

Parole
chiave

Dati e metodo nella **riabilitazione sportiva** Dal **recupero funzionale** al rientro allo **SCI**

Innovazione e precisione
nella riabilitazione: valutazione biomeccanica
e riatletizzazione.

Lo **sci alpino** è uno sport ad alta intensità che coinvolge numerose **capacità motorie e biomeccaniche**, rendendolo particolarmente esigente sia dal punto di vista atletico sia riabilitativo. Gli infortuni al ginocchio, come la rottura del legamento crociato anteriore, rappresentano uno dei problemi più comuni e complessi per gli atleti, influenzando non solo sulle capacità funzionali ma anche sul ritorno alla performance sportiva.

Per garantire un recupero sicuro e completo, è necessario un approccio basato su dati oggettivi e protocolli strutturati, che permettano di monitorare progressivamente i miglioramenti e di adattare gli interventi alle specifiche esigenze dell'atleta. L'utilizzo di strumenti tecnologici avanzati, come la *gait analysis* su Walker View e la *motion analysis* su D-WALL, consentono di analizzare con precisione i deficit funzionali e di pianificare strategie mirate al recupero con un **approccio evidence-based**.

La riabilitazione nello sci alpino, uno degli sport più complessi dal punto di vista biomeccanico, richiede un approccio multidisciplinare che integri strumenti avanzati di valutazione e protocolli personalizzati. Il percorso post-operatorio, come in seguito alla ricostruzione del legamento crociato anteriore, rappresenta una sfida per il recupero funzionale e la riatletizzazione dell'atleta, sia in termini di prevenzione sia di performance. Questo articolo analizza il ruolo di metodologie tecnologiche come la *gait analysis* e la *motion analysis* su D-WALL nella misurazione oggettiva dei progressi, evidenziando come un approccio scientifico e adattato possa garantire una preparazione ottimale al ritorno in pista. Il focus è posto sull'ottimizzazione della forza, della stabilità dinamica e del controllo neuromotorio, con particolare attenzione alla prevenzione di recidive e alla sostenibilità della performance sportiva.

abstract



Camilla Lagnerini

- Chinesiologa del centro Move Different, Vicenza.
- Laurea Magistrale in Scienze Motorie Preventive e Adattate.



Marcello Coppini

- Chinesiologo e Massoterapista, responsabile di Telemedicina e Innovazione del centro Move Different, Vicenza.

Questo articolo approfondisce le metodologie e i risultati ottenuti nella gestione della **riabilitazione e riatletizzazione** nel caso specifico di un'insegnante di sci che si prepara ad affrontare la nuova stagione invernale. L'intervento chirurgico che ha affrontato prevedeva la ricostruzione del Legamento Crociato Anteriore (LCA) del ginocchio sinistro, con tecnica di prelievo *autograft* di gracile e semitendinoso eseguito lo scorso maggio. Questo articolo vuole sottolineare l'importanza di un approccio integrato e scientifico.

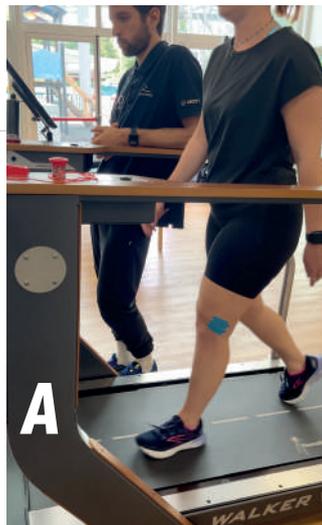
LA RIABILITAZIONE

Obiettivi

La prima fase del processo di recupero dopo un intervento chirurgico al ginocchio come la ricostruzione del LCA, è dedicata alla riabilitazione fisioterapica, con la quale abbiamo l'obiettivo primario di ripristinare le normali funzionalità motorie necessarie per svolgere le attività quotidiane. Questo periodo è seguito da un fisioterapista e si concentra su un approccio che punta alla gestione del dolore, al miglioramento della mobilità articolare e al recupero delle capacità motorie di base.



Foto A
Gait analysis durante la fase di riabilitazione.



A

Strumenti e metodologie di valutazione

Gait analysis

La valutazione del cammino rappresenta uno strumento fondamentale per identificare eventuali asimmetrie, alterazioni posturali o compensazioni che possono svilupparsi in seguito all'intervento (un esempio nella **foto A**). Questo test permette di analizzare il *pattern* del passo e la distribuzione delle forze durante la deambulazione, fornendo una base oggettiva per pianificare il percorso riabilitativo.

Obiettivi del protocollo di riabilitazione

Sono diversi gli aspetti su cui focalizzarsi in questo primo momento del recupero, nell'ordine:

1. gestione del dolore e del gonfiore – attraverso tecniche manuali, terapie fisiche (*CareTherapy* a discrezione del fisioterapista) e una pianificazione attenta dell'esercizio terapeutico, si persegue lo scopo di ridurre al minimo il dolore e il gonfiore, favorendo una migliore qualità del movimento;
2. ripristino delle normali funzionalità motorie – questa fase mira a recuperare la mobilità articolare, la forza muscolare di base e il controllo neuromotorio, elementi indispensabili per le attività quotidiane come camminare, salire le scale o mantenere una postura stabile;
3. preparazione alla fase successiva – creare le condizioni ideali per la transizione alla riatletizzazione. Questo include il miglioramento del *range* articolare, l'adeguato reclutamento muscolare e il ripristino di schemi motori corretti.

Attività e strategie principali

Per raggiungere i nostri obiettivi, sono diverse le modalità di intervento:

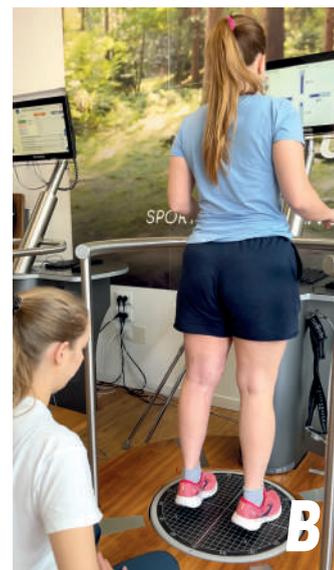


Foto B
Riabilitazione sulla pedana attiva Prokin 252.

B

1. mobilizzazione articolare – esercizi passivi e attivi per incrementare il *range* di movimento del ginocchio;
2. esercizi di rinforzo muscolare di base – con particolare attenzione ai muscoli quadricipiti e glutei, grazie inizialmente a contrazioni di tipo isometrico con un progressivo aumento del carico;
3. allenamento del *pattern* di cammino – attraverso la valutazione di questo movimento tramite la *gait analysis*, il fisioterapista può correggere eventuali alterazioni e promuovere un'andatura simmetrica;
4. controllo neuromotorio – parliamo di esercizi mirati a migliorare la percezione e il controllo del movimento, fondamentali per il corretto utilizzo dell'arto. Agire con la Prokin 252 (**foto B**) è un'ottima soluzione.

Questa fase, pur essendo dedicata al recupero delle attività semplici, rappresenta il fondamento per i successivi passi del percorso riabilitativo, gettando le fondamenta per un recupero funzionale completo e sicuro. Il monitoraggio costante dei progressi e l'adattamento del protocollo riabilitativo sono essenziali per garantire un'evoluzione graduale e personalizzata verso il pieno recupero.

Figure 1, 2 e 3

Risultati della prima gait analysis durante la riabilitazione.

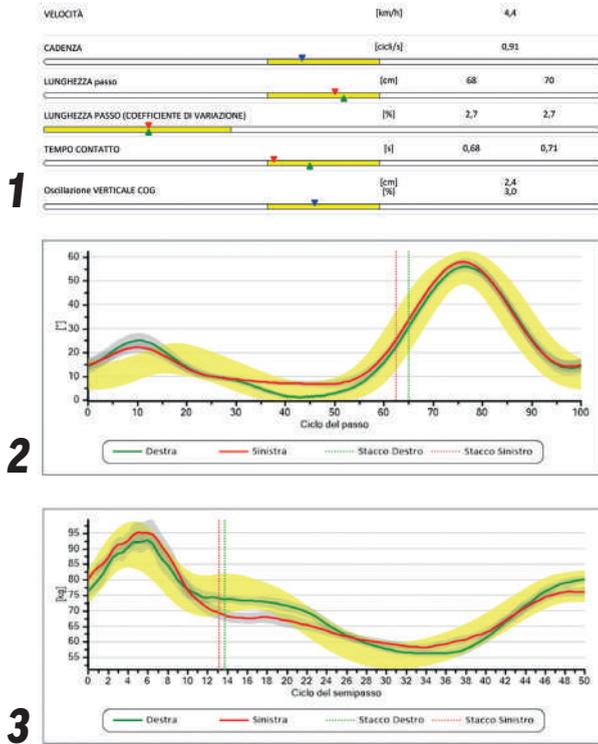
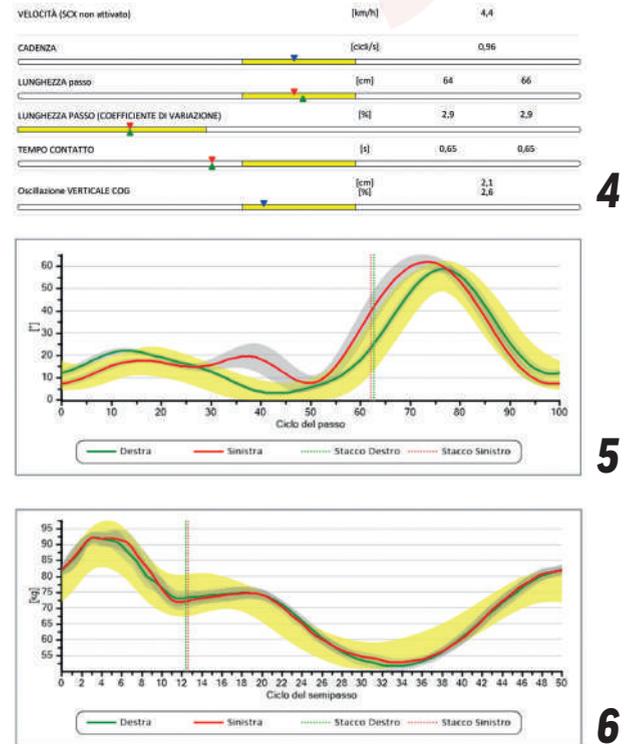


Figure 4, 5 e 6

Report della seconda gait analysis durante la riabilitazione.



Test e risultati della riabilitazione

Prima gait analysis

L'analisi della camminata, effettuata a distanza di un mese dall'operazione, segnala difficoltà nella gestione del ginocchio in fase di carico, infatti nei grafici della cinematica possiamo vedere una curva che non raggiunge lo zero in fase di *single stance* (figure 1, 2 e 3). Risulta una differenza di 2 cm nella lunghezza del passo. Oltre a una non completa propulsione del piede sinistro come si può vedere nel grafico della cinematica.

Seconda gait analysis

Nel secondo test risulta migliorata la cadenza e il tempo di contatto. Inoltre nella curva del carico vediamo che la fase di propulsione è equiparabile a quella dell'arto sano (figure 4, 5 e 6).

LA RIATLETIZZAZIONE

Obiettivi

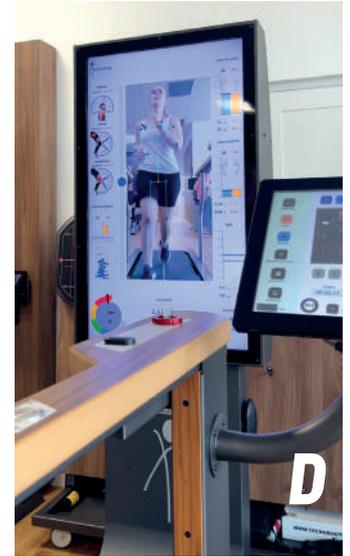
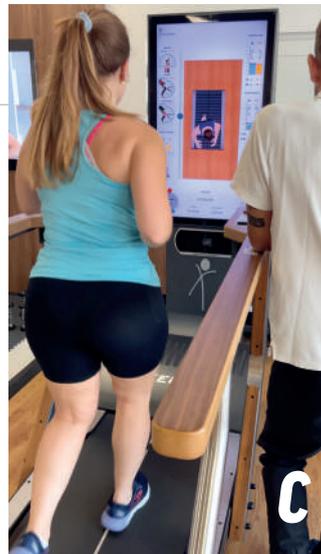
Nell'ambito della preparazione atletica per il rientro alla pratica sportiva, soprattutto in attività fisiche complesse e ad alta intensità come lo sci alpino, è essenziale adottare strumenti e protocolli che consentano una valutazione oggettiva della funzionalità motoria. Questo approccio è cruciale per controllare i progressi, individuare eventuali deficit e definire obiettivi precisi per il recupero. La valutazione motoria funzionale gioca un ruolo centrale nel processo di riabilitazione e riatletizzazione.

Strumenti e metodologie di valutazione

Run analysis

Si tratta di un test fondamentale per l'analisi del

Foto C e D
Run analysis su Walker View.



gesto atletico nella corsa, efficace per individuare eventuali asimmetrie biomeccaniche e deficit funzionali che potrebbero compromettere l'efficienza del movimento (**foto C e D**). Questa prova non solo fornisce dati oggettivi, ma permette anche di identificare specifiche aree di miglioramento legate alle sollecitazioni biomeccaniche tipiche dello sci alpino.

Test di salto su D-WALL

Seguendo il protocollo di Gustavsson, i test di salto rappresentano uno strumento indispensabile per misurare e confrontare la forza e la reattività tra l'arto operato e quello sano. Attraverso questi test, si ottengono dati chiari e confrontabili, che aiutano a stabilire standard di performance per un recupero completo e sicuro.

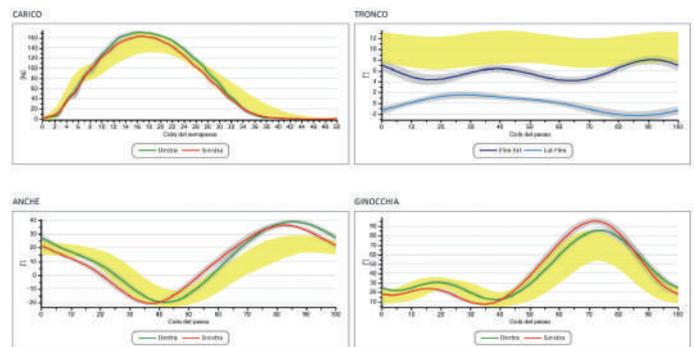
Obiettivi del protocollo di valutazione

Sono diversi e si possono distinguere in:

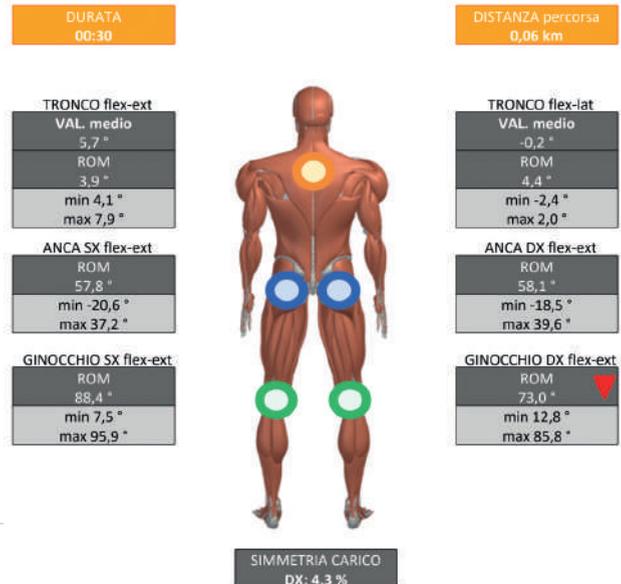
1. quantificazione del rischio residuo – si tratta di analizzare eventuali deficit funzionali che potrebbero aumentare il rischio di recidive o infortuni durante la pratica sciistica;
2. definizione di obiettivi specifici – sulla base dei dati raccolti, occorre stabilire traguardi realistici e misurabili per il recupero della forza, della stabilità e della coordinazione;
3. ottimizzazione della preparazione atletica – bisogna integrare i risultati della valutazione con un piano di allenamento personalizzato, finalizzato a ripristinare la piena funzionalità del ginocchio e a migliorare la performance sportiva complessiva.

Figure 7 e 8
Report della prima run analysis durante la riabilitazione.

7



8



L'utilizzo combinato di questi strumenti consente di adottare un approccio scientifico e personalizzato alla riabilitazione e alla preparazione atletica, garantendo un rientro graduale e sicuro alla pratica sportiva. La raccolta di dati oggettivi è essenziale non solo per monitorare i progressi, ma anche per dare all'atleta una maggiore consapevolezza del proprio stato fisico e del percorso da seguire per raggiungere i propri obiettivi.

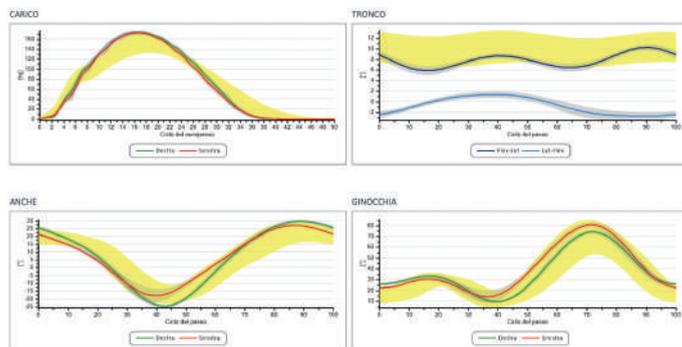
Test e risultati della riatletizzazione

Prima run analysis, test 1

In questo test abbiamo modo di misurare i parametri inerenti alla corsa. La corsa è un gesto

motorio finalizzato alla preparazione atletica dello sciatore perché permette di allenare la **componente aerobica** anche fuori stagione. Risulta essenziale correre in maniera corretta per ridurre al minimo il rischio di sovraccarico sulla gamba appena operata. Nel test 1 vediamo come il carico sull'arto inferiore sinistro sia ridotto, il che indica poca fiducia su quello operato (**figura 7**). Inoltre anche nella cinematica delle ginocchia la curva corrispondente all'arto sinistro non raggiunge parametri sufficienti per indicare una buona ammortizzazione (**figura 8**).

9



Seconda run analysis, test 2

Nel secondo test i miglioramenti evidenziati riguardano una distribuzione più equilibrata del carico tra gli arti inferiori, con una riduzione della simmetria del carico da 4,3% allo 0,5% (**figura 9**). Il *range* di movimento del ginocchio destro e dell'anca sinistra è aumentato, indicando un maggiore controllo motorio e stabilità. Anche il tronco mostra un controllo posturale più efficace, riducendo i compensi dinamici (**figura 10**). Questi progressi confermano l'efficacia del protocollo riabilitativo e preparano l'atleta per le fasi successive di riatletizzazione.

10

DURATA

00:30

DISTANZA percorsa

0,06 km

TRONCO flex-ext
VAL. medio
7,8 °
ROM
4,0 °
min 6,1 °
max 10,1 °
ANCA SX flex-ext
ROM
49,1 °
min -21,7 °
max 27,4 °
GINOCCHIO SX flex-ext
ROM
68,3 °
min 12,3 °
max 80,6 °



TRONCO flex-lat
VAL. medio
-0,8 °
ROM
4,8 °
min -3,3 °
max 1,5 °
ANCA DX flex-ext
ROM
53,3 °
min -23,5 °
max 29,8 °
GINOCCHIO DX flex-ext
ROM
64,7 °
min 9,6 °
max 74,3 °

SIMMETRIA CARICO
DX: 0,5 %

Counter movement jump free arms monopodalico

Considerando il protocollo di Gustavsson con il quale è previsto di effettuare tre tipologie di test di salto per quantificare la possibilità di ritorno allo sport in seguito a intervento di ricostruzione del crociato anteriore, abbiamo tenuto conto del test monitorabile

Figure 9 e 10

Risultati della seconda run analysis per la riatletizzazione.

Foto E
Counter movement jump free arms.

in maniera oggettiva su D-WALL: il **counter movement jump free arms** (foto E). Si può notare come tra primo e secondo test, effettuati a circa un mese di distanza, l'altezza raggiunta sia cresciuta di 4 cm sull'arto operato, evidenziando un miglioramento di 100 N in termini di forza espressa e di oltre 1.300 Watt nei parametri di potenza assoluta (figure 11 e 12).



Equilibrio monopodalico

È un test effettuato al sesto mese dopo l'operazione, utile per il paragone con l'arto controlaterale. Come si può vedere i valori sono molto simili tra i due arti (figura 13), denotando notevole capacità nella gestione del carico in situazioni di instabilità.

Conclusioni

Il percorso di riabilitazione e riatletizzazione nello sci alpino richiede un approccio rigoroso,

scientifico e personalizzato, capace di rispondere alle esigenze biomeccaniche specifiche di questo sport. I risultati ottenuti confermano come l'integrazione di **strumenti tecnologici avanzati**, quali controllo oggettivo della camminata e *biofeedback* sul gesto atletico, sia cruciale per una valutazione oggettiva dei progressi, consentendo di monitorare e adattare



RISULTATI	SX	DX
ALTEZZA [cm]	23	25
FORZA MAX [N]	1054	1161
POTENZA ASS. MAX [W]	537	1642
TEMPO DI VOLO [s]	0,25	0,28
VELOCITÀ MAX [m/s]	1,05	1,97
ACCELERAZIONE MAX [m/s ²]	11,89	13,73
POTENZA REL. MAX [W/kg]	7,4	22,8
LAVORO TOTALE [J]	164	179
INDICE DI COORDINAZIONE [%]	0	0

11

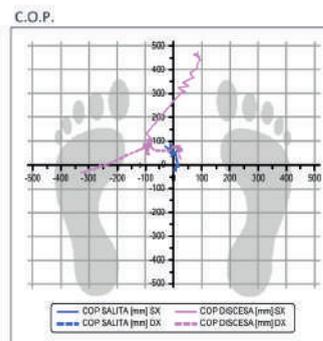
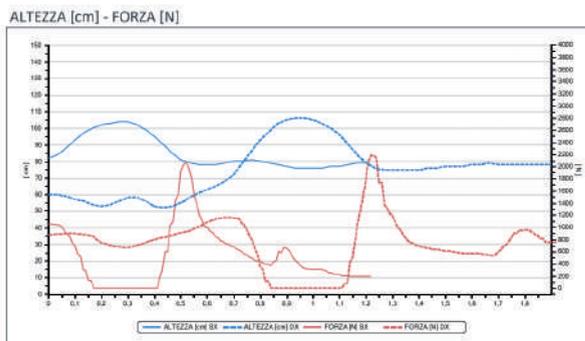
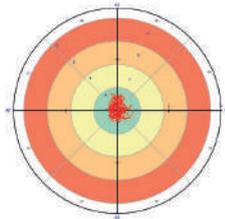


Figura 13
Report del test di equilibrio
monopodalico su Prokin 252.



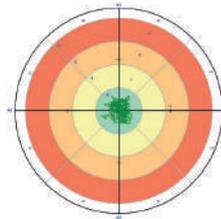
gli interventi in modo mirato.
L'evoluzione delle prestazioni evidenziata dai test ha dimostrato che un **protocollo strutturato** può non solo ripristinare le funzionalità motorie di base, ma anche garantire una preparazione ottimale per affrontare le sollecitazioni dinamiche tipiche dello sci alpino. L'attenzione al miglioramento della simmetria del carico, del controllo motorio e della stabilità posturale si è rivelata essenziale per ridurre il rischio di recidive e massimizzare la sicurezza dell'atleta. Questo approccio rappresenta un modello di eccellenza nella gestione degli infortuni,

PIEDE SINISTRO 18/11/2024 11:21

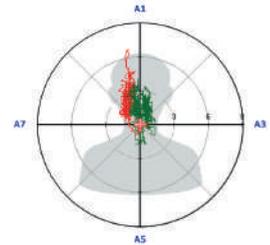


PIEDE SINISTRO 18/11/2024 11:21
PIEDE DESTRO 18/11/2024 11:21

PIEDE DESTRO 18/11/2024 11:21



TRACCIA TRONCO



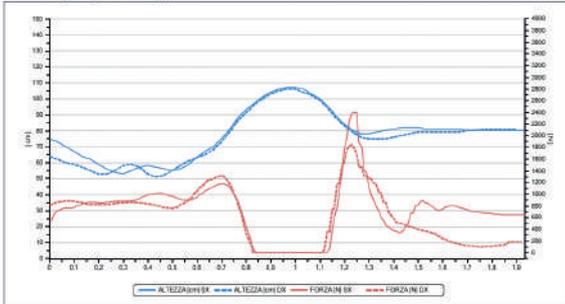
ponendo le basi per una nuova concezione della riabilitazione sportiva: non solo recupero, ma un vero e proprio percorso di crescita, che unisce **prevenzione, efficienza e performance**. La scienza del movimento si conferma così un pilastro fondamentale per garantire il ritorno in pista in condizioni di massima sicurezza e competitività. ↗



	SX	DX
RISULTATI		
ALTEZZA [cm]	27	26
FORZA MAX [N]	1183	1312
POTENZA ASS. MAX [W]	1850	1741
TEMPO DI VOLO [s]	0,3	0,29
VELOCITÀ MAX [m/s]	1,69	1,77
ACCELERAZIONE MAX [m/s ²]	14,95	12,13
POTENZA REL. MAX [W/kg]	25,8	24,3
LAVORO TOTALE [J]	190	182
INDICE DI COORDINAZIONE [%]	0	0

12

ALTEZZA [cm] - FORZA [N]



C.O.P.

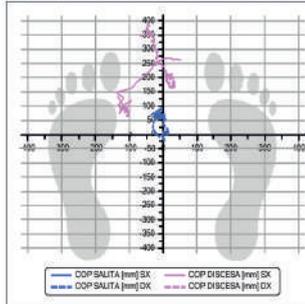


Figure 11 e 12
Grafici dei risultati del
counter movement jump
free arms su D-WALL.