi individuale dei soggetti del nostro campione, i valori medi più alti di tutta la prova sono stati registrati nel soggetto N.B., l'unico danzatore del gruppo campione appartenente alla categoria professionisti (Tab.9), con un consumo energetico medio di 51 ml/Kg/min.

Diversi sono i fattori che possono influenzare questo dato. Tra queste variabili, non contemplate nel presente studio, sembra possano giocare un ruolo determinante il livello tecnico raggiunto rispetto agli altri soggetti del gruppo campione e la condizione tecnica e fisica della rispettiva partner (stessa categoria di appartenenza), la quale contribuisce a determinare, in modo significativo, il livello di efficienza e di impegno fisico nella prestazione della coppia.

L'andamento del consumo di ossigeno e della frequenza cardiaca, analizzato nel modello di prestazione, viene confermato dall'analisi dei due parametri effettuata su ogni singolo ballo.

Difatti, sia il Valzer Inglese che lo Slow Fox Trot, per tutti i soggetti del gruppo campione, sono i balli con un consumo energetico medio minore. Diversamente da questi, il Valzer Viennese sembra essere quello con il consumo energetico maggiore.

Anche in questo caso la frequenza cardiaca segue linearmente il consumo energetico.

Tale dato è in linea con quanto già riportato in letteratura (Saltin B. 1969) relativamente alla linearità tra la frequenza cardiaca ed il consumo di O_2.

L'impegno metabolico richiesto da ciascun ballo viene suffragato anche dalle concentrazioni di lattato ematico registrate alla fine di ogni singolo ballo; i valori più bassi si sono verificati nel Valzer Inglese e nello Slow Fox Trot ed il valore più alto nel Valzer Viennese.

L'unico soggetto del gruppo campione che non rispetta questo andamento, e' il soggetto N.B. che, per questo parametro, presenta valori di lattato (6,1 mM/L) nello Slow Fox Trot che, relativamente alla sua prestazione totale, corrisponde al secondo valore più alto dopo il Quick Step.

Tale differenza andrebbe ricercata nelle diverse strategie neuromuscolari che ciascun soggetto adotta nell'interpretazione individuale della tecnica, che in soggetti che praticano discipline di livello internazionale, diventa stile.

I parametri fisiologici, fin qui analizzati, (consumo energetico e lattato ematico) ci permettono di fare delle stime sul costo energetico di ogni singolo ballo (Kcal/min) per tutti i soggetti.

I balli con il costo energetico più alto sono risultati il Valzer Viennese e il Quick Step, mentre i balli con il minor costo sono risultati il Valzer Inglese e lo Slow Fox Trot. Tale dato sembra maggiormente correlato, rispetto agli altri già analizzati, con la frequenza di battute al minuto di ciascun ballo.

I parametri fisiologici fin qui trattati sembrano essere in linea con i pochi dati presenti in letteratura.

Difatti, solo due lavori hanno analizzato il dispendio energetico nella danza sportiva. Rispetto al lavoro di Blanksy (Blanksy, 1988) la frequenza cardiaca media riscontrata nel nostro studio è leggermente maggiore (170 vs 178 bpm) così come il consumo di O_2 (42,8 vs 47,5 ml/kg/min).

Inoltre, i dati dei parametri fisiologici indagati in questo studio, risultano maggiori anche rispetto ad uno studio più recente pubblicato da Faina et al. nel 2001. In quest'ultimo lavoro i dati relativi al consumo di ossigeno (45,8 ml/Kg/min, Tab 5, Cap.3) e di frequenza cardiaca (175,7 bpm, Tab 5, Cap.3) risultano superiori ai dati riportati da Blanksy ed inferiori a quelli rilevati in questa sperimentazione.

Anche il lattato medio dei soggetti del nostro gruppo campione è risultato leggermente maggiore di quello rilevato da Faina et al. (8,5 vs 9,1 mM/L) (Faina et al., 2001), mentre il costo energetico di ciascun ballo, sembra simile in entrambi i lavori (Tab. 6, Cap. 3 e FIG. 73, Cap. 5).

Da questi studi, i soli purtroppo presenti in letteratura che si sono occupati del dispendio metabolico nella danza sportiva, si evince un progressivo incremento nel tempo (1988-2006) dell'impegno metabolico richiesto da questa disciplina. Tale aumento potrebbe essere correlato, non solo con le continue evoluzioni tecniche che sistematicamente vengono apportate alle figure artistiche che richiedono posizioni del corpo (o dei corpi) nello spazio energicamente sempre più dispendiose, ma anche ad un accresciuto livello di intensità.

Per esprimere i parametri fisiologici studiati durante la prestazione, in percentuale delle rispettive capacità massime (VO_{2max} e FC_{max}), in questo studio si è tentato di disegnare un protocollo di valutazione quanto più possibile specifico per questa disciplina sportiva.

I test attualmente presenti in letteratura si riferiscono a test incrementali effettuati su treadmill o su cicloergometro e vengono utilizzati rispettivamente per quelle discipline dove sono presenti i due tipi di movimenti.

Il limite di questi test è che, escluso la corsa e/o il ciclismo in tutte le loro espressioni, non risultano specifici per tutti gli altri sport dove entrambe le espressioni motorie si allontanano dalla ciclicità del gesto.

Pertanto, confrontare il consumo di ossigeno di una disciplina sportiva, misurato in modo specifico sul campo con il suo massimo valore, e misurato con un test effettuato in laboratorio con diversa modalità di espressione motoria, sembra essere una forzatura metodologica che trova comunque applicazione nel campo della fisiologia dello sport a causa dei limiti tecnologici e logistici che si presentano in relazione alla disciplina indagata.

Vista la possibilità che la danza sportiva offre di essere svolta in condizione di gara, con la strumentazione di misurazione indossata, senza che questa possa arrecare variazioni consistenti al modello di prestazione, si è proceduto alla costruzione di un protocollo di valutazione, per il massimo consumo di ossigeno e per la frequenza cardiaca massima, utilizzando i dati relativi al dispendio energetico precedentemente misurato, e l'intensità di ogni singolo ballo, determinata dalla frequenza delle battute musicali al minuto.

Al fine di costituire un test incrementale è stata cambiata la sequenza dei balli rispetto all'ordine specifico di gara iniziando dal meno intenso (Valzer Inglese) per terminare con quello più impegnativo (Valzer Viennese), (Tabella 10), senza pause tra le sequenze e con una durata totale del test di 8 min, tempo sufficiente per l'onset del metabolismo aerobico.

I dati ottenuti confermano la migliore condizione del soggetto N.B. con un valore di VO_2 max di 51,86 ml/Kg/min e con un frequenza cardiaca massima di 181, valori che si attestano oltre la media del gruppo campione per i relativi parametri (VO_2 max 47,47 +/- 4,56 ml/Kg/min e Fcmax 178 +/- 7,84).

Rispetto ai dati presenti in letteratura, quelli del presente studio sono risultati inferiori sia relativamente al VO_2 max (Blanksby = 52,5 +/-5,2, Faina et al.= 60,9 +/- 6 ml/Kg/min) che rispetto alla FCmax (Blanksby = 197 +/- 6, Faina et al.= 192,9 +/- 4).

Tale disparità di risultati, rispetto a quelli trovati da altri autori, potrebbe dipendere da due ordini di fattori: il primo potrebbe ricadere sulla validità del protocollo e/o dalla differente modalità di esecuzione del test, dato che nei precedenti studi i test incrementali erano svolti in laboratorio e su treadmill; l'altro dalla scarsa omogeneità del gruppo campione del presente studio.

Una volta ottenuto il massimo consumo di ossigeno si è proceduto al calcolo percentuale del dispendio energetico del modello di prestazione e di ciascun ballo rispetto alle massime capacità dei parametri considerati.

Durante l'esecuzione della fase finale di una gara di danze standard, quindi, si ha un notevole intervento della potenza aerobica di un soggetto, testimoniato sia dalla percentuale del massimo consumo di ossigeno raggiunta sia dalla produzione di lattato prodotto circa 7,5 mM.

La sequenza ordinata delle danze sembra seguire una logica ben precisa di lavoro ad intensità crescente di tipo intermittente, perché ogni minuto e trenta secondi di danza è inserito un recupero passivo di 30 secondi.

Infatti il primo ballo, Valzer Inglese, ha un basso coinvolgimento del metabolismo aerobico, 72% media dei soggetti, ed una bassa produzione di lattato, 2,38 mM media dei soggetti, quindi rappresenta un buona attivazione per il metabolismo aerobico.

Il secondo ballo, Tango, ha un sufficiente coinvolgimento del metabolismo aerobico, 81%, ed una modesta produzione di lattato, 4,38 mM.

Il terzo ballo, Valzer Viennese, ha un notevole intervento della potenza aerobica, 85%, ed una discreta, ma maggiore produzione di lattato, 6 mM.

Poichè dal primo al terzo ballo l'intensità è crescente, nel quarto si ha una diminuzione dell'intensità, confermata dal consumo di ossigeno che si abbassa rispetto al precedente, 81% ed una produzione di lattato moderata, di 4 mM. Dopo aver recuperato leggermente con lo Slow Fox Trot nel quinto ballo si raggiunge la maggiore potenza aerobica, 87% e la maggior produzione di lattato 6,2 mM.

Da questi studi si è potuto concludere che, la specialità Danze Standard consiste in balli a diverso impegno metabolico.

In particolare, Valzer Inglese e Tango, essendo i primi balli della serie di gara, mostrano un coinvolgimento del metabolismo aerobico di media entità e progressivamente crescente, a dimostrazione di un'inerzia di tale metabolismo.

Al contrario, in questi due balli si nota un incremento della produzione di lattato, che potrebbe essere considerato espressione della rallentata attivazione del VO_2 e quindi rappresentativo del deficit di O_2 iniziale.

Il Valzer Viennese sembra richiedere ,invece, un elevato coinvolgimento del metabolismo aerobico con un parallelo modesto incremento della produzione di lattato ematico.

Va notato comunque che tale ballo si colloca alla metà della serie, cioè circa 3-5 minuti dopo l'inizio della gara, un tempo adeguato ad una massimale attivazione del VO_2.

Lo Slow Fox Trot è un ballo con un medio consumo energetico (riduzione del VO_2), durante il quale si è inoltre osservata una riduzione della concentrazione del lattato ematico, che, presumibilmente con la diminuzione dell'intensità del ballo, viene parzialmente metabolizzato durante il ballo stesso.

Quindi la collocazione dello Slow Fox Trot, nell'ordine in cui viene eseguito in gara, tra il Valzer Viennese ed il Quick Step, sembra appropriata per consentire ai danzatori il recupero.

Il Quick Step, ultimo ballo di gara, risulta avere il più elevato coinvolgimento del metabolismo aerobico con un parallelo incremento della produzione di lattato; in effetti il ritmo e la velocità dei passi, in questo ballo, sono tali da richiedere un'elevata e continua produzione di energia meccanica.

In generale si può concludere che, nella Danza Sportiva, la richiesta energetica varia tra un valore medio e massimo, sia per quanto riguarda il metabolismo aerobico che anaerobico (lattacido), a seconda del tipo di ballo. I valori maggiori sono stati raggiunti durante i balli più intensi (Valzer Viennese e Quick Step).

E’ interessante, inoltre, osservare che il livello di qualificazione sportiva sembra avere una qualche correlazione con l’impegno funzionale dei danzatori. E’ stato osservato che gli atleti di maggior livello denotano un impegno metabolico più elevato. Da cui risulta facile ipotizzare che, l’atleta di alto livello, probabilmente per la maggiore preparazione tecnico-agonistica, ma forse anche per ciò che concerne l’allenamento, sia in grado di ottenere qualità funzionali più elevate, maggiore resistenza alla fatica e una più elevata intensità agonistica.

In conclusione, questi studi hanno rilevato che la Danza Sportiva, rappresenta una disciplina sportiva ad elevato contenuto tecnico e ad alta intensità, dove la destrezza specifica, la coordinazione, l’armonia del gesto e la sincronia con il partner caratterizzano la prestazione. Tale sport, richiede comunque, un livello significativo di efficienza fisica globale, di elasticità, di potenza muscolare e di resistenza alla fatica. Ciò va opportunamente considerato al momento della ricerca di una metodologia di allenamento specifica per questo tipo di sport.

E’ importante, dunque, che si crei una cultura medico sportiva idonea per la Danza Sportiva basata sulla conoscenza dei suoi aspetti tecnici, biologici e traumatologici.

BIBLIOGRAFIA

* Bibliografia consultata

*Ainsworth, B. E., et al.,(1993): "*Compendium of physical activities:classification of energy costs of human physical activities".* Med. Sci. Sport Exerc., 25:71.

*Albisetti W.(1993): " *Le gambe e la danza: le patologie più frequenti".* Ortopedici e sanitari, Vol. xxx, n.331,.

Andrews, S.(1979); 75
"Take Your Partners", Hyland House, Sydney (3rd Edition).

*Astrand, P. O., and Saltin, B.,(1961): "*Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity".* J. Appl. Physiol., 16:977.

BA Blanksy, PW Reidy.,(1988) : "*Heart rate and estimated energy expenditure during ballroom dancing".* Brit. J. Sports Med. 22, n°2; 57-60.

*Bahr,R.,(1992): "*Effects of supramaximal exercise on excess postexercise oxygen consumption".* Med. Sci. Sports Exerc., 24:66.

Baldari C, Guidetti L.,(2001): "*VO_2max, ventilatory and anaerobic thresholds in rhythmic gymnasts and young female dancers".* J Sports Med Phys Fitness; 41 (2):177-82.

*Bangsbo, J., et al.(1990): "*Anaerobic energy production and O_2 deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans".* J. Physiol., 422:539.

Bell JM, Bassey EJ.(1994): "*A comparison of the relation between oxygen uptake and heart rate during different styles of aerobic dance and traditional step test in women".*Eur J Apl Physiol Occup Physiol; 68(1):20-4.

Berry MJ ,Cline CC, Berry CB,Davis M.(1992): "*A comparison between two forms of aerobic dance and treadmill running"*. Med Sci Sports Exerc.; 24(8):946-51.

*Boshoff Ph.(1978): *" The therapeutic value of ballroom dancing".*
S Afr Med J. 30;54(14):555.

*Brown WM, Cronk L, Grochow K, Jacobson A, Liu CK, Popovic Z, Trivers R. (2005): "*Dance reveals symmetry especially in young men"*: Nature 22;438(7071):1148-50

*Buchfuhrer, M. J., et al.(1983): "*Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment".* J. Appl. Phisiol., 55:1558.

Casella C.,Taglietti V.(1996): "*Principi di Fisiologia*".La Goliardica Pavese, Vol.II, 556-586,594-599.

*Cerretelli P. (1985): "*Manuale di fisiologia dello sport e del lavoro muscolare"* Società Editrice Universo.

Chujoy, A., & Manchester, P.W. (eds) (1967); 958
"*The Dance Encyclopedia*", Simon & Schuster, New York.

Clarke, M., & Crisp, C.(1981); 96
"*The History of Dance"*, Orbis, London.

Cohen JL, Segal KR, Witriol I, McArdle WD.(1982): "*Cardiorespiratory responses to ballet exercise and the VO_2max of elite ballet dancers*". Med Sci Sports Exerc.; 14(3):212-7.

Coll, C.J. (1919); 73
"*Dancing Made Easy",* Edward J. Clode, New York.

Collier, s., Cooper, A., Azzi, M.S., & Martin, R.,(1995); 69
"*Tango"*, Thames & Hudson, London.

Dal Monte A., Faina M.(1999): " *Valutazione dell' atleta".* Utet, Torino.

Dal Monte A.(1960): *"Proposta di una classificazione a orientamento biomeccanico delle attività sportive",* Med. Sport., 52: 501-509.

*Dal Monte A. (1977): "*Fisiologia e medicina dello sport"*
Sansoni.

Di Prampero P. E., Veicsteinas A.(2002): *"Fisiologia dell'uomo"*
Edi-Ermes.

Eliakim A,Ish-Shalom, Giladi A, Falk B, Constantini N.(2000):" Assessment of body composition in ballett dancers: correlation among anthropometric measurements, bio-electrical impedance analysis, and dual-energy X-ray absorptiometry".* Int J Sports Med.; 21(8): 598-601.

*Evans K.(1978): *"Movement and dance".*
Physiotherapy.; 64(11):324-5.

Faina M., Bria S., Scalpellini E., Gianfelici A., Felici F.(2001) : "*The energy cost of modern ballroom dancing-in Proceedings of 48th Annual Meeting of American College of Sport Medicine",*Med. Sc. Sport Exer., 5,33 (Suppl), S87.

Faina M., Bria S., Simonetto L.(2005): "*La Danza Sportiva".*Med. Sport), 58: 137-50

Faina M., Arcelli E., Simonetto L.(2005): "*La Preparazione del Danzatore"* Multimedia Sport, 66-77, 121-124,152-153,.

*Fox E. L.(1982): "*Fisiologia dello sport"*
Edizioni Grasso.

*Gaesser, G.A. and Brooks, G.A.,(1984): "*Metabolic basis of excess post-exercise oxygen consumption: a review".* Med. Sci. Sports Exerc., 16:29.

*Gladden, L.B.(1989): "*Lactate uptake by skeletal muscle. In Exercise and Sport Sciences Reviews".* Vol. 17, K.B. Pandolf, Ed., New York, Macmillan,.

Grant S, Corbett K, Todd K, Davies C, Aitchison T, Mutrie N, Byrne J, Henderson E, Dargie HJ.(2002): " *A comparison of physiological responses and rating of perceived exertion in two modes of aerobic exercise in men and women over 50 years of age"*: Br J Sports Med.; 36(4):276-80.

*Harding MM.(1978): *"The therapeutic value of ballroom dancing".* S Afr Med J. 19;54(8):304.

Herbison-Evans, D.,(1989)
"*A Revised Grammar for the Foxtrot",* Technical Report 371,
Basser Department of Computer Science, University of Sydney.

Herbison-Evans, D.,(1988)
"*An Irrational Tango",* Technical Report 330,
Basser Department of Computer Science, University of Sydney.

*Hermansen, L., and Stensvold, I.(1972): "*Production and removal of lactate during exercise in man".* Acta Physiol. Scand., 86:191.

Hoffmann S., Oschutz H., Schaller HJ.(1999): "*Health related value of dancing in the elderly".* Z Gerontol Geriatr.; 32 (3):207-12.

*Howley, E. T., et al.(1995): *Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary.*
Med. Sci. Sport Exerc., 27: 1292.

*Jette M., Inglis H.(1985): "*Energy cost of square dancing".*J Appl Physiol.; 38(1):44-5.

*Kaelsonn, J., and Saltin, B.(1970): "*Lactate , ATP, and CP in working muscles during exhaustive exercise in man*". J. Appl. Physiol., 25:598.

*Karlsson J.and Jacob I.(1982): *"Onset of blood lactate accumulation during muscular exercise as a threshold concept. Theoretical consideration"*
Int. J. Sport Med., 3:190.

*Kiens B.,et al.(1993): " *Skeletal muscle substrate utilization during submaximal exercise in man : Effect of endurance training"*.J. Physiol., 469:459.

Kirkendall DT, Calabrese LH.(1983): "*Physiological aspects of dance".* Clin Sports Med.; 2(3):525-37.

Koutedakis Y, Jamurtas A.(2004): "*The dancer as performing athlete : physiological considerations".* Sports Med.; 34(10):651-61.

Lindahl, G.(1996)
http://www.pbm.com/~lindahl/caroso.

*Looney MA, Heimerdinger BM.(1991): " *Validity and generalizability of social dance performance ratings"*.Res Q Exerc Sport.;62(4):399-405.

Lubich T., Cesaretti D.(1990): "*Revisione, proposte di inquadramento e classificazione delle attività sportive.* Med. Sport, 43:223-229.

Lubich T, Cesaretti D.(1990): " *Revisione, proposte di inquadramento e classificazione delle attività sportive".* Med. Sport., 43: 223-229.

*MacRae, H.S-H., et al.(1992): "*Effect of training on lactate production and removal during progressive exercise".*J. Appl. Physiol., 72:1649.

Margaria R.(1975): *"Fisiologia Muscolare e meccanica del movimento"*
Edizione Mondadori.

McArdle W. D., Katch F. I.,Katch V. L.(1998): "*Fisiologia applicata allo sport"*
Ambrosiana,103-120,123-133,160-163,197-199,300.

Mihajlovic B, Mijatov S.(2003): "*Body composition analysis in ballet dancers"*. Med Pregl.; 56(11-12):579-83.

*Mitchell, J. , et al.(1958): "*The physiological meaning of the maximal oxygen intake test.* J. Clin. Invest., 37:538.

Moore, A.(1951); 154
"*Ballroom Dancing"*, (6th Edition) Pitman, London

*Motta – Valencia K.(2006): *"Dance-related injury".*
Phys Med Rehabil Clin N Am.; 17(3):697-723.

Norton, P.B.(1994); 11-542
"Encyclopaedia Britannica: Micropaedia",
(15th Edn), Encyclopedia Britannica Inc, Chicago.

Novak LP, Magil LA,Schutte JE,(1978): "*Maximal oxygen intake and body composition of female dancers"*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 20;39 (4):277-82.

Olson MS, Williford HN, Wilson GD, Halpin G.(1995): "*A test to estimate VO2max in females using aerobic dance, heart rate, BMI, and age"*.J Sport Med Phys Fitness; 35(3):159-68.

Parker SB, Hurley BF, Hanlon DP, Vaccaro P.(1989): "*Failure of target heart rate to accurately monitor intensity during aerobic dance."* Med Sci Sports Exerc.; 21(2):230-4.

Pepper MS.(1984): "*Dance a suitable form of exercise? A physiological appraisal"*. **:** S Afr Med J. 8;66(23):883-8.

Raffe', W.G. (1964); 60
"Dictionary of Dance", A.S. Barnes and Company, New York.

Roi GS, Mevio M, Occhi G, Gemma S, Facchini R.(1989): "*Functional assessment of high level ice-dancing".* J Sports Med Phys Fitness.; 29(2):189-93.

Rust, F.(1969); 89
"Dance and Society", Routledge & Kegan Paul, London.

Sadie, S. (Ed.) (1980); 4-159; 2-729; 17-257; 6-738
"*The New Grove Dictionary of Music and Musicians*",
Macmillan, London.

Saltin, B.(1973): " *Metabolic fundamentals in exercise".* Med. Sci. Sport, 5:137.

Scharff-Olson M, Williford HN, Smith FH.(1992): "*The heart rate VO2 relationship of aerobic dance:a comparison of target heart rate methods*". Sports Med Phys Fitness; 32(4):372-7.

Shantz PG, Astrand PO.(1984): "*Physiological characteristics of classical ballet".* Med Sci Sports Exerc.; 16(5):472-6.

Silvester, V.(1980)
"Old Time and Sequence Dancing", Barrie & Jenkins, London.

Simpson J.A. and Weiner, E.S.C.(1989)
"Oxford English Dictionary" (2nd Edn), Clarendon Press, Oxford.

*Tan B., Aziz AR.,Chua k.,Teh KC(2002): "*Aerobic demands of the dance simulation game".*Sport Med.; 23(2):125-9.

*Taylor, H. L., et al.(1955): "*Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance".* J. Appl. Physiol., 8:73.

Tsung PA, Mulford GJ,(1998): "*Ballroom dancing and cervical radiculopathy:a case report".* Arch Phys Med Rehabil79(10);1306-8.

*Wasserman, K., et al.,(1987): *Principles of Exercise Testing and Interpretation.* Philadelphia, Lea & Febiger.

Wigaeus E, Kilbom A.(1980): "*Physical demands during folk dancing"* Eur J Appl Physiol Occup Physiol.; 45(2-3):177-83.

Wyon MA, Abt G, Redding E, Head A, Sharp NC.(2004): "*Oxygen uptake during modern dance class, rehearsal, and performance".* J Strenght Cond Res.; 18(3): 646-9.

Wyon MA, Redding E.(2005): "*Physiological monitoring of cardiorespiratory adaptations during rehearsal and performance of contemporary dance".* J Strenght Cond Res.; 19(3):611-4.

*Yannakoulia M, Keramopoulos A, Tsakalakos N, Matalas AL.(2000): *" Body composition in dancers: the bioelectrical impedance method".* Med Sci Sports Exerc.; 32(1):228-34.

Desidero esprimere i miei più sinceri ringraziamenti alla Prof.ssa Patrizia Morena Baldini per avermi dato l'opportunità di concretizzare il mio sogno: fondere gli studi in biologia, ai quali non ho mai rinunciato, con la mia più grande passione, il ballo, che pratico sin da bambina e nel quale mi sono distinta ad alti livelli come Professionista competitrice; al Prof. Stefano D'Ottavio, grazie al quale ho potuto realizzare questo progetto; al Prof. Antonio Lombardo, per avermi accolta nella Facoltà di Scienze Motorie; al Prof. Giuseppe Annino, per i suoi insegnamenti in Metodologia dello sport e per il suo costante aiuto; all'amico Dott. Antonio Buglione, per tutti i suoi consigli, la completa disponibilità e la pazienza che ha avuto nei miei confronti.

Ringrazio, inoltre, tutte le coppie che hanno partecipato al progetto, la scuola di ballo che ha prestato la sede e gli amici Angelo e Francesca.

Un ringraziamento alle mie più care amiche Monica e Chiara, per essermi state vicino; alla mia cugina-sorella Cinzia; ai miei cugini, per la loro allegria; a tutti i miei allievi per aver sopportato le mie assenze dovute allo studio e per l'affetto dimostratomi.

Un "grazie" particolare all'amico Filippo, per il suo importante aiuto nell'uso del computer e ad Antonio e Liliana per la collaborazione, anche fino a tarda ora, nei momenti più difficili.

Un pensiero a Carlo e Antonietta con l'augurio di una pronta guarigione.

Il “ringraziamento speciale” va alla mia famiglia, per avermi sostenuta in tutto quello che ho fatto e per aver sempre creduto in me ed essermi stati accanto in ogni momento; e al più grande ed unico amore della mia vita, Nicola, il mio più grande “fan”, per avermi ricoperta del suo affetto e della sua straordinaria presenza.

A loro dedico l’intero lavoro di questa tesi, sperando di riuscire a renderli sempre fieri e felici di tutto quello che riuscirò a fare nel futuro. GRAZIE !