

E' per me un grande onore presentare questa trattazione, opera di eminenti ricercatori.

Un trattato che spazia dall'anatomia alla fisiologia, dalla biomeccanica alla psicomotricità passando per la neurofisiologia e la posturologia; un'opera che apre porte su praticamente tutti i differenti aspetti che si debbono considerare nella progettazione di un piano di lavoro riferito alla costruzione e alla crescita di un arciere.

Attraverso le innumerevoli considerazioni, sempre supportate da un rigore scientifico che solo la ricerca più evoluta può garantire per quantità e qualità dei dati, diventa possibile scegliere, attraverso un'oculata strategia, i percorsi metodologici da praticare in relazione alle capacità e alle abilità degli atleti con cui abbiamo l'opportunità di interagire.

Grazie all'attenta analisi compiuta dagli autori è possibile riconoscere i fattori che limitano e/o determinano la prestazione, e ciò avviene da un punto di osservazione assolutamente privilegiato e incontrovertibile: quello delle discipline facenti parte delle scienze riconosciute. Un serio e pianificato processo pedagogico di allenamento non può misconoscere le informazioni e i dati che ne derivano.

In relazione a quanto detto è evidente come ormai l'arciere debba essere considerato, valutato e di conseguenza allenato come un atleta che necessita di una vasta gamma di capacità ed abilità, tutte quante modificabili, quindi allenabili, quindi migliorabili.

Attraverso l'attenta lettura del testo, si fa strada sempre più prepotentemente l'idea di come la tecnica esecutiva sia strettamente correlata a capacità e abilità psico-fisiche di varia natura ma comunque sempre allenabili, e sottolineo allenabili; essere a conoscenza di questo fatto dovrebbe essere motivo di grande motivazione a ricercare l'elaborazione di piani e progetti di lavoro che consentano ai nostri atleti di progredire utilizzando tutto il loro potenziale.

Roberto prof. Finardi

# LE DINAMICHE DEL TIRO

Di Caner Açıkada (*Hacettepe University, Scuola delle Scienze e Tecnologie Sportive, Ankara, Turchia*), Hayri Ertan (*Middle East Technical University, Dipartimento di Educazione Fisica e Sport, Ankara, Turchia*) e Cevdet Tinazci (*Near East University, Scuola di Educazione Fisica e Sport, Nicosia, Cipro Nord*).

## 1. I determinanti della prestazione nel tiro con l'arco

Anche se il tiro con l'arco non sembra essere uno sport particolarmente faticoso dal punto di vista della preparazione fisica, esaminandolo attentamente noteremo che sia gli allenamenti, sia le gare richiedono concentrazione per diverse ore, oltre a forza, resistenza e un buon controllo della postura. Durante una gara nazionale o internazionale un arciere deve tirare più di 75 volee al giorno, tendendo ogni volta 15-16 kg se donna, 18-20 kg se uomo. Questo significa tendere almeno 1125-1120 kg per le donne e 1350-1500 kg per gli uomini in un singolo giorno di gara, in modo intermittente, contro un avversario e in una situazione di forte stress. Per questi motivi si tratta di un'azione molto faticosa per alcuni muscoli e che richiede la capacità di tirare bene in qualsiasi tipo di condizioni ambientali, sia all'aperto che al chiuso, facendo in modo che tutto si svolga allo stesso modo.

Le tabelle 1.1-1.4 mostrano alcuni dati riguardanti il somatotipo, la forza aerobica e i livelli di lattato di alcuni tra i migliori arcieri, sia uomini che donne. Anche se questi livelli, presi sia durante il tiro sia durante le pause tra i tiri, cambiano in caso di eventi particolarmente faticosi, oppure sono simili ai livelli ottenuti da persone normali (non atleti), il tiro con l'arco indubbiamente richiede una forza, resistenza, coordinazione oculo-manuale, tempo di reazione, valutazione del tempo e un controllo del corpo davvero speciali. Perciò il tiro con l'arco richiede un approccio all'allenamento davvero unico, che sappia ricavarne il meglio sia dal punto di vista mentale che fisico. Una combinazione ottimale dei diversi elementi varia da arciere ad arciere in base alle abilità individuali e alle risposte all'allenamento. Dato che ogni arciere è unico per dimensione del corpo, abilità funzionali, forza, resistenza e capacità mentale di reggere la pressione della gara, per ottenere una prestazione ottimale è essenziale che l'allenamento sia individuale. Per questo motivo tra gli allenatori e gli scienziati è nato l'interesse nei confronti dell'identificazione degli elementi maggiormente determinanti la prestazione.

**Tabella 1.1** – Capacità funzionali degli arcieri

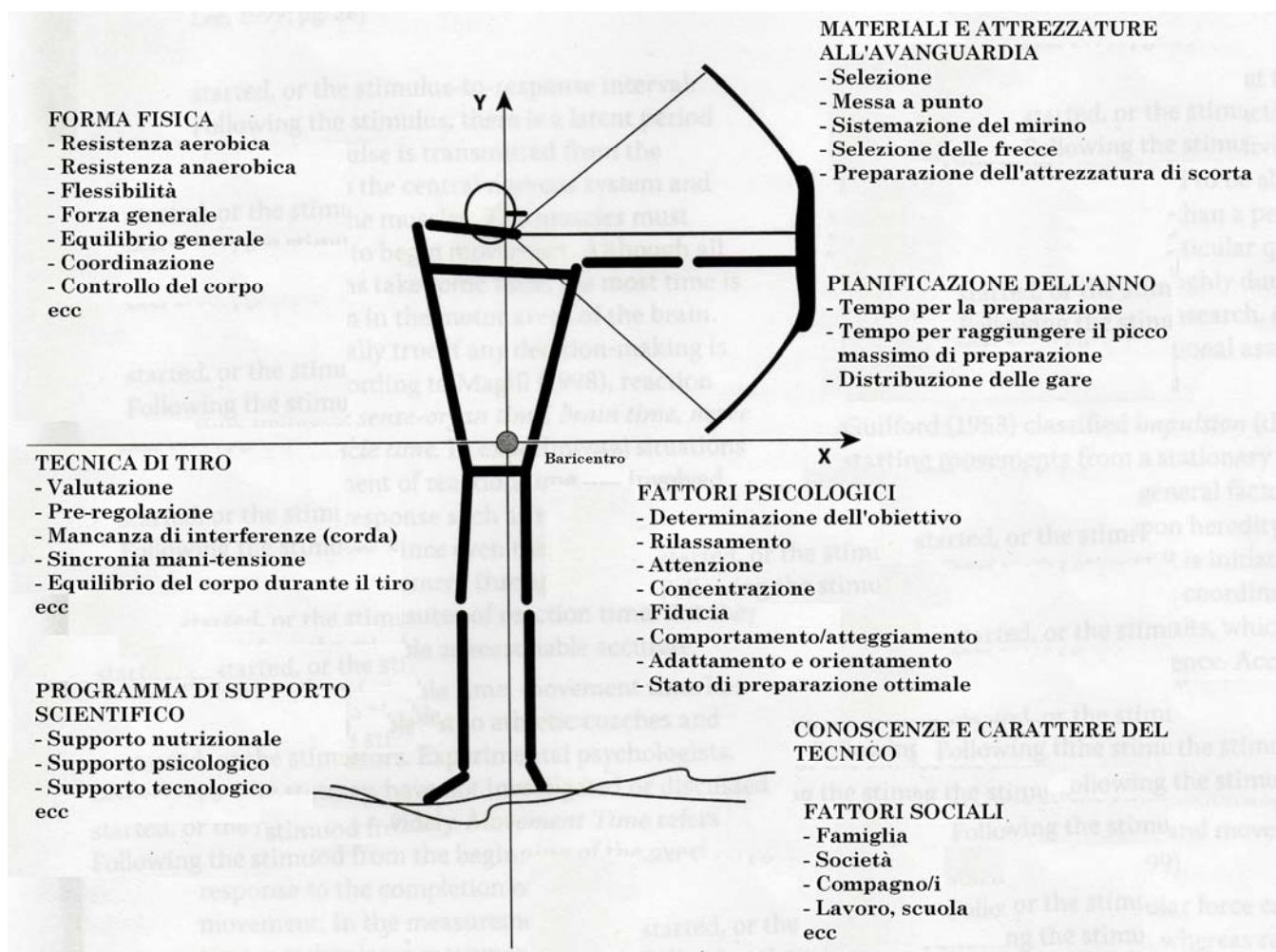
Uomini			Donne		
Soggetto n°	Vo <sub>2</sub> max (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	HRmax (bpm)	Soggetto n°	Vo <sub>2</sub> max (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	HRmax (bpm)
1	50.90	196	1	39.74	199
2	46.36	187	2	33.95	199
3	38.73	190	3	34.34	202
4	44.29	199	4	33.67	182
5	46.97	202	5	35.69	204
6	44.61	196	6	42.33	196
			7	40.32	189
			8	38.05	196
<b>Min</b>	37.73	196	<b>Min</b>	33.67	182
<b>Max</b>	50.90	202	<b>Max</b>	42.33	204
<b>Media</b>	45.31	195	<b>Media</b>	37.26	195.87

**Tabella 1.2.** – Caratteristiche degli arcieri turchi (da Açıkada et al., 1996)

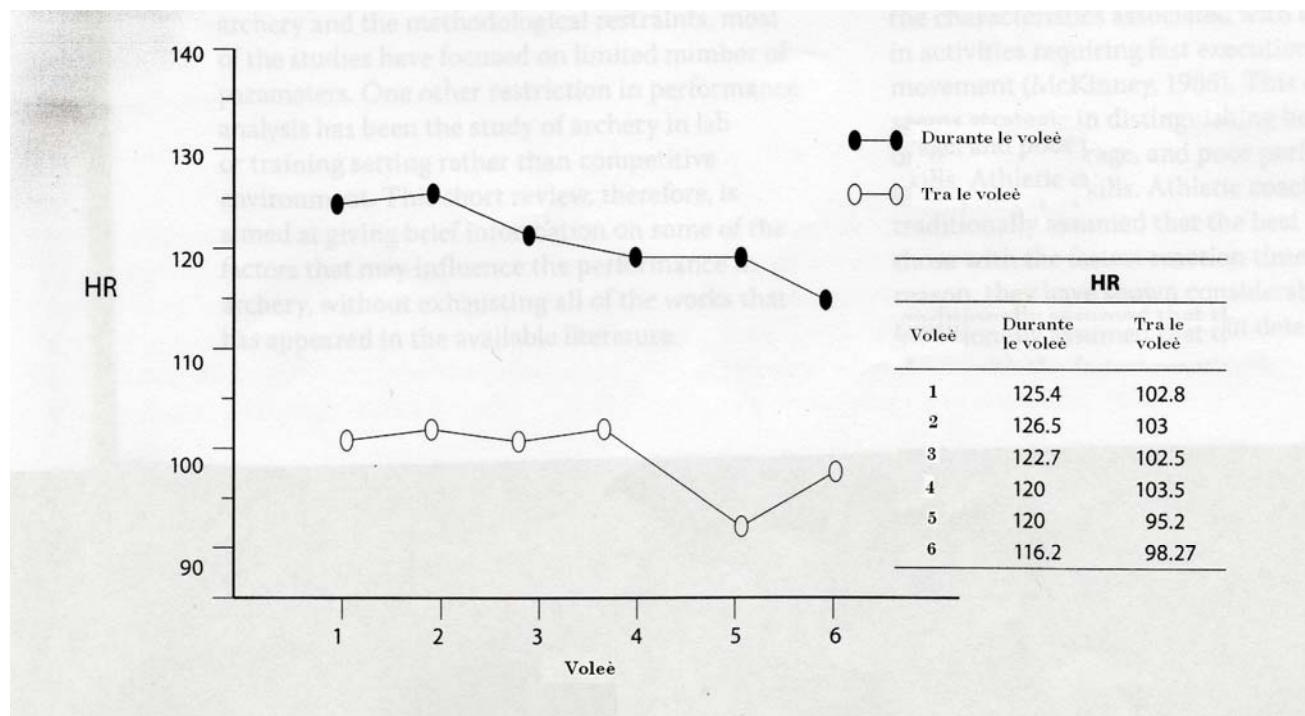
	Somatotipo endomorfo	Somatotipo mesomorfo	Somatotipo ectomorfo
<b>Livello nazionale</b>			
<b>Donne (n=15)</b>	3.37±0.83	3.82±0.96	2.46±0.67
<b>Uomini (n=9)</b>	2.68±2.01	4.15±1.29	2.90±0.84
<b>Livello internazionale</b>			
<b>Donne (n=5)</b>	3.49±0.70	3.92±0.61	2.03±0.45
<b>Uomini (n=9)</b>	3.25±1.59	3.98±1.03	2.68±2.59

A volte non è semplice stabilire i fattori determinanti la prestazione nel tiro con l'arco. Tuttavia alcuni degli elementi che influiscono positivamente la prestazione sono la forma fisica, le abilità di tiro, un programma di supporto scientifico, attrezzatura all'avanguardia, un arciere talentuoso, una buona pianificazione dell'anno, le conoscenze e il carattere del tecnico e i fattori sociali e psicologici (Fig. 1.1). È molto difficile stabilire le priorità per una prestazione ottimale, ma un buon tecnico, un arciere di talento e una buona attrezzatura sono sicuramente in cima alla lista.

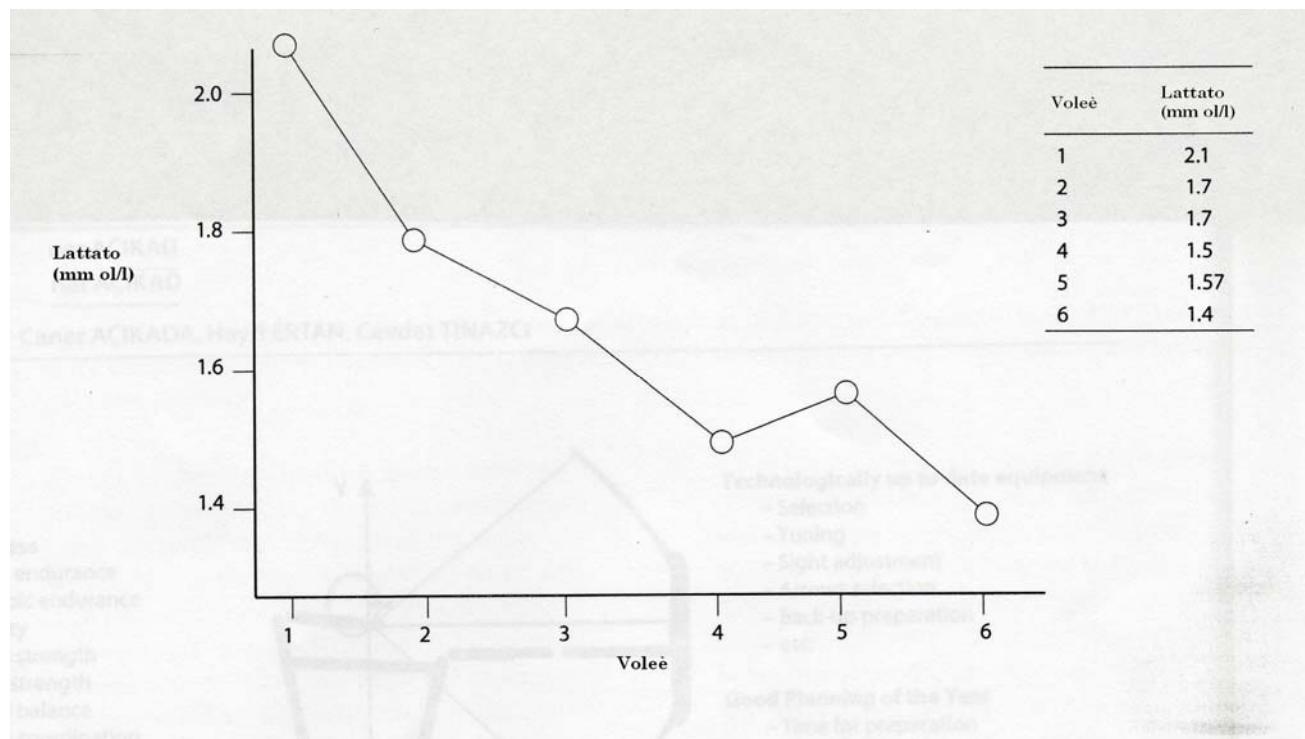
**Fig. 1.1.** – I fattori determinanti la prestazione nel tiro con l'arco



**Fig. 1.3.** – Test sulla frequenza cardiaca durante l’allenamento. Sono rappresentate le frequenze cardiache medie delle 6 migliori arciere donne, sia durante il tiro che tra le voleè (tabella adattata da Eroglu et al., 1996).



**Tabella 1.4.** – Test effettuato durante l’allenamento per stabilire i valori medi del lattato nelle 6 migliori arcieri (tabella adattata da Erglu et al., 1996).



I fattori determinanti la prestazione nel tiro con l'arco sono stati oggetto dell'interesse di molti studiosi (Nishizono et al., 1987; Robazza et al., 1999; Tinazci, 2001). Gli aspetti di maggiore interesse studiati sono stati l'elettromiogramma (EMG), l'elettrocardiogramma (EKG), i tempi di mira, le oscillazioni posturali, il tempo di reazione al clicker, le oscillazioni durante la mira, l'elettroencefalogramma, il condizionamento, la concentrazione dell'acido lattico e l'ansia. Pochi studi hanno esaminato i parametri in grado di influenzare il punteggio di una prestazione. A causa della natura del tiro con l'arco e delle restrizioni metodologiche, la maggior parte degli studi si è focalizzata su un numero ridotto di parametri.

Un altro fattore restrittivo è stato l'uso dello studio in laboratorio o in allenamento, piuttosto che durante le gare. Questo breve resoconto, quindi, ha come obiettivo quello di elencare i diversi fattori che possono influenzare le prestazioni nel tiro con l'arco, senza riprendere tutti gli studi già apparsi in passato.

## 2. Reazione al clicker

### 2.1. Reazione e velocità dei movimenti

Prima di parlare dei diversi elementi delle prestazioni è importante capire alcuni concetti di base che ci aiuteranno a definire e a spiegare la performance del tiro con l'arco. A questo riguardo, una caratteristica molto importante e su cui ogni individuo differisce è il tempo di reazione (Oxendine, 1968). La velocità con la quale una persona può reagire è una delle caratteristiche associate all'abilità in quelle attività che richiedono un'esecuzione rapida dei movimenti (McKinney, 1985). Questa componente sembra strategica per distinguere tra un atleta eccezionale, uno medio o scarso. Gli allenatori dell'atletica hanno sempre creduto che i migliori atleti fossero quelli con un minor tempo di reazione e proprio per questo hanno mostrato un considerevole interesse nei confronti della velocità di reazione e nel determinare chi riesce a muoversi più rapidamente. Anche gli psicologi sperimentali hanno dimostrato molto interesse per questo fattore, perché il tempo di reazione è una delle variabili più importanti tra le persone e perché si presta a essere misurato obiettivamente (Schmidt, 1988).

### 2.2. Tempo di reazione vs. tempo del movimento.

Al termine *tempo di reazione* si associano spesso diversi significati. Alcune persone lo usano per riferirsi all'abilità di iniziare a fare qualcosa velocemente (fare i primi passi velocemente, fare movimenti veloci), altri hanno un concetto più limitato di questo termine. Per misurare il tempo di reazione alcuni insegnanti di educazione fisica e psicologi hanno ridotto la risposta del soggetto a piccoli movimenti con le dita, usando, solo occasionalmente, risposte motorie più complesse. Per chiarire la questione, il tempo di reazione e il tempo di movimento saranno discussi come elementi della velocità di reazione (Oxendine, 1968).

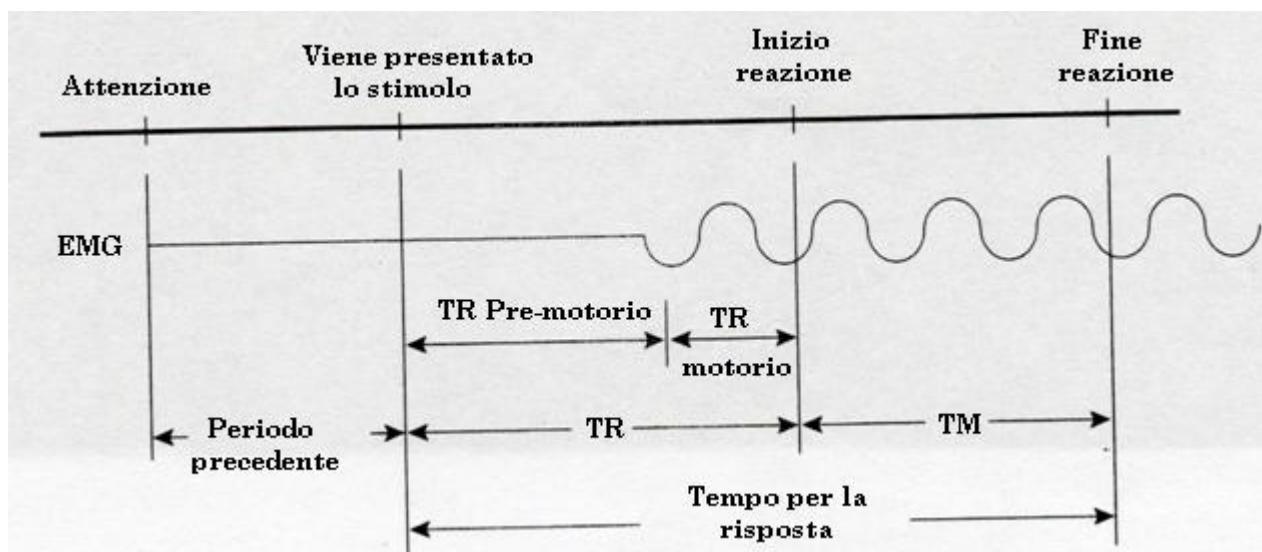
La velocità di risposta (il tempo totale) implica sia il tempo di reazione, sia quello di movimento. Il tempo tra la presentazione di un segnale cui rispondere e l'inizio della risposta è il tempo di reazione (McKinney, 1985). Il tempo di reazione è il periodo che va dallo stimolo all'inizio della risposta, non quello occupato dall'esecuzione della risposta. Per meglio dire il tempo di reazione è quello richiesto per far partire l'azione di risposta, o l'intervallo stimolo-risposta. In seguito allo stimolo c'è un istante in cui l'impulso viene trasmesso dall'organo sensoriale al sistema nervoso centrale, quindi di nuovo ai muscoli, che devono contrarsi per iniziare il movimento. Anche se tutte queste azioni richiedono del tempo, tutto avviene all'interno delle aree motorie del cervello. Secondo Magill (1998) il tempo di reazione comprende: il tempo senso-organo, il tempo cerebrale, il tempo nervoso e il tempo muscolare. Durante la sperimentazione la misura del tempo di reazione è stata fatta usando azioni semplici, come rilasciare un bottone o il tasto di un telegrafo. Dato che anche queste semplici

azioni richiedono di completare un movimento attraverso una seppur breve distanza, non è possibile parlare di una misurazione “pura” del tempo di reazione, anche se è comunque accettata e ritenuta ragionevolmente accurata.

Oltre al tempo di reazione, anche il tempo di movimento è stato oggetto d’interesse, ma solo di allenatori e insegnanti di educazione fisica, infatti gli psicologi sperimentali non ne hanno discusso. Il *tempo del movimento* si riferisce a quel periodo che va dall’inizio della risposta, fino al completamento di un determinato movimento. Per misurare il tempo di movimento è stata usata un’azione più estesa rispetto a quella usata per misurare il tempo di reazione.

La risposta totale quindi comprende sia il tempo di reazione che quello di movimento, intesi come l’intervallo tra lo stimolo e la risposta e il periodo necessario all’azione stessa di risposta. A volte il termine *tempo di reazione* è stato usato in modo errato per riferirsi a entrambi questi concetti, anche se la fase del movimento era molto lunga (Fig. 2.1).

**Fig. 2.1.** – Momenti coinvolti nel paradigma del tempo di reazione (TR: Tempo di Reazione. TM: Tempo di Movimento. EMG: Elettromiografia). La traccia superiore è la rappresentazione ipotetica dell’EMG di un muscolo (Schmidt e Lee, 1999; pag. 28).



Tradizionalmente si è sempre creduto che ci fosse una forte relazione tra il tempo di reazione e quello del movimento. Ovvero, si è sempre creduto che un individuo con un tempo di reazione molto breve fosse anche in grado di muoversi o correre più velocemente rispetto a una persona con un tempo di reazione maggiore. Negli ultimi anni questo interrogativo è stato oggetto di diversi studi approfonditi e i risultati hanno portato a dubitare di queste ipotesi (Oxendine, 1968).

Guilford (1958) ha classificato *l’impulso* (la velocità con il quale s’inizia un movimento a partire da una posizione di immobilità) e la forza muscolare come fattori generali e principalmente ereditari. Mentre la *velocità* (la velocità di un movimento una volta iniziato), la precisione statica, la precisione dinamica, la coordinazione e la flessibilità sono classificate come caratteristiche dipendenti dall’esperienza personale. Secondo Guilford quindi il tempo di reazione semplice (*impulso*) è un fattore ereditario, mentre la fase di reazione (*velocità*) si può sviluppare. Questo suggerisce che la relazione tra gli elementi della reazione e il tempo di movimento, se esistente, è davvero limitata (Schmidt and Timothy, 1999).

Henry (1961) ha affermato che è la forza muscolare quella che determina la velocità del movimento di un arto, mentre il periodo di latenza della reazione rispecchia il tempo necessario per avere un pre-movimento causato da un processo del sistema nervoso centrale. Il tempo di movimento **invece** è quello causato dalla forza muscolare. Sulla base di questi concetti e delle sue ricerche, Henry ha

suggerito l'inesistenza di una relazione tra i due tratti, andando a contrapporsi alle convinzioni di allenatori e insegnanti (Oxendine, 1968).

### *2.3 Tempo di reazione semplice e tempo di reazione di scelta.*

Da sempre si è fatta una distinzione tra il tempo di reazione semplice e il tempo di reazione di scelta, sia nelle discussioni sul tema, sia sui testi a questo riguardo. Nei test del *tempo di reazione semplice* è stato chiesto alle persone di compiere azioni basilari, come premere o rilasciare un tasto all'accensione della luce. In questo modo viene dato un stimolo e si sollecita una risposta a questo stimolo.

Quando per questi esperimenti si usa la luce, il tempo di reazione solitamente si aggira intorno ai 0.20-0.25 secondi e si riduce se si usa un cicalino o qualche altro stimolo. In questi casi il tempo di reazione è breve perché la persona non deve prendere in considerazione alcuna alternativa e sa già in anticipo che tipo di stimolo aspettarsi (Schmidt, 1988).

Al contrario, nel *tempo di reazione di scelta* una persona deve considerare diverse alternative. Ci si riferisce a questo tipo di tempo di reazione anche con i termini "discriminativo" o "disgiuntivo". Un esempio di questo tipo è dato da un esperimento in cui l'accensione di una spia rossa prevede la pressione del tasto 1, mentre l'accensione di una spia verde prevede la pressione del tasto 2, con l'accensione delle luci programmata in modo alternato e irregolare. Il soggetto sottoposto al test è quindi obbligato a osservare lo stimolo e poi a scegliere il tasto corretto, rallentando considerevolmente il tempo di reazione rispetto a quello semplice. Sono stati condotti test con un numero di scelte variabile da 2, 5 a 10 e si è notato che il tempo di reazione aumentava se si aumentava il numero di possibili scelte (Anderson, 1982).

Nessuno ha mai messo in dubbio l'esistenza di *differenze individuali* nel tempo di reazione. Tutti i ricercatori hanno riportato la presenza di differenze tra i vari individui da loro esaminati, sia nel tempo di reazione semplice, in quello di scelta o nel tempo di movimento. Ma è ovvio che sono molti i fattori che possono contribuire alla velocità di reazione (Oxendine, 1968).

La reazione a un segnale, che richieda una reazione semplice o di scelta, richiede comunque del tempo. La quantità di tempo richiesta è da imputarsi al bisogno del segnale di stimolare l'organo sensoriale appropriato (visivo, uditivo o tattile) passando attraverso gli assoni per arrivare al cervello, e infine tornare indietro passando attraverso gli assoni per andare verso il muscolo che dovrà essere attivato. Questo processo normalmente è descritto in questo modo: ricezione dello stimolo, interpretazione dello stimolo, decisione su cosa fare e infine esecuzione dell'azione (McKinney, 1985).

### *2.4 Il tempo di reazione nel tiro con l'arco*

Non sono stati fatti molti studi riguardanti le reazioni degli arcieri allo scatto del clicker, ma quelli che ci sono possono essere divisi in due categorie:

- a) gli effetti del tempo di reazione in grado di influenzare le prestazioni;
- b) gli studi riguardanti i diversi tipi di reazione allo scatto del clicker.

#### *2.4.1 Gli effetti del tempo di reazione che influenzano le prestazioni arcieristiche.*

Questo è uno degli argomenti più studiati e ricercati. L'idea principale di queste ricerche è di trovare se esistono delle relazioni tra il tempo di reazione e i punti effettuati dall'arciere. Ertan et al., (1996) ha condotto alcuni studi per dimostrare gli effetti del tempo di reazione al clicker meccanico (Mechanical Clicker Reaction Time, MCRT), studiando le reazioni di 16 arcieri di alto livello, 8 uomini e 8 donne. L'analisi dei dati non ha evidenziato alcun tipo di relazione tra l'MCRT e il punteggio ottenuto sia dagli uomini ( $r=0.001$ ) che dalle donne ( $r=0.09$ ). Una delle donne però ha rivelato una correlazione negativa tra i due parametri, il che implica che una diminuzione del tempo di reazione non porta all'aumento dei punti. La conclusione quindi è stata che l'analisi dei tempi di reazione dev'essere condotta individualmente perché, considerando tutto il gruppo

contemporaneamente, è impossibile trovare una relazione tra i due parametri. Il problema è che a volte l'analisi individuale può dare come risultato una relazione negativa tra i due parametri. Tinazci (2001) ha usato lo stesso dispositivo per studiare in laboratorio le reazioni degli otto arcieri più forti (4 uomini e 4 donne). Dopo 246 tiri a 18 metri, Tinazci ha osservato che tutti gli uomini e alcune delle donne mostravano una diminuzione dell'MCRT in contemporanea con l'aumento dei punti. Ma, una volta considerati i risultati dell'MCRT insieme a quelli dell'Elettromiografia Integrata (IEMG) e ai punteggi, si sono notate subito delle differenze tra le reazioni individuali e quelle del gruppo. Questo ha contribuito a indicare chiaramente che ogni arciere ha delle reazioni individuali e diverse per quanto riguarda l'attività muscolare, l'MCRT e i punti realizzati, nonostante la tendenza dell'MCRT a diminuire con l'aumento dei punti.

#### *2.4.2. Il tipo di reazione allo scatto del clicker*

L'arciere spinge l'arco con il braccio disteso e tira la corda con la mano e le dita corrispondenti. Quando raggiunge la posizione finale, il clicker scatta e, toccando l'arco, produce un suono al quale l'arciere rilascia la corda. Nasce quindi spontanea un'altra domanda: come reagisce l'arciere al clicker? Ne sente il suono, le vibrazioni (sia sulla freccia, sia sul riser) oppure lo vede scattare? Ertan et al. (1996) hanno condotto una ricerca per trovare una risposta a queste domande. Hanno misurato i tempi di reazione visivi, uditivi e tattili separatamente, dopodiché hanno misurato il MCRT dell'arciere grazie ad un apposito strumento. Ma comparandoli non sono riusciti a trovare alcuna relazione tra l'MCRT e i tre tempi di reazione. Hanno inoltre suddiviso i punti totalizzati tra alti (10, 9, 8) e bassi (7, 6, 5) per poter svolgere delle analisi più approfondite e hanno notato che l'MCRT è strettamente collegato al tempo di reazione uditivo ( $r=0.918$ ) quando l'arciere totalizza un punteggio basso, mentre è significativamente collegato al tempo di reazione tattile ( $r=0.763$ ) quando l'arciere totalizza un punteggio alto. Per questo motivo gli studiosi hanno determinato che il percepire il clicker al tatto è collegato all'ottenere punteggi più alti.

### **3. Strategie di attivazione muscolare nel tiro con l'arco**

Il tiro con l'arco è descritto come uno sport statico che richiede forza e resistenza della parte superiore del corpo. Tirare una freccia implica uno schema di movimenti che devono ripetersi ogni volta allo stesso modo. L'arciere incocca la freccia, afferra la corda e l'impugnatura, arriva alla posizione di ancoraggio, mira, rilascia la corda e infine esegue il follow-trough. I movimenti del braccio dell'arco e di quello della corda dovrebbero svolgersi in contemporanea e la forza di entrambe le braccia dovrebbe essere uguale (Kamei et al., 1971).

L'arciere rilascia la corda quando riceve uno stimolo uditivo dal clicker, il dispositivo usato per il controllo dell'allungo (Leroyer, 1993). Per ogni freccia quindi la corda è tesa fino allo stesso punto, ottenendo in questo modo un rilascio standard. L'arciere deve reagire al clicker il più velocemente possibile, sincronizzando l'attività muscolare di tutto il corpo per avere un gesto accurato. In particolare dovrebbe esserci un continuo susseguirsi di contrazioni e decontrazioni della schiena, delle spalle, delle braccia, dell'avambraccio e delle dita della mano della corda, sia durante le gare, sia durante l'allenamento, a causa dell'alto numero di frecce tirate. Proprio per queste continue ripetizioni i movimenti del tiro con l'arco sono l'ideale per studiare i controlli motori e il processo di acquisizione della tecnica. L'obiettivo di questa parte è quindi quello di riassumere le scoperte dei diversi studi sugli schemi di attivazione muscolare di quei gruppi muscolari che partecipano al tiro.

#### *3.1. Classificazione dell'analisi dell'attivazione muscolare.*

L'arciere dovrebbe coordinare tutti i muscoli coinvolti nel movimento di tiro in un tempo brevissimo: una volta ricevuto lo stimolo dal clicker dovrebbe rilasciare la corda il più velocemente possibile, in modo da ottenere un gesto accurato. Alcuni studi hanno analizzato il movimento del tiro valutando gli schemi di attivazione muscolare coinvolti prima e dopo lo scatto del clicker. In tutti gli studi è stata usata l'elettromiografia (EMG) e la divisione dei muscoli è stata fatta in base alla loro

posizione e al loro coinvolgimento nell'azione. I gruppi muscolari e le loro strategie di attivazione sono stati classificati in questo modo: (1) i muscoli della schiena; (2) i muscoli delle spalle; (3) i muscoli delle braccia; (4) i muscoli dell'avambraccio e delle dita della mano della corda.

### *3.2. I muscoli della schiena*

Nishizono et al. (1987) hanno condotto uno studio per analizzare i livelli di attivazione dei gruppi muscolari coinvolti nel tiro con l'arco utilizzando cinque arcieri: due arcieri alle prime armi, uno mediamente esperto e due arcieri di alto livello. I risultati dell'analisi hanno mostrato una forte attività del muscolo deltoide nell'arciere di medio livello e un livello di contrazione muscolare più elevato nei muscoli della schiena dell'arciere di alto livello, rispetto che nell'arciere di medio livello o nel principiante. Inoltre il livello di attivazione muscolare dei due arcieri di alto livello era simile sia da un lato che dall'altro, mentre gli altri arcieri hanno mostrato un livello di attività sbilanciato (Nishizono, et al., 1987).

È stato fatto un paragone anche nelle fasi di rilascio e follow-trough. Negli arcieri di alto livello è stata osservata la scomparsa del potenziale d'azione del muscolo deltoide nel momento del rilascio, mentre nel follow-trough l'attività muscolare era mantenuta per 1.5 – 1.7 secondi (Nishizono, et al., 1987).

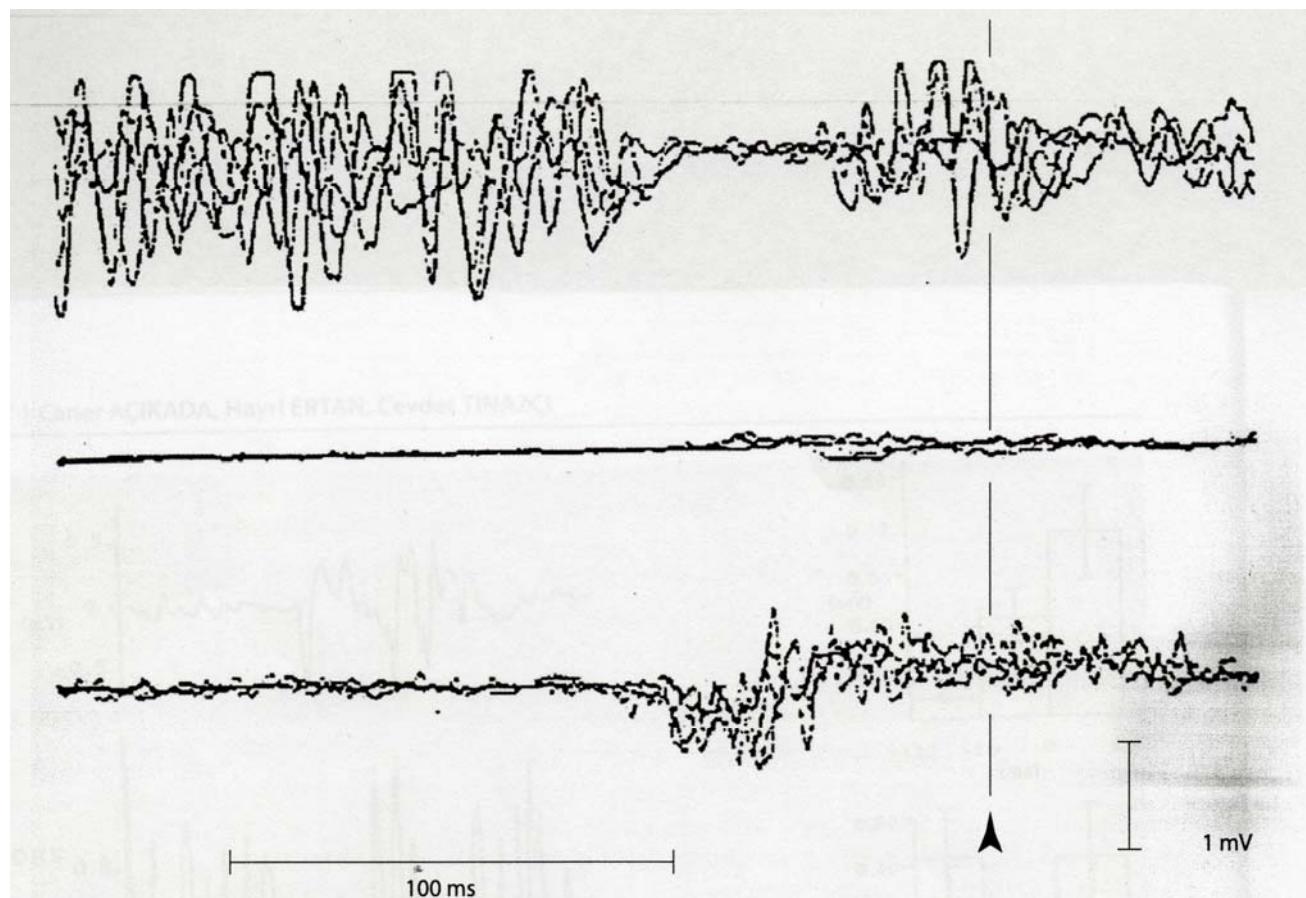
L'arciere spinge l'arco verso il bersaglio con il braccio steso e immobile (statico), mentre l'altro braccio tira la corda in modo dinamico dall'inizio dell'azione fino a quando non avviene il rilascio (Leroyer, 1993). La fase del rilascio dev'essere ben bilanciata e ripetibile per ottenere dei buoni risultati (Nishizono, et al., 1987). Quindi l'equilibrio tra i livelli di contrazione dei muscoli della schiena da entrambi i lati può essere usato come un indicatore del livello. Se un arciere vuole ottenere dei buoni risultati deve tendere l'arco con una forza pari a quella applicata dai muscoli della schiena della parte del braccio dell'arco. In questo modo il rilascio della corda non crea scompensi alla posizione statica del braccio disteso.

### *3.3. I muscoli delle spalle*

Sono stati analizzati il muscolo agonista (deltoide) e antagonista (grande pettorale) degli arcieri di alto livello. La ricerca ha mostrato che il muscolo deltoide è coinvolto attivamente nel movimento di tensione della corda, ma ha evidenziato anche un momento di inattività subito prima del rilascio, al termine del quale, dopo la dispersione dei circa 18 kg di carico, ritorna la tensione. Durante il momento di inattività del deltoide, il muscolo grande pettorale ha mostrato solo una leggera flessione (Fig. 3.2). Il muscolo estensore comune delle dita, che è sempre stato considerato uno dei muscoli principalmente coinvolti nel movimento del rilascio, ha iniziato a contrarsi nel momento in cui il deltoide ha smesso di lavorare. Questa scoperta non è stata considerata come una reciproca inibizione dei muscoli agonista e antagonista, bensì si è stabilito che il momento di inattività del muscolo deltoide gioca un ruolo importantissimo perché lascia lo spazio al muscolo estensore delle dita di reagire allo stimolo del clicker. Questa coordinazione tra i muscoli deltoide ed estensore delle dita è strettamente collegata con il livello della prestazione (Nishizono, et al., 1987).

Prima del rilascio, le fibre posteriori del muscolo deltoide del braccio della corda trattengono la spalla in posizione, nonostante la forza della corda. Questa forza è rimossa quando viene rilasciata la corda in seguito a una riduzione del livello di attività. Questo cambio aiuta a proteggere l'articolazione della spalla e quella scapolo-omerale dalle improvvise e ripetute estensioni orizzontali della spalla. È un movimento diverso da quello del lancio o del getto, che attiva i muscoli del cingolo scapolare, e nel quale le articolazioni sono protette dall'aumento dell'attività dei muscoli posteriori della schiena (Hennessy e Parker, 1990).

**Fig. 3.2.** – Tracce dell’EMG del muscolo deltoide (traccia superiore), del muscolo grande pettorale (traccia al centro) e del muscolo estensore delle dita (traccia inferiore). La linea verticale indica il momento in cui è dato il segnale di rilascio (Adattato da Nishizono et al., 1987).

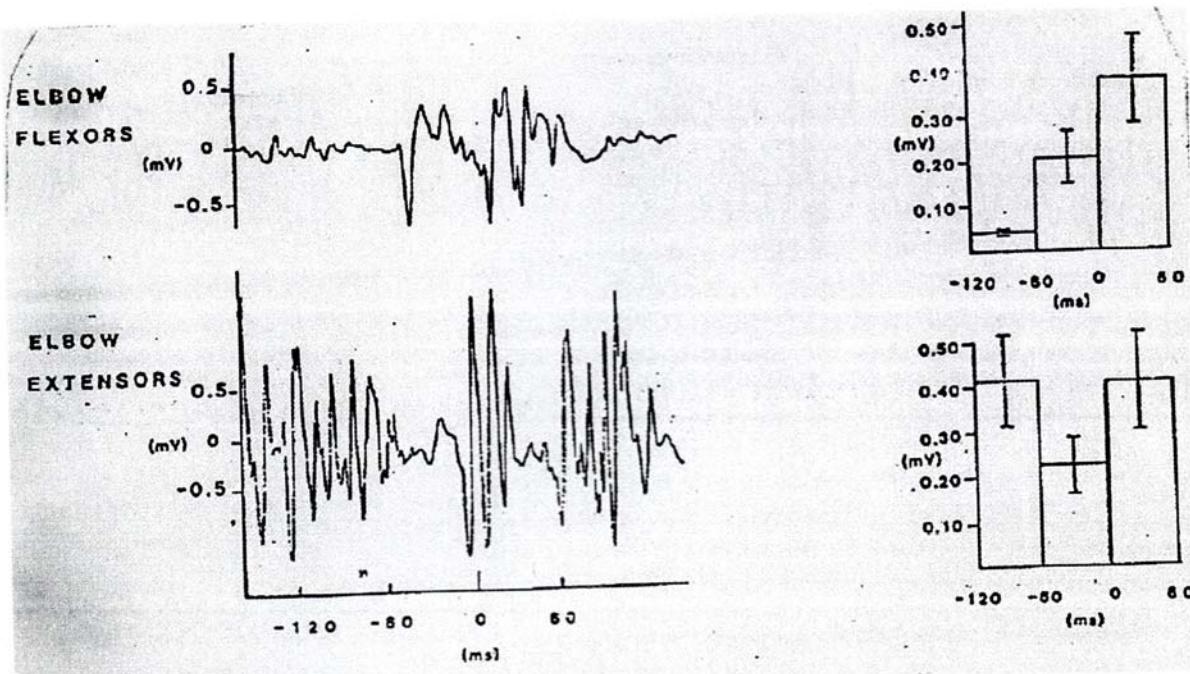


### 3.4. I muscoli delle braccia

Sono stati analizzati anche i muscoli flessori ed estensori del gomito di arcieri di alto livello. Le strategie di attivazione dei muscoli bicipite e tricipite del braccio dell’arco sono state valutate tramite l’applicazione di elettrodi su entrambi i muscoli. Si è scoperto che l’attività del muscolo bicipite aumenta dall’inizio alla fine del tiro, mentre il livello di attività del tricipite diminuisce 60 millisecondi prima dello scatto del clicker (Fig. 3.3). Al suono del clicker il livello di attivazione del tricipite ritorna allo stesso livello raggiunto 60 millisecondi prima dello scatto del clicker (Hennessy e Parker, 1990).

La riduzione del livello di attivazione del tricipite (come succede per il muscolo deltoide) nel bel mezzo della contrazione è una diminuzione transitoria dell’attività muscolare causata dallo stiramento passivo del muscolo, dallo scarico della forza, oppure dalla stimolazione di un nervo periferico. È stato descritto anche come un fenomeno elettromiografico che può precedere uno scatto in un muscolo che sta subendo una contrazione isometrica (Hennessy e Parker, 1990).

**Fig. 3.3** – EMG del bicipite e del tricipite del braccio della corda. Immagine tratta da Hennesy e Parker, 1990).



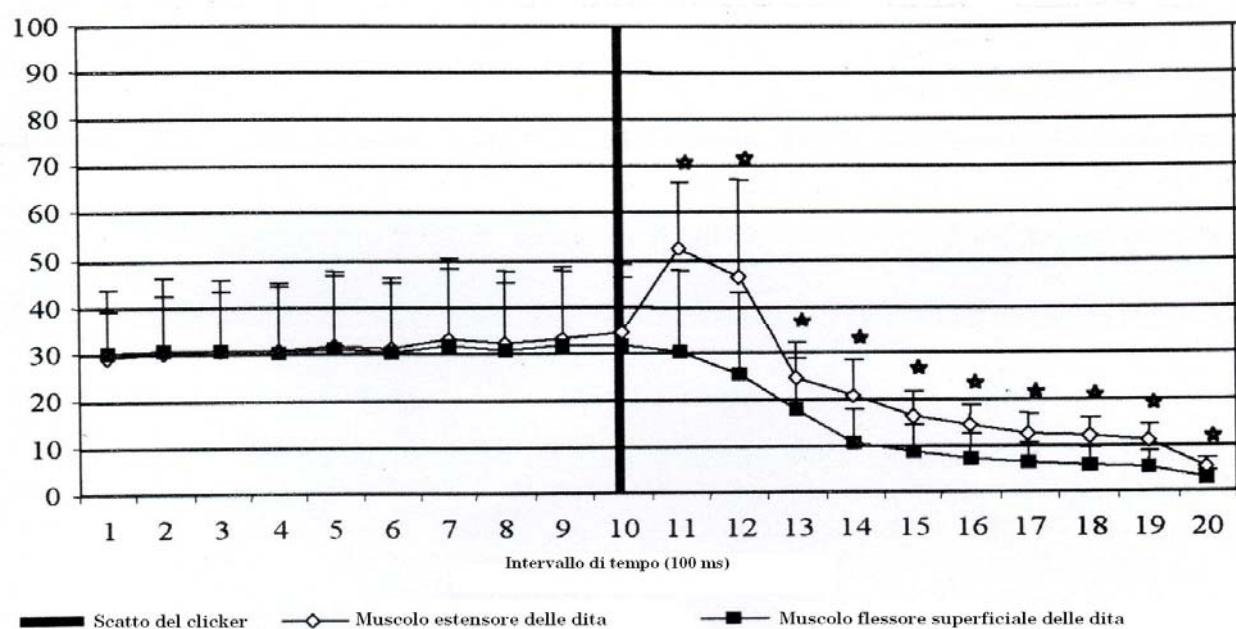
### 3.5. I muscoli dell'avambraccio e delle dita della mano della corda

La strategia di contrazione e decontrazione dei muscoli dell'avambraccio durante il rilascio della corda è importantissima ai fini della precisione, della ripetibilità dell'azione e dei punti totalizzati. Ertan et al. (2003) hanno studiato gli schemi di attivazione dei muscoli dell'avambraccio durante il tiro, coinvolgendo arcieri di alto livello ( $n=10$ ), arcieri principianti ( $n=10$ ) e non-arcieri ( $n=10$ ), e quantificando i dati relativi al muscolo superficiale flessore delle dita (MFDS) e al muscolo estensore delle dita (MED). I risultati sono quelli riportati nella fig. 3.4 per gli arcieri di alto livello, nella fig. 3.5 per gli arcieri alle prime armi e infine nella fig. 3.6 per i non-arcieri.

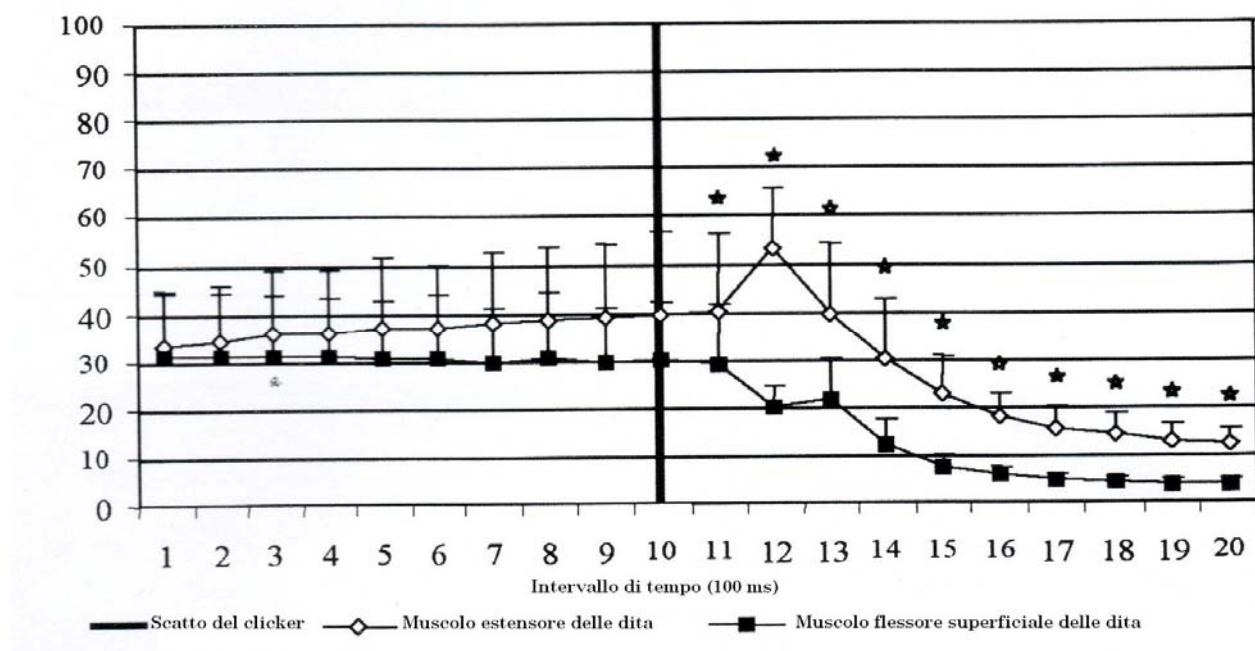
Prima dello scatto del clicker l'attività del MED nei non-arcieri era più alta rispetto agli arcieri di alto e di basso livello, ma questa differenza non si è dimostrata significativa. L'attività del MED e del MFDS degli arcieri, sia di alto che di basso livello, era costante e mostrava schemi simili. Il livello di attività del MED dei non-arcieri era invece significativamente più alto rispetto al livello del MFDS in tutti gli intervalli di tempo precedenti allo scatto del clicker.

Tutti i soggetti studiati hanno mostrato una decontrazione graduale del MFDS dopo lo scatto del clicker, ma la decontrazione è più rapida negli arcieri di alto livello che nei principianti o non-arcieri. L'attività del MFDS tra gli arcieri di alto livello e i principianti ( $p = 0.017$ ) e tra i principianti e i non arcieri ( $p = 0.025$ ) ha evidenziato una significativa differenza di 200 millisecondi dopo lo scatto del clicker. L'attività registrata del MED e del MFDS di tutti i soggetti era significativamente diversa durante tutti gli intervalli di tempo dopo lo scatto del clicker. È stato quindi stimato che gli arcieri sviluppano una strategia muscolare specifica per poter scoccare una freccia allo scatto del clicker. Fanno parte di questa strategia la contrazione attiva del MED e la graduale decontrazione del MFDS. È stato inoltre notato che gli arcieri di alto livello hanno un tempo di reazione allo scatto del clicker minore rispetto ai principianti e ai non-arcieri.

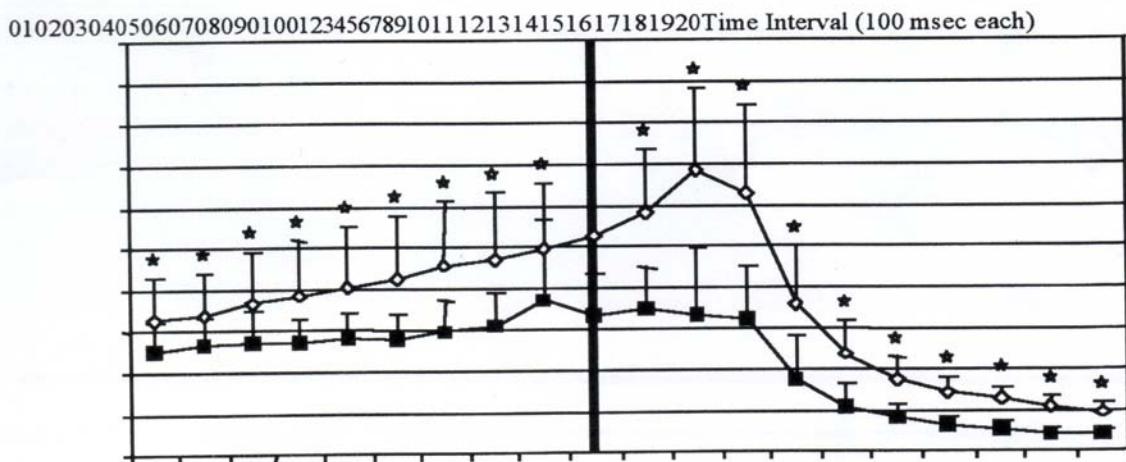
**Fig. 3.4.** – IEMG di 10 arcieri di alto livello, 5 uomini e 5 donne (\* = differenza significativa di 0.05 tra il muscolo estensore delle dita e il muscolo flessore superficiale delle dita).



**Fig. 3.5.** – IEMG di arcieri alle prime armi (\* = differenza significativa di 0.05 tra il muscolo estensore delle dita e il muscolo flessore superficiale delle dita).



**Fig. 3.6.** – IEMG di non-arcieri (\* = differenza significativa tra il muscolo estensore delle dita e il muscolo flessore superficiale delle dita).



### 3.6. L'IEMG (elettromiografia integrata) e le prestazioni

Un numero molto limitato di studi ha esaminato contemporaneamente l'attività muscolare e i punti totalizzati (Clarys, 1990; Hennessy e Parker, 1990). Tinazci (2001) ha esaminato la percentuale dei livelli IEGM del muscolo flessore superficiale delle dita, del muscolo estensore delle dita, del deltoide e del trapezio del braccio dell'arco con la tecnica dell'EMG di superficie (Clarys, 1990; Enoka, 1994; Hennessy e Parker, 1990; Kamen e Candwell, 1996; Martin, Siler e Hoffmann, 1990; Merletti e Conte, 1997). Per ottenere una percentuale ben definita è stato effettuato un test di contrazione isometrica volontaria e gli 8 arcieri di alto livello, 4 uomini e 4 donne, hanno ottenuto una percentuale del 100% che è stata usata come metro di valutazione dell'intensità dei muscoli (tabelle 3.1 e 3.2).

**Tabella 3.1.** - % IEMG nei migliori arcieri uomini

	Punti totalizzati		
	8	9	10
% IEMG Muscoli Flessori	85,69	84,43	80,02
% IEMG Muscolo Deltoide	31,66	30,64	29,72

**Tabella 3.2.** - % IEMG nelle migliori arcere donne

	Punti totalizzati		
	8	9	10
% IEMG Muscoli Flessori	33,33	49,04	53,92
% IEMG Muscolo Deltoide	72,05	63,28	60,20

Ogni arciere ha tirato 30 frecce usando il proprio materiale e tutti i tiri sono stati analizzati un secondo prima e un secondo dopo lo scatto del clicker con il sistema del TMR EMG

(elettromiografia con re innervazione muscolare guidata) con la telemetria a 8 canali. Collegando la percentuale dell'attività IEMG delle donne un secondo prima dello scatto del clicker con i punti totalizzati, è stato osservato che l'attività muscolare diminuisce in corrispondenza con l'aumento dei punteggi. Anche se lo studio ha evidenziato delle differenze nell'intensità e nell'attività muscolare delle diverse arcere studiate, in generale è stata evidenziata una tendenza della percentuale dell'IEMG dei muscoli flessori ed estensori dell'avambraccio e del deltoide a diminuire, mentre l'attività del trapezio è rimasta la stessa durante l'inizio della trazione e il rilascio della freccia. Al contrario delle donne, gli studi effettuati sugli uomini hanno dato come risultato uno schema diverso di attività muscolare. Osservando tutto il gruppo degli uomini, si è notato come l'aumento dell'attività muscolare nei flessori dell'avambraccio e del trapezio un secondo prima dello scatto del clicker abbia portato all'aumento dei punti totalizzati. Come per le donne, anche tra gli uomini sono state rilevate alcune differenze individuali nel livello di attività e nella priorità dei muscoli attivati e, tranne che per un arciere, dopo lo scatto del clicker è stato osservato l'aumento dell'attività muscolare.

#### **4. Lo spostamento del peso del corpo e l'oscillazione posturale durante il tiro**

Il dinamometro più usato nella biomeccanica è la pedana di forza, solitamente inserita in una base di cemento, meccanicamente isolata e montata in modo da essere allo stesso livello del pavimento del laboratorio. I trasduttori possono essere piezoelettrici o estensimetri e normalmente sotto ognuno dei quattro angoli della pedana vengono posti tre trasduttori messi ad angolo retto. Con i dati ricavati dai trasduttori si possono calcolare le tre componenti della forza ( $F_z$ ,  $F_y$  e  $F_x$ ). Inoltre è possibile derivare anche i punti risultanti dall'applicazione della forza ( $CP_x$ ,  $CP_y$ ), riferiti al centro della piattaforma (un punto indicato come "centro di pressione") e un momento ( $M_z$ ) sull'asse perpendicolare. Il centro di pressione del movimento, anche se non misura il movimento del centro di gravità del corpo, è stato usato come indice dell'oscillazione posturale in attività come il tiro con l'arco, il tiro con la carabina o i test di equilibrio.

Dato che il livello dell'attrezzatura è simile tra gli arcieri di alto livello e i principianti, è stato dedotto che la differenza tra le loro prestazioni deve imputarsi alle loro azioni. I tecnici hanno osservato le azioni degli arcieri nel tentativo di modificare quegli elementi percepiti come un'interferenza. Uno dei primi elementi studiati, a causa dell'influenza diretta sul volo della freccia, è la variazione della configurazione posturale al rilascio. Gli arcieri che hanno lavorato a lungo per ottenere una posizione di tiro sempre uguale, o che beneficiano del loro talento naturale per controllare la postura possono contare su variazioni posturali minime. Notare queste piccolissime variazioni non è facile e, affinché siano utili, devono apportare delle informazioni sulla prestazione e sulle capacità dell'arciere.

Lo studio posturale ha una lunga tradizione alle spalle e per effettuare le misurazioni sono state usate tecniche diverse che vanno dalla semplice osservazione fino alle fotografie, sensori di spostamento, statometri, potenziometri, bilance elettromeccaniche, piattaforme in grado di isolare le funzioni del sistema vestibolare, pedane di forza, elettromiografie e modelli (Stuart e Atha, 1990). Questi metodi sono stati utilizzati anche nello studio di altri sport. Tirando frecce di alta qualità la pedana mostrava spostamenti minori, simili a quelli ottenuti mettendo un arciere sulla pedana e lasciandolo in piedi, fermo, in posizione rilassata (Keast ed Elliot, 1990).

Dillman e i suoi associati hanno condotto diversi studi con l'uso della pedana di forza. Anche se i problemi di oscillazione non sono stati riscontrati con tutti gli arcieri studiati, per alcuni l'aumento di oscillazione ha portato a un peggioramento delle prestazioni. Quello dell'instabilità è un problema evidente anche in alcuni arcieri di alto livello, ad esempio due uomini su nove e quattro donne su dieci della squadra nazionale americana del 1982 hanno evidenziato una correlazione negativa tra oscillazione e punteggi. In altre parole questi arcieri hanno totalizzato dei punteggi maggiori quando sono stati in grado di ridurre al minimo l'oscillazione. Quando si riscontra questo problema in un arciere è possibile porvi rimedio variando la posizione (Landers, et al., 1985).

Tinazci (2001) ha studiato la relazione tra l'oscillazione corporale e i punti totalizzati osservando 8 arcieri di alto livello, 4 uomini e 4 donne, che tiravano da una pedana di forza. I dati riguardanti le forze e il centro di pressione sono stati registrati usando una piattaforma specifica, la "ProSport Force Platform". Il centro del bersaglio è stato posto in linea con la linea di mezzeria tracciata parallelamente all'asse della piattaforma, in modo che la direzione di Ax rappresentasse i movimenti laterali e la direzione di Ay rappresentasse i movimenti avanti/indietro. In questo modo l'oscillazione posturale è stata registrata in tutte le direzioni, destra/sinistra e avanti/indietro, ed è stata analizzata sia come spostamento (Dx e Dy) che come velocità di oscillazione (Dvx e Dvy). È stato chiesto agli arcieri di salire sulla pedana e di posizionarsi come se dovessero tirare; in questo modo è stato individuato il loro centro di pressione, situato approssimativamente al centro della piattaforma. In seguito è stata segnata la posizione dei piedi, in modo da assicurarsi che la stessa posizione fosse mantenuta per tutta la durata dello studio. L'oscillazione è stata misurata prima per 5 secondi in posizione rilassata, con entrambe le braccia lungo i fianchi, in seguito dal momento in cui inizia la fase di mira fino al rilascio.

È stato interessante notare come, nonostante le differenze individuali di punteggio, i punteggi delle donne sono aumentati in coincidenza della diminuzione dello spostamento laterale (Dx). Questo è la prova che l'oscillazione diminuisce la precisione del tiro.

Tinazci (2001) ha studiato anche l'oscillazione posturale durante l'MCRT e la sua influenza sui punteggi (Tabella 4.1). Proprio come per lo studio sopraccitato, anche in questo caso gli studi hanno indicato che, per le donne, una minore oscillazione laterale porta a punteggi migliori.

**Tabella 4.1.** – Oscillazioni posturali delle migliori arcere donne

	Punti totalizzati		
	8	9	10
<b>Dx (mm)</b>	-31.73	-12.55	16.77
<b>MCRT-Dx (mm)</b>	4.01	2.78	2.52

Un'analisi individuale delle donne ha portato a conclusioni diverse rispetto a quando sono state considerate come un gruppo. La seconda miglior arciera ha totalizzato un punteggio maggiore quando è diminuito lo spostamento avanti/indietro (direzione Dy) ed è aumentata la velocità di oscillazione. La tendenza ad aumentare la velocità durante l'MCRT ha fatto notare che, maggiore è la velocità con cui un arciere pone rimedio agli spostamenti laterali e si orienta verso il bersaglio, migliori sono i risultati (Tabella 4.2). Un'arciera ha mostrato di avere la tendenza a oscillare molto in avanti e indietro, e i suoi punteggi sono aumentati con l'aumentare dell'oscillazione: anche questa è un'altra indicazione di come la tecnica del tiro con l'arco è unica e individuale.

**Tabella 4.2.** – Reazione alle oscillazioni posturali di un'arciera di alto livello

	Punti totalizzati		
	8	9	10
<b>Dy (mm)</b>	-7.04	-10.07	4.30
<b>Dvy (mm/s)</b>	-1.16	-2.12	1.02
<b>MCRT-Dvy (mm/s)</b>	0.981	1.35	1.19

È stato interessante notare come gli uomini fossero soggetti a oscillazioni diverse da quelle delle donne e presentassero maggiori differenze individuali. 3 dei 4 arcieri hanno totalizzato dei punteggi più alti quando la velocità dell'oscillazione avanti/indietro è diminuita durante l'MCRT (MCRT-Dvy, mm/s) (Tinazci, 2001). Questa scoperta conferma l'importanza dell'individualità

nell'acquisizione della tecnica e nelle prestazioni, oltre ad enfatizzare la necessità di un approccio individuale e di principi specifici come l'adattamento dell'allenamento.

Tinazci (2001) nel suo studio su 4 arcieri uomini e 4 donne di alto livello, di cui 6 atleti Olimpici, ha usato le pedane di forza per condurre dei test sullo spostamento del peso corporeo e i suoi effetti sui punti totalizzati. Sia gli uomini che le donne hanno mostrato degli spostamenti momentanei del peso corporeo su entrambe le gambe, ma soprattutto sulla gamba sinistra, e negli uomini questo spostamento ha un effetto negativo.

Per lo studio della coordinazione muscolare in laboratorio i ricercatori hanno utilizzato due pedane, una per il piede destro e una per quello sinistro. Normalmente quando l'arciere era in piedi sulle due pedane, il peso era distribuito equamente, ma durante l'azione di tiro il peso era maggiore sul piede destro e minore su quello sinistro. Il carico asimmetrico è invariato durante tutta l'azione del tiro, per poi essere ridistribuito con il rilascio della freccia. In quel momento, per un attimo, il carico si riduce su entrambi i piedi, per poi spostarsi per alcuni decimi di secondo sul piede sinistro prima che il corpo riesca di nuovo ad adottare una posizione di equilibrio, ridistribuendo equamente il peso sui due piedi. Quello appena descritto, anche se può sembrare strano, è l'effetto del rinculo dovuto allo spostamento del centro di gravità comune dell'arco e dell'arciere (Carlsöö, 1974).

Tinazci (2001) ha analizzato l'oscillazione della mira grazie a un dispositivo usato da pistole e carabine chiamato "Home Trainer (Rika)". L'oscillazione è stata studiata sia in direzione alto/basso, sia in direzione sinistra/destra, ricercando lo spostamento (Dx e Dy) e la velocità (Vx e Vy). È stato interessante notare che due uomini hanno mostrato una grande quantità di oscillazioni, sia in direzione alto/basso, sia laterale, ma con una maggiore prevalenza della prima. Con l'aumento delle oscillazioni poi sono aumentati anche i punti effettati (Tabella 4.3). Al contrario una delle donne ha mostrato una forte tendenza alle oscillazioni laterali e diminuendole ha aumentato i punti totalizzati.

**Tabella 4.3.** – Oscillazioni posturali delle uomini. Dx: lateralmente. Dy: su e giù.

	Punti totalizzati		
	8	9	10
Oscillazione Dy (cm)	13.82	13.91	15.76
Oscillazione Dx (cm)	7.86		11.61

## 5. I cambi della frequenza cardiaca nel tiro con l'arco

L'esercizio fisico è caratterizzato dall'aumento della pressione arteriale (AP), del battito cardiaco (HR) e delle prestazioni cardiache. Le risposte cardiovascolari all'esercizio sono portate a termine da cambi dell'attività del sistema nervoso.

### 5.1 La pressione arteriale

Il sangue contenuto nelle arterie trasporta l'ossigeno dal cuore e dai polmoni, fino agli organi periferici e ai tessuti. La pressione sanguigna è la forza che permette al sangue di scorrere attraverso vene e capillari, per poi tornare al cuore. La pressione è regolata da diversi meccanismi fisiologici che assicurano ai tessuti la quantità necessaria di sangue e con l'età aumentano sia la pressione sistolica che quella diastolica. La pressione sanguigna è determinata dalla frequenza del battito cardiaco (prestazione cardiaca) e dalla resistenza dei vasi sanguigni al flusso del sangue.

La funzione principale del cuore è quella di trasmettere energia al sangue in modo da generare e mantenere la pressione sanguigna necessaria all'irrorazione degli organi. Riesce a farlo contraendo le pareti muscolari intorno a una cavità chiusa; in questo modo genera una pressione sufficiente a spingere il sangue dalle cavità cardiache (ad es. il ventricolo sinistro) all'aorta, passando attraverso la valvola aortica.

## *5.2 La frequenza cardiaca*

La frequenza cardiaca (HR) è uno dei parametri cardiovascolari più semplici e, allo stesso tempo, in grado di fornire più informazioni. Per misurarla è sufficiente rilevare il battito cardiaco della persona interessata premendo sulla carotide. La frequenza cardiaca rispecchia la quantità di lavoro aggiuntiva che il cuore deve fare per andare incontro alle richieste del corpo durante uno sforzo e per quantificarla è necessario paragonare la frequenza cardiaca durante il risposo e durante l'esercizio fisico. La frequenza cardiaca normalmente è determinata dall'attività di stimolazione del nodo senoatriale (nodo S-A), che si trova nella parete posteriore dell'atrio destro. Il nodo S-A lavora autonomamente grazie ai cambi spontanei nella resistenza del Ca<sup>++</sup> (calcio totale ionizzato), Na<sup>+</sup> (sodio) e K<sup>+</sup> (potassio). Quest'automaticità intrinseca, se non è modificata da fattori neuro-umorali, comporta una frequenza cardiaca spontanea di 100-115 battiti/minuto, che diminuisce con l'età.

## *5.3. La frequenza cardiaca a riposo*

La frequenza cardiaca a riposo è di circa 60-80 battiti al minuto, ma in alcuni individui di mezza età, non in forma e sedentari può superare i 100 battiti al minuto, mentre in atleti particolarmente allenati è stata riportata una frequenza di 28-40 battiti al minuto. La frequenza cardiaca a riposo, oltre che dall'età, è influenzata anche da fattori ambientali e può aumentare in caso di temperatura o altitudine estreme.

## *5.4. La frequenza cardiaca durante l'esercizio fisico*

Quando una persona inizia ad allenarsi, la frequenza cardiaca aumenta in proporzione all'intensità dell'esercizio. Quando la frequenza di allenamento (intensità) è controllata e misurata accuratamente (per esempio usando una cyclette), è possibile prevedere la quantità di ossigeno necessaria. Quindi classificare l'intensità di un esercizio in base al dispendio di ossigeno non è solo accurato, ma anche utile per poter confrontare le diverse persone oppure una stessa persona ma in circostanze diverse. L'aumento della frequenza cardiaca è direttamente proporzionale all'aumento dell'intensità dell'esercizio. Una volta raggiunta l'intensità massima, la frequenza cardiaca inizia a stabilizzarsi per indicare che il cuore si sta avvicinando alla sua frequenza massima. Questo è un valore molto affidabile che rimane costante giorno dopo giorno, cambiando leggermente solo con gli anni.

## *5.5. La gittata cardiaca*

Il volume del sangue pompato dal cuore in un minuto è denominato gittata cardiaca (CO, Cardiac Output), ed è il prodotto del volume dei battiti (SV) e della frequenza cardiaca. La gittata cardiaca si esprime in litri/minuto, mentre l'indice cardiaco è la gittata cardiaca per la superficie corporea ed è espresso in litri/minuto per metro quadrato. La gittata cardiaca media in un adulto a riposo è solitamente di 5l/min, mentre durante l'esercizio fisico può aumentare fino a 35l/min.

## *5.6. La gittata cardiaca durante l'esercizio fisico*

Dopo aver parlato di entrambe le componenti della gittata cardiaca (volume dei battiti e frequenza cardiaca) possiamo unire le diverse informazioni ottenute fino ad ora per poter comprendere al meglio cosa succede alla gittata cardiaca durante l'esercizio fisico. Le variazioni nella gittata cardiaca, vista la sua composizione, sono prevedibili.

Durante i primi stadi dell'esercizio, l'aumento della gittata cardiaca è imputabile all'aumento sia della frequenza cardiaca, sia del volume dei battiti. Quando il livello dell'esercizio supera del 40-60% le capacità dell'atleta, il volume del battito inizia a stabilizzarsi o rallenta, quindi ulteriori aumenti della gittata cardiaca sono da considerarsi il risultato dell'aumento della frequenza cardiaca.

### *5.7. Le variazioni della frequenza cardiaca e l'esercizio fisico*

Un eccesso di esercizio dinamico richiede l'aumento dell'attività cardiovascolare, aumento che inizialmente è portato avanti dal sistema nervoso centrale e modificato dagli input afferenti periferici. Il recesso parasintetico fornisce l'aumento iniziale della gittata cardiaca, ma quando è insufficiente aumenta l'attività simpatetica. Tra le conseguenze cardiovascolari dell'esercizio dinamico annoveriamo l'aumento della frequenza cardiaca, della pressione sanguigna e del volume dei battiti, mentre diminuisce la resistenza periferica. Con l'esercizio fisico regolare, a queste conseguenze se ne uniscono altre, quali l'aumento del volume del sangue (Greenleaf et al., 1981), l'ipertrofia eccentrica del miocardio ventricolare (Roeske et al., 1976) e la riduzione della frequenza cardiaca a riposo (Ekblom et al., 1968). Studi effettuati usando agenti farmacologici hanno indicato che la brachicardia a riposo è dovuta principalmente ad un miglioramento nel tono del nervo vago (Kenney, 1985 e Shi et al., 1995), anche se è stato individuato un nesso con la riduzione del tono cardiaco simpatetico (Smith et al., 1989) e una riduzione della frequenza delle scariche del nodo sinoatriale (Katona et al., 1982 e Negrao et al., 1993). Il flusso vasomotore simpatetico a riposo diminuisce in una persona allenata (McAllister, 1998 e Ray, 1999), portando potenziali benefici quali la riduzione della resistenza periferica e la diminuzione della pressione sanguigna a riposo.

Da molti anni è risaputo che l'aumento delle attività cerebrali, come avviene ad esempio nella risoluzione degli esercizi matematici a mente, oppure in caso di stress emotivo, crea uno schema simpatetico caratteristico. Questo schema non è caratterizzato solamente dall'aumento della pressione sanguigna e del battito cardiaco, ma anche dalla sostanziale diminuzione della resistenza periferica del muscolo, causata almeno in parte dall'attivazione dei nervi vasodilatatori colinergici (Allwood et al., 1959; Blair et al., 1959; Fencl et al., 1959; Bell, 1983 e Dietz et al., 1994). Questa reazione, che è stata analizzata soprattutto studiando gli animali, è interpretata come attivata in anticipo rispetto al movimento e associata allo stress (Bell e Burnstock, 1971) ed è stato suggerito che possa ottimizzare il passaggio del sangue all'interno dei muscoli prima dell'inizio della dilatazione metabolica (Folkow e Neil, 1971) o durante quei brevi movimenti intermittenti che non sono uno stimolo sufficiente all'attivazione dei metaboliti (Bell, 1983). Questa reazione di dilatazione non ha mai portato alcun vantaggio funzionale ed è sempre stata vista come un contributo al flusso sanguigno nei muscoli talmente breve da non poter influenzare i maggiori movimenti muscolari. Ad ogni modo questa visione dev'essere rivista alla luce di più recenti studi che suggeriscono la continuazione dell'azione di dilatazione durante alcuni esercizi. Questi studi hanno dimostrato che, durante l'attivazione di alcuni grandi gruppi di muscoli, diminuisce il flusso simpatetico di sangue (Rowell, 1997 e Saltin et al., 1998). Al contrario però non sembra esserci una limitazione simpatetica del flusso locale quando vengono attivati solo dei muscoli minori (Tschakovsky and Hughson, 1999), il che suggerisce che l'attivazione della trasmissione simpatetica avviene solo quando l'esercizio fisico implica delle condizioni estreme per la resistenza periferica totale. Gli studi effettuati su arcieri di alto livello suggeriscono che, durante l'allenamento prolungato, avviene un'alterazione strutturale dei compartimenti venosi che predispone all'accumulo di sangue (Melchior et al., 1994 e McCarthy et al., 1997). Questa situazione può migliorare l'afflusso di sangue ridotto dalla posizione o dall'elevata pressione intratoracica.

### *5.8. Variazioni nella frequenza cardiaca durante il tiro con l'arco*

Una delle misurazioni psicofisiologiche più coerenti è quella della frequenza cardiaca, effettuata durante le fasi di preparazione, tiro e follow-trough, ed è sempre stata considerata un indice di attenzione. Nel confrontare la frequenza cardiaca con l'attenzione, Lacey (1967) ha suggerito l'ipotesi di consumo-rigetto. In altre parole ha suggerito che in una situazione nella quale è necessario prestare una particolare attenzione a un fattore esterno (ad es. guardare una luce lampeggiante), la frequenza cardiaca diminuisce. Anche se gli studiosi generalmente concordano sul fatto che la frequenza cardiaca cambia in pochi secondi prima dell'esecuzione di una reazione, non

sono tutti d'accordo sul tipo di meccanismo che si cela dietro all'ipotesi di consumo-rigetto (citato da Landers et al., 1994).

Diversi studi hanno ricercato la relazione tra la decelerazione del battito cardiaco e l'attenzione. Per studiare le reazioni psicofisiche che si susseguono durante una competizione e gli effetti delle emozioni sulle prestazioni, sono stati effettuati alcuni studi su un'arciera di alto livello. Ci si aspettava una buona prestazione quando lo schema emotivo pre-gara era simile allo schema emotivo ritenuto ottimale e, al contrario, ci si aspettava una prestazione scarsa quando lo schema emotivo era simile a quello ritenuto inefficace (Robazza et al., 1999). La ricerca è stata effettuata nel 1996 durante i Campionati Europei, su di un'arciera italiana diciottenne che si era resa disponibile volontariamente. Durante i cinque giorni di tiri di prova e di gara sono stati monitorati tutti gli aspetti psicologici ed emotivi utili ai fini della ricerca: emozioni, battito cardiaco e prestazioni. Da questa ricerca è emerso che la frequenza cardiaca diminuisce all'inizio della trazione della corda.

Caterini et al., (1993) ha studiato 7 arcieri per controllare i cambi nella frequenza cardiaca durante il tiro. In questo modo ha scoperto che prima del tiro o durante la fase di concentrazione la frequenza cardiaca diminuisce, per poi aumentare durante la fase di tiro. Inoltre Salazar et al., (1990) hanno riportato un aumento della frequenza di tiro durante il tiro che va dai 100 ai 104 bpm, e anche Tinazci (2001) ha avuto risultati simili nella sua ricerca. Tinazci (2001) ha suddiviso i soggetti studiati in due gruppi, uomini e donne, ed entrambi hanno evidenziato un aumento nella frequenza cardiaca dopo il rilascio. Ad ogni modo l'aumento in entrambi i gruppi non si è rivelato statisticamente significante (Tabella 5.1).

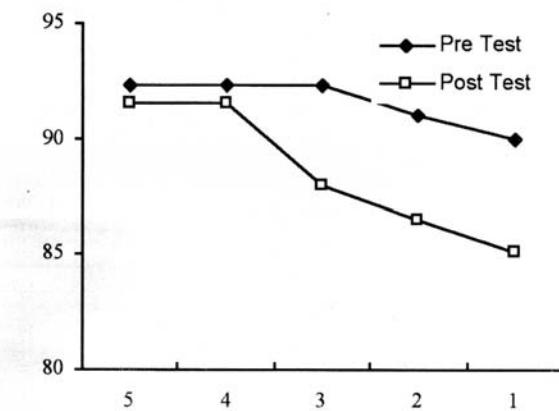
**Tabella 5.1.** – Cambi nella frequenza cardiaca durante il tiro e dopo il rilascio (adattata da Tinazci, 2001).

Uomini		Donne	
8	9		10
<i>Durante il tiro</i>	<i>Dopo il rilascio</i>	<i>Durante il tiro</i>	<i>Dopo il rilascio</i>
-1.16	-2.12		1.02
117,65±16,67	119,13±13,63	101,69±9,50	102,63±9,26

Landers et al., (1994) hanno coinvolto nei loro studi 11 arcieri, 5 uomini e 6 donne, tutti destrosi e tutti arcieri alle prime armi impegnati in un corso di 15 settimane di avviamento al tiro con l'arco. Gli arcieri sono stati testati la seconda settimana e la quattordicesima, dopo 27 sessioni di allenamento. Le scoperte pre e post test hanno rilevato che la decelerazione della frequenza cardiaca era significativa solo durante il post-test, con una frequenza cardiaca di 91.5 bpm nel momento 5 e di 85.1 nel momento 1 (Fig. 5.1). Con l'allenamento gli arcieri hanno migliorato molto le loro prestazioni (62% confrontando i dati raccolti nella settimana 2 e nella settimana 14). I cambi psicofisiologici nel pre e nel post-test sono quelli che normalmente ci si potrebbe aspettare se gli arcieri dovessero sviluppare la loro capacità di prestare attenzione durante l'allenamento. In base alla parte di "consumo" dell'ipotesi di Lacey, la frequenza cardiaca dovrebbe decelerare mentre il soggetto focalizza la sua attenzione su un qualcosa di esterno.

Anche se l'attività somatica è rimasta costante nel pre e nel post-test, la decelerazione della frequenza cardiaca è stata riscontrata solamente nel post-test. Questo cambio di 6 bpm nei 3 secondi precedenti al rilascio della freccia rientra nel range identificato anche in altri sport, nei quali sono stati studiati atleti di alto livello (Landers et al., 1994).

**Fig. 5.1.** – Cambi nella frequenza cardiaca durante il pre e il post-test, dal momento 5 al momento 1, prima del rilascio della freccia (da Landers et al., 1994)



## 6. La classificazione del movimento di tiro

### a. Apprendimento psicomotorio

Prima di considerare come avviene l'apprendimento della tecnica è importante identificare l'area di interesse, ovvero l'apprendimento psicomotorio. Il primo passo quindi è quello di definire cosa si intende per "apprendimento", un termine abbastanza comune e di cui tutti abbiamo una rappresentazione mentale, ma che è difficile da definire perché è difficile distinguere tra apprendimento e prestazione.

*Apprendimento* – è un cambio nella prestazione relativamente permanente ed è il risultato dell'allenamento o dell'esperienza passata.

*Prestazione* – è un'azione temporanea che avviene da un determinato momento a un altro. È un qualcosa di transitorio.

La definizione di apprendimento sopraccitata comprende due concetti: (1) che l'apprendimento consiste nel cambio permanente della prestazione e (2) che questo cambio è imputabile all'allenamento o all'esperienza, come ad esempio guardare qualcuno compiere quell'azione. Nella definizione è implicita anche l'idea che questi cambi si possono misurare in termini di prestazioni.

La prestazione, d'altra parte, può anche accadere una sola volta in tutta la vita e si riferisce al punteggio totalizzato, mentre l'apprendimento si riferisce anche alla valutazione dei cambi che avvengono nella prestazione. Va inoltre notato che nell'apprendimento non rientrano quei cambi dovuti alla maturazione, all'invecchiamento, a cambi psicologici temporanei o al livello di forma fisica.

Il passo successivo è quello di spiegare il termine motorio.

*Attività motoria* – attività muscolare effettuata per un motivo ben preciso.

Dato che l'attività muscolare è definita come un'azione svolta consciamente per raggiungere un determinato obiettivo, azioni più semplici come gli spasmi muscolari non rientrano in questa categoria. È possibile anche definire il termine apprendimento motorio:

*Apprendimento motorio* – cambio relativamente permanente della prestazione di un'attività motoria, risultante dall'allenamento o dall'esperienza passata.

Infine è importante spiegare la funzione del prefisso psico. Questo prefisso implica che l'attività motoria non coinvolge solo l'attività muscolare, che non è altro che il comportamento esterno che possiamo osservare. Dietro a questo comportamento esterno c'è un controllo centrale che sovrintende ai comandi dei muscoli sia per quanto riguarda il come muoverli, ma anche il perché, il quando, il dove, e per quanto muoverli. L'apprendimento psicomotorio quindi non riguarda solo il

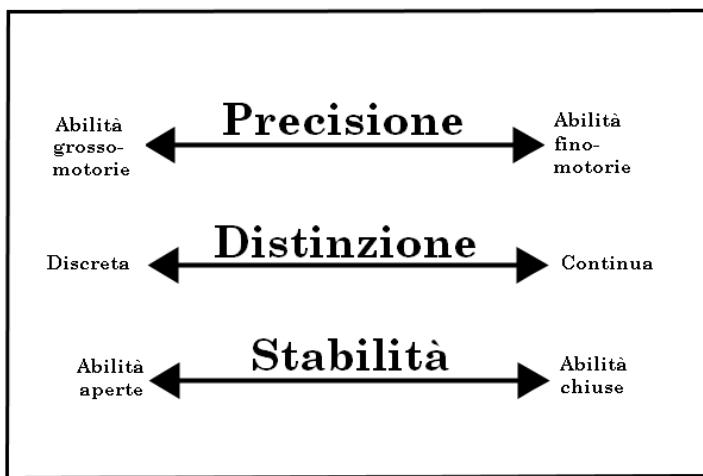
comportamento chiaramente osservabile, ma anche i processi interni che guidano e danno luogo a quel comportamento (Kerr, 1982).

### b. La classificazione delle abilità motorie

Prima che un insegnante o un tecnico possano determinare le strategie d'insegnamento per migliorare l'apprendimento motorio, deve prima essere in grado di categorizzare le diverse abilità in quanto è proprio su di esse che si basano le diverse strategie. Proprio per questo è importante classificare le abilità prima di una sessione di insegnamento o di allenamento.

Secondo Magill (1998) ci sono tre sistemi di classificazione (Fig. 6.1): 1) precisione del movimento; 2) distinzione del punto d'inizio e di fine del movimento; 3) stabilità delle condizioni ambientali.

**Fig. 6.1.** – Classificazione delle abilità motorie



Ognuno dei sistemi di classificazione dovrebbe essere visto come un continuum ed essendo provvisti di due estremi tutte le abilità motorie dovrebbero ricadere tra questi due estremi.

Il sistema di classificazione considera la precisione del movimento. I due estremi di questo sistema sono le abilità grosso-motorie e quelle fino-motorie. Le capacità grosso-motorie sono quelle che richiedono l'utilizzo di grandi gruppi di muscoli, come ad esempio in sport come marcia, corsa, salto in alto, salto in lungo, salto con la corda, lancio del peso, e nuoto. Le abilità fino-motorie al contrario sono quelle che richiedono l'utilizzo di muscoli di dimensione minore, come accade nel cucito, nella scrittura o quando si suona uno strumento come il pianoforte, il banjo o la chitarra.

Il secondo sistema di classificazione si basa sulla distinzione del punto d'inizio e di fine del movimento e ai due estremi della classificazione si trovano le abilità motorie discrete e quelle continue. Le abilità motorie discrete sono caratterizzate da un punto d'inizio e un punto di fine ben definiti e tra questo tipo di abilità motorie è possibile annoverare l'azione di far oscillare una racchetta, premere un tasto su una tastiera, lanciare una palla da baseball, lanciare il disco, tirare una freccia o pizzicare le corde di una chitarra. Le abilità continue, al contrario, non hanno un punto d'inizio e di fine ben definiti, ma è possibile interromperle in qualsiasi momento. Ottimi esempi per questo tipo di abilità sono l'andare in bici, correre e pattinare. Infine le abilità motorie seriali sono quelle composte da una serie di abilità motorie discrete, come ad esempio il suonare il pianoforte, scrivere una parola o remare.

Il terzo sistema di classificazione riguarda la stabilità delle condizioni ambientali e agli estremi di questo sistema si trovano le abilità motorie aperte e quelle chiuse. Le abilità motorie chiuse o autogestite sono quelle caratterizzate da condizioni stabili e l'individuo che compie queste azioni decide quando iniziare il movimento. Esempi di abilità motorie chiuse sono il lancio di una palla da bowling, servire una palla da tennis, baseball o pallavolo, oppure fare un lancio libero (Adams, 1971;

Magill, 1998). Le abilità motorie aperte, dette anche obbligate, sono quelle azioni determinate esternamente e sono caratterizzate da un ambiente instabile. L'individuo interessato dal movimento non controlla l'inizio dell'azione perché questa dipende da uno stimolo esterno o da un avversario. Esempi di questo tipo di abilità motorie sono il servire una palla nel tennis, giocare in difesa del basket o nel calcio, oppure colpire una palla da baseball (Schmidt, 1982).

### *c. Tiro con l'arco*

Il tiro con l'arco è descritto come uno sport statico che richiede forza e resistenza soprattutto nella parte superiore del corpo e in particolare nel cingolo scapolare (Mann, 1984; Mann e Little, 1989; Ertan et al., 2003). La capacità principale del tiro con l'arco è rappresentata dal riuscire a tirare una freccia, nel modo più accurato possibile, su di un determinato bersaglio. Tirare una freccia, quindi, può essere definita un'abilità motoria volta al colpire il centro del bersaglio e che richiede modificazioni relativamente permanenti nella prestazione, che può derivare dall'allenamento o dall'esperienza passata.

Se una persona vuole apportare delle modifiche permanenti alla sua tecnica di tiro, dovrebbe innanzitutto definire i vari stadi che compongono il tiro. In alcuni testi l'azione di tiro è suddivisa in 3 stadi: il posizionamento, l'incocco e la mira (Leroyer, 1993; Pekalski, 1990; Martin, 1990). In alternativa, Nishizono (1987) suddivide l'azione in 6 stadi: la presa dell'arco, la trazione dell'arco, la posizione di apertura completa, la mira, il rilascio e il follow-trough. Durante l'azione di tiro queste fasi si ripetono sempre, quindi si può considerare come un'azione ideale ai fini dello studio del controllo motorio e dell'acquisizione delle abilità motorie.

### *d. La classificazione delle abilità motorie nel tiro con l'arco*

Durante la fase della trazione l'arciere tira la corda con un braccio e mantiene l'altro ben diritto ed esteso, spingendo l'arco. Una volta raggiunta la fase di apertura completa, posiziona la corda sul viso (sulla punta del naso, sulle labbra e sul mento). Una volta Raggiunta questa posizione l'arciere deve compiere diverse azioni contemporaneamente: deve mirare e, allo stesso tempo, rilasciare la corda senza che il rilascio influenzi la mira. Per questo il rilascio dev'essere ben bilanciato e facilmente riproducibile (Landers et al., 1994; Leroyer, 1993; Landers et al., 1985; Stuart e Atha, 1990; Keast e Alliot, 1990; Ertan et al., 1999).

Nella classificazione delle abilità motorie del tiro con l'arco, la cosa più importante è la precisione del movimento di tiro. Dato che questo sport richiede l'uso di gruppi di muscoli minori, il tiro con l'arco si può considerare uno sport fino-motorio. L'arciere deve reagire allo stimolo uditorio del clicker coordinando l'azione dei muscoli dell'avambraccio, ovvero contraendo il muscolo estensore e rilassando quelle flessore. In questo modo il rilascio sarà il più accurato possibile. Dovrebbe inoltre esserci un equilibrio tra i muscoli delle spalle e quelli della schiena, in modo da garantire una quantità il più bilanciata possibile di spinta e di trazione. Per questo motivo il tiro con l'arco è inserito tra le abilità fino-motorie.

Il secondo approccio classificatorio si basa sulla chiarezza del movimento, come detto poco fa, ossia sulla chiara distinzione tra punto d'inizio e punto di fine. Il tiro con l'arco, avendo un punto d'inizio e un punto di fine, rientra nella categoria delle abilità motorie discrete. Il tiro segue una sequenza di movimenti ben definita: inizia quando l'arciere afferra la corda e finisce con il follow-trough.

L'ultima classificazione delle abilità motorie è relativa alla stabilità. Le abilità motorie chiuse sono quelle caratterizzate da condizioni stabili e l'individuo che compie l'azione può decidere quando iniziatarla. Nel tiro con l'arco gli arcieri possono tirare le loro frecce liberamente, pur dovendo restare all'interno di un tempo dato e, né gli avversari, né le condizioni esterne li condizionano direttamente. Per questo il tiro con l'arco si può annoverare tra le abilità motorie chiuse o autogestite. Le condizioni atmosferiche, come ad esempio il vento o la pioggia, possono essere considerate come elementi esterni in grado di influenzare le decisioni degli arcieri, ma ad ogni modo non influenzano totalmente la trazione o il rilascio.

Concludendo, è possibile classificare il tiro con l'arco come una abilità fino-motoria, discreta e chiusa.