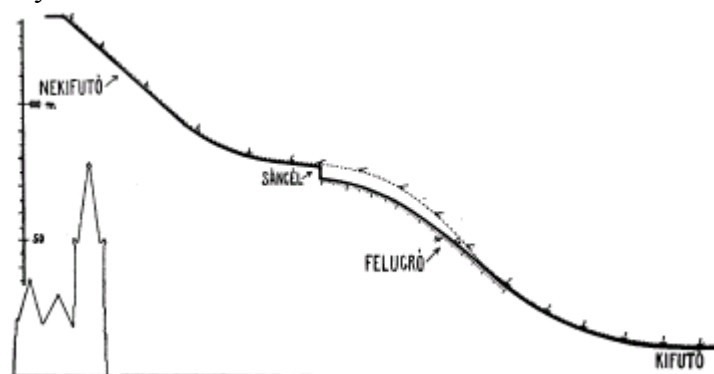


## A síugrás

A síugrás kétségkívül a legszebb sportteljesítmények közé tartozik. A 70–80 méteres távolságon átrepülő vakmerő ugrókat mindenki megcsodálja nemcsak kinn a sáncon, hanem a mozivásznon is. De a legtöbb ember az ugrás módjával nincs tisztában és ennek a látványosságnak fizikai körülményeiről hamis képet alkot magának. Még kevesebben tudják azt, hogy az ugrásnak és az ugrósáncok építésének ma már külön tudománya van, amely nagyon szép eredményeket tudott felmutatni. Ezekről a kérdésekről lesz szó ebben a cikkben.



1. kép. Ugrósánc keresztmetszete (Olympia-sánc St.-Moritzban, az 1927. februári állapotában). Összehasonlításul látható a Mátyas-templom nagysága. A tervbe vett leghosszabb ugrási távolság 70 méter.

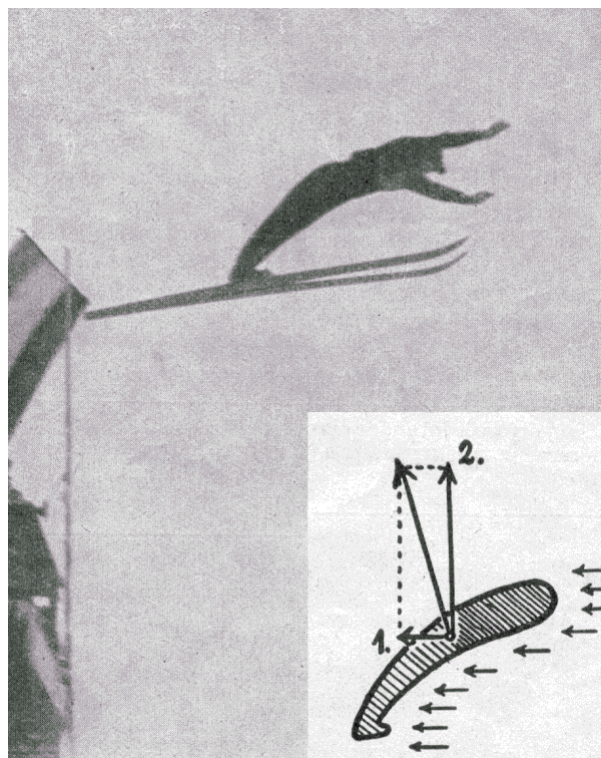
Fizikai meghatározás szerint a síugrás a vízszintes hajítás egyik esete. De mit is jelent ez az elméleti megállapítás? Minden vízszintes irányban eldobott tárgy görbe vonal mentén esik le a földre; ilyen parabola nevű görbe vonalat ír le például egy edény oldalából kiömlő vízszög. A síugró a sánc éléről nagy sebességgel repül el majdnem vízszintes irányban, azután lefelé görbülő pályán ér hozzá a lejtőhöz és azon egész végig lesiklik (1. kép.) Tehát az ugró nem ugrik *fel* a magasba, hanem görbe pályán esik *le* a mélységbe. Az egész ugrást úgy lehet elképzelni, mintha a sízó egy hosszú lejtőn jönne le, amelynek a közepét kiásták a talpa alól úgy, hogy ezen a középső darabon a levegőben repülve teszi meg az útját. Az ugrás távolságát a lejtő mentén mérik a sánc élétől a lejtőhöz való ütődés helyéig. Mivel a lejtő hajlásszöge  $35^{\circ}$ – $40^{\circ}$ , ezért 70 m-es ugrás esetében kb. 35–40 méter mélyre esik le az ugró az ugrás közben. Hogyan lehetséges az, hogy nem zúzza össze magát ilyen toronymagasságból való leeséskor? Mert érintő irányában, igen kis szög alatt esik a lejtőre és nagy sebességű mozgását a lejtőn majdnem ugyanazzal a sebességgel és irányban folytatja. Az ugrósínek igen csúszósak, a lejtőn a hónak elég keménynek kell lennie, hogy a hozzáütődés ne jelentsen nagy fékezést. Sikertelt ugrásnak csakis az olyan számít, amely után az ugró a kifutás végéig sem esik el és a kifutópálya végén megáll.

Az előző bekezdés a síugrásnak csak vázlatos ismertetése. Az ugrót ugyanis a nehézségi erőn kívül a levegő ellenállása is befolyásolja. Régen az ugró testét, a síre merőlegesen tartotta, amint ez a sízés közben mindig szokásos (2. kép) volt. Amint az ugrások távolsága hosszabb lett, észrevették, hogy ilyen testtartás mellett a levegő ellenállása igen nagy mértékben megrövidíti az ugrás távolságát, mert a pálya a légellenállás következtében erősen legörbül. 1925 óta mindinkább elterjedt az a szokás, hogy az ugrók felsőtestüket lehajlítják és ugrás közben előredűlnek, mert így a levegő káros ellenállása sokkal kisebb. Csakhamar arra is rájöttek, hogy a levegő ellenállását még hasznossá is lehet tenni. Rátékintve

a 3. képre, azonnal észrevesszük, hogy ilyen testtartás mellett az ugró profilja igen hasonlít egy repülőgép szárnyfelületének a keresztmetszetéhez. A légellenállás erre a hordfelületre erőt fejt ki, amely részben vízszintes, részben függőleges irányban érezteti hatását. A vízszintes erőrészt most is káros ellenállást jelent, amelyet sohasem lehet teljesen elkerülni,



2. kép. Régi stílusú ugrás. A test majdnem merőleges a síre és nincs behajlítva. LUTHER C. J. fölvétele.



3. kép. Elugrás a sáncról a modern stílus szerint. A test egészen előre dül, hogy a légellenállás ereje segítse a levegőben való maradást (aerodinamikus stílus). A vázlat mutatja, hogy a test formája valóban igen hasonlít a repülőgép szárnyának keresztmetszetéhez és a légellenállás nagy része mint emelőerő működik. 1. Káros légellenállás. 2. Emelő erő. ERICH RECKNAGEL 59 méteres ugrása. LUTHER C. J. fölvétele.

a felfelé ható erő azonban igen hasznos, mert emeli a testet és hosszabbá teszi az ugrást. Erősen előredült testtartás mellett az ugró úgy siklik a levegőn, mint egy repülőgép, mert a

levegőellenállás felfelé ható része a testsúly bizonyos hányadát ellensúlyozza. Az ilyen modorú ugrás neve: aerodinamikus ugrás. Az új természetű ugrás minden részletét STRAUMANN schweizi mérnök pontos számítások tárgyává tette.<sup>1</sup>



4. kép. A nekifutópálya végén, a sánc éle előtt az ugró hátradúlt guggoló helyzetéből testét hirtelen előredobja. Sok ugrón ez a fejesugráshoz hasonlít. LUTHER C. J. fölvétele.



5. kép. Erősen előredülő testtartás homorítással. SIGMUND RUUD ugrása St. Moritzban 1928-ban. LUTHER C. J. fölvétele.

Először a göttingeni aerodinamikai intézetben egy modellen lemérte a légellenállás számadatait különböző testtartások mellett, azután ezen adatok felhasználásával kiszámította az ugrónak a levegőben leírt pályáját (grafikus eljárással és differenciálegyenlet segítségével). Ezenkívül még STRAUMANN kiszámította a repülési sebességeket, az érkezési szöveget, a lejtőhöz való ütdésakor a nyomást, majd azokat az adatokat, amelyek mellett a legkönnyebben lehet esés nélkül ugrani. Mindezekből pontos szabályokat állapított meg az ugrósáncokat tervező mérnökök részére. STRAUMANN 1926-ban fényesen igazolta a Langenbruckban épített sánc, amelynek megnyitásakor WUILLBUMIER és GIRARDBILLE

minden próba nélkül úgy ugrottak, amint azt a tervező előre kiszámította. STRAUMANN azonkívül sok észlelést végzett a repülési pálya alakjára és a repülési időre nézve is, amelyek mind egyeztek számításai eredményével. Rövid, 40 méternél kisebb ugrások közben a testtartás mellékes a légellenállás szempontjából, de ennél hosszabb ugrások közben feltétlenül előnyös az aerodinamikus stílus és a legtöbb ugró ezt is használja. A levegő ellenállása ugyanis a sebesség négyzetével növekszik, már pedig ilyen nagy ugrások közben igen nagy, óránként 70–110 kilométeres sebességgel repül a síző. A továbbiakban egy ilyen hosszú ugrás fizikai ismertetése következik.



6. kép. Ugró a repülési pálya közepe táján. Látható, hogy az ugrás tulajdonképpen lejtőre való lezuhanás. WALTER GLASS ugrása a Zugspitzplatton. LUTHER C. J. fölvétele.

Az ugráshoz nagy sebességre van szükség. Az ugró egy hosszú nekifutó lejtőn csúszik le, guggolva és testsúlyát hátra helyezve, hogy lehetőleg nagy sebességet érjen el (1. kép). STRAUMANN szerint a legveszélytelenebb az ugrás, ha a sánctól való elrepülés sebessége egyenlő  $2,79 \cdot \sqrt{D}$  méter/másodperc. ( $D$  ugrástávolság méterekben). 70 méteres ugrást feltételezve az ugrónak 23 méter/másodperc (85 km/óra) sebességet kell szereznie.  $40^\circ$  hajlásszögű, 52 méter hosszú lejtőn való lecsúszással el lehet érni ezt a sebességet, (1. kép.) A nekifutólejtő lassú görbülettel megy át az elugrás helyéhez. Itt az ugró hirtelen előredobja a testét (4. kép) és felveszi a repülőgép szárnyához hasonló alakot. Ennek a fontos mozdulatnak igen gyorsan kell történnie, mert a nagy sebesség mellett a másodperc törtrésze alatt suhannak keresztül a lécek a sánc élén. A test előrelökése igen hasonlít a vízbe való fejesugráshoz, különösen BIRGER RUUD híres norvég bajnokról írják, hogy egészen szabályos fejest ugrik a levegőbe. (Az 5. kép SIGMUND RUUDOT mutatja hasonló helyzetben.) Az elugrópálya vége  $5^\circ$ – $7^\circ$ -os lejtő, amelyet a sánc 3–4 méter magas éle hirtelen levág.

Miután az ugró kirepült a sánc éléről, teste a vízszintessel kb.  $20^\circ$ – $30^\circ$ -os szöget alkot és alulról nézve kissé homorú. (3. és 5. kép.) Ez a legjobb testtartás az aerodinamikus stílus szerint, mert a káros légellenállás összesen csak 4 kiló, míg az emberi testre mint hordfelületre működő emelő erő példánkban 15 kilogramm, ami az ember testsúlyát valóban elég számottevően csökkenti és ezzel a repülési görbét nyújtja. A lécek mindig a görbe érintője mentén fekszenek, a sarkok az előredülés ellenére a lécen vannak. A repülés folyamán a testtartás nagyjában változatlan marad (6. kép), az egyensúly a törzs meggömböcsítésével vagy kéztartással szabályozható (7. kép). Egy 70 méteres ugráskor a repülés ideje kb. 3 másodperc.



7. kép. Ugró alulról nézve repülés közben, messze az elugrás helyétől. GUSTAV MÜLLER ugrása Ernstthalban 1931-ben. LUTHER C. J. fölvétele.

Az ugrósáncok felugrópályája úgy készül, hogy alakjával simuljon a repülési pályához. A lejtőhöz való hozzáérés pillanatában a testet homorítással a síre merőlegesre állítják. BIRGER RUUD a törzs felegyenesítését a fej hátrtartásával éri el, mert ilyenkor a fejre ható légellenállás a felsőtestet hátranyomja. A lejtő a felugrás helyén  $35^\circ$ – $40^\circ$ -os hajlású; a STRAUMANN-féle szabályok szerint épült lejtőn ide 25 %-kal nagyobb sebességgel érkeznek az ugró, mint amekkorával a sánc éléről indult, tehát a példánkban szereplő 70 méteres ugrás alkalmával 28 méter másodpercenkénti (101 km/óra) sebességgel. Az érkezés szöge (az 1. képen  $\alpha$ ) ennek az ugrásnak  $10^\circ$ . A tapasztalat szerint az olyan ugrások sikerülnek a versenyzőknek elbukás nélkül, amelyeknek alkalmával az érkezési sebesség négyzetének és az érkezési szög sinusának a szorzata kisebb 150-nél, tehát  $v^2 \cdot \sin \alpha < 150$ . Peldánkban  $v^2 \cdot \sin \alpha = 28^2 \cdot \sin 10^\circ = 784 \cdot 0,174 = 136$ . Ez még állható, de már nehéz ugrást jelent. Ennek a szabálynak az a magyarázata, hogy annál nagyobb a lejtőhöz való ütődés által keletkező

nyomás, minél nagyobb a sebesség és az irányváltás. Ha az ugró sikeresen ért le a lejtőre, akkor végigszalad a kifutópályán és lendülettel megáll.

Az ember az elért eredményekkel nem szokott megelégedni, hanem még nagyobbakat szeretne elérni. Ezért valószínű, hogy az 1931-beli amerikai 82 méteres rekordugrás sem lesz az utolsó ezen a téren és a 100 méteres vágy még hosszabb ugrási távolságok nem sokáig váratnak már magukra. A fizikai tudomány ebben is az emberek segítségére siet, mert lehetővé teszi az adott cél elérésére legalkalmasabb ugrósáncok pontos megtervezését.

<sup>1</sup> Ski, Jahrbuch des Schweizer Ski-Verbandes. 1926. évf. 6. o. és 1927. évf. 34. o.

Különlenyomat a Természettudományi Közlöny 1932. évi február 1–15. számából.