

Biomechanikai Konferencia: Alkalmazott kutatások

Kis szabadsági fokú mechanikai modell az emberi futás során fellépő ütközések elemzésére

Zelei Ambrus

Zelei Ambrus (1), Bencsik László (2)

(1) Budapesti Műszaki Egyetem, Műszaki Mechanikai Tanszék; (2) MTA-BME Gépek és Járművek Dinamikája Kutatócsoport

Bevezető

A futás könnyen elérhető közkedvelt 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. Az ízületek károsodásának elkerülése mellett a jó mozgásforma kialakítása hozzájárul a gyorsabb fejlődéshez és ahhoz, hogy a futás élmény értéke megmaradjon.

Módszer

A legjelentősebb energiaveszteség a talaj és láb ütközésszerű érintkezése miatt lép fel, mellyel minden egyes lépésnél számolnunk kell. Ezeket az ütésszerű terheléseket vizsgáltuk különböző talajfogások esetén. Célunk csak a talajjal való ütközés pillanatának, vagyis a repülő fázis befejeződésének az elemzése volt, ezért a legegyszerűbb esetben elegendő csak a talajra érkező láb modellezése. A láb három szegmensét, a combot, a lábszárat és a lábfejet három merev rúd modellezte. A test többi részét - beleértve a másik lábat is - egyetlen tömegpont jelképezte. A kis szabadsági fokú mechanikai modell pontossága nyilvánvalóan korlátozott. Jelentős előnye viszont a paraméterek kis száma illetve az, hogy az eredményeket jól átlátható formában kaptuk, melyek az egyes paraméterek változásának hatását és a különböző tendenciákat nagyon jól mutatták. További előny, hogy a modell mozgása könnyen generálható és nincs feltétlenül szükség laboratóriumi mérésekre a futómozgás paramétereinek vizsgálatához.

Két alapvető talaj-lábfej kapcsolatot vizsgáltunk: a) a talppárna érintkezik a talajjal b) a sarok érintkezik a talajjal. Talajfogáskor a megelőzőleg repülő fázisban lévő test szegmenseinek sebességállapota ugrásszerűen megváltozik. Ezzel együtt mozgási energiát veszít a rendszer, amelyet a többtest-dinamika területéről ismert egyszerű módszerrel számítottunk ki. Az elveszett mozgási energia nagysága függ az egyes szegmensek tehetetlenségi paramétereitől és sebességállapotától, illetve a szegmensek ütközés pillanatában érvényes helyzetétől. Erre vonatkozóan a lábszár helyzetének hatását vettük figyelembe két eset segítségével: i) függőlegeshez képest negatív szög, vagyis a talajfogás körülbelül a test súlypontja alatt történik ii) pozitív szög, a talajfogás jóval a test előtt történik.

Eredmények

Az mozgási energia veszteséget a négyféle alapesetben vizsgáltuk: a-i, a-ii, b-i, b-ii, ahol például a-i jelentése a fentiek alapján: talajfogás talppárnával miközben a lábszár szöge negatív. Ideális futómozgásnál a talajfogáskor fellépő mozgási energia csökkenés a lehető legkisebb kell, hogy legyen. Ez egyrészt az energiahatékonyság szempontjából fontos másrészt a mozgási energia változása az ütközéskor fellépő ízületi terhelések nagyságára is utal. Az eredmények azt mutatták, hogy elsődleges szerepe van annak, hogy leérkezéskor a láb a futó testének súlypontja alatt, vagy ahhoz képest előrébb érinti-e a talajt. Ez a sarokkal illetve talppárnával történő talajfogásnál is fontosabb paraméter. Súlypont alatti érkezéskor kevesebb mozgási

energia vész el és az ütésszerű erőhatások is kisebbek. A talppárnára illetve sarokra történő érkezés szerepe kevésbé jelentős, de ugyancsak számottevő.

Következtetések

A sarokkal történő érkezés nagyobb mértékben terheli az ízületeket, mint a talppárnával történő talajfogás. A valóságban a sarokütközés a pozitív lábszár szöggel a talppárnás talajfogás pedig a negatív lábszöggel párosul, ez is azt erősíti, hogy célszerű figyelni arra, hogy a talajfogás közel a súlypont alatt történjen.