

MdS Chicco Cotelli e collaboratori (LAP-FISI-CONI)

Tratto dal Libro “Sci Moderno” 1° premio CONI 2009

### *Prolusione dell'autore*

- 1. Nel mondo dello sci l'elettromiografia (EMG) è stata presa poco in considerazione per la difficile lettura dei dati, l'elaborazione e l'interpretazione degli stessi. Sino a pochi anni fa, l'elettromiografo doveva essere solidale ad un PC con comprensibile difficoltà di applicazione nello sci alpino, disciplina che si svolge su campi di gara con centinaia di metri di dislivello.**
- 2. Il mercato tecnologico fornisce ora un elettromiografo portatile (“muscle tester ME 6000) che registra i dati dell'EMG dell'atleta.**
- 3. E' stato acquisito il segnale in forma grezza, con il supporto di una memory card, a 1000 Hz per 8 canali. L'acquisizione a 1000 Hz è sufficiente perchè soddisfa il teorema di “Shannon” che esige una frequenza di campionamento almeno doppia rispetto al contenuto in frequenza del segnale biologico.**
- 4. L'idea di questo “project work” è nata per conoscere l'esatta temporalità d'intervento dei vari muscoli preposti al gesto motorio dello sci alpino e per creare i presupposti per una razionale programmazione dell'allenamento della forza degli arti inferiori.**
- 5. Il lavoro non è stato facile, sia per il metodo utilizzato (soprattutto per la sincronizzazione dell'EMG con il gesto motorio), che per l'elaborazione e la lettura dei dati.**

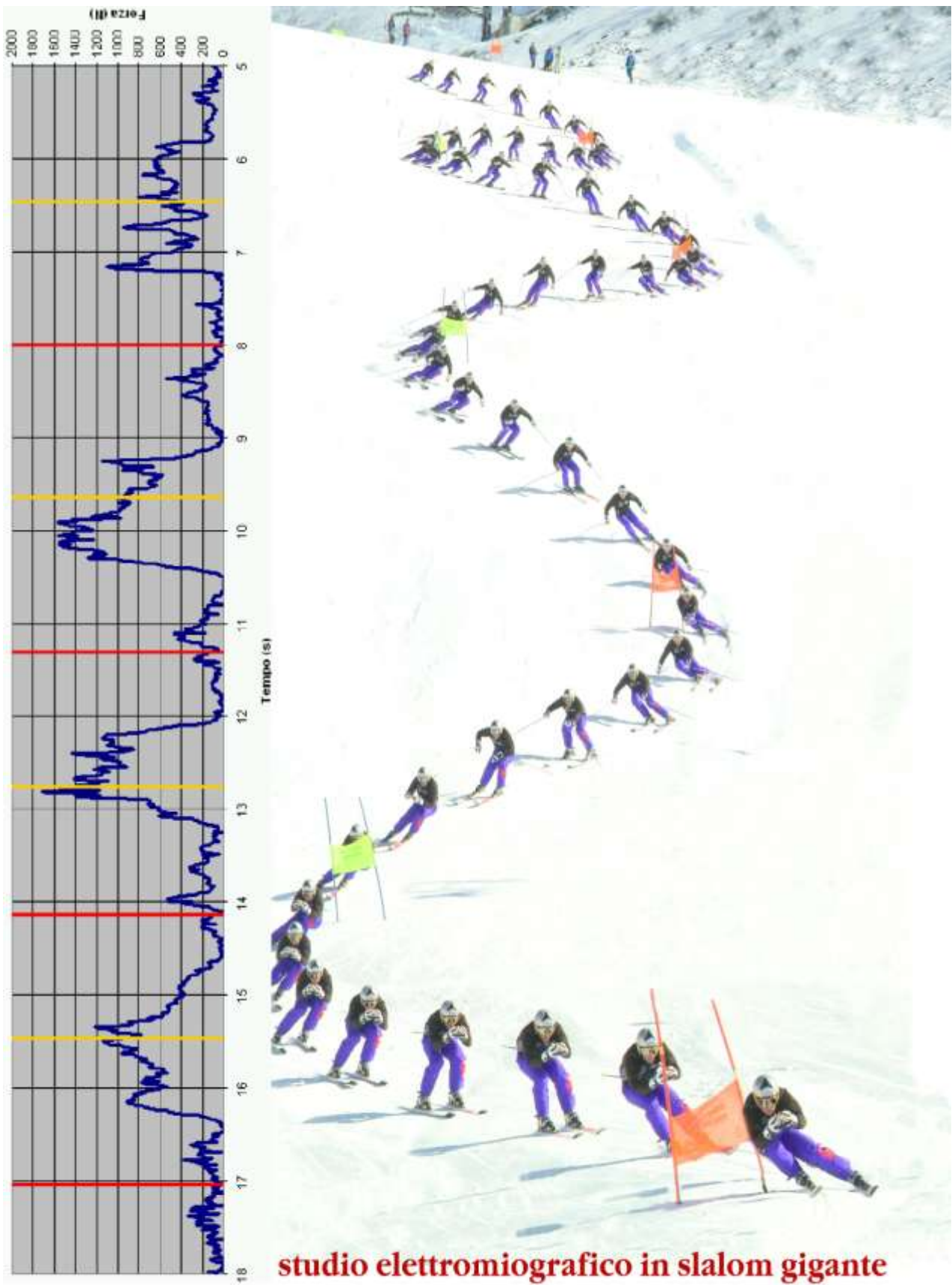
## **L'elettromiografia nello sci alpino**

L'elettromiografia, o EMG, è lo studio della funzione muscolare attraverso il segnale elettrico che il muscolo emana. L'attività muscolare genera un campo elettrico che raggiunge la superficie cutanea, dove, grazie agli elettrodi, viene rilevata l'attivazione del muscolo e quindi analizzata.

La grande curiosità di conoscere l'esatta temporalità delle contrazioni muscolari, sia concentriche che eccentriche durante le varie fasi di curva, ci ha portato a studiare le attivazioni muscolari di un atleta durante la simulazione di una gara di slalom gigante. Ricordo che due centesimi di errore nella sincronizzazione possono sconvolgere totalmente la conoscenza della temporalità dell'intervento muscolare di una fase del gesto motorio: infatti un errore nella sincronizzazione darebbe un valore ad un'azione motoria precedente o successiva di quella da analizzare (o studiare) creando gravi errori di valutazione.

Il risultato è stato quello di sincronizzare perfettamente l'evento cinematico con l'attività elettromiografica e con la cinetica (forza espressa sugli sci, anche se su un solo arto); contemporaneamente è stata fatta anche l'analisi tridimensionale dei gesti motori su 10 porte dello slalom gigante (GS).

La lettura e l'interpretazione dei dati elettromiografici, acquisiti dagli otto canali di un'apparecchiatura portatile della Mega (sei muscoli dell'arto inferiore destro e due muscoli del controlaterale sinistro), ci ha permesso di stabilire la temporalità della contrazione concentrica (**CC**) e di quella eccentrica (**CE**) durante il gesto motorio di curva. Una curva inizia con la "fase di estensione-angolazione" o "fase relativamente passiva" (**RP**), durante la quale la contrazione muscolare (quindi la forza reclutata) è molto bassa; per cui la contrazione eccentrica creata in questa fase, verrà chiamata "relativamente passiva" (**RP**).



**LAP-FISI**

*Tavola 1A: ricostruzione stroboscopia di una delle prove di slalom gigante con il diagramma della forza di un arto*

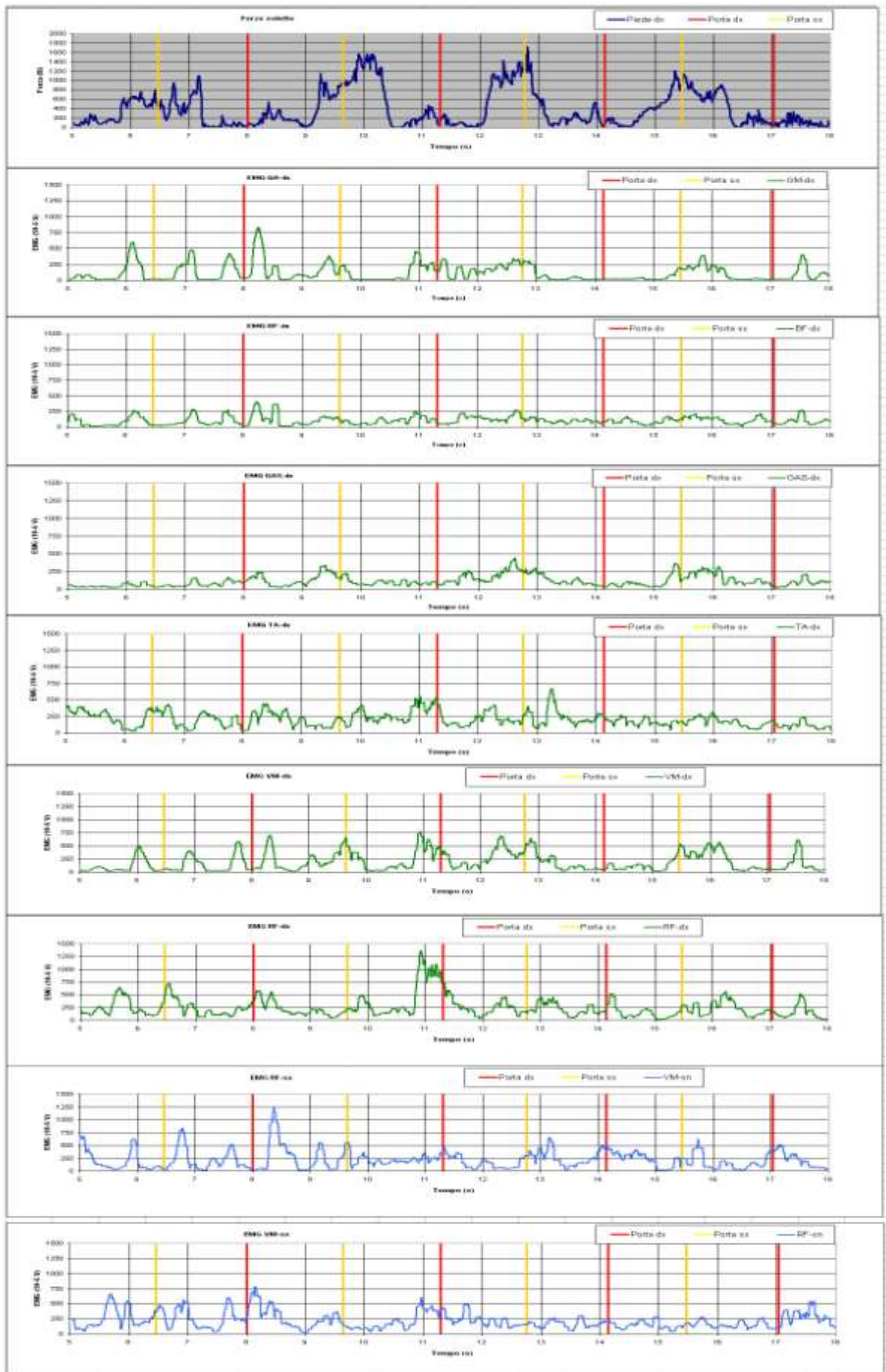
Per rendere facilmente leggibili ed identificabili temporalmente i dati elettromiografici e delle forze espresse, è stato fatto un lavoro di montaggio “statico e dinamico” del filmato relativo alla gara simulata. La scelta dei muscoli (dipendente dal numero dei canali dell’elettromiografo portatile) da testare è stata la seguente:

Gluteo (**GM**) dx, bicipite femorale (**BF**) dx, gastrocnemio (**GAS**) dx, tibiale anteriore (**TA**) dx, vasto mediale (**VM**) dx, retto femorale (**RF**) dx, vasto mediale (**VM**) sx, retto femorale (**RF**) sx. In sintesi, sei sono stati i muscoli dell’arto inferiore destro e due (**VM** e **RF**) del sinistro per un confronto diretto con il controlaterale.

L’atleta sperimentatore è stato lo slalomista Luca Moretti appartenente squadra nazionale B, (peso 78 Kg , altezza 168 cm).

L’atleta è stato sottoposto alla valutazione della “**contrazione isometrica massimale volontaria**” (**c.m.v.**) prima e dopo il test, per poter correlare i valori con quelli dell’intensità espressa durante il gesto motorio. La **c.m.v.** dei 4 muscoli principali è stata:

il bicipite femorale dx (**BF**) con circa 600 microvolt; il tibiale anteriore dx (**TA**) con circa 850-900 microvolt; il vasto mediale dx e sx (**VM** e **VM**) con circa 800 microvolt; il retto femorale dx e sx (**RF** e **RF**) con circa 1100 microvolt.



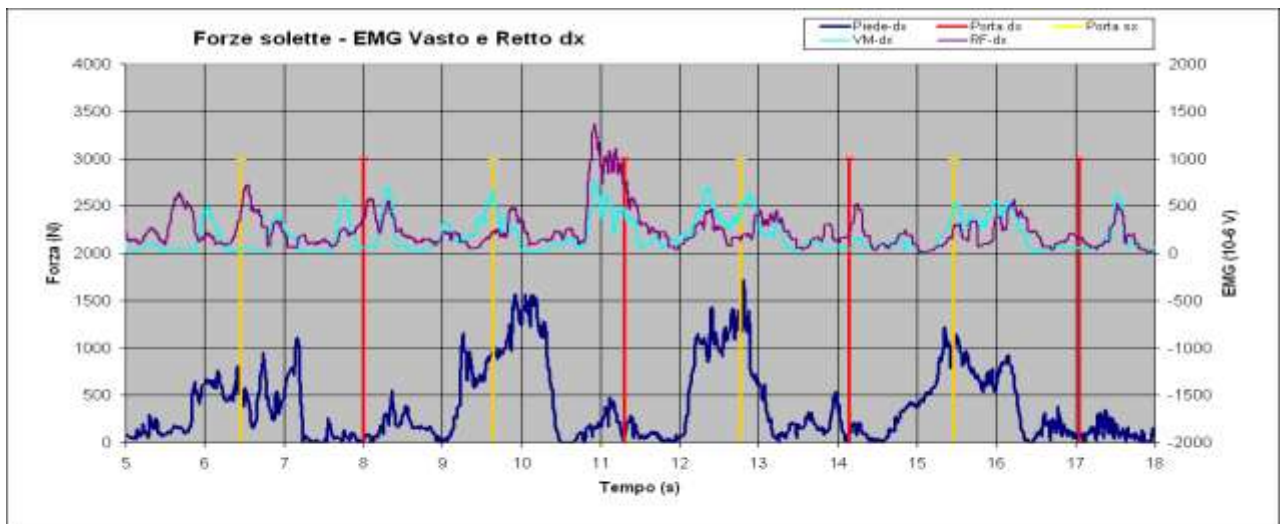
**Tavola 2A:** sincronizzazione dei dati elettromiografici con quelli della forza di uno solo dei due arti. I valori sono relativi alle prime 8 porte dello slalom gigante dello studio. Il primo **diagramma blu** in alto è quello relativo alle forze, i **sei verdi** sono quelli relativi all'elettromiografia della gamba destra, i **due celesti** sono quelli relativi all'elettromiografia dell'arto sinistro (controlaterale di controllo).





**Tavola 3A:** montaggio stroboscopico che identifica le varie “fasi neuromuscolari” di curva (contrazione concentrica **CC**, contrazione eccentrica **CE** e fase relativamente passiva **RP**).

Per esempio, proponiamo l’elettromiografia del vasto mediale e del retto femorale sincronizzata con la forza registrata con solette speciali



**Tavola 3A:** è composta dalla sincronizzazione del grafico dell’andamento della forza (blu) con quello relativo all’elettromiografia del **retto femorale destro** (rispettivamente **viola** e **celeste**). Nella quarta porta (**rossa**) si nota che l’attivazione elettromiografica è molto alta mentre la forza sviluppata (**blu**) è bassa. Bisogna tener conto che si è rilevata solamente la forza di una gamba e che quindi, sulla quarta porta rossa, i valori di forza sono bassi perché appartengono al piede interno: per il piede esterno si possono ipotizzare più alti rispetto a quelli rilevati nella terza porta.

I valori in media sono rispettivamente di circa 500 microvolt sia per il “vasto mediale” che per il “retto femorale”. Nella curva più difficile, la quarta, i valori sono però molto superiori alla media: infatti, durante la fase eccentrica di piegamento-angolazione, i due muscoli del quadricipite femorale (dati confermati anche dagli stessi muscoli della gamba controlaterale) si attivano in modo sinergico con picchi molto alti (750 microvolt per il vasto mediale VM e circa 1380 microvolt per il retto femorale RF) che rappresentano rispettivamente circa il 94% e circa il 125% della c.m.v.. Questo significa che la forza eccentrica del “retto femorale” è molto superiore alla sua forza reclutata concentricamente (in letteratura si parla di oltre il 30-40 % di superiorità): il picco del 125% ci porta a concludere che un 25% superiore alla massima contrazione isometrica sia accettabile, soprattutto considerando che quella curva non era difficilissima.

Lo studio elettromiografico degli arti inferiori di uno slalomgigantista, sincronizzato con la forza esercitata sullo sci e alla cinematica del gesto, ha permesso di identificare quale sia la temporalità della contrazione muscolare dei principali muscoli usati nello sci alpino.

In particolare ha permesso di identificare la muscolatura più o meno attiva durante le tre fasi di curva, definite come “contrazione eccentrica” (**CE**) (piegamento-angolazione), “relativamente passiva” (**RP**) (estensione-angolazione), e “contrazione concentrica” (**CC**) (fase del cambio degli spigoli).



*Montaggio relativo a due porte del gigante: si notano tutte le fasi di curva.*



*Montaggio stroboscopico che sintetizza le “fasi eccentriche e concentriche” del gesto del gigantista.*

La lettura sincronizzata della forza e dell'elettromiografia ha ribadito come durante la prima fase di curva “relativamente passiva” la forza espressa sia bassa e l'attività muscolare sia principalmente indirizzata per la modulazione ed il controllo della conduzione dello sci nella traiettoria di curva. Nella parte centrale di piegamento-angolazione (contrazione eccentrica) la lettura dei dati rivela una maggiore espressione di forza sull'arto esterno (60-70% rispetto al 30-40% dell'interno) e quindi la maggior attività elettrica della muscolatura agonista dei muscoli del quadricipite femorale, del tibiale anteriore e del gluteo. Nella fase relativa alla contrazione concentrica per il cambio degli spigoli, lo studio ha evidenziato una bassa espressione di forza e quindi una conseguente bassa attività elettromiografica della muscolatura agonista, soprattutto dei muscoli retto femorale e vasto mediale (20-30% della contrazione massima). La fase concentrica, relativa alla “fase del cambiamento di direzione” o “cambio degli spigoli”, attualmente si attiva in modo minore con l'uso dei moderni sci sciancrati e con curve ampie ad alta velocità: in passato, con i vecchi sci e con tracciati più chiusi e meno veloci, l'attivazione durante la “fase concentrica” era più alta e la potenza espressa nettamente superiore: infatti la durata della “fase del cambio degli spigoli” era inferiore (tra un 15-30%) e di conseguenza la velocità di reclutamento della forza muscolare doveva essere superiore. In slalom l'attività muscolare è però più alta rispetto al gigante.

Anche durante la “fase eccentrica” le cose sono cambiate rispetto al passato; con gli sci sciancrati, la fase di massimo carico, relativa al superamento della porta, è facilitata dall'innovazione tecnologica dei materiali e quindi lo sciatore può esercitare una forza inferiore, anche se più dilatata nel tempo. Attualmente si ha un picco di forza inferiore, ma per un tempo superiore. Da un punto di vista elettromiografico si può sintetizzare così: un'attivazione muscolare inferiore, ma per un tempo più lungo.