

# Fisiologia

## I. Introduzione

Una gamma di fattori intercorrelati giocano un ruolo fondamentale nel tiro di un arciere. Uno di questi fattori è riferito a determinanti fisiologiche nell'eseguire movimenti in arcieria. Richieste a livello fisiologico di fronte ad un evento dipendono da tre elementi di base nell'eseguire un'attività in un certo momento; vediamo:

- modelli coinvolti nel movimento fisiomeccanico,
- esecuzione di specifiche attività muscolari
- intensità, frequenza, volume e durata coinvolte in competizione o in allenamento.

E' importante per un allenatore capire le richieste fisiologiche durante un evento o durante un allenamento; in termini di lavoro, tempo, intensità, tempo di durata di pausa di riposo, in modo da definire gli elementi condizionanti per un particolare arciere, e l'arcieria in se stessa.

Questo testo desidera spiegare ed aiutare il tecnico in merito agli elementi di base fisiologici richiesti al fine di pianificare un allenamento ottimale, sia per l'arciere che durante un evento.

L'arcieria viene descritta come uno sport statico che richiede allo stesso tempo forza e resistenza sia di tutto il corpo, sia della parte superiore. Scoccare una freccia implica alcuni specifici modelli di movimento. Questi modelli capitano in alcune sequenze ogni volta con dispendio di energia. Sebbene il tiro con l'arco non appaia come uno sport che richieda molta preparazione fisica, quando attentamente esaminato, dimostra durante la preparazione e durante la competizione una disponibilità per affrontare lunghe ore di concentrazione associate a diverse abilità come forza, resistenza e particolare controllo posturale. Durante una gara nazionale o internazionale, l'arciere è obbligato a tirare più di 75 frecce in un giorno, dove per una donna si calcola un carico applicato approssimativamente a 15-16 kg e nell'uomo

a 18-20 kg ogni volta che viene teso l'arco. Questi carichi globalmente arrivano a 1125-1200 kg per le donne e 1350-1500 kg per gli uomini in ogni singolo giorno di gara in una cronologia intermittente e in associazione a notevoli circostanze di grande stress. Ciò quindi fa sì che vi sia una particolare richiesta di attività per determinati gruppi muscolari e abilità al fine di affrontare al meglio una gara anche in particolari situazioni atmosferiche, in modo che il risultato sia al chiuso, come all'aperto possa essere ogni volta identico.

Quindi è importante per un allenatore comprendere le basi fisiologiche della contrazione muscolare e lo sviluppo della forza, per il tiro e per la postura; la resistenza a seguito di ripetuti tiri e un lungo protratto allenamento e competizione. La produzione di energia, sia essa di derivazione aerobica, sia anaerobica, quindi, è importante per spiegare capacità fisica e resistenza.

Capire il concetto di base della resistenza di un arciere; l'allenatore deve conoscere il sistema cardiovascolare, la produzione di energia aerobica e le fonti di energia richieste per ogni attività durante l'allenamento e/o la gara. Essere in grado di applicare forza alla corda e togliere forza all'arco in una specifica forma posturale, supportata da una tecnica verbale, il tecnico deve capire come l'azione dei filamenti di actina e miosina a seguito del potenziale d'azione contraggono e manifestano l'attività muscolare. Questo breve ma relativamente intenso tipo di espressione di forza, quindi, richiede un certo tipo di energia al muscolo per contrarsi. E' quindi importante per il tecnico capire l'attività dei movimenti che regolano il tiro con l'arco.

## II. Sistema cardiovascolare

Il sistema cardiovascolare è composto da cuore, polmoni e vasi sanguigni. Le risposte fisiologiche del sistema cardiovascolare sono di primaria importanza nel determinare una performance durante un lavoro fisico prolungato. L'integrazione della funzione cardiovascolare è coordinata dal centro cardiaco, situato nella medulla situata nel

midollo allungato. Questo centro è responsabile della velocità cardiaca, della portata e della distribuzione del sangue attraverso il corpo a seguito di variazioni ormonali e stimoli nervosi. La funzione cardiovascolare risente molto dello stress psicologico e ancor di più per l'incremento del livello di attività fisica.

Durante un lavoro breve, intermittente o prolungato, il sangue è un tessuto fondamentale per trasportare ossigeno, ormoni, nutrienti, eliminare calore in eccesso oltre a tutti gli elementi necessari per il lavoro. In un individuo sano si riscontrano circa 5-6 litri di sangue nell'uomo e 4-5 litri di sangue nella donna, e non è sufficiente per riempire tutti i vasi sanguigni nello stesso momento.. serve quindi una distribuzione razionale che è regolata in parte dai vasi stessi ed in parte dal sistema nervoso. Secondo il tipo di lavoro degli organi, il sangue viene distribuito per vasodilatazione (aumento del diametro dei vasi sanguigni) o per vasocostrizione (riduzione del diametro dei vasi sanguigni) in accordo con la priorità di attività degli organi o dei muscoli durante il lavoro o il riposo, definito come smistamento del sangue.

La Fig. n.1 mostra la distribuzione normale in alcuni organi essenziali. I componenti del sistema cardiovascolare, pertanto, sono veramente importanti, specialmente durante un lavoro prolungato lungo lavoro.

C'è una terminologia fondamentale che un tecnico dovrebbe conoscere per comprendere i concetti di base per poterli applicare appropriatamente. Essi sono:

**Heart Rate (HR):** è il numero di battiti del cuore al minuto a riposo o sotto sforzo

**Stroke volume (SV):** è il volume di sangue pompato dal cuore ad ogni contrazione

**Cardiac Output (CO):** è il volume di sangue pompato da ogni ventricolo al minuto  
In un individuo sano CO è di circa 5 lt./min a riposo e può incrementare fino a 40 lt./min durante un esercizio intenso. Quindi,  $CO = HR \times SV$

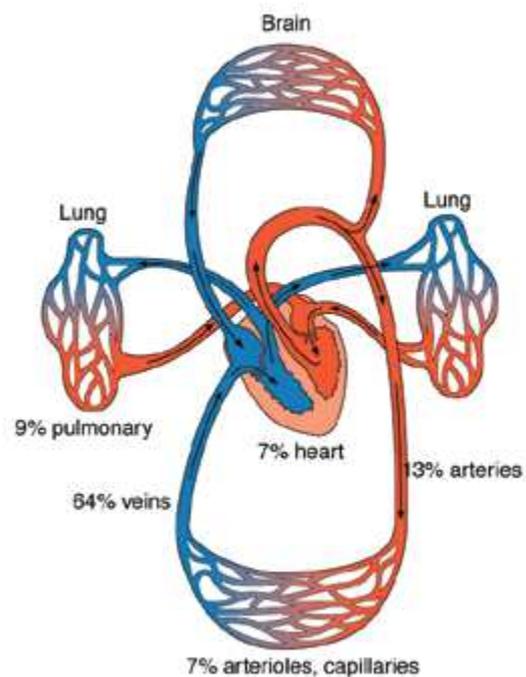


Figure 1: distribuzione del sangue nel corpo

Cuore e vasi sanguigni insieme provvedono non solo al mantenimento in vita, ma sono alla base di tutte le attività e alle capacità lavorative ed al sostegno dell'attività nell'arco di tempo. Secondo le varie richieste di attività avviene una variazione del battito cardiaco al fine di mantenere un adeguato apporto sanguigno attraverso il sistema circolatorio. L'aumento del battito cardiaco associato all'aumento del volume sanguigno riduce la  $CO_2$  e ciò aiuta il lavoro muscolare attraverso un incremento di ossigeno ed un substrato di energia per la contrazione muscolare.

Similmente agli altri muscoli, il cuore risponderà ad un esercizio regolare. L'incremento nell'allenamento è la capacità del cuore a contrarsi forzatamente al fine di incrementare la capacità del sistema cardiovascolare a distribuire il sangue attraverso un rete capillare. Questi adattamenti contribuiscono a stabilizzare continuamente l'esercizio con particolare abilità. Questo diventa importante in molti sport per protrarre la durata dell'allenamento o durante una gara. In arcieria, per esempio, è importante disporre di un continuo prolungato allenamento o una prestazione in gara senza segni di affaticamento o perdita nella qualità del tiro.

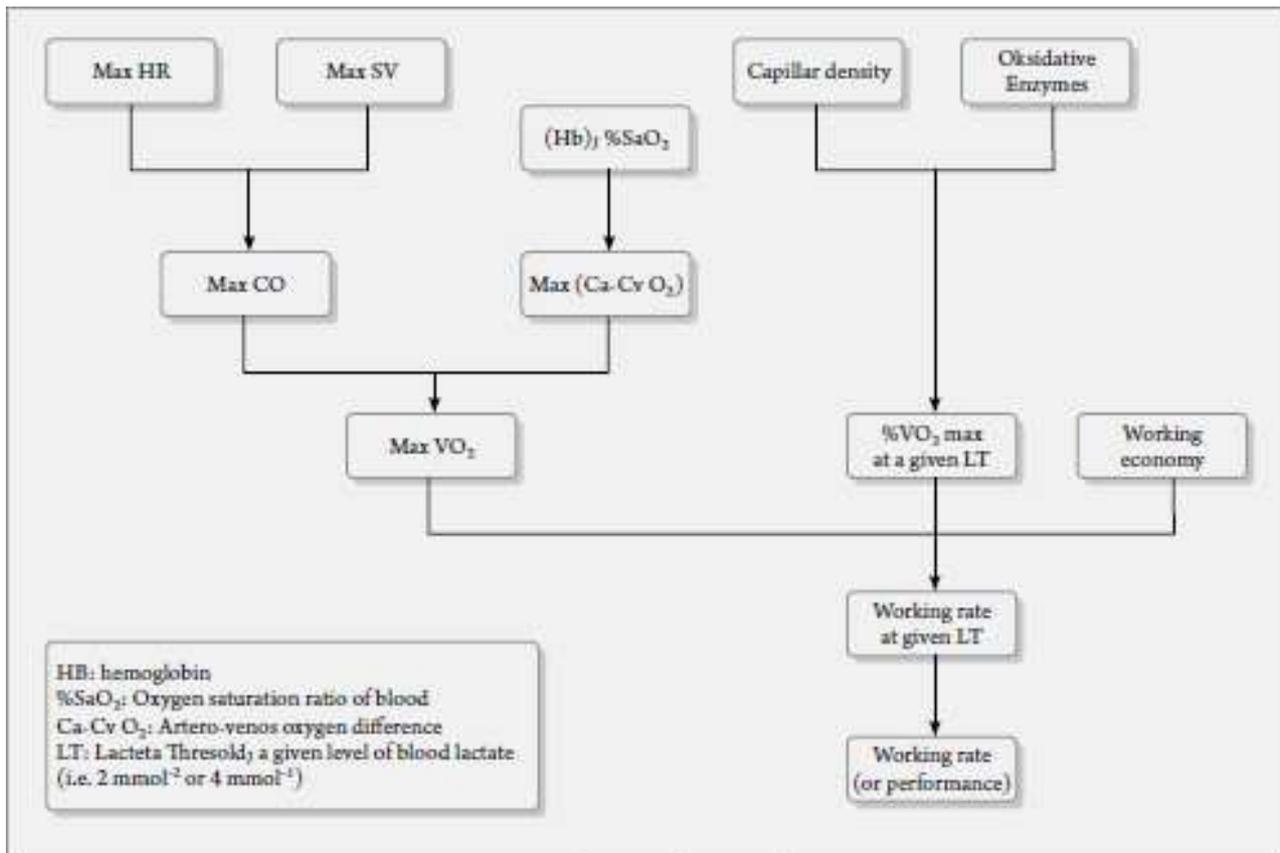


Figure 2: Factors influencing endurance working capacity

Quale risultato di un ottimale funzione cardiaca è una riduzione della CO<sub>2</sub> nel volume sanguigno associato ad un ridotto battito di fronte ad un intenso esercizio o ad un lavoro. Un ridotto affaticamento in tutto il sistema cardiovascolare e un ridotto battito aumenterà la stabilità e la fermezza durante il tiro, in quanto una ridotta frequenza aumenterà la probabilità di rilasciare una freccia tra un battito e l'altro; e questo incrementa la possibilità di lavoro di un arciere.

La frequenza massima in un atleta e quale rapporto di massima frequenza esiste tra una determinata abilità biomotoria e l'intensità massima in allenamento sono importanti. Sebbene gli atleti differiscano nei valori massimali nel battito e l'allenamento restringa l'importanza sui massimali di frequenza conseguiti, per la popolazione normale il massimale è calcolato con la seguente equazione:

$$HR \text{ massimo} = 220 - \text{età}$$

Si è notato che per ogni anno di età c'è una tendenza a ridurre di un battito cardiaco rispetto al massimo. Pertanto non si deve

dimenticare che coloro che sono coinvolti ad un livello massimo di insegnamento e sono consapevoli di un certo tipo di preparazione, dovrebbero valutare un appropriato carico di lavoro basato sulle variazioni individuali.

### III. Bioenergetica

Per poter continuare a vivere e a lavorare, l'organismo necessita di energia. A seguito dell'intensità, della durata, il numero di muscoli ed il tipo di muscoli utilizzati per un lavoro, la richiesta globale ed il tipo di energia risulta differente.

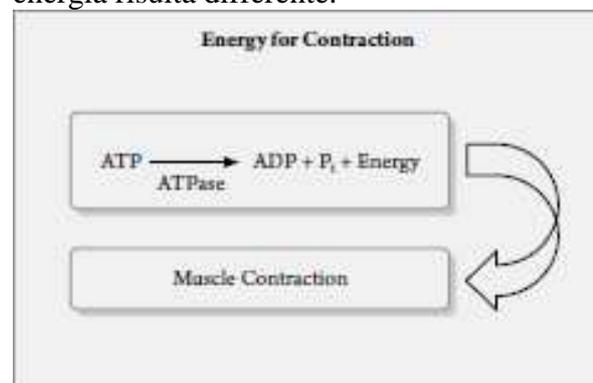


Figure 3: Energy for muscle contraction

Quindi per una percentuale di energia richiesta, vi possono essere tre sistemi di base per sostenere l'apporto di energia ad un lavoro muscolare. L'intensità e la durata di un esercizio determina quale sistema energetico debba essere utilizzato (fig. 3).

Lo scopo del sistema energetico è quello di resintetizzare l'energia ricca di fosfogeno chiamata adenosina trifosfato (ATP). Questo è l'unico sistema biochimico che provvede all'energia necessaria al muscolo per contrarsi attraverso la scissione tra il fosforo inorganico (P) e l'adenosina difosfato (ADP). Una volta che l'ATP ha iniziato la contrazione con produzione di energia, i tre sistemi energetici procurano energia per re sintetizzare ATP da utilizzare per un'ulteriore divisione al fine di ottenere nuova fonte di energia per la contrazione ed il lavoro muscolare. L'intensità e la durata del lavoro muscolare determineranno la percentuale di produzione di energia necessaria ed equilibrato dal sistema energetico. Pertanto ogni esercizio che richieda una ulteriore quota energetica sarà soddisfatta da uno dei sistemi di supporto ed la loro potenzialità e capacità di risposta dipenderanno dalla durata e dall'intensità del lavoro. Un tecnico imposterà un ottimale programma se sarà in grado di valutare la giusta richiesta di energia necessaria ad un determinato programma di preparazione.

Gli elementi intensità e durata in un esercizio sono il fattore determinante impiegato dal sistema energetico.

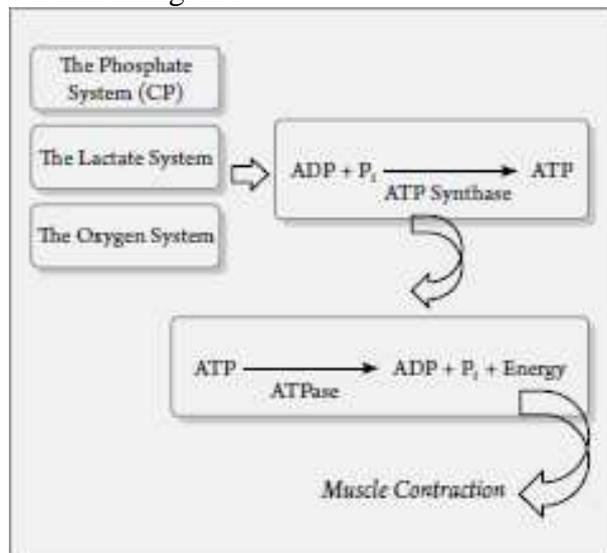


Figure 4: Energy for muscle contraction by different energy systems

Quando si considera il carattere competitivo e l'allenamento nel tiro con l'arco, dove tiri prolungati si alternano a momenti attivi o passivi di rilassamento, si capisce che conoscere la natura di produzione di energia è molto importante. Sono presenti tre forme di produzione di energia come (1) sistema fosfatico, alcune volte anche definito come sistema alattico anaerobico o della fosfocreatina o sistema ATP-CP, (2) sistema del lattato o sistema glicolitico definito anche come sistema lattico anaerobico e (3) sistema energetico aerobico o dell'ossigeno. La fig 4 mostra il simultaneo contributo dei tre sistemi durante un'attività intensa.

Potere e capacità di ogni sistema è differente. Ogni sistema presenta vantaggi e svantaggi. Per esempio il sistema fosfogeno produce un'energia immediata per movimenti molto veloci e forti. Come un breve scatto e/o un breve momento di resistenza, come afferrare la corda nella fase di trazione dell'arco. Pertanto laddove serve un'energia pronta, compresa tra pochi secondi circa 8 o 10 per uno sforzo massimale o sub - massimale, ed è veramente poco.

Table 1: Power and Capacity of Three Energy Systems

System	max power (kcal.dk-1)	max capacity (Total kcal)
ATP-CP	36	11.1
Anaerobic Glycolysis	16	15.0
Aerobic (Only glycogen)	10	2000

All'opposto il sistema di energia del lattato ha una risposta maggiore per lavori rapidi, come la corsa lunga, il canottaggio o per movimenti ripetuti ognuno della durata di 30 o 45 secondi a massime intensità. Questo tipo di energia ha una durata maggiore, ma la produzione di energia nell'unità di tempo è minore se comparata al sistema fosfogeno. Questo tipo di energia fa sì che non venga utilizzata nel tiro con l'arco in quanto non risponde alla richiesta di specifici movimenti in questa disciplina. Il sistema aerobico o dell'ossigeno è quello con maggior durata, ma è l'ultimo in ordine di produzione energia rapida. Esso pertanto ha la maggiore capacità

in termini di quantità di energia prodotta per sintesi di ATP, ma il minor potere in termini di approvvigionamento di energia rapida (Tab. 1).

## 1. Il sistema fosfageno

Il sistema fosfageno fornisce energia senza necessità di ossigeno e produzione di acido lattico. Il muscolo ha una limitata scorta di ATP, assieme ad un'altra risorsa di energia simile all'ATP chiamata creatinina-fosfato (CP). La limitata scorta di ATP nel muscolo è riconvertita dalla CP per la disponibilità ad un lavoro rapido. La riserva di CP è però molto limitata ma in grado di intervenire ad una veramente rapida energia per la re sintesi dell'ATP (fig. 5 e 6).

La limitata scorta di ATP e CP nel muscolo obbliga questo sistema energetico a funzionare tra gli 8 ed i 10 secondi. La riserva di ATP dura circa 2 secondi ed il supporto complessivo di CP si prolunga per altri 6 – 8 sec. Nel corso di un lavoro rapido e massimale. In ogni circostanza la riserva di energia per la contrazione ed il lavoro del muscolo avviene attraverso la disgregazione dell'ATP.

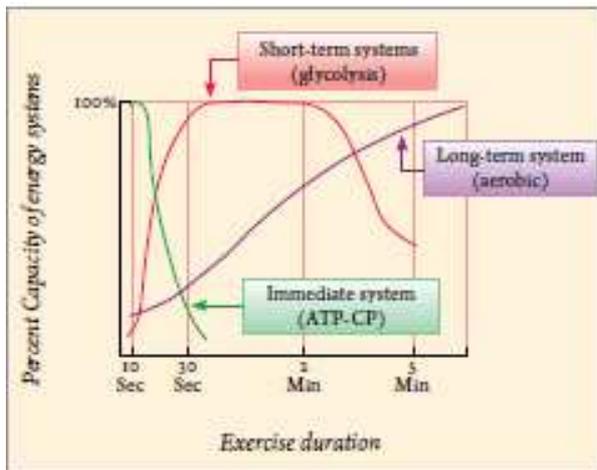


Figure 5: Energy production and relative contribution of energy by different energy systems

La disgregazione dell'ATP è ritardata dalla CP e le sintesi e le riduzioni in tali zone sono la base di ogni attività. Questo sistema è quindi importante per iniziare qualsiasi attività, che si di bassa o di alta intensità e alla massima intensità i movimenti come lo scatto, il salto, rapida trazione, spinta, esprimono

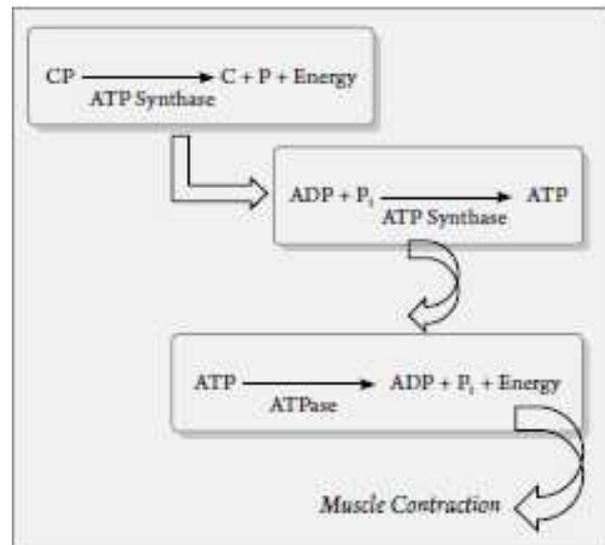


Figure 6: The Phosphate System (CP)

differenti modi di applicazione di forza o di potenza.

Terminata la disgregazione e l'esaurimento della CP nella riserva muscolare, la resintesi del processo è comunque molto veloce. La resintesi di alta energia fosfato (ATP+CP) dopo un'attività viene ripristinata in pochi minuti. Approssimativamente il 70% dei fosfati viene reintegrato in 30 sec. e il 100% tra i 3 e i 5 minuti (fig. 7).

Quindi l'utilizzo del sistema fosfageno deve essere breve, esplosivo e limitato nel numero delle ripetizioni, alternato a lunghe pause di recupero per il ripristino dei fosfageni. Il ripristino della riserva di fosfageni avviene attraverso il sistema dell'ossigeno, tramite la resintesi del glicogeno, gli acidi grassi liberi, o in particolari condizioni, attraverso la disgregazione proteica.

Non solo breve, rapido e forza lavoro, ma anche il tipo di resistenza alla fatica, non meno di tre volte alla settimana ed almeno per 6 o 7 mesi, hanno effetti positivi nell'incrementare la riserva di ATP e di CP muscolare superiore al 50%. Tale incremento nella riserva muscolare aiuta l'atleta a migliorare la capacità nell'attività oltre i 10 secondi.

Scatto rapido, forza e rapidi allenamenti incrementano la capacità del muscolo a disgregare i fosfageni per un rapido rilascio di energia e la rapida resintesi dei fosfageni per incremento degli enzimi deputati a tali processi. Entrambi i tipi di allenamento pertanto non solo incrementano le riserve di

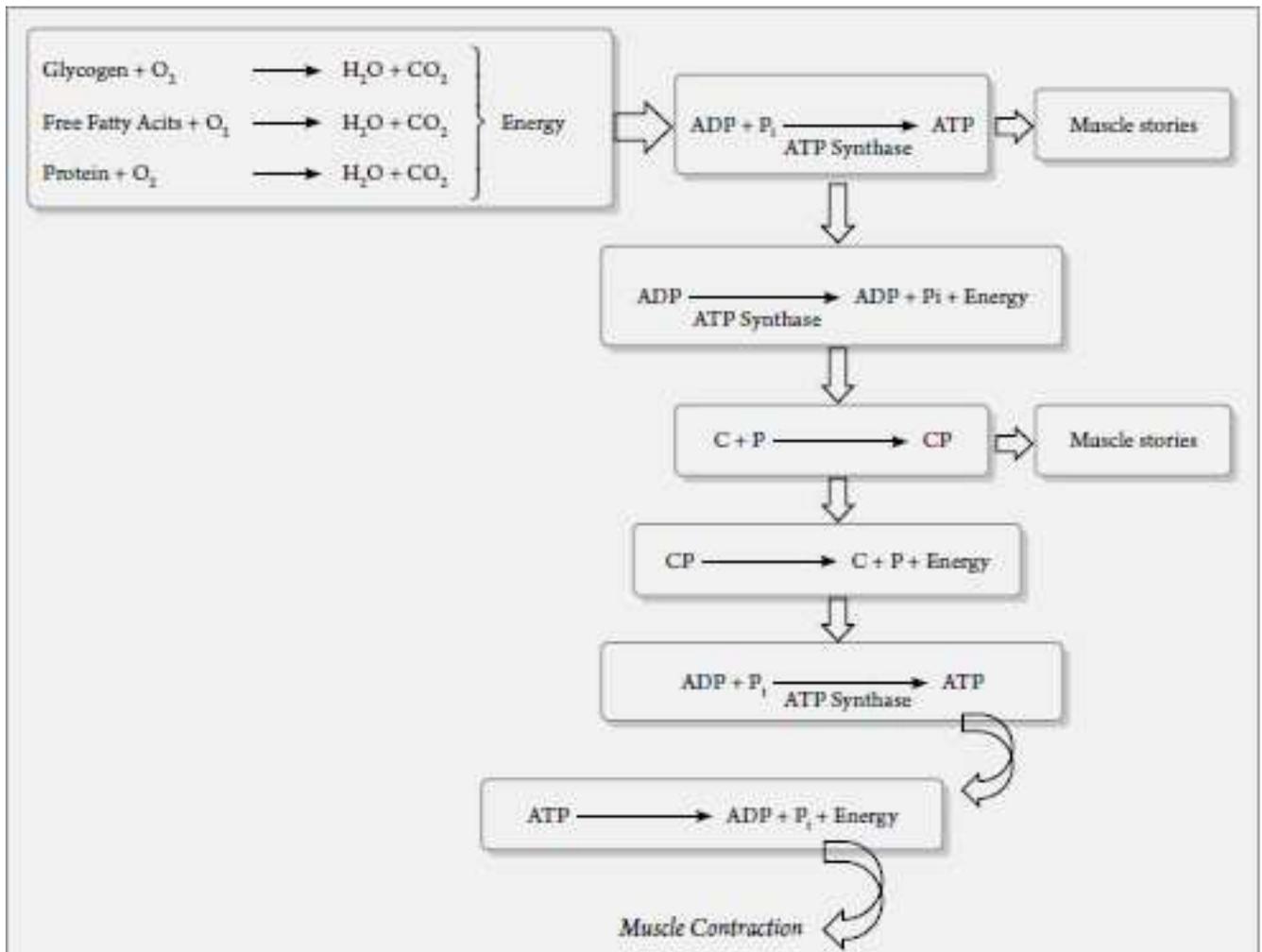


Figure 7: The recovery of muscle phosphagens during rest

ATP e CP, ma aumentano la velocità di ricostituzione per ATP e CP. L'incremento adattativo di ATP e CP e l'aumento dell'attività enzimatica non possono che migliorare la resistenza, la forza e la potenza dell'arciere. Questi allenamenti portano l'arciere ad una migliore sequenza ripetitiva di tiro ed una maggiore capacità di allenamento, riducendo il senso di fatica alla fine di ogni sessione di tiro.

## 2. Il sistema dell'acido lattico

Normalmente il corpo umano preferisce utilizzare il sistema energetico ossigeno per produrre energia per tutte le funzioni del corpo, incluso il lavoro muscolare. Pertanto se il livello di esercizio muscolare aumenta e supera il punto di capacità di ottenere energia dal sistema aerobico ed è incapace di produrre ulteriore energia ad una nuova richiesta di lavoro, il sistema anaerobico o il sistema

lattato interviene in aiuto per contribuire a produrre energia per tale attività. Il contributo o la quantità di energia prodotta dipende dalla durata e dall'intensità dell'esercizio e dall'abilità del sistema energetico aerobico nel produrre energia per far fronte all'intensità di tale richiesta. Il sistema energetico del lattato è quindi un sistema energetico addizionale che contribuisce col sistema fosfogeno a far fronte ad un'elevata richiesta di durata superiore agli 8 - 10 secondi e/o a produrre energia addizionale di fronte ad una domanda di ulteriore lavoro, laddove l'energia prodotta dal sistema aerobico non sia in grado di andare incontro ad una richiesta maggiore. Pertanto, vista la lenta risposta del sistema aerobico a seguito di richiesta di energia all'inizio di un esercizio, similmente al sistema energetico del fosfogeno, il sistema del lattato ben si addice a tale iniziale richiesta, sia essa di bassa o di notevole intensità. Il coinvolgimento del

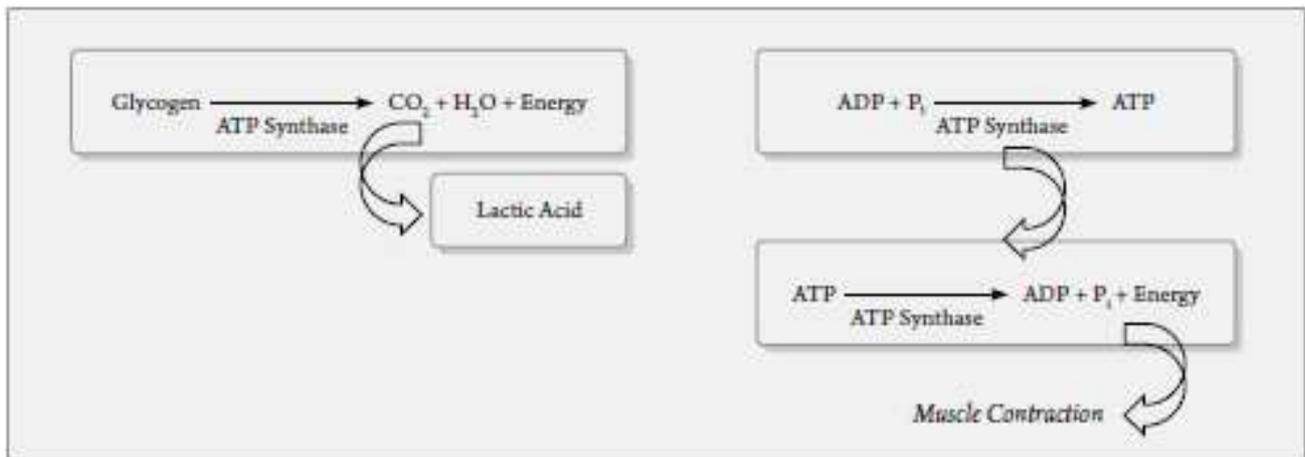


Figure 8: The Lactate Energy System

sistema energetico del lattato nella produzione di energia in tali condizioni dimostra di per sé come risultato la produzione di acido lattico a seguito del metabolismo del glicogeno in assenza di ossigeno cellulare (fig. 8). L'aumento di acido lattico cellulare durante un lavoro anaerobico modifica l'acidità (pH) nella cellula ed è indice di affaticamento muscolare. Superato un determinato livello di acidità, correlata da un allenamento e da una risposta individuale, le reazioni biochimiche scendono drasticamente ed obbligano l'atleta a ridurre o sospendere l'attività. Tale condizione va sotto il nome di acidosi. Il dolore muscolare è un tipico esempio di acidosi. In alcuni sport come la corsa a media distanza, il canottaggio, il ciclismo, dove il sistema energetico del lattato viene principalmente utilizzato, gli atleti sono colpiti da acidosi. L'aumento della percentuale di acido lattico nel sangue sta ad indicare un'aumentata richiesta di energia anaerobica, ovvero di una ridotta attività aerobia a seguito di un'aumentata richiesta di lavoro. L'aumento di lattato nel sangue può arrivare a 20 volte maggiore rispetto al fisiologico, arrivando in certi casi a 20 mmol/l. Come sopra specificato elevati livelli di lattato accumulati nel sangue provocano acidosi e nelle cellule muscolari vengono alterate le reazioni ed i meccanismi biochimici. Uno dei principali enzimi che più seriamente viene alterato è quello aerobico, senza il quale non può attivarsi la funzione energetica aerobia. Come risultato si avrà una ridotta capacità di resistenza nelle cellule muscolari. Se tale tipo di lavoro viene ripetuto senza un

adeguato riposo durante gli allenamenti, amplifica la riduzione di attività del sistema aerobio e quindi la capacità di resistenza con conseguente aumento nei tempi di riposo e di recupero. In presenza di elevati livelli di acido lattico nelle cellule provoca anche una riduzione di CP, con conseguente riduzione della capacità di scatto o riduzione nella forza ad alti livelli e ridotta affinità e controllo nei movimenti. Pertanto in determinate condizioni di precisione come nel tiro con l'arco, tale sistema è preferibile non venga utilizzato.

Lo stato di acidosi non solo limita le reazioni ed i meccanismi delle cellule muscolari, ma provoca anche un danno alla parete cellulare con conseguente versamento nel sangue di elementi cellulari. Questo stato causa delle modificazioni nel sangue e dopo un allenamento pesante un indice di danno muscolare lo si può capire dalla valutazione biochimica del sangue con un aumento dei livelli di urea, creatina chinasi, aspartato amino transferasi ed alanina amino transferasi. La normalizzazione di questo stato avviene tra uno o quattro cinque giorni dall'allenamento. Dopo un allenamento pesante il corpo elimina la metà del lattato in circa 15-25 minuti, se a riposo. E approssimativamente l'acido lattico accumulato viene eliminato al 90-95% nell'arco di un'ora. Il tempo di eliminazione l'acido lattico viene prolungato in caso di attività leggera o mancato riposo totale.

Il sistema energetico del lattato utilizza esclusivamente il glicogeno muscolare per la produzione di energia per la resintesi dell'ATP. Un elevato indice di lattato nelle

cellule muscolari non permette al glicogeno di essere utilizzato e questo riduce la capacità di utilizzo dei grassi come substrato di energia. In mancanza di utilizzo del glicogeno i grassi non possono essere metabolizzati nelle cellule come risorsa di energia.

Solitamente il lavoro tramite il lattato viene utilizzato per distanze sui 100 o gli 800 metri o per la corsa compresa tra 20 sec e tre o quattro minuti in caso di allenamento pesante. L'allenamento compreso tra i 20 ed i 45 secondi può contare preferibilmente sul sistema lattato, piuttosto che sul sistema aerobio. Quando di conseguenza l'allenamento pesante viene portato a tre, cinque minuti l'incremento di energia aerobia arriva a superare il 50%. Eccezion fatta per specifici allenamenti, l'uso preponderante del sistema lattato in arcieria è veramente limitato.

Di conseguenza l'attività di allenamento non è consigliata se il livello di acido lattico nel sangue supera le 6-8 mmol/lit. Percentuali elevate di lattato aumentano il rischio di danno muscolare. Quindi si raccomanda un adeguato periodo di riposo a seguito di un allenamento basato sul sistema lattato.

### 3. Il sistema aerobio

Il sistema energetico aerobio è quindi la base fisiologica nell'attività di resistenza.

Sport	Max Oxygen Consumption (ml.kg <sup>-1</sup> .dk <sup>-1</sup> )	
	Male	Female
Marathon Running	75-80	65-70
Cross-Country Skiing	75-78	65-70
Soccer	55-60	48-52
Tennis	48-52	40-45
Gymnastic	45-50	40-45
Rhythmic Gymnastic	-----	40-45
Sailing	50-55	45-50
Archery	39-51	34-42
Shooting	40-45	35-40

Il tiro con l'arco è uno degli eventi eccezionali che fanno riferimento al sistema energetico aerobio ed è considerato come una gara di resistenza. L'arciere non deve però dimostrare una capacità aerobica alla stregua di un maratoneta o di uno sciatore di fondo o

di atleti simili (tav. 2). Visto che l'abilità alla resistenza che è descritta per un arciere è molto particolare per il suo successo, i fondamentali di abilità della resistenza devono essere ben compresi dal tecnico.

L'ossigeno o il sistema energetico aerobio è la capacità di produrre nutrienti in presenza di ossigeno. In altre parole la capacità da parte del sistema aerobio di ottenere energia dai carboidrati, dai grassi e dalle proteine in presenza di ossigeno durante il riposo o l'attività. A confronto dei due altri sistemi energetici, il sistema aerobio è relativamente non collegato al tempo di produzione di energia per un lavoro. In condizioni fisiologiche il corpo utilizza carboidrati e grassi come principale fonte di energia ed in particolari condizioni di digiuno o prolungato esercizio utilizza proteine. In termini di energia, il deposito in grassi è una fonte inesauribile di energia, a condizione che attraverso l'allenamento il metabolismo si adatti all'utilizzazione dei grassi. I carboidrati vengono consumati come zuccheri, amidi e glucosio ed immagazzinati nel fegato e nei muscoli sotto forma di glicogeno e facilmente utilizzati dal corpo come risorsa di energia. Il deposito di glicogeno nel fegato e nei muscoli è relativamente limitato ed a seguito di un intenso lavoro le riserve arrivano approssimativamente 2000kcal o sufficienti al massimo per 60 - 90 minuti. E' interessante notare inoltre come l'acido lattico che è prodotto durante un lavoro anaerobico, venga utilizzato anche come substrato, similmente al glicogeno, dal sistema energetico muscolare e dal muscolo cardiaco. Questo è il meccanismo di base per eliminare l'acido lattico prodotto dall'attività muscolare e dal sangue circolante. (fig. 9).

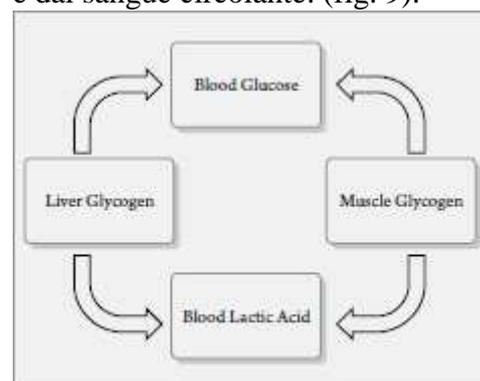


Figure 9: Elimination of lactic acid (The Cori cycle).

Il sistema ossigeno o sistema energetico aerobio è il più vantaggioso rispetto agli altri sistemi energetici. Il corpo preferisce utilizzare di solito questo sistema. Dal punto di vista economico, la tendenza del corpo è quella di utilizzare gli acidi grassi come risorsa di energia finché questa risorsa di substrato provvede alla più elevata quantità di energia per la resintesi di ATP per ogni molecola di substrato. Pertanto quando l'intensità di lavoro inizia ad essere realmente critica, alla stregua di una lunga corsa o ad un'attività difficile a vincere, l'organismo preferisce un carburante che produca la massima carica energetica per ogni litro di ossigeno. In tal caso il glicogeno è la migliore fonte di energia per la resintesi dell'ATP (fig. 10). Durante un lavoro di ridotta intensità il meccanismo ha quindi una tendenza ad utilizzare i grassi acidi liberi in percentuale preferibile al glicogeno e quando la disponibilità dell'ossigeno non è critica. Quando il tasso o la percentuale del lavoro viene incrementato, il rapporto di utilizzazione si sposta verso il glicogeno come risultato di una deficiente disponibilità di ossigeno per la produzione di energia. L'aumento di attività fisica aerobia aumenta l'utilizzo dei grassi nell'organismo. Di conseguenza la resistenza nell'attività, per incrementare il lavoro gli atleti devono aumentare l'utilizzo dei grassi come fonte di energia e gli atleti sono in grado di affrontare un lavoro più impegnativo ad una velocità maggiore grazie alla scorta di carboidrati ottenuta nell'allenamento. Il glicogeno come fonte di energia chiamato ad un lavoro maggiore farà in modo di far utilizzare i grassi da parte del corpo. Il consumo massimale di ossigeno o  $VO_2$  max è un indicatore dell'abilità nello sviluppo di resistenza di un atleta. La capacità di utilizzare la miglior percentuale di  $VO_2$  max in un determinato momento è un buon indicatore della capacità di resistenza. Il valore max  $VO_2$  può essere aumentato più del 50% con l'allenamento. Da ogni punto di vista l'organismo preferisce utilizzare il sistema aerobio in quanto più economico e con maggior possibilità di produzione di energia per la resintesi dell'ATP. Come già menzionato nel sistema

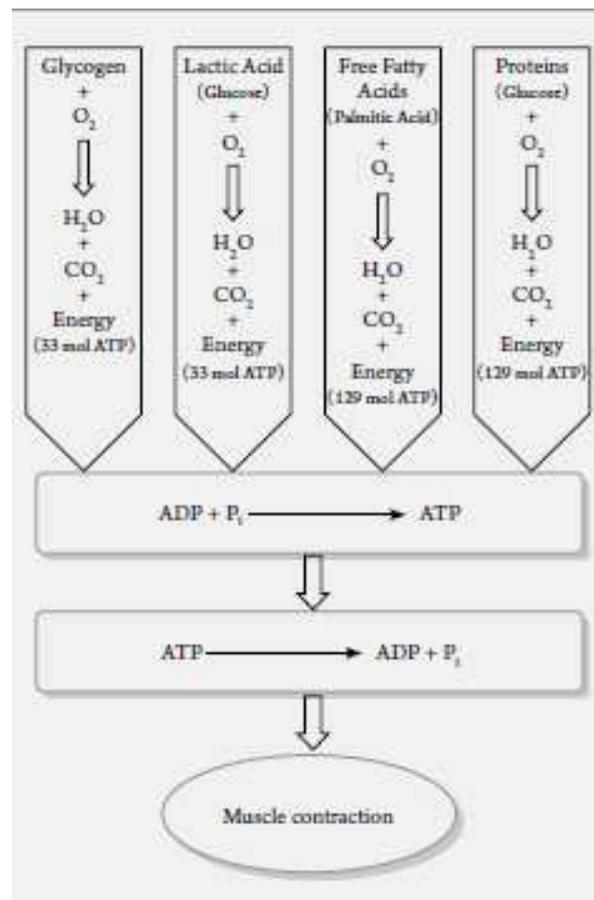


Figure 10: The oxygen or aerobic energy system and ATP resynthesis by the breakdown of substrates.

fosfogeno e nel sistema dell'acido lattico, il sistema aerobio ha però una limitazione nella sua capacità a requisire energia nell'unità di tempo. Se la quantità di energia richiesta per un tempo determinato e l'intensità eccedono la capacità del sistema aerobio (tav. 1), interviene il sistema anaerobico ad incrementare altra energia necessaria al lavoro muscolare. Inoltre le funzioni del sistema aerobio con l'apporto di ossigeno alla cellula tramite i mitocondri permette il metabolismo dei substrati (fig. 10).

Per incrementare la percentuale di lavoro, il sistema energetico aerobio necessita di una maggior quantità di ossigeno che raggiunga un elevato livello di energia per la resintesi dell'ATP. Quindi, a seguito di un aumentato livello e intensità di lavoro, la richiesta in più di ossigeno viene compensata da una maggiore frequenza cardiaca, al fine di trasportare l'ossigeno tramite la circolazione fino alle cellule. Questi meccanismi non seguono pari passo la velocità del lavoro, quindi vi è una carenza nella rapidità di

risposta. Per questi motivi la produzione di energia aerobica non è in grado di soddisfare la richiesta di energia immediata e così interviene in aiuto il sistema energetico anaerobio. Affinché il meccanismo aerobio si adatti alla velocità del lavoro servono 2 o 3 minuti in allenamento o in gara. Di conseguenza se il tempo di lavoro aumenta, il sistema aerobio inizia a divenire dominante nella produzione di energia per la resintesi dell'ATP e per il lavoro (Tav. 3).

#### 4. Sistemi energetici e allenamento.

spesso è veramente difficile per il tecnico comprendere il contributo simultaneo dalla produzione di energia attraverso i sistemi descritti in precedenza. Alcuni sono convinti che i vari sistemi agiscano separatamente dipendendo dalla intensità e dalla durata del lavoro. Ciò non è vero. In effetti i sistemi energetici agiscono contemporaneamente allo stesso tempo. Pertanto a seguito dell'intensità e della durata di un esercizio e di conseguenza il grado di allenamento dell'atleta, ogni sistema energetico ha un suo rapporto di contributo in un certo momento e in un determinato stato. E' pertanto molto importante comprendere i fondamentali dell'intensità e della durata di un allenamento, in quanto sono fattori che determinano il tipo di energia da utilizzare. Quando i sistemi energetici vengono adattati ad un concetto pratico di allenamento, possono essere identificate aree o zone di allenamento differenti (tav. 4). Ogni fase di allenamento quindi dipende dall'intensità e dalla durata, presenta diversi metodi di allenamento ognuno con caratteristiche simili per un adattamento fisiologico

In altri termini ogni variazione nelle caratteristiche dell'intensità e della durata dell'allenamento provocano differenti adattamenti fisiologici (tav. 4). E' pertanto molto importante per il tecnico riconoscere le fasce di allenamento e le loro caratteristiche nell'adattamento fisiologico specifico, importanti per lo sport in questione. Nel nostro caso il tiro con l'arco è un evento

Table 3: Physiological adaptations at different intensity levels

Level	% VO <sub>2</sub> max	HR max %	Physiological Adaptation
I	55-65	60-70	aerobic energy sources (+) aerobic energy pathways (+) capillar density (+) number of mitochondria (+) mobilization of fats (+)
II	66-75	71-75	aerobic energy sources (+) aerobic energy pathways (+)
	76-80	76-80	aerobic energy pathways (+) participation of FOG fibers (+) aerobic glycolysis (+) oxygen transport system (+)
III	81-90	81-90	anaerobic energy pathways
IV	91-100	91-100	neuromuscular (+) coordination, speed Lactic/phosphagen system
V	100-140	100	neuromuscular (+) coordination, speed, (+) Strength (+) phosphagen system (+)

basato sulla resistenza, dove l'arciere è coinvolto in tiri ripetuti, compatibili con il sistema anaerobico lattico. Con una prolungata attività, attiva o passiva nell'arco della giornata, con distribuzione dei tiri, il sistema aerobico è messo alla prova. Questo affaticamento non è utile (fig. 11) ma al contrario diviene critico di fronte ad una continua richiesta e si riduce di continuo la capacità ad affrontare ulteriori tiri in allenamento, come in gara.

Molti arcieri scontano l'eccessiva attenzione per l'arco, la corda e le frecce e continuano a dedicarsi alla parte tecnologica e all'attrezzatura. Di conseguenza in molti casi simili attenzioni influiscono negativamente a livello fisico, specialmente a livello di resistenza, importante requisito per ottenere il successo. Ogni arciere dovrebbe sviluppare resistenza generale e specifica nell'utilizzare zone aerobiche o anaerobiche a livello specifico. Per forza e coordinazione, l'allenamento nella zona di intensità del fosfogeno dovrebbe essere impiegata per specifiche attività (tab. 4).

Table 4: Different Training Zones based on intensity and duration of work

Intensity Zones	Training	Repetition times	Work/rest ratio	Lactate Content (mM)	HR (bpm)	Intensity (Max %)
5	Trainings for Phosphagens Systems	4-15 Sec	1:4 1:25	—	Sub-max Max	95-100
4	Lactate Tolerance Trainings	1. 30-60 sec 2. 2-2.5 min	1:2 1:3	12-18 (20)	Sub-max max	95-100
3	VO2 Max trainings	3-5 min	2:1	6-12	180	85-90
2	Anaerobic Threshold trainings	1. 1.5-7 min 2. 8-60 min	1:1 1:2	4-6	150-170	85-90
1	Aerobic Threshold trainings	10-120 min	1:1 1:0.2	2-3	130-150	60+

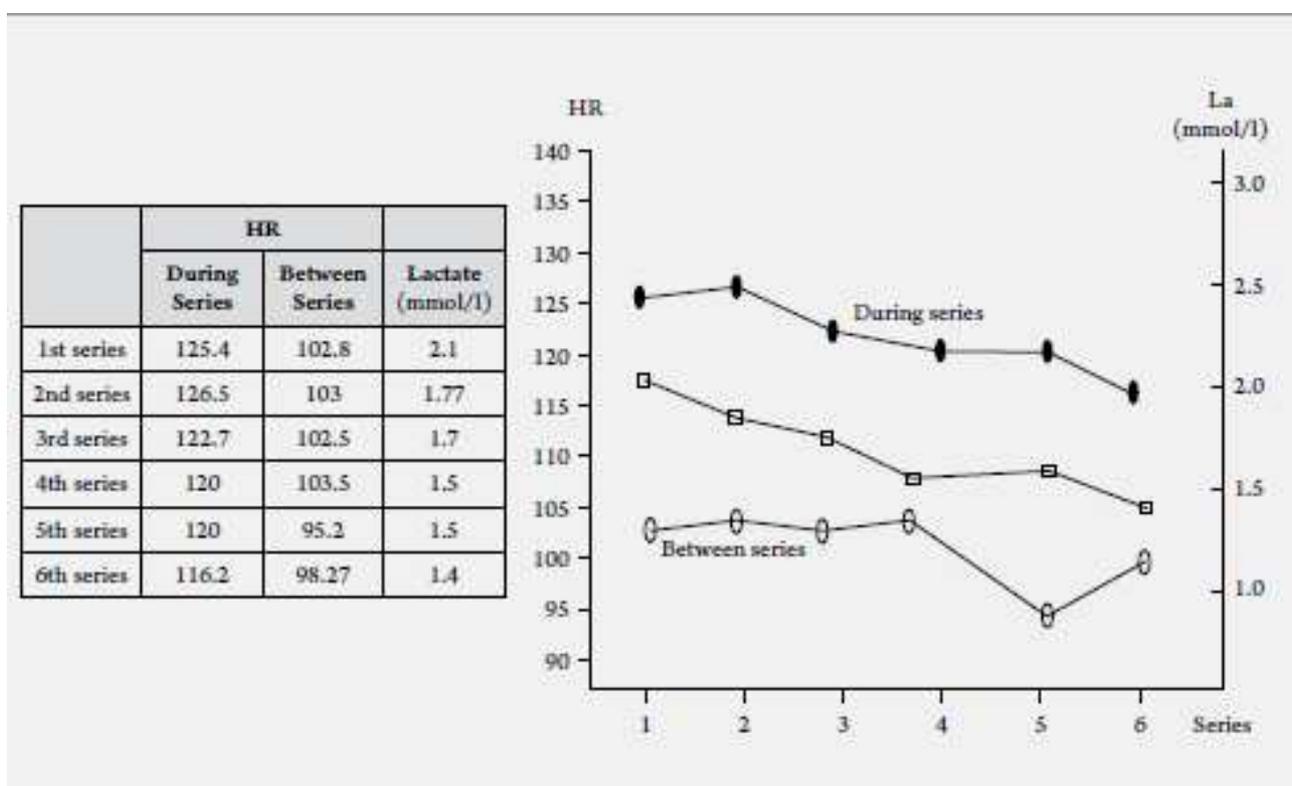


Figure 11: HR mean values and lactate values of 6 top level female archers during and in between series

#### IV. Struttura e funzione del muscolo scheletrico

Il muscolo scheletrico è il fondamento del meccanismo del movimento, dove la produzione di forza

è necessaria al movimento. E quindi, senza muscoli scheletrici non si possono eseguire movimenti. Il corpo umano presenta più di 400 muscoli scheletrici di forma e grandezza differenti. E come il corpo si sviluppa durante la crescita anche i muscoli seguono la stessa via (tav. 5). Da queste figure si comprende

che circa il 40-50% del peso del corpo è costituito da muscoli. I muscoli scheletrici svolgono quattro principali funzioni nel corpo: (1) generano forza per la locomozione, (2) per la postura, (3) per la respirazione e (4) produzione di calore di fronte all'affaticamento da freddo. Per i tecnici, questa breve sezione si occupa della capacità dei muscoli scheletrici di sviluppare forza.

La più rilevante funzione dei muscoli scheletrici è quella di muovere, mantenere la postura e aiutare il respiro. Per poter generare

Table 5: Muscle development during growth and development

Age	% of body weight
4-6	20
7-10	23
10-12/13	25-28
12/13-14/15	30-35
16/19	33-45
19/22	45-50

forza il muscolo deve essere attaccato all'osso o alle ossa e a tal fine è ad esso o ad essi collegato tramite le inserzioni per poter sviluppare il movimento, tirare la corda o spingere l'arco. I muscoli sono attaccati alle ossa per tramite di un tessuto connettivo resistente chiamato tendine. Per mantenere il muscolo intatto sono presenti tre strati di tessuto connettivo: l'Epimysio che riveste tutto il muscolo, ovvero il più esterno. Se avviene una contrazione del muscolo, il perimysio avvolge le fibre muscolari. Ogni fibra muscolare o ogni cellula all'interno del fascio muscolare è rivestita da un fascio più profondo chiamato endomysio. Questi fasci terminali costituiscono i tendini deputati alla connessione dei muscoli alle ossa, dove viene applicata la forza per la contrazione muscolare (fig. 12).

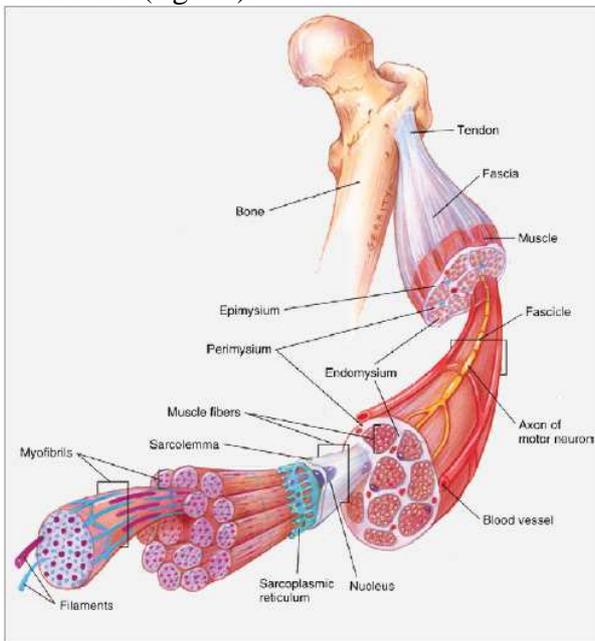


Figure 12: Showing various components of a muscle  
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

La più piccola parte dell'unità muscolare che si contrae è chiamata mio filamento. Queste sono delle strutture proteiche contrattili,

composte da due proteine che si chiamano actina e miosina. Le proteine della miosina sono delle proteine di struttura più consistente dotate di braccia estensibili, chiamate testa di ponte, attraverso le quali si collegano a particolari parti dei filamenti di actina per la contrazione nel momento in cui avviene uno stimolo nervoso alla contrazione (fig.13).

La semplice contrazione avviene nel momento in cui le miofibrille del muscolo si accorciano per scivolamento dell'actina sulla miosina. L'azione di scivolamento avviene tra due zone definite linea Z ed i terminali delle unità motorie comprese fra due zone Z prendono il nome di sarcomero. Questa azione basilare è la più semplice spiegazione della complessa contrazione muscolare ed è chiamata modello di scorrimento dei filamenti.

Il muscolo sviluppa forza attraverso questa semplificata forma di contrazione. Il muscolo però non può ridurre la sua lunghezza ogni volta che si applica forza. Nel tiro con l'arco, per ottenere una determinata postura ed equilibrio durante il tiro, molti muscoli sono contratti senza modificare la loro lunghezza.

Vi sono tre azioni muscolari identificate e che producono forza, chiamate isometrica, isocinetica ed isotonica. Per azione muscolare isocinetica, la velocità del movimento durante l'applicazione della forza nelle varie fasi del movimento è costante. Questo tipo di azione muscolare è generata artificialmente e non esiste in arcieria una sua applicazione. Allo scopo di sviluppare una determinata forza, possono essere utilizzati specifici allenamenti. Movimento isometrico, dove la lunghezza del muscolo non si modifica, finché non viene applicata una forza ed è frequentemente utilizzata nel tiro con l'arco. L'azione isotonica ed applicazione di forza è frequentemente utilizzata nel tiro con l'arco. Questa azione può essere sviluppata concentricamente o eccentricamente.

La contrazione muscolare è stimolata da un motoneurone che rilascia il potenziale d'azione. Il motoneurone fuoriesce dai cordoni spinali e come raggiunge il muscolo, innerva molte fibre muscolari. Il motoneurone e le fibre muscolari innervate formano l'unità motoria. Nel momento in cui arriva un

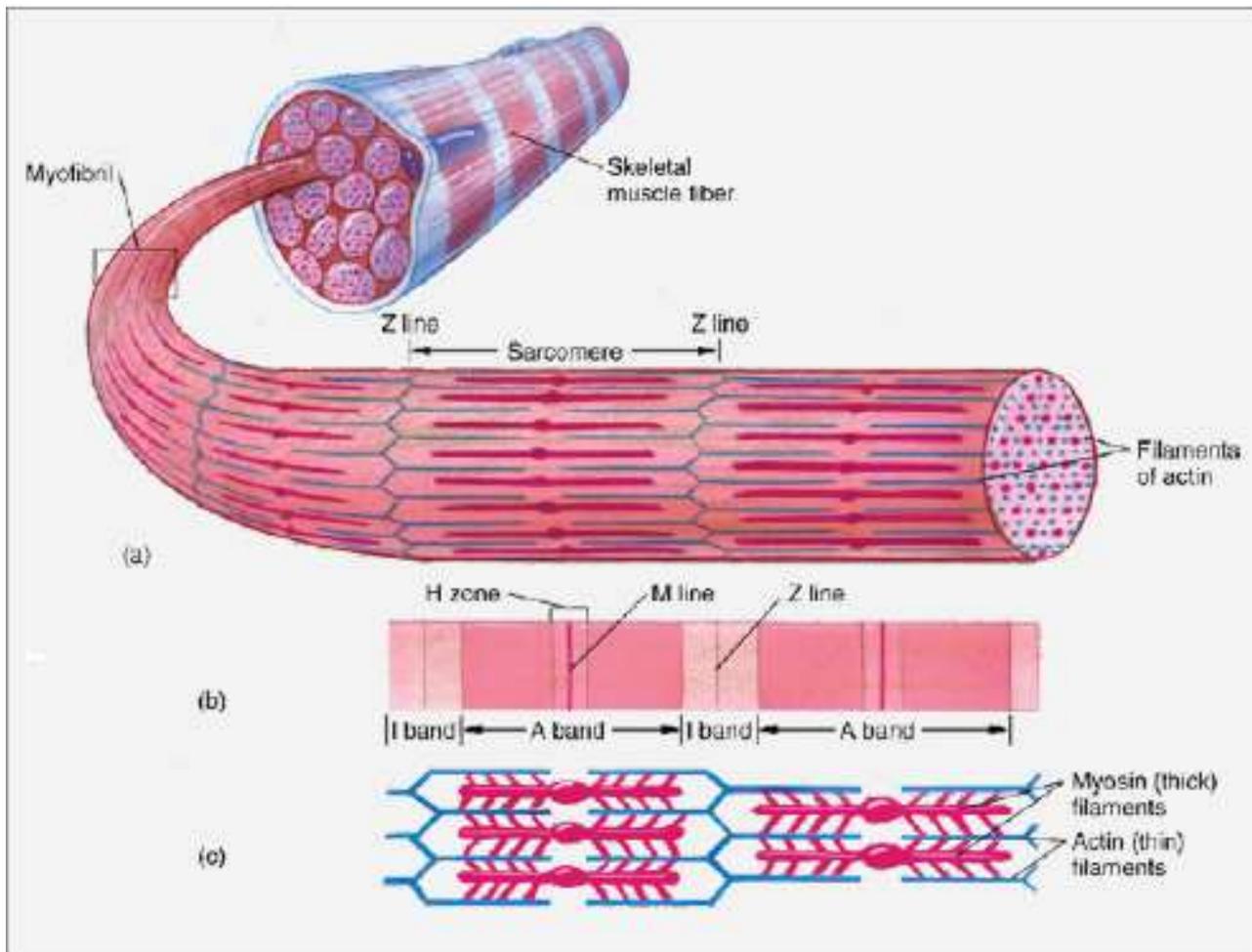


Figure 13: Construction and contraction of actin and myosin filaments

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

potenziale d'azione, tutte le fibre dell'unità motoria si contraggono contemporaneamente, a condizione che il potenziale d'azione raggiunga un'appropriata soglia per attivare la contrazione. In un muscolo ci sono molte unità motorie che differiscono in dimensione in accordo con il numero di fibre che contengono, a seconda delle caratteristiche del muscolo che loro rappresentano. Nel corpo umano si riconoscono tre tipi di fibre muscolari scheletriche e ogni muscolo contiene tre tipi fibre. Ogni unità motoria da tipi di fibra simili e sono classificate in rosse o lente, o di Tipo I, e in bianche o rapide, o di Tipo II. Le fibre muscolari rapide sono ulteriormente divise in rapide aerobiche o di Tipo IIa e rapide glicolitiche o di Tipo IIx. Le fibre muscolari di Tipo I sono definite anche a trazione lenta e il tipo II a trazione rapida in rapporto alla loro velocità nel contrarsi. La quantità di forza che un muscolo produce

dipende dal numero di unità motorie e dalle loro dimensioni. In generale le unità motorie più piccole hanno una soglia di attivazione minore e producono minor tensione.

Le fibre Tipo I in genere compongono le unità motorie minori, contengono una rete ricca di capillari e mitocondri e, pertanto, mostrano maggiore capacità aerobica e resistenza alla fatica. La loro produzione di forza è relativamente bassa, rispetto alle fibre bianche o di Tipo II. Si contraggono relativamente piano e sono indicate per un lavoro a lungo termine di resistenza. Le fibre di Tipo II o bianche dimostrano una capacità nel contrarsi con maggior forza e relativamente più velocemente. Le fibre muscolari di Tipo IIa sono moderatamente vascolarizzate e ricche in contenuto di mitocondri e quindi con maggiore inclinazione alla resistenza, minore velocità di contrazione rispetto alle fibre muscolari di Tipo IIx. Di conseguenza le fibre

Characteristic	Slow Fibers	Fast Fibers	
	Type I	Type IIx	Type IIa
Number of Mitochondria	High	Low	High/Moderate
Resistance to fatigue	High	Low	High/Moderate
Predominant energy system	Aerobic	Anaerobic	Combination
ATPase activity	Low	Highest	High
Vmax (Speed of contraction)	Low	Highest	High
Efficiency	High	Moderate	Low
Specific tension	Moderate	High	High

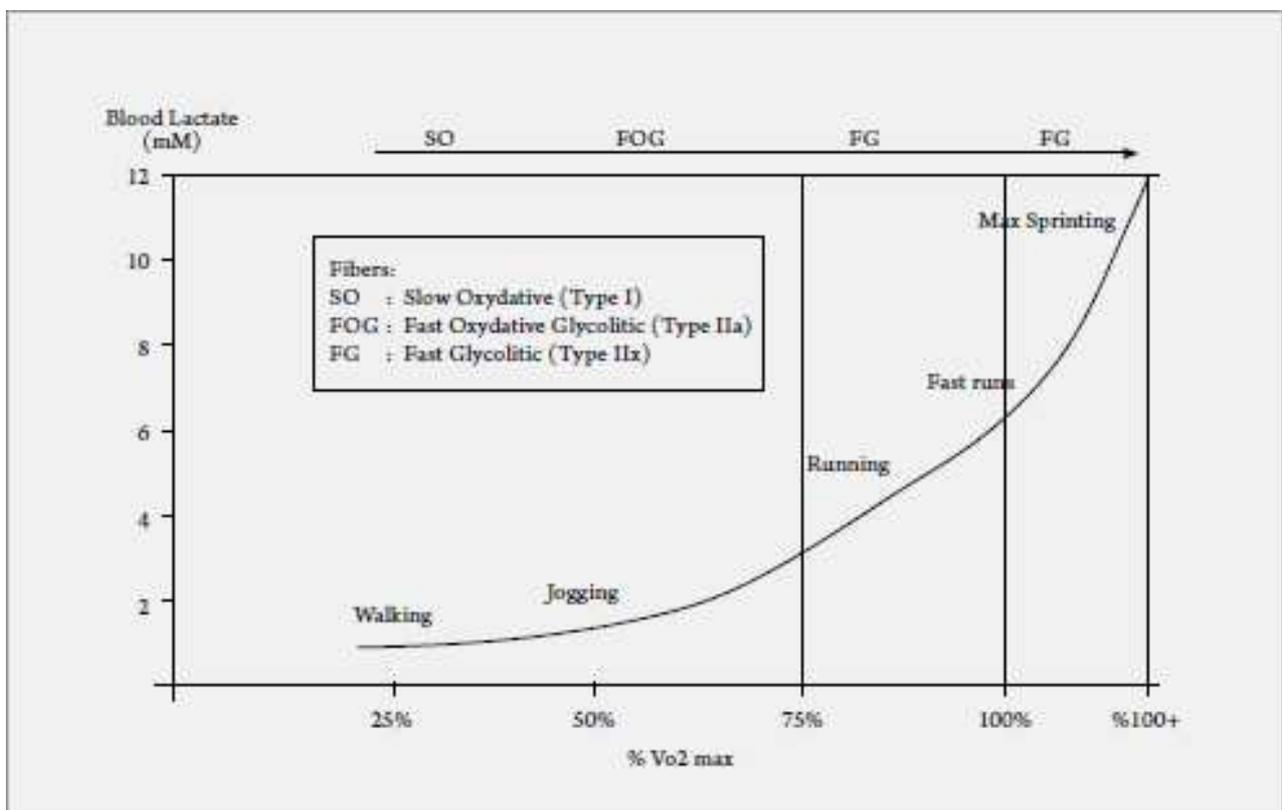


Figure 14: Intensity of Work and Metabolic Responses

di Tipo IIa presentano una velocità di contrazione e capacità tensiva molto maggiore rispetto alle fibre muscolari di Tipo I.

Le fibre muscolari di Tipo IIx mostrano infine una capacità di resistenza, una velocità di contrazione e di tensione muscolare maggiore rispetto agli altri due tipi di fibre (tav. 6)

Partendo dal presupposto di una moderata attività, come camminare, pedalare in scioltezza, camminata veloce, l'attività può essere mantenuta per molte ore. L'intervento energetico è quasi completamente di tipo

aerobio, con l'utilizzo di acidi grassi liberi, principalmente nelle fibre muscolari di Tipo I. L'incremento della velocità o del tasso di attività produrrà una produzione di energia tramite i carboidrati e, se ben allenati, gli atleti possono mantenere questo tipo di lavoro aerobio per circa 1 o 2 ore, arrivando ad esaurire quasi tutte le riserve di glicogeno nelle fibre muscolari di Tipo I e di Tipo IIa. Un'attività di intensità maggiore quali la corsa o lo scatto breve o prolungato attiveranno le fibre di Tipo IIa ed anche quelle di Tipo IIx utilizzando il lattato tramite il

sistema energetico fosfageno. Se l'intensità del lavoro aumenta ulteriormente come nell'allenamento estremo, vengono attivate le fibre muscolari di Tipo IIX. In questo caso l'unica energia disponibile è di tipo anaerobico, il glicogeno muscolare ed il fosfageno sono le fonti di energia. (fig. 14). Nella popolazione sedentaria normale la distribuzione delle fibre a lenta trazione è compresa tra il 47% e il 53%. In termini di distribuzione delle fibre, non vi è distinzione fra sesso ed età. Comunque in certi sport vi è una tendenza a mostrare un'alta percentuale di alcune fibre muscolari. Per esempio laddove la forza atletica definita scattista e tiratore mostra un'elevata percentuale di fibre di Tipo II, la resistenza atletica mostra fibre di Tipo I (Tav. 7).

Table 7: Muscle fiber composition in elite athletes

Sport	% Type I (Slow fibers)	% Types IIa/IIx (Fast fibers)
Distance runners	70-80	20-30
Track sprinters	25-30	70-75
Nonathletes	47-53	47-53

Di conseguenza è risaputo che una elevata distribuzione di particolari fibre non possono rendere migliore un atleta in una gara, in quanto giocano ruoli importanti le complesse interazioni psicologiche, biochimiche, anatomiche, neurologiche, cardiopolmonari, biomeccaniche e fattori ambientali. E' anche evidente di quale larga distribuzione e gamma di muscoli possano disporre gli atleti di alto livello. In ogni caso è risaputo che durata e resistenza provocano entrambi una variazione nelle fibre muscolari da rapide a lente e viceversa come riportato in molti recenti studi (fig. 15). Non vi sono variazioni dalle fibre Tipo I alle fibre Tipo II, ma al contrario dalle fibre Tipo II alle Tipo I. nel tiro con l'arco la tipologia di arco non richiede una particolare variazione per le fibre muscolari, a meno che esse non vengano portate ad un esaurimento in determinate situazioni. Pertanto è postulato che la distribuzione delle fibre non accresce o deprime le prestazioni nel tiro con l'arco. Decisione, coordinazione occhio mano, controllo posturale, capacità di

concentrazione, elasticità mentale, resistenza di base e speciale associate ad una forte abilità, sembrano giocare un ruolo fondamentale nel risultato, rispetto alla variazione del tipo di fibra muscolare. Uno dei parametri bio-motori critici nel tiro con l'arco è la forza. Nonostante il fatto che non ci sia un'elevata richiesta di forza in ogni singolo tiro, nel momento in cui viene considerata l'attività totale in allenamento o in gara, il livello di forza incomincia ad avere un importante prerequisito. Il tiro con l'arco non richiede uno sforzo massimale come nel lancio o in attività esplosive. Però richiede una certa conoscenza di base in merito alla forza in modo da poter sviluppare al meglio un certo tipo di forza. Negli arcieri è presente l'abitudine di lavorare su specifici gruppi muscolari per sviluppare forza specifica senza la formazione di una specifica generale forza di base. E pertanto raccomandato all'inizio della preparazione sulla forza o a livello anatomico, utilizzare tutti i gruppi muscolari, così come si fa per i gruppi muscolari utilizzati per impugnare l'arco o tirare. Questo lavoro è quindi seguito da uno sviluppo massimale di forza su certi gruppi muscolari finalizzato a produrre un'appropriata base per successive richieste di specifiche attività di forza. (fig. 16).

Dovrebbe rimanere nella mente che un allenamento forzato dovrebbe essere pianificato in accordo con la disponibilità di tempo suddivisa tra allenamento e gara, in quanto lo sviluppo di forza richiede un adattamento psicologico. La forza non viene sviluppata solo attraverso l'ipertrofia muscolare, ma anche attraverso una coordinazione inter ed intra neuromuscolare. Di conseguenza il programma di allenamento e il numero degli specifici esercizi di forza devono essere pianificati attentamente. La figura 16 mostra che l'allenamento per lo sviluppo di forza dovrebbe essere portato avanti durante tutto l'arco dell'anno. La stesura della relazione tempo-forza deve essere presa in considerazione come i progressi degli allenamenti di forza. Dovrebbe essere ricordato che al fine di sviluppare forze specifiche, la preparazione anatomica è importante.

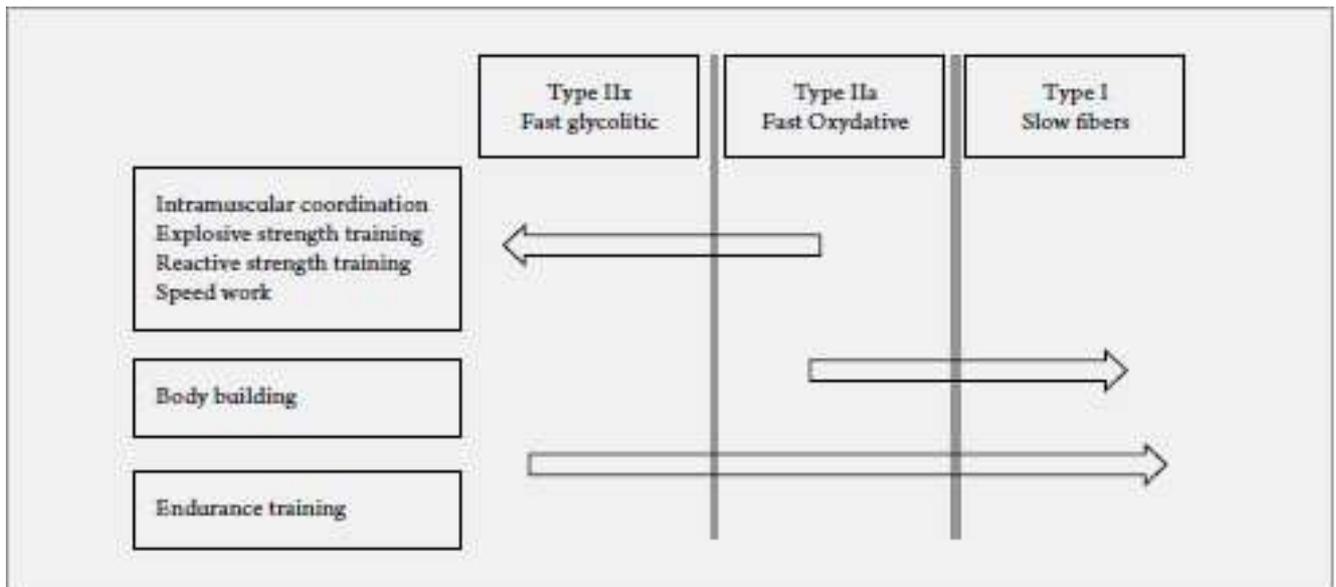


Figure 15: Muscle fiber types and their response to training

Figure 16: Strength-time interaction of strength training process during the training year.

Preparation Period			Competition Period	
Anatomical Preparation	Hypertrophy	Maximal Strength	Transfer Power	Maintenance
No change 20-60%	Shifts to right 60-80%	Shifts to left 70-80%	Shifts to left - Deuser or elastic band workouts - 30-50% strength endurance - Using bow with Different tension weights	Remains shifted to left

#### IV. Literature

Powers, Scott K. and Howley Edward T., *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance*. Fifth Edition. Mc Graw Hill Higher Education. 2004. ISBN: 0-07-292181-1

Açikada, C., Ertan, H. and Yılmaz, C. *Shooting Dynamics in Archery*. In *Sports Medicine and Science in Archery*. Eds E. Ergen and Karol Hübner. FITA Medical Committee. 2004, pp.15-36.

Shepard, R.J., *Determinants of Endurance Performance*. In *Endurance in Sport: Volume II of the Encyclopedia of Sports Medicine an IOC Medical Commission Publication In Collaboration with the International Federation of Sports Medicine*. Eds R.J. Shephard and P.-O. Astrand, Second Edition, Blackwell Science. 2000, pp 21-36. ISBN 0-632-05348-8

Astrand, P.-O., *Endurance Sports*. In *Endurance in Sport: Volume II of the Encyclopedia of Sports Medicine an IOC Medical Commission Publication In Collaboration with the International Federation of Sports Medicine*. Eds R.J. Shephard and P.-O. Astrand, Second Edition, Blackwell Science. 2000, pp 9-15. ISBN 0-632-05348-8

Janssen, P., *Lactate Threshold Training*. *Human Kinetics*. 2001. ISBN: 0-7360-3755-1

Franklin, B.F., *Cardiovascular Responses to Exercise and Training*. In *Exercise and Sport Science*. Eds William E. Garrett and Donald T. Kirkendall. *Lippincott Williams & Wilkins, A Wolters Kluwer Company*, Philadelphia, Baltimore, New York. 2000, pp 107-116.

Burke, E.R., *Heart Rate Monitoring and Training*. In *Precision Heart Rate Training for Maximum Fitness and Performance*. de Edmund R. Burke. *Human Kinetics*, 1998, pp. 1-27. ISBN 0-88011-770-2