

# LA DIFFERENZA DI ATTIVAZIONE DEGLI HAMSTRING NELLE DUE FASI DI UNO SPRINT: L'ACCELERAZIONE E LA MASSIMA VELOCITA'.

Ayako Higashihara, Yasuharu Nagano, Takashi Ono & Toru Fukubayashi

---

## ***Traduzione non autorizzata di E. Maffei***

Questo studio ha l'obiettivo di ricercare le diverse caratteristiche di attivazione del capo lungo del bicipite femorale (BFlh) e del semitendinoso (ST) durante la fase di accelerazione e di massima velocità in uno sprint. La cinematica delle gambe e l'attività elettromiografica (EMG) del BFlh e del ST sono state esaminate durante l'accelerazione e la massima velocità negli sprint in 13 velocisti maschi. La differenza di attivazione degli hamstring durante le due fasi e l'angolo del ginocchio e delle anche sono state determinate durante i due sprint. Durante la prima parte dell'accelerazione, l'estensione delle anche è significativamente maggiore rispetto alla fase di massima velocità, e la relativa attività elettromiografica del BFlh era significativamente più alta rispetto al ST. Durante la fase lanciata alla massima velocità, le ginocchia sono più estese e il momento di flessione delle ginocchia è più alto rispetto alla fase di accelerazione; il ST mostra una maggiore attivazione rispetto al BFlh. Questi risultati indicano che la richiesta funzionale degli hamstring differisce tra le due fasi di uno sprint.

## **INTRODUZIONE**

Lo sprint, specialmente l'accelerazione, è una chiave della performance in molti sport. Negli sport con la palla come il calcio ed il rugby, le rapide accelerazioni sulle brevi distanze sono cruciali nelle fasi difensive ed offensive del gioco. L'obiettivo di questo studio è di analizzare le componenti orizzontali della forza applicata al terreno (GRF) che sono predittive sulla performance dello sprint. Durante la prima fase, i muscoli posteriori bi-articolari della coscia agiscono principalmente come estensori dell'anca per spingere il terreno all'indietro e quindi contrastare la forza torcente del ginocchio causata da GRF.

Questo produce una forza che è diretta in senso orizzontale ma all'indietro, provocando la propulsione del corpo in avanti, dimostrando che la quantità di GRF prodotta durante l'accelerazione di sprint è legata all'attivazione del BFlh poco prima del contatto col terreno. Inoltre, l'elevata capacità di produzione GRF durante lo sprint è stata sostanzialmente compromessa nei giocatori che hanno avuto precedenti lesioni del muscolo. Questa ricerca mostra che gli hamstring hanno un ruolo significativo nella produzione della forza propulsiva durante gli sprint.

Le caratteristiche dell'accelerazione negli sprint differiscono da quelle di sprint a velocità massima. Durante la fase di accelerazione dello sprint, gli atleti portano il tronco in avanti; questo aiuta l'accelerazione in quanto il centro di gravità del corpo viene portato avanti alla base del supporto e posizionato vicino al vettore GRF. Inoltre, lo sviluppo della velocità dipende soprattutto dalla potente estensione di tutti i muscoli delle gambe e delle cosce, che tirano il corpo sopra la gamba con una minima perdita di velocità orizzontale. A differenza della fase di accelerazione, durante la velocità massima di sprint, i corridori adottano una postura dritta e cercano di mantenere la massima velocità quanto più possibile. La cinematica e la cinetica dello sprint rimangono abbastanza coerenti in questa fase; le gambe devono essere ruotate in avanti e indietro rispetto all'articolazione dell'anca e questo limita l'ulteriore aumento della velocità di sprint. Precedenti studi hanno rilevato che i pattern di

attivazione di ciascun muscolo degli hamstring non sono uniformi durante la velocità massima di sprint. Durante lo sprint sovrapposto, l'attivazione del muscolo BF<sub>lh</sub> è relativamente elevata nell'accelerazione, mentre l'attivazione relativa del muscolo mediale degli hamstring è elevata durante la fase lanciata.

Il meccanismo di attivazione differente tra i muscoli hamstring può comportare differenze morfologiche, che possono riflettere la funzione di ciascun muscolo. Considerando le differenze di movimento tra l'accelerazione e lo sprint a velocità massima, abbiamo ipotizzato che i rispettivi muscoli degli hamstring si attiveranno in modo diverso per svolgere un ruolo individuale durante l'accelerazione di sprint e lo sprint a velocità massima. Tuttavia, le attività di questo muscolo non sono state confrontate tra due diversi sprint. Pertanto, lo scopo di questo studio era quello di chiarire le differenze nell'attivazione dei muscoli laterali e mediali degli hamstring durante le due fasi specifiche di sprint. Considerando che i movimenti rapidi di accelerazione e di sprint sono comuni in molti sport e che i muscoli degli hamstring forniscono un contributo significativo alla propulsione in avanti, abbiamo anticipato che queste informazioni forniranno una migliore comprensione dei pattern di attivazione dei muscoli degli hamstring durante la prestazione di sprint come base scientifica per migliorare le prestazioni di sprint. Inoltre, il muscolo BF<sub>lh</sub> è la zona più frequentemente infortunata ed è soggetta a lesioni durante situazioni ad alta velocità o ad alta intensità come lo sprint. Pertanto, per proteggere il BF<sub>lh</sub> da lesioni, è necessaria una migliore comprensione dei modelli di attivazione muscolare del danneggiamento durante i movimenti indotti da lesioni, come lo sprint. Ciò può aiutare il medico, l'allenatore della forza e il fisioterapista per correggere i programmi di allenamento, prevenzione e riabilitazione di questi muscoli.

## **METODI**

Tredici maschi di sesso maschile hanno partecipato a questo studio (età media,  $20,2 \pm 0,6$  anni, altezza,  $173,5 \pm 5,0$  cm; peso,  $64,9 \pm 5,8$  kg).

Dopo un sufficiente riscaldamento, ciascun partecipante ha eseguito due sprint massimali con marker passivi e elettrodi. Per la misurazione dello sprint di accelerazione, i partecipanti hanno iniziato il loro sprint a 15 m dal centro dell'area di misurazione in una posizione di partenza di sprint utilizzando i blocchi di partenza e ha attraversato l'area di misurazione. Per lo sprint a velocità massima, i partecipanti hanno avviato il loro sprint 40m dal centro della zona di misura e sono stati istruiti per eseguire l'area di misurazione. I partecipanti hanno recuperato almeno 3 minuti tra prove.

## **RISULTATI:**

La velocità media di marcia durante la fase di accelerazione è stata significativamente inferiore a quella durante la fase a velocità massima. Sono stati riscontrati effetti significativi di interazione tra l'anca e l'angolo del ginocchio. Gli angoli di flessione dell'anca erano più alti dello sprint di accelerazione rispetto allo sprint di velocità massima. L'angolo di flessione del ginocchio è stato significativamente più elevato durante lo sprint di accelerazione che durante lo sprint di velocità massima.

Sono stati riscontrati effetti significativi di interazione tra l'anca ed il ginocchio. L'estensione dell'anca era significativamente maggiore durante lo sprint di accelerazione che durante lo sprint a velocità massima in posizione iniziale. Nella prima metà dello sprint, l'estensione dell'anca era significativamente maggiore durante lo sprint di velocità massima che durante lo sprint di accelerazione. La flessione del ginocchio era significativamente maggiore durante lo sprint a velocità massima che durante lo sprint di accelerazione.

Durante la prima fase del ciclo di corsa e alla fase intermedia, l'attivazione del muscolo ST era significativamente maggiore rispetto all'attivazione muscolare BFH, sia in accelerazione che a velocità massima. Durante lo sprint di accelerazione, l'attivazione relativa del muscolo BFH nella posizione iniziale era significativamente maggiore di quella del muscolo ST. (Nota personale: il riferimento è alla fase di volo, di appoggio e di spinta)

Al contrario, durante lo sprint a velocità massima, l'attivazione relativa del muscolo ST alla posizione finale del ciclo di corsa e la seconda metà era significativamente maggiore di quella del muscolo BFH.

## **CONCLUSIONI**

Nel presente studio abbiamo esaminato le caratteristiche di attivazione EMG dei muscoli BFH e ST durante l'accelerazione e le fasi di velocità massima in uno sprint. I rispettivi muscoli degli hamstring presentavano caratteristiche molto diverse di attivazione EMG nelle varie fasi di corsa nelle due componenti di uno sprint. Durante lo sprint di accelerazione, la richiesta di attivazione del muscolo BFH in posizione di appoggio della gamba è alta perché è necessario un maggiore momento di estensione dell'anca. Il muscolo ST mostra un'elevata attivazione nella fase di volo durante lo sprint di velocità massima quando il ginocchio si estende e richiede un momento di flessione più alto del ginocchio. Questi risultati indicano che l'attivazione dei muscoli BFH e ST variano con le fasi delle prestazioni di sprint. Sulla base dei risultati del presente studio, l'esercizio di estensione dell'anca che attiva selettivamente il BFH può essere più utile per migliorare la produzione della forza propulsiva durante le prestazioni di accelerazione di sprint e per prevenire il danno del BFH durante la fase di accelerazione dello sprint. Il presente studio fornisce una migliore comprensione dei pattern di attivazione specifici dei muscoli durante gli sprint.

Ciò consentirà ai medici sportivi e agli allenatori di forza e condizionamento di progettare in modo specifico programmi di formazione, prevenzione e riabilitazione basati sulla distanza di sprint (accelerazione rispetto alla velocità massima di sprint) o dominanza muscolare (BFH vs ST).

## **PUNTI CHIAVE**

L'attivazione dei BFH e degli ST differiscono nelle 3 fasi di corsa sia in accelerazione che nella corsa lanciata. Da ricordarsi che:

- Nell'accelerazione, prima che il piede tocchi terra, la contrazione degli BFH determina la propulsione orizzontale
- Il ST interviene molto di più nella fase di volo durante la corsa lanciata, al momento dell'estensione della gamba sulla coscia in contrazione eccentrica.
- Per migliorare l'accelerazione lavorare sul bicipite femorale come estensore della coscia.

# Differences in hamstring activation characteristics between the acceleration and maximum-speed phases of sprinting

Ayako Higashihara, Yasuharu Nagano, Takashi Ono & Toru Fukubayashi

## **Abstract**

This study aimed to investigate activation characteristics of the biceps femoris long head (BF<sub>lh</sub>) and semitendinosus (ST) muscles during the acceleration and maximum-speed phases of sprinting. Lowerextremity kinematics and electromyographic (EMG) activities of the BF<sub>lh</sub> and ST muscles were examined during the acceleration sprint and maximum-speed sprint in 13 male sprinters during an overground sprinting. Differences in hamstring activation during each divided phases and in the hip and knee joint angles and torques at each time point of the sprinting gait cycle were determined between two sprints. During the early stance of the acceleration sprint, the hip extension torque was significantly greater than during the maximum-speed sprint, and the relative EMG activation of the BF<sub>lh</sub> muscle was significantly higher than that of the ST muscle. During the late stance and terminal mid-swing of maximum-speed sprint, the knee was more extended and a higher knee flexion moment was observed compared to the acceleration sprint, and the ST muscle showed higher activation than that of the BF<sub>lh</sub>. These results indicate that the functional demands of the medial and lateral hamstring muscles differ between two different sprint performances.

## PAROLE CHIAVE

Sprint; accelerazione; hamstring; anche; ginocchia

## References

- Belli, A., Kyröläinen, H., & Komi, P. V. (2002). Moment and power of lower limb joints in running. *International Journal of Sports Medicine*, 23(2), 136–141. doi:10.1055/s-2002-20136
- Bourne, M. N., Williams, M. D., Opar, D. A., Al Najjar, A., Kerr, G. K., & Shield, A. J. (2016). Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *British Journal of Sports Medicine*. doi:10.1136/bjsports-2015-095739
- Brooks, J. H., Fuller, C. W., Kemp, S. P., & Reddin, D. B. (2006). Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(8), 1297–1306. doi:10.1177/0363546505286022
- Debaere, S., Delecluse, C., Aerenhouts, D., Hagman, F., & Jonkers, I. (2013). From block clearance to sprint running: Characteristics underlying an effective transition. *Journal of Sports Sciences*, 31(2), 137–149. doi:10.1080/02640414.2012.722225
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625–631. doi:10.1080/02640414.2012.665940
- Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), 361–374. doi:10.1016/S1050-6411(00)00027-4
- Heron, M. I., & Richmond, F. J. (1993). In-series fiber architecture in long human muscles. *Journal of Morphology*, 216(1), 35–45. doi:10.1002/jmor.1052160106
- Higashihara, A., Nagano, Y., Ono, T., & Fukubayashi, T. (2015). Differences in activation properties of the hamstring muscles during overground sprinting. *Gait & Posture*, 42, 360–364. doi:10.1016/j.gaitpost.2015.07.002
- Higashihara, A., Ono, T., Kubota, J., Okuwaki, T., & Fukubayashi, T. (2010). Functional differences in the activity of the hamstring muscles with increasing running speed. *Journal of Sports Sciences*, 28(10), 1085–1092. doi:10.1080/02640414.2010.494308
- Jacobs, R., & van Ingen Schenau, G. J. (1992). Intermuscular coordination in a sprint push-off. *Journal of Biomechanics*, 25(9), 953–965. doi:10.1016/0021-9290(92)90031-U
- Johnson, M. D., & Buckley, J. G. (2001). Muscle power patterns in the midacceleration phase of sprinting. *Journal of Sports Sciences*, 19(4), 263–272. doi:10.1080/026404101750158330
- Kadaba, M. P., Ramakrishnan, H. K., & Wootten, M. E. (1990). Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *Journal of Orthopaedic Research: Official Publication of the Orthopaedic Research Society*, 8(3), 383–392. doi:10.1002/jor.1100080310
- Kawamori, N., Nosaka, K., & Newton, R. U. (2013). Relationships between ground reaction impulse and sprint acceleration performance in team sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 568–573. doi:10.1519/JSC.0b013e318257805a
- Koulouris, G., Connell, D. A., Brukner, P., & Schneider-Kolsky, M. (2007). Magnetic resonance imaging parameters for assessing risk of recurrent hamstring injuries in elite athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(9), 1500–1506. doi:10.1177/0363546507301258
- Kubota, J., Ono, T., Araki, M., Torii, S., Okuwaki, T., & Fukubayashi, T. (2007). Non-uniform changes in magnetic resonance measurements of the semitendinosus muscle following intensive eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 101(6), 713–720. doi:10.1007/s00421-007-0549-x
- Mendiguchia, J., Garrues, M. A., Cronin, J. B., Contreras, B., Los Arcos, A., Malliaropoulos, N., & Idoate, F. (2013). Nonuniform changes in MRI measurements of the thigh muscles after two hamstring strengthening exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 574–581. doi:10.1519/JSC.0b013e31825c2f38
- Mendiguchia, J., Samozino, P., Martinez-Ruiz, E., Brughelli, M., Schmikli, S., Morin, J. B., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Progression of mechanical properties during on-field sprint running after returning to sports from a hamstring muscle injury in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 35(8), 690–695. doi:10.1055/s-0033-1363192
- Mero, A., Komi, P. V., & Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of sprint running. A review. *Sports Medicine*, 13(6), 376–392. doi:10.2165/00007256-199213060-00002
- Morin, J. B., Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P., & Lacour, J.

R. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3921–3930. doi:10.1007/s00421-012-2379-8

Morin, J. B., Gimenez, P., Edouard, P., Arnal, P., Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., & Mendiguchia, J. (2015). Sprint acceleration mechanics: The major role of hamstrings in horizontal force production. *Frontiers in Physiology*, 6, 404. doi:10.3389/fphys.2015.00404

Nagano, Y., Higashihara, A., Takahashi, K., & Fukubayashi, T. (2014). Mechanics of the muscles crossing the hip joint during sprint running. *Journal of Sports Sciences*, 32(18), 1722–1728. doi:10.1080/02640414.2014.915423

Ono, T., Higashihara, A., & Fukubayashi, T. (2011). Hamstring functions during hip-extension exercise assessed with electromyography and magnetic resonance imaging. *Research in Sports Medicine*, 19(1), 42–52. doi:10.1080/15438627.2011.535769

Ono, T., Okuwaki, T., & Fukubayashi, T. (2010). Differences in activation patterns of knee flexor muscles during concentric and eccentric exercises. *Research in Sports Medicine*, 18(3), 188–198. doi:10.1080/15438627.2010.490185

Opar, D. A., Williams, M. D., Timmins, R. G., Hickey, J., Duhig, S. J., & Shield, A. J. (2015). Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(4), 857–865. doi:10.1249/MSS.0000000000000465

Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Saez-de-Villarreal, E., Couturier, A., Samozino, P., & Morin, J. B. (2015). Sprint mechanics in world-class athletes: A new insight into the limits of human locomotion. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(5), 583–594. doi:10.1111/sms.12389

Schache, A. G., Dorn, T. W., Blanch, P. D., Brown, N. A., & Pandy, M. G. (2012). Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(4), 647–658. doi:10.1249/MSS.0b013e318236a3d2

Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536. doi:10.2165/00007256-200535060-00004

Thelen, D. G., Chumanov, E. S., Hoerth, D. M., Best, T. M., Swanson, S. C., Li, L., & Heiderscheit, B. C. (2005). Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(1), 108–114. doi:10.1249/01.MSS.0000150078.79120.C8

Timmins, R. G., Bourne, M. N., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2015). Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): A prospective cohort study. *British Journal of Sports Medicine*. doi:10.1136/bjsports-2015-095362

van Ingen Schenau, G. J., de Koning, J. J., & de Groot, G. (1994). Optimisation of sprinting performance in running, cycling and speed skating. *Sports Medicine*, 17(4), 259–275. doi:10.2165/00007256-199417040-00006

Yu, B., Queen, R. M., Abbey, A. N., Liu, Y., Moorman, C. T., & Garrett, W. E. (2008). Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. *Journal of Biomechanics*, 41(15), 3121–3126. doi:10.1016/j.jbiomech.2008.09.005

6 A. HIGASHIHARA ET AL.