

# L'importanza dei test di valutazione funzionale tecnologica nell'infortunio calcistico

Test di valutazione del movimento con tecnologia TecnoBody in case study di atleta pre- e post-intervento di artroscopia

**I**l calcio è lo sport più popolare al mondo. Secondo i dati forniti dalla FIFA è praticato in oltre 200 Paesi e i tesserati superano i 200 milioni. In Italia la FIGC conta un milione di giocatori tesserati

di cui circa 3.000 professionisti. Sulla base di questi numeri decisamente importanti e di un trend in costante crescita, il numero degli infortuni è aumentato in tutti i settori: professionistico, dilettantistico, giovanile e femminile. Molti non sono prevedibili poiché

rientrano nel rischio di uno sport che richiede velocità, forza, esplosività, contatto fisico, contrasto e impatto con l'avversario. Parecchi eventi traumatici però possono essere evitati perché conseguenza di errori o di scarsa valutazione dei fattori di rischio o non sufficiente considerazione delle forme di prevenzione.

## abstract

**In una disciplina di situazione e di contatto come il calcio, che richiede uno sforzo aerobico-anaerobico alternato e richieste distrettuali e discontinue di forza elevate, la casistica di infortuni è piuttosto alta e l'analisi del gesto nell'ambito della valutazione delle skill motorie risulta particolarmente funzionale per evitare infortuni, massimizzare le performance o rientrare in seguito a una problematica fisica. Nell'articolo vengono trattati alcuni test funzionali sulle skill motorie raccomandate ed eseguite da un atleta a seguito di intervento di artroscopia dopo la sublussazione della rotula causata da un calcio ricevuto accidentalmente durante una partita. I test e l'iter di recupero sono stati gestiti con il supporto del team di fisioterapisti e chinesologi del Centro Move Different di Rimini. Sono stati eseguiti con i sistemi TecnoBody, i quali restituiscono dati oggettivi sulla qualità del movimento con biofeedback in tempo reale. Da qui è possibile impostare il miglior training per lavorare sui punti di debolezza degli atleti e condurli verso i migliori risultati, evitando nuovi infortuni.**





## Parole chiave

- Calcio
- Biofeedback tecnologico
- Sublussazione della rotula
- Run & gait analysis
- Motion Analysis

L'analisi oggettiva delle skill motorie dell'atleta mediante la tecnologia e il training mirato con riscontro in tempo reale favoriscono la conoscenza dei punti di forza e debolezza di un giocatore, consentendo di intervenire applicando principi

preventivi idonei a rallentare l'aumento degli infortuni. Rimane, ad ogni modo, la certezza che il calcio è uno sport che, per le sue caratteristiche intrinseche, comporta una **forte sollecitazione dell'apparato muscolo-scheletrico** insieme all'accidentalità degli eventi traumatici in gioco, con la conseguente altissima incidenza di traumi o lesioni di diversa gravità. In questo contributo prendiamo in esame un infortunio patito da un atleta in modo accidentale, che per alcuni mesi lo ha tenuto fermo dall'attività sportiva.

### L'infortunio

Nel *case study* in esame l'atleta diciottenne è un calciatore dilettante che milita nel settore giovanile della sua squadra.



autor



**Marco Gidoni**

- TECNOBODY CLINICAL SPECIALIST.
- PhD STUDENT IN SCIENZE DELL'ESERCIZIO FISICO E DELLO SPORT, UNIMI.
- LAUREATO IN SCIENZE MOTORIE PREVENTIVE E ADATTATE.



**Alessandro Pinto**

- FISIOTERAPISTA, OMPT - CENTRO MOVE DIFFERENT RIMINI.
- LAUREA IN FISIOTERAPIA PRESSO UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO.
- MASTER IN RIABILITAZIONE DEI DISORDINI MUSCOLOSCHIELETRICI PRESSO UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA, CAMPUS DI SAVONA.

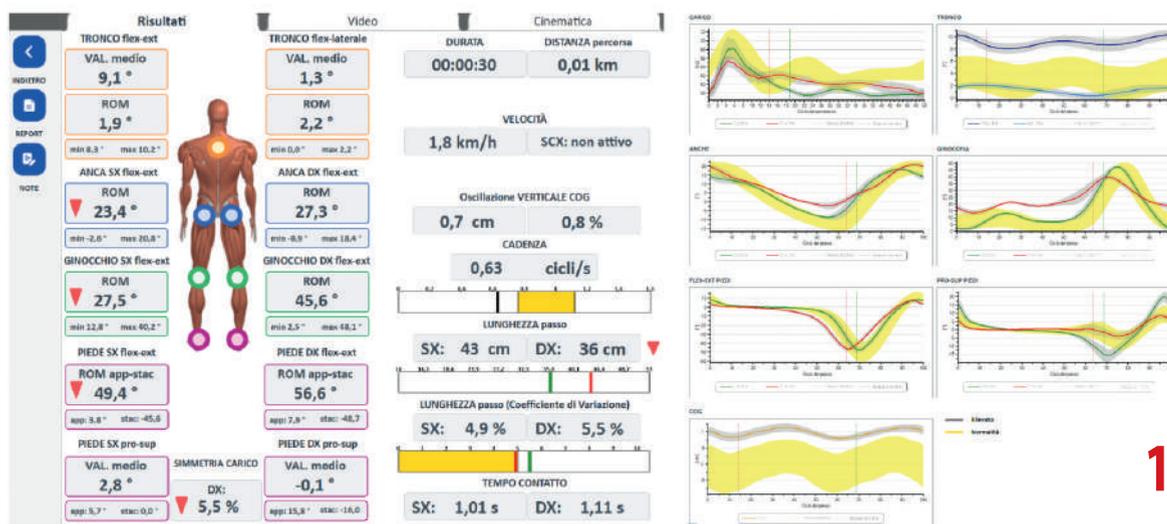
#### IN COLLABORAZIONE CON:

**DAVIDE MAZZOLI** (FISIOTERAPISTA, DIRETTORE LAMB - LABORATORIO DI ANALISI DEL MOVIMENTO E BIOMECCANICA OSPEDALE SOL ET SALUS, RIMINI, DIRETTORE CENTRO MOVE DIFFERENT RIMINI) E **FRANCESCO BONOMETTI** (TECNOBODY MARKETING COORDINATOR, MASTER IN COMUNICAZIONE E MEDIA DIGITALI - IL SOLE 24 ORE BUSINESS SCHOOL).

[www.tecnobody.com](http://www.tecnobody.com)

Durante una partita ha subito posteriormente un calcio che ha portato in valgismo il ginocchio sinistro e lo ha costretto a uscire dal campo. La risonanza magnetica ha descritto "Rotula alta in atteggiamento di sublussazione

**Figura 1**  
Il primo report sul paziente al Walker View.



esterna per concomitante piattismo di troclea femorale con segni di distrazione della plica alare mediale e contusione ossea del condilo femorale laterale da esiti di sublussazione rotulea e frammento distaccato libero nella camera anteriore di 0,88 x 0,81 cm<sup>2</sup>, associato a "versamento articolare". Su indicazione ortopedica l'atleta ha effettuato un **intervento chirurgico** di "Artroscopia con rimozione frammento ed eventuale ritensionamento mediale". Inoltre il chirurgo ha consigliato la fisioterapia per il recupero della mobilità del ginocchio, il rinforzo muscolare e il miglioramento dello schema del passo.

### La prima valutazione funzionale strumentale

Nel pre-operatorio sono state effettuate tre sedute di fisioterapia. Alla prima il ragazzo si è presentato deambulando con due stampelle. Dopo un'accurata

anamnesi e valutazione clinica a lettino, si sono svolti i primi test tecnologici con i sistemi TecnoBody:

1. *gait analysis* su Walker View;
2. *motion analysis* su D-WALL.

Coerentemente con l'indicazione ortopedica e con il bisogno di salute dell'atleta, si è condotta una *gait analysis* (con l'appoggio delle mani per ridurre il carico sugli arti inferiori) utile a valutare il cammino del paziente, e una *motion analysis* dove si è analizzata la massima accosciata possibile, per verificare la mobilità attiva del ginocchio e la forza muscolare con il conseguente controllo motorio.

Come visibile nella **figura 1** si possono ricavare molti dati oggettivi in merito al cammino del paziente, sia nel primo report (*a sinistra*) fornito dal *treadmill* Walker View nei primissimi secondi dopo il test, sia dalle bande cinematiche (*a destra*) ricavate dal report che tutti i sistemi

TecnoBody presenti nel Centro Move Different di Rimini permettono di ottenere. *A sinistra* la macchina evidenzia rapidamente i deficit più importanti attraverso dei triangoli rossi rilevanti. In particolare, si rileva **un'asimmetria nel tempo di contatto** (1,01 s a sinistra e 1,11 s a destra) e nella **lunghezza dei semipassi** (43 cm a sinistra e 36 cm a destra), entrambe riconducibili al trauma subito. Anche a causa della difficoltà a mantenere il carico sull'arto inferiore sinistro e della conseguente impossibilità di adottare una lunghezza del passo destra congrua, la velocità di progressione risulta ridotta a 1,8 km/h. Il carico è maggiore a destra, con una differenza percentuale del 5,5%. Dalla banda cinematica normativa gialla si evidenzia che il carico a destra è contenuto all'interno del *range* della normalità, mentre risulta sottodosato quello a sinistra. Si rileva, poi, **l'eccessiva flessione del ginocchio**

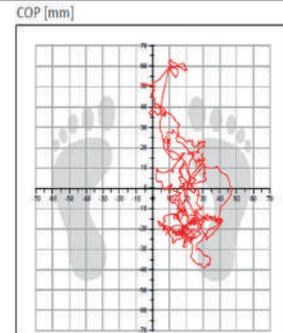
**Figura 2**  
Report della motion analysis (prima valutazione funzionale).

2



## DATI ANTEPRIMA

GINOCCHIA Flex-Ext DX	81°
GINOCCHIA Flex-Ext SX	79°



**sinistro** dal contatto iniziale fino al momento di stacco del piede (rappresentato dalle linee verticali tratteggiate visibili in cinematica), con valori al di fuori della banda normativa; si associa conseguente flessione dell'anca omolaterale oltre il range normativo. Il tronco risulta molto flesso in tutto il ciclo del cammino, probabilmente anche come conseguenza dell'appoggio degli arti superiori. Infine, si evidenzia una lateroflessione solo verso destra e mai presente verso sinistra. **L'escursione del Centro di Gravità (CoG)** è al di sopra dei valori normativi, con possibile origine compensatoria. Come visibile nella **figura 2**, estrapolata dal report della *motion analysis* eseguita con lo specchio digitale D-WALL, nel movimento di massima accosciata possibile, il paziente riporta: flessione delle ginocchia simile tra i due lati (81° destro e 79° sinistro), complessivamente ridotta; il **Centro di Pressione (CoP)**

sempre spostato a destra, indice di maggior fiducia e controllo muscolare di questo lato; oltre a questi dati quantitativi e oggettivi forniti da D-WALL, qualitativamente si può notare un atteggiamento in valgismo di entrambi gli arti inferiori.

### La fisioterapia pre-operatoria basata sugli impairment funzionali emersi nei test strumentali

Data la quasi totale assenza di dolore, ci si pone come obiettivo il miglioramento degli *impairment* funzionali emersi dalla valutazione strumentale, in linea con le indicazioni dell'ortopedico; ci si concentra quindi su:

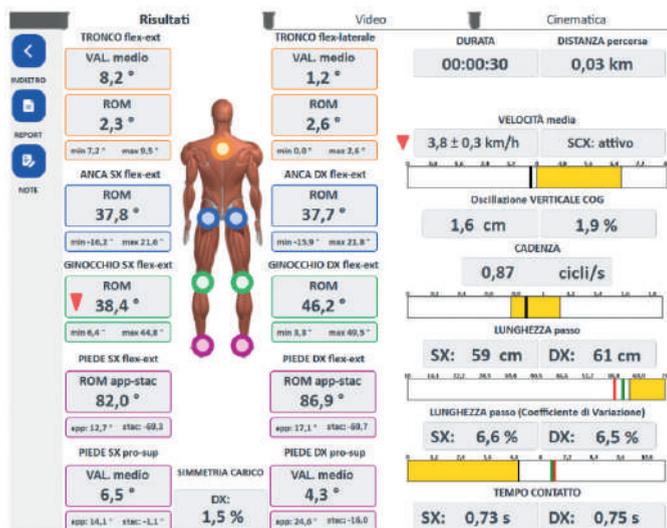
1. recupero della mobilità passiva tramite mobilizzazioni osteocinematiche e artrocinematiche;
2. rinforzo degli arti inferiori con esercizi statici a lettino e poi con esercizi più complessi svolti davanti al

D-WALL con feedback visivi e sonori;

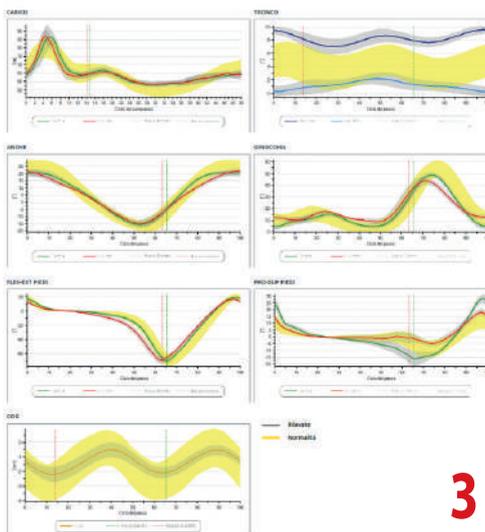
3. training della gestione del carico statico e dinamico sul sistema Prokin 252;
4. miglioramento dello schema del passo su Walker View attraverso feedback visivi e sonori forniti in modalità *gait trainer*, con progressiva riduzione dell'aiuto fornito dagli arti superiori.

### Valutazione funzionale strumentale pre-operatoria

Si ripetono i test svolti in prima valutazione per monitorare l'evoluzione dello stato di salute del paziente e per avere una misura *outcome* da confrontare con i test post-intervento. Dato che le condizioni cliniche erano in netto miglioramento, si è riusciti a eseguire la *gait analysis* senza l'appoggio delle mani e sfruttando il sistema adattativo SCX, attraverso il quale è il *treadmill* Walker View ad adattare in tempo reale la



**Figura 3**  
Il report della gait analysis senza l'appoggio degli arti superiori (situazione pre-operatoria).



sua velocità a quella preferita dall'atleta (in modo opposto a quanto avviene con la maggior parte di quelli presenti in commercio); inoltre si riesce a effettuare il test di equilibrio bipodale su Prokin 252. Nella *gait analysis* si rileva un'importante normalizzazione dei dati (**figura 3**):

1. il tempo di contatto e la lunghezza dei semipassi sono più simmetrici,
2. la velocità di progressione è

in aumento (da 1,8 km/h a 3,8 km/h);

3. il carico sui due lati si è simmetrizzato (da 5,5% a 1,5% di differenza nei picchi);
4. la mobilità complessiva del ginocchio sinistro è in miglioramento (da 27,5° a 38,4°), con residuo deficit di estensione al contatto iniziale e in *mid stance* e limitata flessione in oscillazione, come visibile in cinematica.

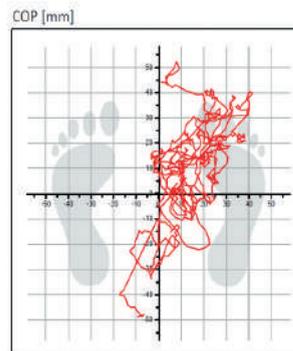
Inoltre, il tronco risulta meno flessibile e il CoG è contenuto nella banda gialla normativa. Nella **figura 4** estrapolata dalla *motion analysis*, si rileva un incremento della flessione attiva delle ginocchia. Rimangono invece simili il CoP (spostato a destra) e l'allineamento degli arti inferiori sul piano frontale. Il test di

**Figura 4**  
Il report della motion analysis (situazione pre-operatoria).

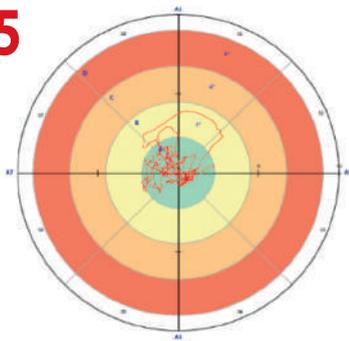


**DATI ANTEPRIMA**

**GINOCCHIA Flex-Ext DX** 104°  
**GINOCCHIA Flex-Ext SX** 104°



5



RISULTATI	
Indice stabilità totale [°]	1,35
Indice stabilità AP [°]	0,94
Indice stabilità ML [°]	0,97
Dev. Std. Tot. tronco [°]	1,2
Settore [%]	58-20,2
Area [%]	A-92,9
Tempo [s]	30
Livello stabilità pedana	9 / 50

**Figura 5**  
Gli spostamenti sulla pedana (situazione pre-operatoria).

equilibrio bipodalico mostra un punteggio buono (settore verde), sostenuto da un indice di stabilità totale di 1,35° (indice di quanto il gomitolino disegnato dagli spostamenti della pedana si discosta dalla traccia ottimale). La **figura 5** evidenzia quanto descritto.

## Prima valutazione funzionale strumentale post-operatoria

In seguito all'intervento chirurgico di "Asportazione corpo mobile e microfratture in artroscopia ginocchio sinistro", l'ortopedico pone indicazione al carico bi-assistito per 21 giorni con successivo abbandono progressivo delle stampelle. Data questa indicazione e compatibilmente con la condizione clinica del paziente, si esegue la prima *gait analysis* post-operatoria, con l'appoggio delle mani e senza la modalità SCX del *treadmill* Walker View, ovvero con velocità adattiva. L'obiettivo è quello di identificare e oggettivare gli *impairment* più rilevanti presenti nel cammino; non si eseguono invece la *motion analysis* e il test di equilibrio bipodalico per l'impossibilità del paziente di mantenere il carico senza appoggi e per la presenza di limitazione del movimento passivo.

Si sottolinea quindi che i test funzionali tecnologici vengono svolti solo quando possono fornire delle informazioni oggettive utili e affidabili per la costruzione del **progetto riabilitativo personalizzato** e di riattrezzatura più adeguato e per monitorare l'evoluzione nel tempo dello stato di salute del paziente. Come nella prima valutazione del cammino post-infortunio (**figura 6**) si ritrovano un'asimmetria nella lunghezza dei semipassi e nel tempo di contatto, limitata mobilità del ginocchio sinistro, maggior carico rilevato a destra, eccessiva flessione del tronco e innalzamento del CoG. Si sottolinea come l'andamento della cinematica del carico sia ben diversa rispetto a quello del primo test, con carichi rilevati molto inferiori a causa di un maggior aiuto degli arti superiori, coerente con l'indicazione ortopedica;

**Figura 6**  
Prima valutazione del cammino post-infortunio.



6

quindi, si capisce che per l'interpretazione dei dati è importante non soffermarsi solo sulle informazioni numeriche. Infine, si nota a sinistra una ridotta dorsiflessione (al contatto iniziale) e plantiflessione (prima e dopo lo stacco del piede), dovuta a un minor utilizzo dell'arto inferiore sinistro sia per l'ammortizzazione del carico sia per la propulsione.

### **Fisioterapia post-operatoria basata sugli impairment funzionali emersi nei test strumentali**

Nella prima fase riabilitativa post-operatoria si è visto il paziente per circa 10 sedute da un'ora ciascuna. Come nel pre-operatorio in un primo momento ci si è concentrati sul recupero della mobilità passiva tramite mobilizzazioni osteocinematiche e artrocinematiche e sull'attivazione e rinforzo muscolare degli arti inferiori a lettino, sfruttando anche l'elettrostimolatore; inoltre grazie all'aiuto della tecnologia TecnoBody per l'esercizio terapeutico, già dalla seconda seduta si è sfruttato il sistema Prokin 252 per lavorare sulla gestione del carico statica e dinamica, con feedback in tempo reale sullo spostamento del CoP e sui chili di carico dati su ciascun arto inferiore.

Dalla quarta seduta si è ricominciato a utilizzare la modalità *gait trainer* del Walker View con il sistema **Smart Gravity** (foto A estrapolata dal video del training salvato), per permettere al paziente di migliorare da subito lo schema del passo senza l'appoggio degli arti superiori: infatti con questo sistema, facendo indossare un corpetto al paziente collegato a dei cavi posti superiormente, si può decidere di togliere una qualsiasi percentuale di peso corporeo così da rispettare la limitazione di carico indicata dal chirurgo. Grazie a questo tipo di training, trascorsi i 21 giorni di carico bi-assistito, il paziente è riuscito a tornare a camminare senza ausili da subito e questo ha permesso di velocizzare i tempi di recupero. Inoltre, già a distanza di pochi giorni si è potuto svolgere una *gait analysis* senza appoggi, in modalità SCX.

Successivamente al recupero di uno schema del passo buono, oggettivabile grazie alle *gait analysis*, ci si è concentrati sul rinforzo muscolare e sul miglioramento del controllo motorio, sfruttando soprattutto i feedback dati dal D-WALL; nel frattempo si è iniziato a lavorare su propriocezione ed equilibrio in particolar modo tramite Prokin 252 in modalità dinamica. Fatto tesoro delle correzioni e dei feedback dati dal fisioterapista e dalle macchine in seduta, si è



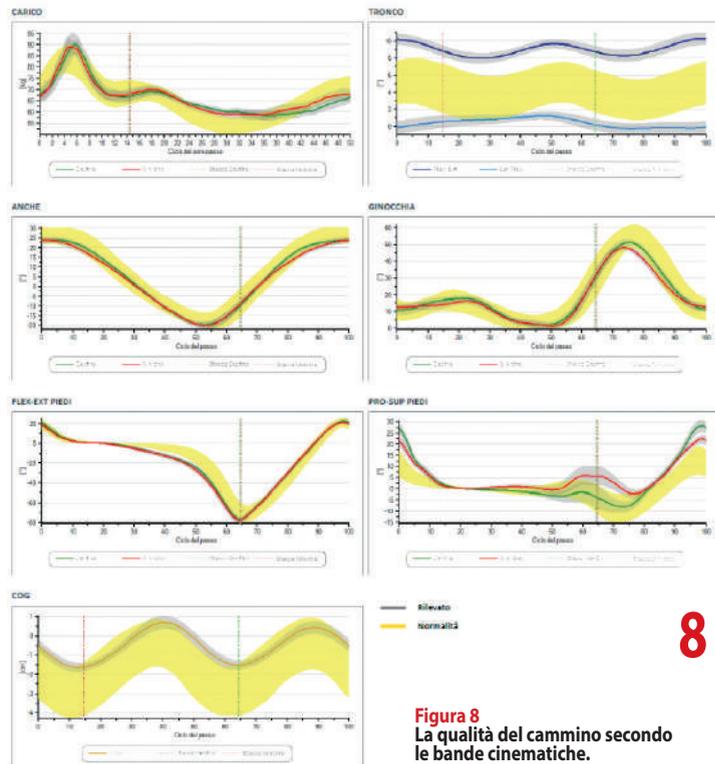
Foto A  
Smart Gravity.

educato il paziente a svolgere parallelamente a casa una parte degli esercizi visti in seduta, grazie anche l'aiuto dell'APP TecnoBody.

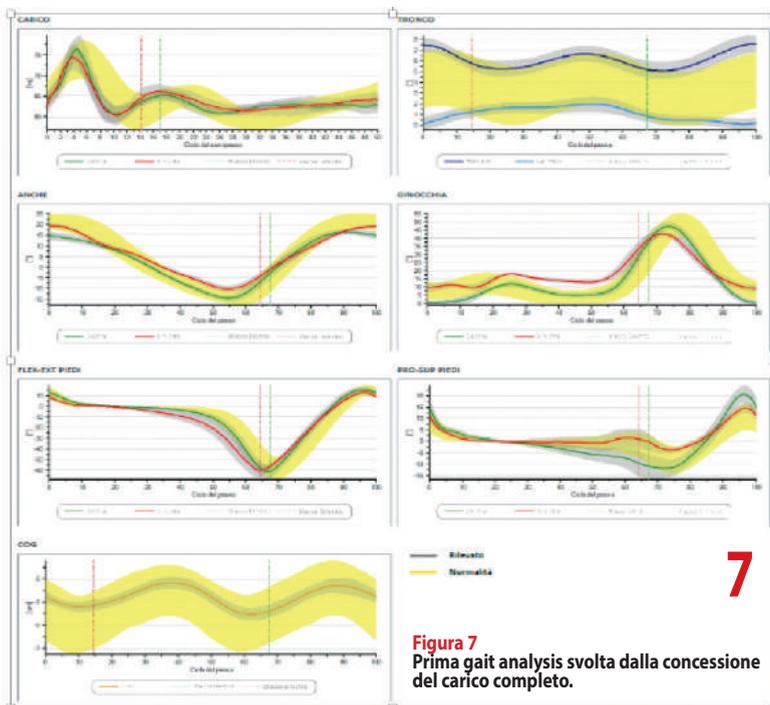
### **Valutazioni funzionali strumentali post-operatorie svolte in itinere**

In linea con il modello di lavoro Move Different, nel corso delle 10 sedute sopra citate si è sottoposto il paziente a una continua rivalutazione tecnologica e clinica, per monitorare l'evoluzione del suo stato di salute e per adattare il programma riabilitativo alla condizione specifica della

persona in ogni singola fase di recupero. Si è deciso quindi di riportare la prima *gait analysis* svolta dalla concessione del carico completo e i test condotti a distanza di circa un mese, nel giorno in cui il chirurgo ha dato il via libera per il ritorno alla corsa (**figura 7**). Come visibile dalla valutazione del cammino a lato, grazie anche al *gait trainer* effettuato con lo Smart Gravity, la cinematica di movimento è molto buona già nel primo test svolto in carico totale. Rimane comunque migliorabile la mobilità del ginocchio sinistro al contatto iniziale, dove si nota eccessiva flessione, e in *mid*



**Figura 8**  
La qualità del cammino secondo le bande cinematiche.



**Figura 7**  
Prima *gait analysis* svolta dalla concessione del carico completo.

*stance*, in cui l'estensione attiva è deficitaria. I test condotti il 9 novembre 2023, giorno in cui si è potuto iniziare la corsa, sono gli stessi del pre-intervento:

1. *gait analysis* su Walker View;
2. *motion analysis* su D-WALL;
3. equilibrio bipodale su Prokin 252.

Inoltre, data la maggior richiesta funzionale in ottica sportiva, si svolgono:

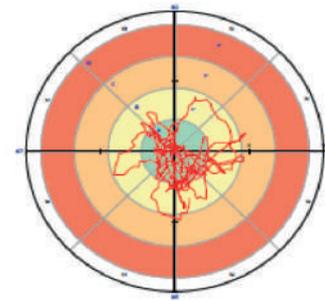
1. equilibrio monopodale comparato su Prokin 252;
2. *run analysis* su Walker View.

Come visibile dalle bande cinematiche in **figura 8** la qualità del cammino è in ulteriore miglioramento, con la mobilità del ginocchio sinistro

sovrapponibile a quella del destro, in tutto il ciclo del passo. L'equilibrio bipodalico è nella norma (**figura 9**), sostenuto da un indice di stabilità di 2,4°, ma il punteggio è inferiore a quello ottenuto nel test pre-operatorio e ciò è indice di quanto sia importante lavorare sull'equilibrio e sulla propriocezione nella riabilitazione post-operatoria. In *motion analysis* (**figura 10**) si rileva una buona mobilità delle ginocchia in flessione, un buon allineamento degli arti inferiori sul piano frontale (no valgismo) e una maggior ricerca di supporto dell'arto inferiore sinistro nella gestione del carico, con CoP addirittura spostato a sinistra. Dal report del test di equilibrio monopodalico comparato (**figura 11**) si estrapola invece un punteggio di poco nella norma a destra e

scarso a sinistra, con differenza nell'indice di stabilità del 15,4%. Si sottolinea quindi l'importanza di questo test per distinguere la capacità di controllo motorio dei due arti inferiori. Nella prima *run analysis* eseguita con SCX (report in **figura 12**), si nota un tempo di contatto e una lunghezza dei semipassi pressoché simmetrici; lo stesso vale per la mobilità delle ginocchia seppur emerga bilateralmente un'eccessiva flessione al contatto iniziale da verosimile accorciamento della catena cinetica posteriore. Anche il carico dato sugli arti inferiori è simmetrico (differenza del 0,6%), ma si sottolinea come in cinematica si rilevino meno chili rispetto a quelli che ci si aspetterebbe in normalità, per un verosimile meccanismo compensatorio di protezione.

9



RISULTATI

Indice stabilità totale [°]	2,4
Indice stabilità AP [°]	1,76
Indice stabilità ML [°]	1,64
Dev. Std. Tot. tronco [°]	1,72
Settore [%]	54-26,7
Area [%]	A-57,3
Tempo [s]	30
Livello stabilità pedana	9 / 50

Figura 9  
L'equilibrio bipodalico.

Conclusioni

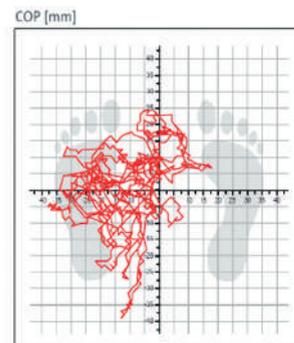
Si sottolinea quindi l'utilità della valutazione tecnologica oggettiva come misura di outcome e indicatore per la

Figura 10  
La motion analysis.



DATI ANTEPRIMA

GINOCCHIA Flex-Ext DX	100°
GINOCCHIA Flex-Ext SX	98°



11



PIEDE SINISTRO 09/11/2023 17:17

PIEDE DESTRO 09/11/2023 17:17

TRACCIA TRONCO

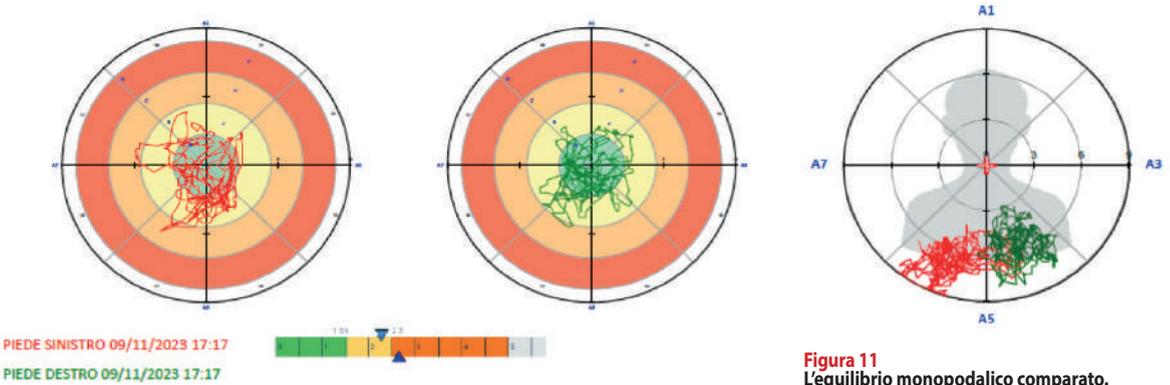


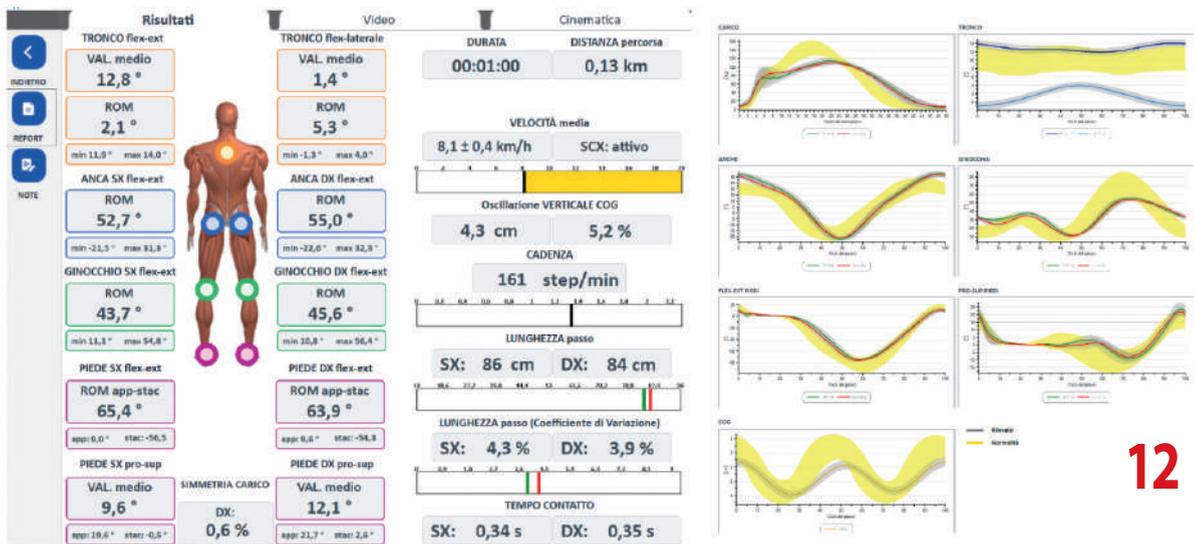
Figura 11  
L'equilibrio monopodalico comparato.

costruzione del programma riabilitativo e sportivo personalizzato ideale: dopo queste prime 10 sedute bisognerà porre come target il

miglioramento dell'equilibrio bipodalico e monopodalico e dello schema della corsa, nonché proseguire con il rinforzo muscolare. ■



Figura 12  
La run analysis eseguita con SCX (report).



12

65