



REPORT




Dott. Ing. Danny Moretto

MCP Sports Engineering

www.mcpsports.it 

danny.moretto@mcpsports.it 

348 48 13 819 

14/04/2023

Oggetto

***“Report progetto di ricerca calzature
Northwave s.r.l.”***

Introduzione

Come da accordi intercorsi, in questo documento si presentano i risultati del progetto di ricerca per la Vostra azienda.

Il progetto presentato è attinente alle esigenze da Voi richieste nel quantificare il potenziale miglioramento della performance utilizzando la nuova tipologia di calzatura **“VELOCE EXTREME”**, denominata in questo studio *“scarpa nuova”* rispetto alla vecchia tipologia di calzatura denominata *“scarpa vecchia”*. I dati forniti saranno utili per attuare strategie di comunicazione e offrire spunti creativi per un’espansione del vostro brand dal punto di vista scientifico.

Il presente lavoro verrà svolto in collaborazione all’azienda ATS (www.istitutoats.com) come supporto metodologico e analisi dei dati.

Progetto sperimentale

Obiettivi

- Comparare le due tipologie di soles, *“suola vecchia”* contro *“suola nuova”*.
- Individuare se vi sono miglioramenti delle prestazioni oggettivi e misurabili.
- Fornire dati utili di facile comprensione per le campagne marketing.

Materiali

- *Calzature:*
 - *New assymetric outsole*
Taglia (39, 39.5, 40, 40.5, 41, 41.5, 42, 42.5, 43, 43.5, 44, 44.5)
 - *Current outsole*
Taglia (39, 39.5, 40, 40.5, 41, 41.5, 42, 42.5, 43, 43.5, 44, 44.5)
- *Ciclomulino:* Elite drivo 2. [9]
- *Bici:* Bici proprie dei tester, con il loro relativo settaggio.
- *Sistema di telecamere optoelettroniche* di Optitrak per l’analisi cinematica mediante modello muscoloscheletrico;
- *EMGs* di Sensor Medica per effettuare analisi del grado di attivazione muscolare, Beyond software per l’analisi dei dati.

Metodi

Lo sviluppo del progetto di ricerca, data la complessità nel rilevare eventuali differenze apprezzabili, è stato eseguito in due giornate differenti.

1° giorno di test

Obiettivo: individuazione del valore di intensità di sforzo a cui sottoporre il tester.

Il valore d'intensità di sforzo viene misurato attraverso il TEST INCREMENTALE, ottenendo intervalli di riferimento della potenza meccanica rispetto alla propria frequenza cardiaca (Figure 1,2).

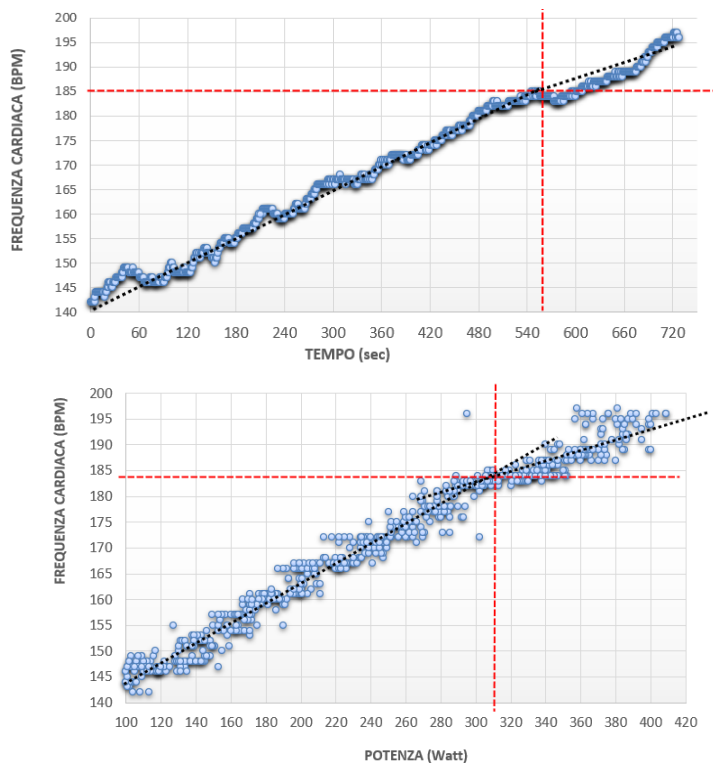


Figure 1 Esempio risultati di un test incrementale.
Relazione FC vs Tempo, Relazione FC vs Potenza. Acquisizione dati test incrementale.

ZONA	INTENSITA'	WATT MIN	WATT MAX	BPM MIN	BPM MAX	GARMIN
ZONA 7	MAX	-	-	-	-	-
ZONA 6	VAM	380	410	192	202	5
ZONA 5	SOGLIA ANAEROBICA	300	340	183	187	4
ZONA 4	PROSSIMO SOGLIA	260	300	174	183	3
ZONA 3	FONDO VELOCE	200	260	163	174	3
ZONA 2	FONDO MEDIO	130	200	150	163	2
ZONA 1	FONDO LUNGO	60	130	128	150	1
	RESISTENZA DI BASE	-	-	93	104	

Figure 2 Tabella zone allenamento.

Il test incrementale consta di 15 minuti di riscaldamento con 3 allunghi di 30 secondi distanziati da 4 minuti l'uno dall'altro. Successivamente, il ciclomulino viene portato alla potenza di 100W, aumentando il livello di resistenza di 20W ogni minuto (Figure 3); i tester devono mantenere una

frequenza di pedalata compresa tra 75 – 95 rpm. Il test termina quando il ciclista non riuscirà a mantenere una frequenza di pedalata superiore alle 50 rpm.



Figure 3 Resistenza del ciclomulino adottata durante il test incrementale.

2° giorno test

Obiettivo: comparazione calzature, “suola vecchia” contro “suola nuova”.

Per evidenziare le differenze tra le due calzature è stato svolto il TEST A POTENZA COSTANTE e il TEST SPRINT, comparando i test svolti prima con una calzatura e successivamente con la seconda. Le calzature verranno “sorteggiate” così da poter svolgere con ordine casuale le diverse prove, limitando possibili condizionamenti procedurali. Il posizionamento delle tacchette verrà copiato dalla scarpa abitualmente utilizzata dal tester. Tutte le prove verranno svolte sulla bici personale del ciclista.

Il test a potenza costante si adatta maggiormente agli amatori che non sono abituati a sforzi massimali, inoltre permette di comparare le due tipologie di calzature sotto numerosi diversi punti di vista (analisi cinematica, analisi elettromiografica, analisi cinetica, analisi percettiva).

Il test consiste nell’impartire un carico esterno fisso tramite il ciclomulino al ciclista per un certo periodo di tempo. L’entità del carico esterno corrisponde al 70% della potenza massima raggiunta nel *test incrementale*, mantenuta per 8 minuti; dopo 15 minuti di recupero si è ripetuta la prova con la seconda calzatura (figure 4), durante la quale è stata effettuata l’analisi cinematica (analisi del movimento del ciclista, figure 5) tramite un modello matematico per lo studio del movimento (Figure 6).

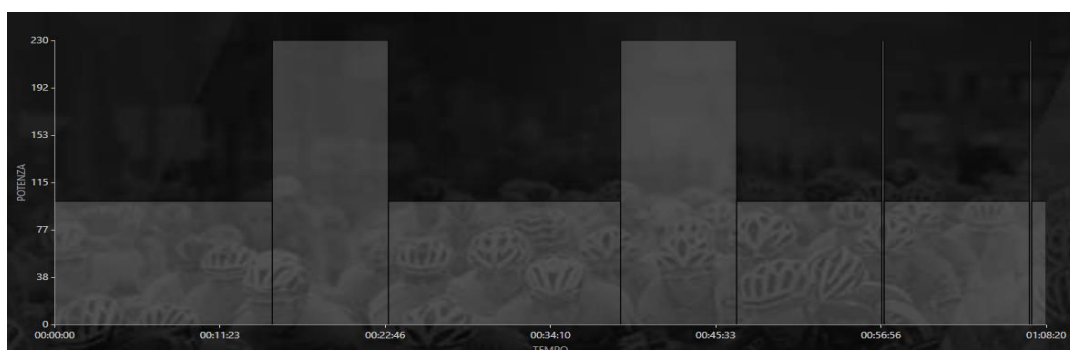


Figure 4 Resistenza del ciclomulino adottata durante il test a potenza costante.



Figure 5 Posizionamento marker sulla cute del ciclista.

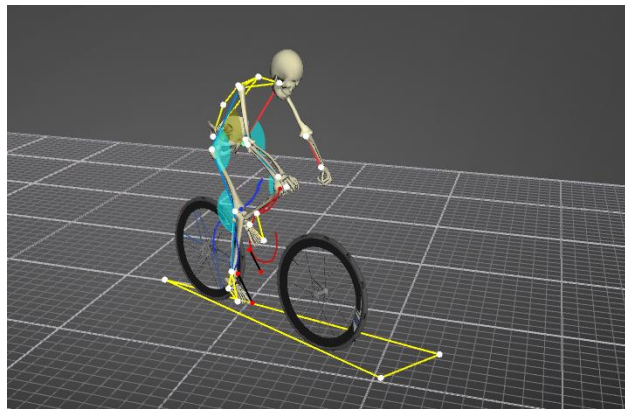


Figure 6 Modello muscolo-scheletrico.

Sono stati analizzati dei parametri del movimento per tutto il ciclo di pedalata, ad esempio il grado di flesso-estensione della caviglia (Figure 7).

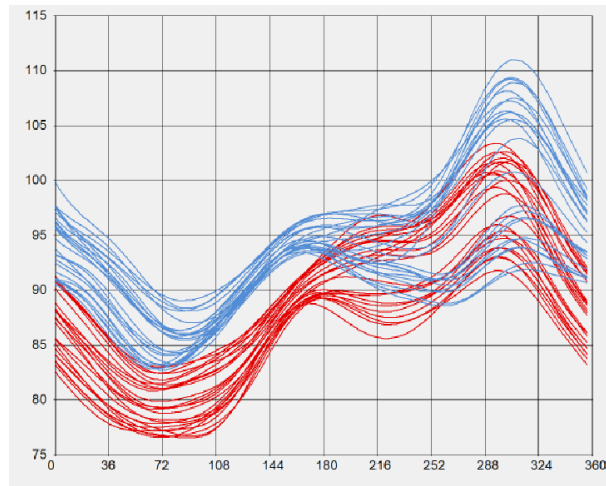


Figure 7 Flesso estensione della caviglia.

Un ulteriore parametro rilevato è l'*EMGs* (elettromiografia di superficie), che riporta la misura del livello di attivazione muscolare, nel caso specifico il vasto mediale dx e il gastrocnemio mediale dx (Figure 8), utile per capire se è presente un diverso livello di carico muscolare (Figure 9).

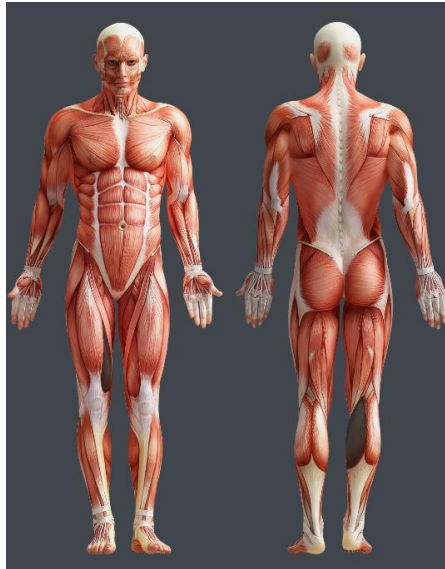


Figure 8 Rappresentazione dei muscoli in oggetto d'esame, in colore più scuro.

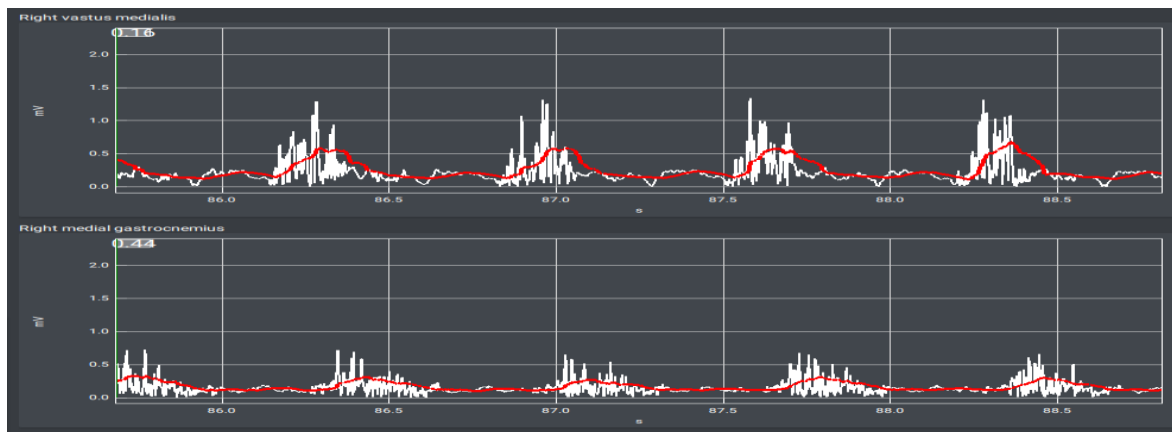


Figure 9 EMGs, segnale di acquisizione elettromiografica.

Altri dati acquisiti:

- *FC* (frequenza cardiaca sostenuta durante le prove, Figure 10),
- *RPE* (percezione soggettiva dello sforzo, scala di Borg, valore numerico da 1-10),
- *Comfort* (diagramma di VAS, la persona disegnerà una linea compresa tra il valore 0 e il valore 10 di lunghezza pari alla sensazione di comfort percepita),
- *domande* inerenti al “FIT NEGOZIO” e “RIDE TEST”.

Successivamente viene effettuato il *test sprint*, che consta di 2 sprint massimali. La prova viene introdotta in quanto utile per valutare espressamente la resa meccanica della scarpa, quantificando la dispersione delle calzature.

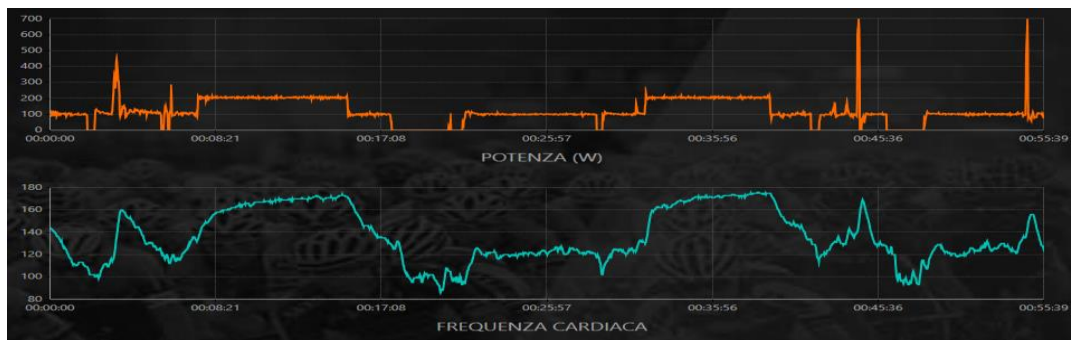


Figure 10 Andamento potenza (arancio), FC (azzurro).

Report analisi dei dati

Premessa

I test sono stati effettuati su 30 ciclisti, la maggioranza dei quali ha un'esperienza decennale nella pratica del ciclismo (anche agonistico), frequentando l'ambiente, partecipando a gare ed eventi (Figure 11).



Figure 11 Alcuni dei ciclisti esaminati.

Analisi test a potenza costante

Il test a potenza costante è stato somministrato a 19 ciclisti ($176,2 \pm 6,4$ cm; $71,5 \pm 9,0$ kg; $34,7 \pm 7,6$ anni).

Nella tabella di seguito (tab 1) vengono riportati i risultati dei parametri misurati nelle due condizioni testate denominate “Scarpa vecchia” e “Scarpa nuova”.

Sono state rilevate tre differenze significative a favore della condizione “Scarpa nuova” rispetto alla “Scarpa vecchia”.

Parametro	Scarpa vecchia (SD)	Scarpa nuova (SD)	P value
FC media tot prova (battiti/minuto)	156,7 (15,7)	156,6 (15,7)	0,891
FC media primi 4' (battiti/minuto)	152,0 (15,2)	152,1 (15,8)	0,894
FC media ultimi 4' (battiti/minuto)	161,3 (16,2)	161,3 (16,2)	0,951
RPE (U.A.)	6,6 (2,1)	5,6 (1,9)	0,030 *
Comfort scala 0-10 (cm)	6,5 (2,4)	8,6 (7,7)	0,275
Max intrarotazione (°)	4,3 (2,1)	4,5 (2,3)	1,000
Min intrarotazione (°)	2,5 (1,6)	3,0 (2,4)	0,042 *
Max extrarotazione (°)	2,4 (1,8)	3,3 (1,0)	0,231
Min extrarotazione (°)	2,0 (2,0)	2,3 (0,6)	0,795
Max flessione dorsale (°)	76,6 (18,3)	80,1 (7,8)	0,452
Max flessione plantare (°)	94,7 (13,5)	98,3 (8,6)	0,326
Δ caviglia orizzontale	10,9 (4,2)	9,9 (3,6)	0,035 *
Max flessione ginocchio (°)	65,3 (2,9)	65,2 (3,0)	0,542
Max estensione ginocchio (°)	141,8 (4,4)	141,4 (4,8)	0,187
Δ ginocchio orizzontale (mm)	29,3 (13,5)	27,0 (12,2)	0,140
Max distanza ginocchio bici (mm)	188,1 (23,2)	183,4 (19,9)	0,127
Min distanza ginocchio bici (mm)	158,8 (15,2)	163,3 (19,7)	0,176
Δ bascula bacino (°)	12,8 (1,8)	12,7 (2,4)	0,667

Tab 1 Risultati dei test. Confronto calzature. I valori con “*” sono da ritenersi statisticamente rilevanti. SD: deviazione standard

I parametri fisiologici di carico interno tra le due condizioni restano sostanzialmente invariati, ma la *percezione soggettiva dello sforzo (RPE)* è significativamente minore. Va segnalato che il parametro del comfort percepito tra le due scarpe risulta essere aumentato nella condizione “Scarpa nuova” rispetto alla condizione “Scarpa vecchia” sebbene in maniera non significativa.

I parametri cinematici restano per lo più invariati tra le due condizioni delle scarpe, eccetto due aspetti strettamente collegati con la struttura intrinsecamente più rigida della “Scarpa nuova”. Si assiste quindi ad un leggero, ma significativo *aumento della minima intra-rotazione del piede* durante la pedalata, il che riduce il quantitativo totale di rotazione del piede, ottimizzando la spinta e avendo un effetto significativo anche sulla *riduzione del movimento sul piano frontale della caviglia*, che si riduce di un millimetro consentendo al piede nuovamente di applicare meglio la spinta sulla pedivella.

Nei grafici successivi (Figure 12,13,14 vengono riportati i valori con cambiamenti significativi relativi all'analisi del test a potenza costante (studio statistico "t test" per dati appaiati).

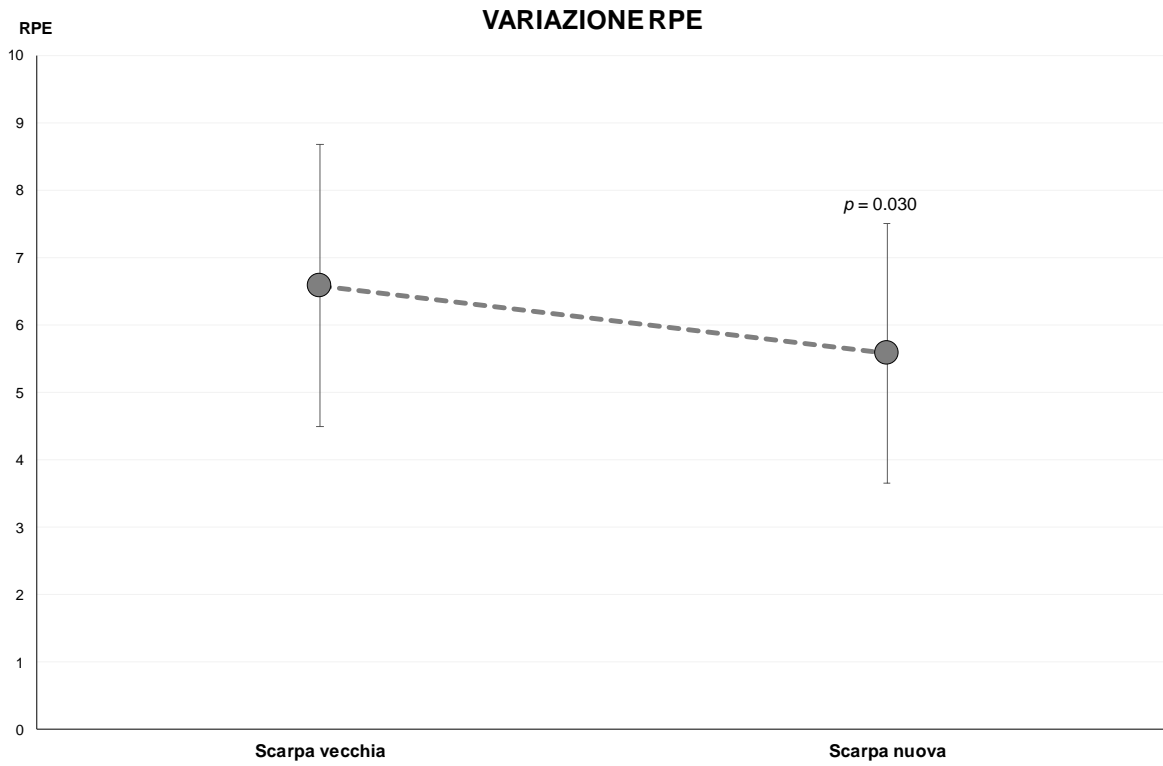


Figure 12 RPE: livello percezione di fatica, scala di Borg.



Figure 13 Intrarotazione del piede durante la pedalata.

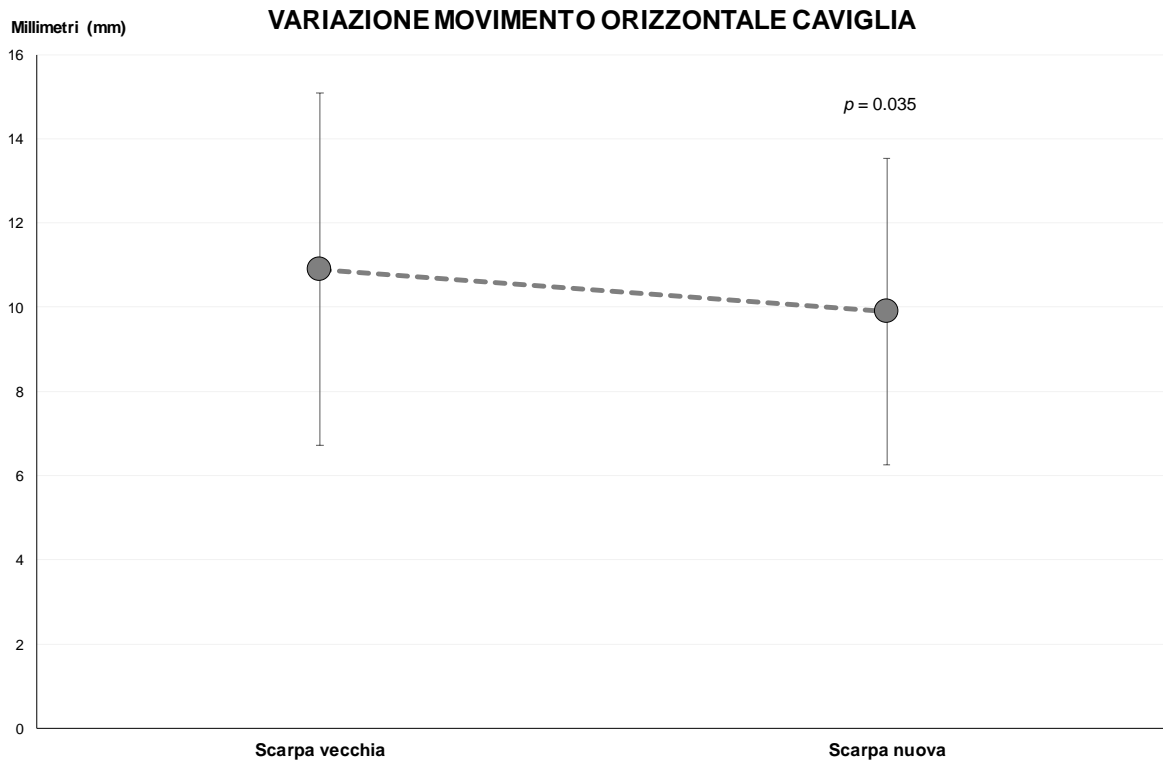


Figure 14 Oscillazione laterale caviglia.

Analisi test sprint

Il test sprint è stato somministrato a 19 ciclisti ($176,9 \pm 5,4$ cm; $71,5 \pm 9,0$ kg; $35,1 \pm 7,5$ anni).

Nella tabella di seguito (Tab 2, Figure 15) vengono riportati i risultati dei parametri misurati nelle due condizioni testate, denominate “Scarpa vecchia” e “Scarpa nuova”.

Parametro	Scarpa vecchia (SD)	Scarpa nuova (SD)	P value
Potenza di picco (W)	1077,1 (324,1)	1131,8 (317,6)	0,001 *
Sviluppo della potenza fino al picco (coefficiente angolare)	170,9 (85,8)	195,2 (100,8)	0,073
Decremento della potenza dopo il picco (coefficiente angolare)	-75,9 (63,1)	-56,9 (59,0)	0,352
Frequenza di pedalata (pedalate/minuto)	133,1 (14,8)	135,9 (10,3)	0,277

Tab. 2 Risultati test sprint, confronto calzature. I valori con “*” sono da ritenersi statisticamente rilevanti. SD: deviazione standard

È stata rilevata una differenza significativa a favore della condizione “Scarpa nuova” rispetto alla “Scarpa vecchia”.

La *potenza di picco* espressa tra le due condizioni aumenta in maniera significativa attraverso l’utilizzo della “Scarpa nuova”. Risulta interessante segnalare anche l’incremento non significativo dei due coefficienti angolari della curva di salita della potenza durante il test a parità di frequenza di pedalata.

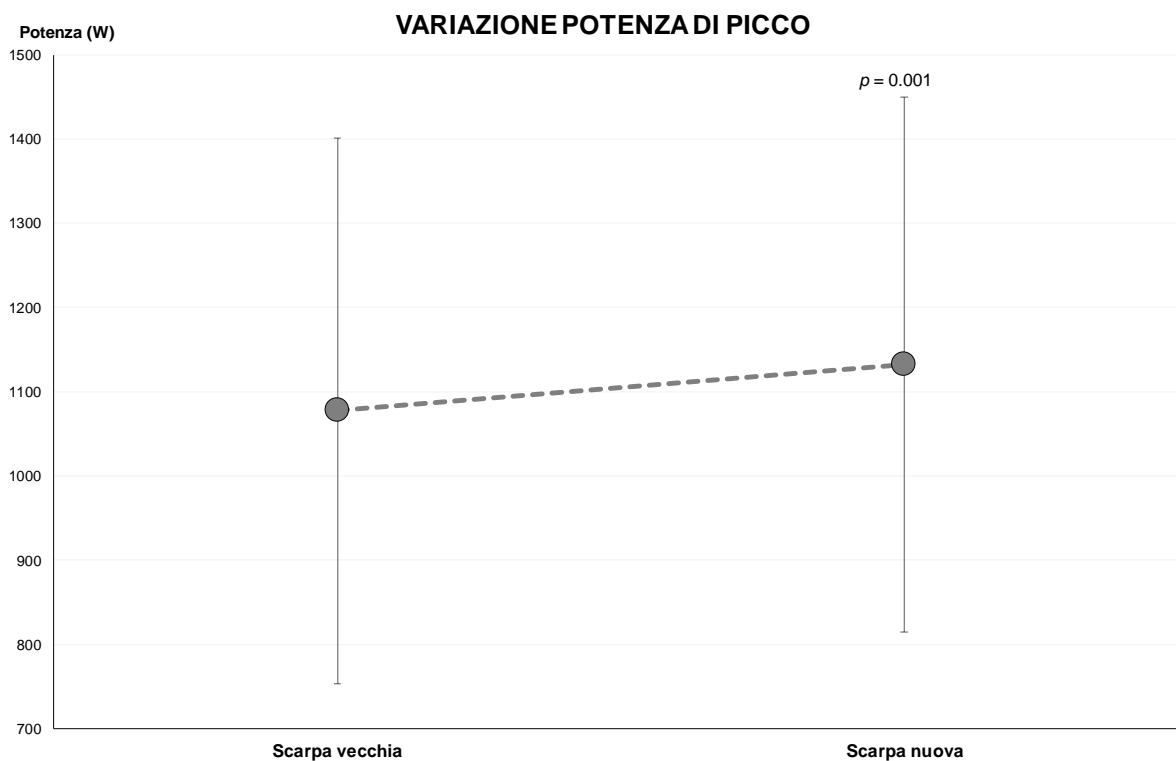


Figure 15 Comparazione picco di potenza assoluto.

Conclusioni test potenza costante, test sprint

La condizione “Scarpa nuova” consente di svolgere la prova a potenza costante mantenendo gli stessi parametri fisiologici di carico interno, ma mostrando una significativa riduzione della fatica. Durante la prova a potenza costante la “Scarpa nuova” inoltre riduce il quantitativo di movimenti accessori del piede che possono influenzare la riduzione della spinta del piede sulla pedivella. Durante il test di sprint la condizione “Scarpa nuova” induce un incremento significativo della potenza espressa a parità di frequenza di pedalata.

Riassumendo:

- Riduzione fatica percepita: 15%
- Riduzione dei movimenti accessori del piede durante la pedalata: 9%
- Incremento massima potenza espressa: 4.8%

Un aumento della massima potenza espressa identifica probabilmente un miglioramento da parte della scarpa in termini di direzionamento della forza applicata in quanto funzionalmente migliora la trasmissione meccanica della forza al pedale, minimizzando una minore dispersione della forza, conclusione dettata dai risultati visti e dalle informazioni delle caratteristiche costruttive della scarpa.

Analisi attivazione elettromiografica

L'analisi elettromiografica è stata svolta durante il test a potenza costante. Sono stati analizzati due ventri muscolari: il vasto mediale e il gastrocnemio mediale dell'arto destro.

Di seguito vengono presentati i grafici di comparazione della condizione "Scarpa vecchia" e "Scarpa vecchia" di un soggetto (Figure 16,17).

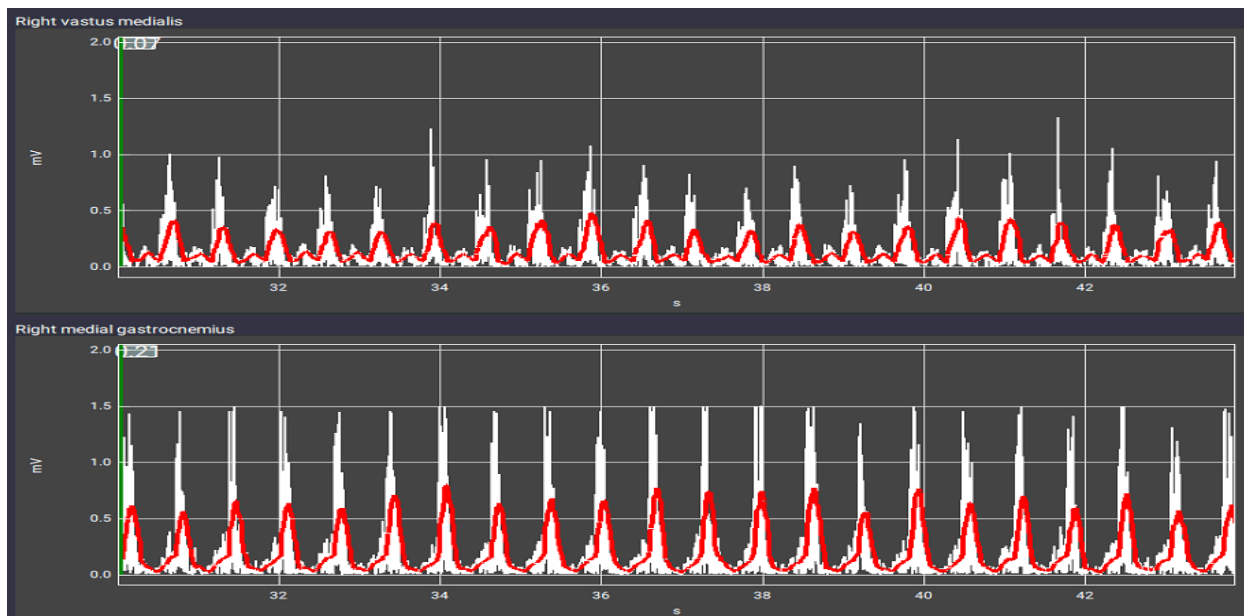


Figure 16 "Scarpa vecchia": segnale elettromiografico del vasto mediale dx (in alto), gastrocnemio mediale dx (in basso), registrato durante la prova a potenza costante.

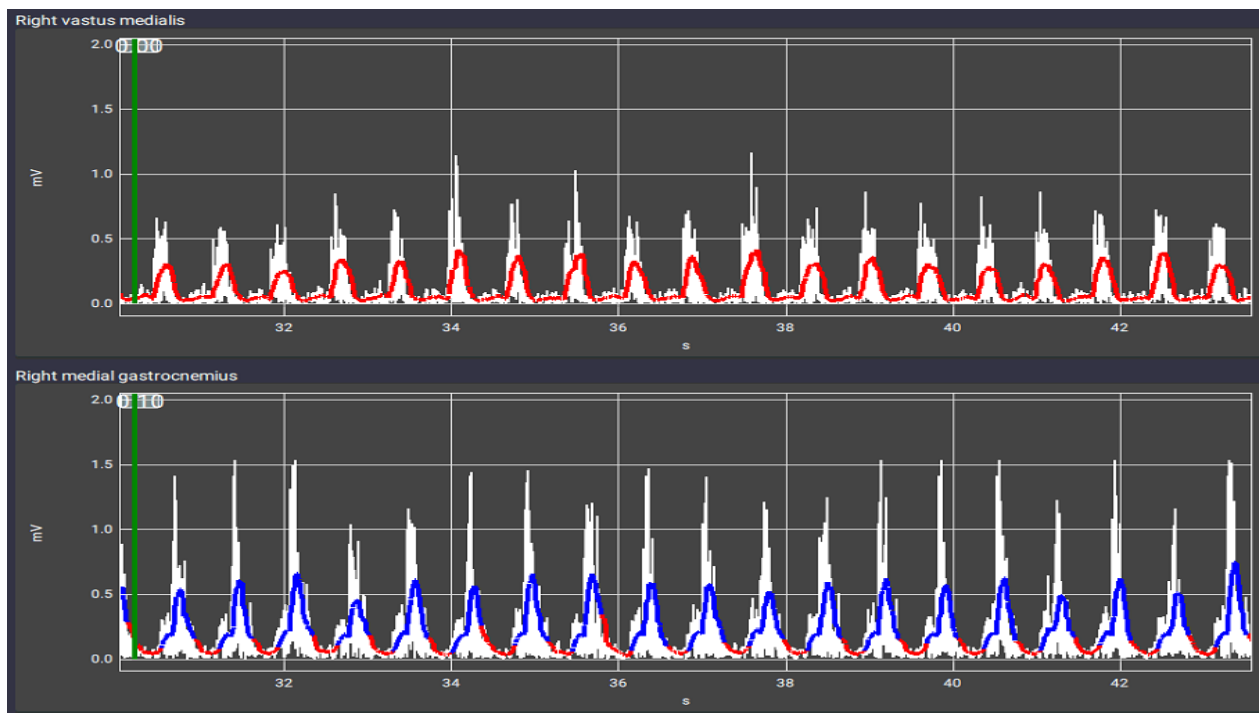


Figure 17 "Scarpa nuova": Segnale elettromiografico del vasto mediale dx (in alto), gastrocnemio mediale dx (in basso), registrato durante la prova a potenza costante.

Conclusioni attivazioni elettromiografica EMGs

Le due condizioni “Scarpa vecchia” e “Scarpa nuova” sono state valutate attraverso delle misurazioni elettromiografiche. L’analisi del segnale continuo durante l’intera prova a potenza costante è stata svolta in comparazione tra le due tipologie di scarpa. Il 54% dei soggetti mostra una riduzione dell’attività elettromiografica del muscolo gemello mediale. L’attività del muscolo vasto mediale mostra dei valori più simili tra le due scarpe restando pressoché invariata o leggermente diminuita. La riduzione dell’attività elettrica del muscolo gemello mediale nella condizione “Scarpa nuova” è razionale e pertinente con i risultati ottenuti dall’analisi cinematica.

La riduzione dei movimenti del piede e della caviglia consente di ipotizzare una minore attività dei muscoli deputati alla stabilità e una facilitazione della spinta, con sua relativa ottimizzazione per via di una diminuzione delle dispersioni di forza. Gli andamenti EMG misurati, sono coerenti con questa forma interpretativa, in particolar modo i reperti EMG del muscolo gemello mediale.

Benchmarking

Il *benchmarking* è una rappresentazione grafica utile per il confronto dei risultati ottenuti tra le due calzature (Figure18).

La principale differenza che si può evidenziare è *l'aumento della performance nell'utilizzo delle "calzature nuove"*. Gli altri elementi rimangono pressoché invariati, fatta eccezione "LINGUA dimensione e posizione" e "USCITA facilità" che non sono stati molto apprezzati.

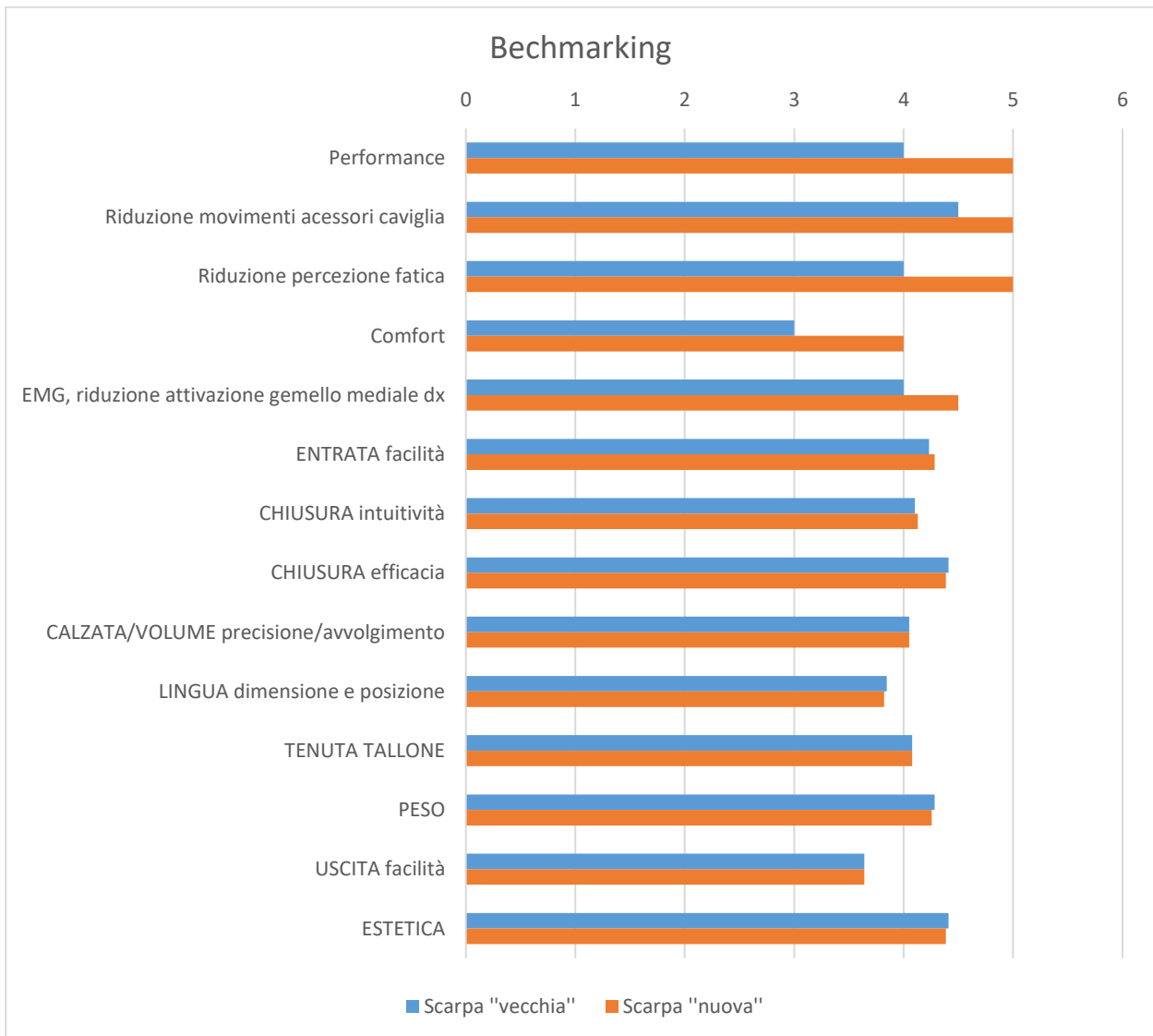


Figure 18 Rappresentazione grafica complessiva dei risultati ottenuti durante il test.

Diagramma radar “punti di pressione”

Di seguito si rappresentano i punti di pressioni maggiormente citati dai tester durante il “Fit negozio” (Figure 19), e durante il “Ride Test” (Figure 20).

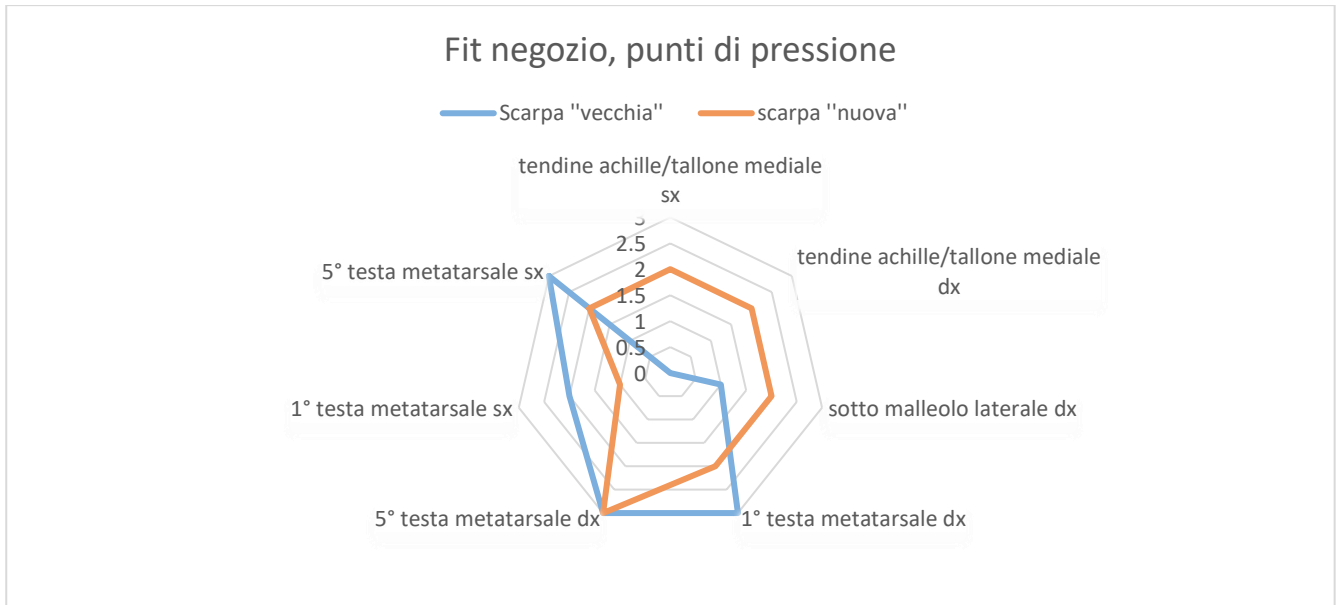


Figure 19 Punti di pressione percepiti durante il “Fit negozio” maggiormente segnalati dai tester. Confornto tra le due calzature.

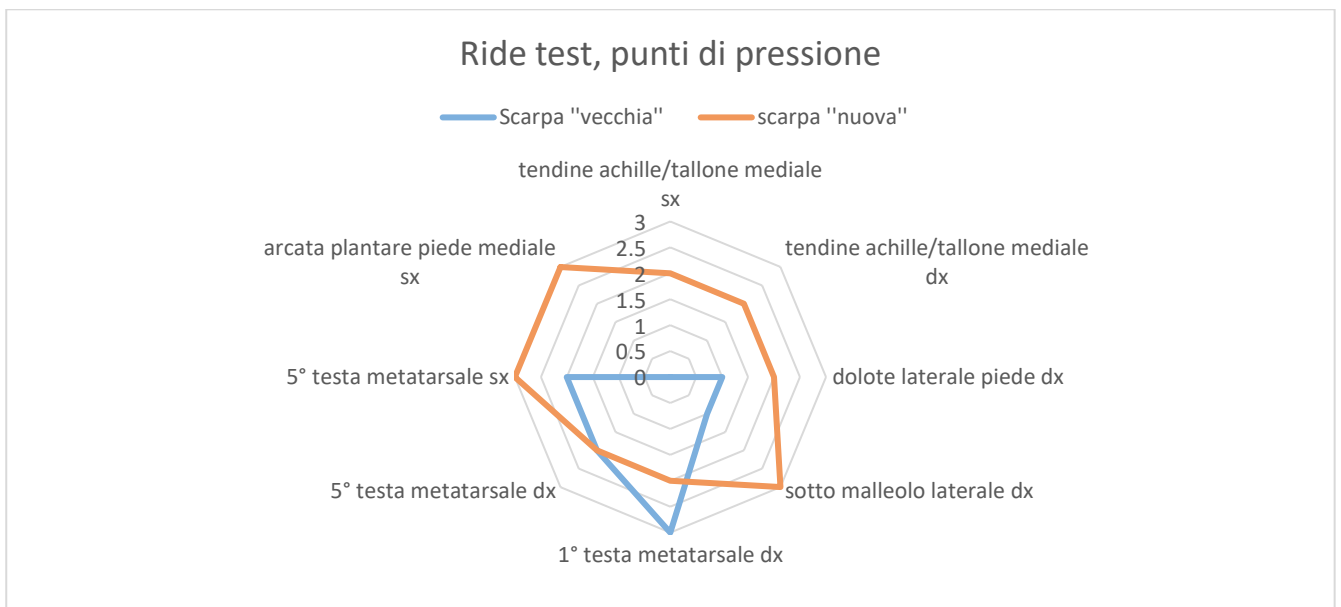


Figure 20 Punti di pressione percepiti durante il “Ride test” maggiormente segnalati dai tester. Confornto tra le due calzature.

Possibili prosecuzioni di studio

Valutazione del comfort in maniera oggettiva e non soggettiva

Strumenti

Ai fini della valutazione del comfort tramite parametri oggettivi proporrei l'utilizzo di sensori di pressione, dispositivi in grado di rilevare la pressione all'interno della scarpa. Risulta già esistente in commercio un dispositivo in grado di rilevare la pressione della pianta del piede all'interno della calzatura.

Non esiste attualmente la rilevazione della pressione per:

- Tallone (punti di pressione prolungamento suola)
- Dorso del piede (punti di pressione lingua, rotore...)
- Superficie laterale del piede (punti di pressione metatarsi...)

Sarebbe interessante approfondire questo aspetto di studio mettendo a punto una nuova tipologia di dispositivo in grado di andare a rilevare la pressione esercitata dalla tomaia sul piede e non unicamente sulla pianta del piede, tramite il mio intervento e collaborazione con delle aziende produttrici di sensori piezoelettrici.

Un altro possibile strumento di valutazione oggettiva potrebbe essere il termoscanner, strumento per misurare la temperatura generata durante la pedalata sul piede e calzatura. Lo strumento permetterebbe di determinare le zone di sfregamento reali tra il piede e la calzatura e non solo quelle percepite dal tester (parametro soggettivo).

Queste informazioni potrebbero essere estremamente utili per lo sviluppo del design della calzatura e migliorarne l'ergonomia.

Pubblicazione risultati su rivista scientifica

Mediante la pubblicazione dei risultati su rivista scientifica è possibile valorizzare ulteriormente gli studi condotti sulla calzatura, aumentandone il valore percepito dai possibili acquirenti.

Appendice

Momento d'inerzia della suola

Che cos'è il momento d'inerzia

Data una certa sezione di una piastra sottoposta a flessione, il *momento d'inerzia* è una grandezza che esprime la distribuzione della materia. Se la materia è distribuita più “in periferia” (a maggiore distanza dall'asse della scarpa) la sollecitazione di flessione e a torsione è sopportata meglio. Nello specifico, la suola con la forma data sarà meno soggetta a flessione e torsione.

Più rigida è la calzata più l'azione meccanica (forza trasmessa ai pedali) si trasferisce ai pedali. La rigidità di una scarpa è direttamente proporzionale al modulo elastico (proprietà intrinseca del materiale) e al momento d'inerzia.

Rigidità α (modulo elastico) x (momento d'inerzia)

Per aumentare il momento d'inerzia di una suola (lastra in carbonio) è necessario ‘ondularla’.

Questo giustifica la forma asimmetrica della suola della calzatura nuova: essendo asimmetrica permette di aumentare il momento d'inerzia e quindi la rigidità; inoltre consente di alloggiare un maggior numero di morfologie di calcagno, adattandosi ad un bacino di utenza più ampio.

Bibliografía

1. The effect of plate reinforced soles on running kinetic and kinematic performance determinants , Danny Moretto, 2020
2. Dorel, S., Couturier, A., Lacour, J.-R., Vandewalle, H., Hautier, C., & Hug, H. (2010). Force-velocity relationship in cycling revisited: benefit of two-dimensional pedal forces analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(6), 1174–1183. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c91f35> [Crossref], [PubMed], [Web of Science ®], [Google Scholar]
3. Fletcher, J. R., Asmussen, M. J., Nigg, S. R., MacIntosh, B. R., & Nigg, B. M. (2019). The effect of torsional shoe sole stiffness on knee moment and gross efficiency in cycling. *Journal of Sports Sciences*, 37(13), 1457–1463. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1565650> [Taylor & Francis Online], [Web of Science ®], [Google Scholar]
4. Guilhem, G., Dorel, S., Couturier, A., & Hug, F. (2011). Adjustment of muscle coordination during an all-out sprint cycling task. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(11), 2154–2164. [Web of Science ®], [Google Scholar]
5. Korff, T., Romer, L. M., Mayhew, I., & Martin, J. C. (2007). Effect of pedaling technique on mechanical effectiveness and efficiency in cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(6), 991–995. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318043a235> [Crossref], [PubMed], [Web of Science ®], [Google Scholar]
6. Straw, A. H., & Kram, R. (2016). Effects of shoe type and shoe–pedal interface on the metabolic cost of bicycling. *Footwear Science*, 8(1), 19–22. <https://doi.org/10.1080/19424280.2016.1140817> [Taylor & Francis Online], [Web of Science ®], [Google Scholar]
7. USJ Cycles. (2014). 5 Benefits of wearing cycling shoes. Retrieved March 2, 2019, from <https://www.usjcycles.com/news/5-benefits-of-wearing-cycling-shoes-you-must-know/>. [Google Scholar]
8. Effect of ambient temperature on fat oxidation during an incremental cycling exercise test Carlos Ruíz-Moreno , Jorge Gutiérrez-Hellín , Jaime González-García , Verónica Giráldez-Costas , Diego Brito de Souza & Juan Del Coso
9. Accuracy of the new Elite Drivo ergometer. Vaeck, J.1.1*, Bouillod, A.1, 2, 3, Bouzigon, R.1, 4, Pinot, J.5, Grappe, F.1, 5

About MCP Sports Engineering

MCP Sports Engineering di Danny Moretto si propone come specialista nell'ambito dell'ingegneria applicata allo sport.

Esperienze sperimentali effettuate:

- valutazione dell'effetto cinematico e cinetico delle piastre di rinforzo in carbonio in scarpe da running;
- partecipazione allo studio dell'effetto delle protesi d'arto sugli atleti paralimpici;
- esperienza lavorativa/sperimentale nel settore della Biomeccanica applicata al Ciclismo e nello studio delle calzature da ciclismo;
- Studio di mansione per gli operatori Sanitari;
- Valutazione del rischio per l'applicazione delle norme ISO alla movimentazione manuale di carichi (ISO 11228-1; ISO 11228-2 e ISO 11228-3) e la valutazione delle posture di lavoro statiche ISO 11226.

MCP Sports Engineering è un nuovo centro per lo studio delle discipline del ciclismo e del running, con l'obiettivo di portare la sua enorme passione per lo sport alle persone e alle aziende.

Le tematiche approfondite sono:

- Sports engineering and rehabilitation device.
- Bioingegneria del movimento e della riabilitazione.

Dott. Ing. Danny Moretto



Danny Moretto