

AZ EMBERI FUTÁS ELEMZÉSE A TALAJ-LÁB ÜTKÖZÉS SZEMPONTJÁBÓL

Zelei Ambrus

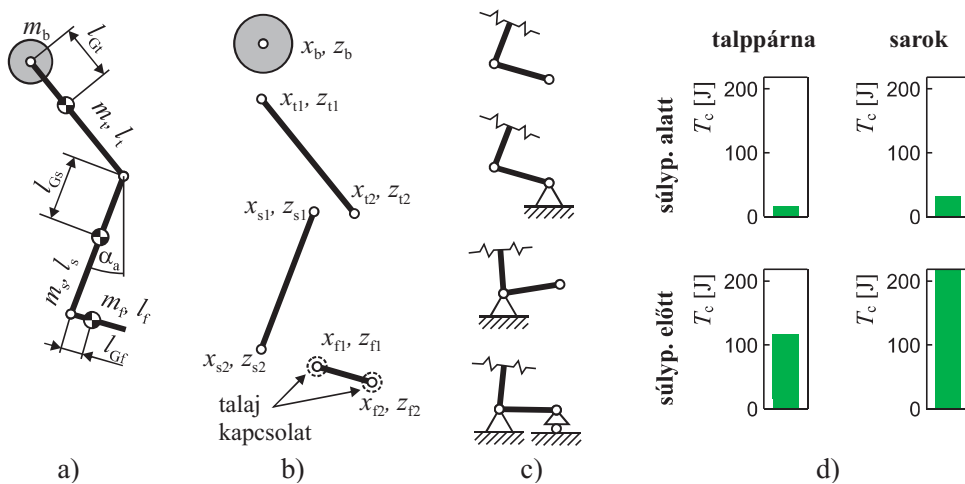
MTA-BME Gépek és Járűűvek Dinamikája Kutatócsoport
zelei@mm.bme.hu

A futás könnyen elérhető és népszerű sport, amelynek amatőr és profi szinten egyaránt rengeteg művelője van. Az emberi futás összetett folyamat és rengeteg paraméter jellemzi. A profi sportolók különös odafigyeléssel sajátítják el a megfelelő mozgásformát, azonban azok, akik saját kedvükre végzik ezt a sporttevékenységet, gyakran nem fordítanak kellő figyelmet saját mozgásuk elemzésére és megfelelő kialakítására. Helytelen mozgással a rendszeres futás -és az ezzel járó túlzott terhelés- káros következménye lehet az ízületek sérülése [1]. Emellett a jó mozgásforma kialakítása hozzájárul a gyorsabb fejlődéshez és ahhoz, hogy a futás élmény értéke megmaradjon.

Jelen munkában a talaj és a láb érintkezésekor létrejövő ütésszerű terheléseket vizsgáljuk különböző talajfogások esetén. A számításokat a többtest dinamika területéről ismert módszerekkel végezzük egy kis szabadsági fokú modellen, amely az 1/a. ábrán látható [2]. Célunk csak a talajjal való ütközés pillanatának, vagyis a repülő fázis befejeződésének az elemzése, ezért a legegyszerűbb esetben elegendő csak a talajra érkező láb modellezése. A lábat három l_t , l_s és l_f hosszúságú, és m_t , m_s és m_f tömegű rúd modellezi. A test többi részét az m_b tömegpont jelképezi. Az 1/b. ábrán a többtest dinamikában jól ismert ún. természetes koordináták [3] alkalmazása látható. Az 1/c. ábra a talaj és a lábfej lehetséges kapcsolatait mutatja, melyet geometriai kényszerek segítségével írunk le. Ütközéskor a kényszerek hatására a megelőzőleg repülő fázisban lévő test sebességei ugrásszerűen megváltoznak. Ezzel együtt mozgási energiát veszít a rendszer, amelyet a [4] irodalomban közölt módon számíthatunk:

$$T_c = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{q}}^T \mathbf{P}_c^T \mathbf{M} \mathbf{P}_c \dot{\mathbf{q}}, \quad (1)$$

ahol $\dot{\mathbf{q}}$ az ütközés előtti általános sebesség vektor, $\mathbf{M}$ a tömegmátrix, $\mathbf{P}_c = \boldsymbol{\varphi}_q \boldsymbol{\varphi}_q^\dagger$ pedig a talaj-láb kapcsolatból származó $\boldsymbol{\varphi}$ kényszerek által gátolt irányok projekciós mátrixa, $\boldsymbol{\varphi}_q$ a kényszer $\mathbf{q}$ általános koordináták szerinti gradiense, $\boldsymbol{\varphi}_q^\dagger$ pedig ennek Moore-Penrose-féle általánosított inverze. Az (1) egyenlettel meghatározott mozgási energia veszteségek az 1/d. ábrán láthatóak a négyféle alapesetben. Baloldali oszlopban azokat az eseteket találjuk, ahol a talppárna ér először talajt, ezután jön csak létre a talaj és a sarok érintkezése. A jobboldali oszlopban azok az esetek vannak, amikor sarokütközés jön létre először. A felső sor a súlypont alatti, míg az alsó sor a súlypont előtti talajfogás esetét mutatja. A T_c mozgási energia csökkenés a lehető legkisebb kell, hogy legyen, illetve T_c az ütközés nagyságára is utal. Megállapítható, hogy elsődleges szerepe van annak, hogy leérkezéskor a láb a futó testének súlypontja alatt, vagy ahhoz képest előrébb érinti-e a talajt. Súlypont alatti érkezéskor kevesebb mozgási energia vesz el és az ütésszerű erőhatások is kisebbek. A talppárnára illetve sarokra történő érkezés szerepe kevésbé jelentős, de ugyancsak számottevő. A sarokkal történő érkezés igen nagy mértékben terheli az ízületeket.



1. ábra. Egyszerűsített mechanikai modell (a, b, c) és ütközéskor elvesztett T_c mozgási energia (d)

HIVATKOZÁSOK

- [1] W.L. Jungers, „Barefoot running strikes back,” *Nature, Biomechanics*, vol. 463, no. 7280, pp. 433–434, 2010.
- [2] A. Zelei, L. Bencsik, L. L. Kovács, and G. Stépán, „Energy efficient walking and running - impact dynamics based on varying geometric constraints,” in *12th Conference on Dynamical Systems Theory and Applications*, December 2-5, 2013. Lodz, Poland, pp. 259–270.
- [3] J.G. de Jalón and E. Bayo, *Kinematic and dynamic simulation of multibody systems: the real-time challenge*, Springer-Verlag, 1994.
- [4] J. Kövecses and L.L. Kovács, „Foot impact in different modes of running: mechanisms and energy transfer,” *Procedia IUTAM*, vol. 2 (2011 Symposium on Human Body Dynamics), pp. 101–108, 2011.