

## Irodalom

1. Gozmány L.: *Fauna hungariae 75, Lepidoptera – Lepkék*. Akadémiai kiadó, Budapest, 1965.
2. Biró L. P., Vigneron J. P.: Photonic nanoarchitectures in butterflies and beetles: valuable sources for bioinspiration. *Laser Photonics Rev.* 5 (2011) 27–51. (doi:10.1002/lpor.200900018)
3. Márk G. I., Bálint Zs., Kertész K., Vértesy Z., Biró L. P.: A biológiai eredetű fotonikus kristályok csodái. *Fizikai Szemle* 57/4 (2007) 116–121.
4. Joannopoulos J. D., Meade R., Winn D. J. N.: *Photonic Crystals: Molding the Flow of Light*. Princeton University Press, Princeton NJ USA, 1995.
5. Bálint Zs., Biró L. P.: A lepkék színeváltozása. *Természet Világa* 135/7 (2004) 311–313.
6. Rajkovits Zs.: Szerkezeti színek az élővilágban. *Fizikai Szemle* 57/4 (2007) 121–126.
7. Bálint Zs., Kertész K., Piszter G., Vértesy Z., Biró L. P.: The well-tuned blues: the role of structural colours as optical signals in species recognition of a local butterfly fauna (Lepidoptera: Lycaenidae: Polyommatainae). *J. R. Soc. Interface* 9 (2012) 1745–1756. és a kiegészítő anyagok a <http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/9/73/1745/suppl/DC1> oldalon
8. Piszter G., Kertész K., Vértesy Z., Bálint Zs., Biró L. P.: Color based discrimination of chitin–air nanocomposites in butterfly scales and their role in conspecific recognition. *Anal. Methods* 3 (2010) 78–83. (doi:10.1039/c0ay00410c)
9. Horváth G. (szerk.): *Neurális bálványok és műszaki alkalmazásai*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1998.

# AZ ERDÉLYI IGUANODON NYOMFOSSZÍLIÁBÓL BECSÜLT MOZGÁSSÉBESSÉGE

Hágen András  
Újvárosi Általános Iskola, Baja

A Föld története során élőlények által hátrahagyott nyomokat az életnyomtan (ichnológia) vizsgálja [1]. Az életnyomkutatás szoros kapcsolatban áll a paleo-ökológiával. Életnyomnak vagy nyomfossziliának nevezünk minden olyan szerkezetet az üledékben, az üledék felszínén vagy valamilyen kemény aljzaton, amelyet élő szervezet hagyott hátra. E nyomfossziliák könnyen megkülönböztethetők a testfossziliáktól, viszont gyakran nehezen különíthetők el az áramlások által létrehozott nyomoktól (mechanoglifáktól).

Az ichnológia két fő csoportra bontható: paleoichnológia (ősnymotan: az ősi nyomok kutatása) és neoichnológia (újnyomtan: a jelenkori nyomok kutatása). A kutatók nagy része paleoichnológiával foglalkozik, de nagy jelentőségűek azon kutatások is, amelyek a jelenkori nyomokat és azok hátrahagyóit vizsgálják,

hiszen ezek alapján következtethetünk a kőzetekben található ősi nyomokat hagyó élőlényekre és azok életmódjára.

Világszerte a dinoszauruszok lábnyomait csak ritkán jegyzetelik le, csupán néhány dinonyomos hely ismeretes. Az emlősök ősnymairól gyakrabban emlékeznek meg (lásd például Ipolytarnóc). Ez jellemző Romániára is, ahol Erdélyben a Keleti-Kárpátokban gyakran találunk oligocén-miocén ősemleős nyomokat, viszont a Kárpátok bércein nem gyakoriak a mezo-zoos dinolábnyomok.

Ennek ellenére az első főljegyzés Erdélyből, a Máramarosi havasokban előkerült ismeretlen állat lábnyomáról szólt. A jegyzet készítője *Koch Antal* volt 1900-ban. Az elmúlt tizenöt évben újrakezdődtek a nyomfossziliák utáni kutatások, és 2000-ben a Sebesvölgyben Lancrám (Lámkerék) település határában (1.

Méret: 6-10 méter

Korszak: korai kréta (130-120 millió éve)

Terület: Észak-Amerika, Európa, Ázsia

Táplálkozás: növényevő

Felfedező: Gideon Mantell, 1822

Név jelentése: „leguán fogú”

Ez a nagyméretű, növényevő dinoszaurusz az ornitophodák közé tartozik. Két lábon is tudott járni, de többnyire inkább négy lábon közlekedett. Nagyon jól ismert ősszállat, több lelőhelyről számos csontváz került elő, némelyik szinte hiánytalan állapotban, még az őslénykutatás hajnalában. Ennek köszönhetően a *Megalosaurus* után az *Iguanodon* volt a második olyan dinoszaurusz, amely hivatalos nevet kapott.

Az *Iguanodon* jellegzetessége a nagy, hegyes szarutüske a hüvelykujján. Ezt valószínűleg a ragadozók elleni védekezésre, vagy az élelem beszerzésében használta. A kutatók eleinte azt hitték, hogy egy szarv, és az állat orrán ült, de a leletekből később rájöttek, hogy a dinoszaurusz a mellső lábán viselte ezeket a szarutöröket. Eleinte néhány tudós úgy vélte, hogy az *Iguanodon* tuskéje mérgezett volt, de ezt az elméletet elvetették, mert a szaruképződményben sem mirigy, sem mérgecsatorna nyomát nem találták.

A faj több fontos leletanyaga közül az egyik a maidstone-i kőtábla, amely alapján elkészült az első csontváz-rekonstrukció. (Jelenleg ez a lelet a londoni Természetrajzi Múzeumot gazdagítja.) Az *Iguanodon* fajleírás sarkkőve mégis a belgiumi Bernissart szénbánya, ahonnan minimum 38 *Iguanodon* fosszília került napvilágra 1878-ban. Az itt ta-

lált példányok túlnyomó többsége az *Iguanodon bernissartensis* fajba tartozik, de egy *Dollodon* is előkerült.

A kutatók véleménye megoszlik arról, hogy az *Iguanodonok* csordákban éltek-e. A tömegesen előkerülő csontvázak erre utalnak, viszont a bernissarti leletegyüttes nem egyetlen katasztrófa, hanem egy 10-100 éves időszak eredménye. A csordaelmélet ellen szól, hogy a bányából nagyon kevés fiatal egyed került elő. Egy másik fontos lelő-

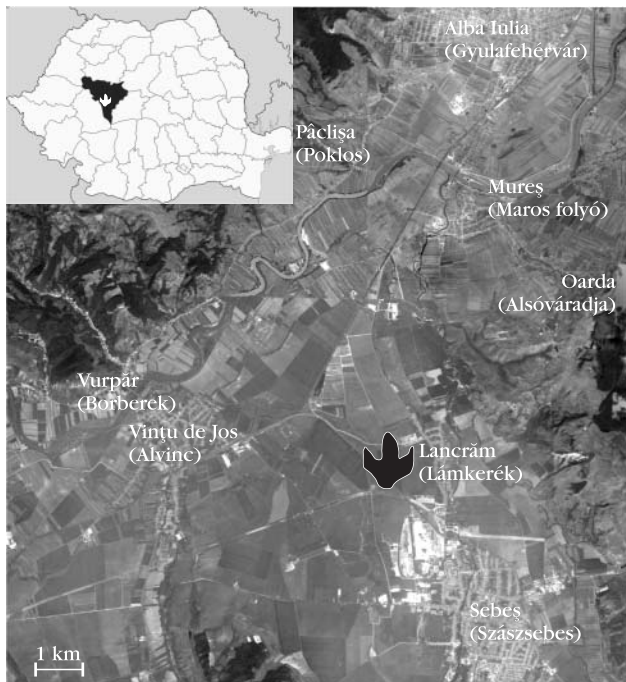


*Iguanodon* lábfej a párizsi Természetudományi Múzeumban.

hely, a németországi Nehden területén nagyobb volt az egyes példányok között a korkülönbség, de mivel itt *Dollodon* és *Mantellisaurus* fossziliákat is találtak, valószínűbb, hogy a különböző csordák tagjait a folyón való átkelés közben ragadta el az ár. A tetemek egy tóba vagy mocsárba gyűltek a folyó alsóbb szakaszán, és itt kövültek meg.

Az *Iguanodon* közeli rokonai: *Dollodon*, *Dryosaurus*, *Camptosaurus*, *Ouranosaurus*, *Hadrosaurusok*.

A faj egyéb nevei: *Hikano-don*, *Therosaurus*, *Iguanosaurus* (forrás: [dinoportal.hu](http://dinoportal.hu))



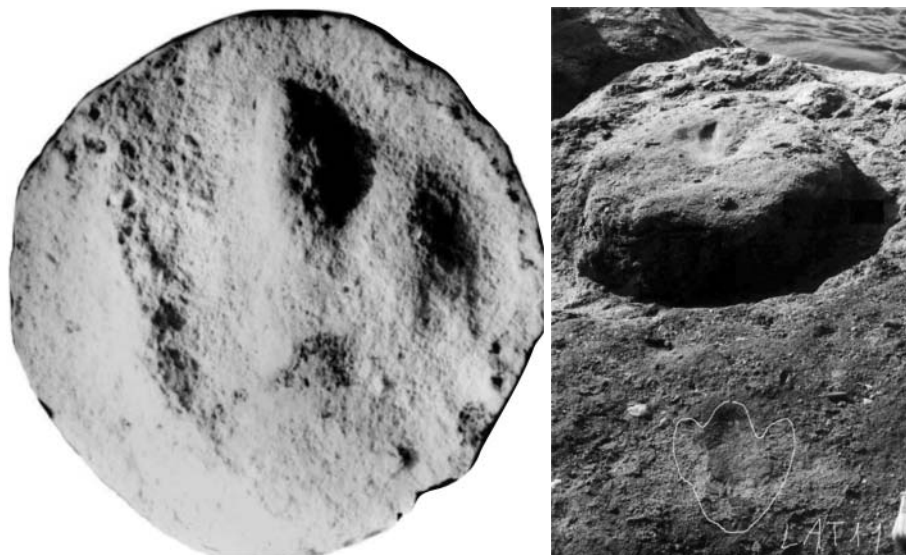
1. ábra. Az erdélyi Sebeș-völgybeli Lăncrăm település határában föllett kései krétakorú nyomfosszília – dinoszaurusz talpnyommal jelölt – elhelyezkedése egy műholdképen. A térkép Románián belül mutatja a lelőhelyet.

ábra) egy kései krétakorú nyomfosszília került elő, amiből két nyom (2. ábra) volt azonosítható [2].

## Az erdélyi iguanodon lábnyoma

A kutatók a lăncrămi ősi lábnyomokat összehasonlították az Erdély más részén talált krétakori dinolábnyomokkal, és azt kapták, hogy nagy hasonlóságot mutatnak az Ornithopodák (Ornithopodoidei) ősi lábnyomaival (2. ábra). A kréta végi maastrichti korszakban csak néhány Ornithopoda hadroszauruszt

2. ábra. Fényképek a lăncrămi ősi talpnyomokról [2].



azonosítottak Erdélyből: *Telmatosaurus transylvanicus*, *Rhabdodon priscus* és *Rhabdodon robustus* [2]. A kréta korban nagyon gyakoriak voltak a *Rhabdodon* Iguanodonok, ezért elképzelhető, hogy Erdélyben is a *Rhabdodon* lábnyomait fedezték föl. A rétegtani bizonyítékok szerint a terület valaha egy itatóhelyként szolgált, ahová a hadroszaurusz-félék jártak inni.

## Mozgássebesség Froude-szám nélkül

A legjobban feltárt két lăncrămi lábnyomból látható, hogy a talp  $l$  hossza 23,3 cm, a két talpnyom távolsága pedig 103 cm volt [2]. A mozgássebesség megállapításához Alexander [3] képletét felhasználva:

$$v = \frac{d^{1,67} b^{-1,17}}{4} \sqrt{g}, \quad (1)$$

ahol  $v$  a járássebesség,  $b$  a csípőmagasság, amit az ilyen méretű állatokra talphossz 4,6-szerese, jelen esetben 107 cm,  $d$  a lépéshossz – amint Vremir és Codrea [2] figyelembe vette a lelet geometriai viszonyait – a két talpnyom távolságának kevesebb mint duplája, mintegy 180 cm,  $g$  pedig a gravitációs állandó. Az értékeket behelyettesítve azt kapjuk, hogy  $v = 1,9 \text{ m/s} \approx 6,9 \text{ km/h}$ .

A lăncrămi hadroszaurusz tehát 6,9 km/h sebességgel haladhatott a kréta végi erdélyi aljzaton.

Thulborn [4] kimutatta, hogy lépéshossz és csípőmagasság  $d/b$  aránya gyalogláskor 2-nél kisebb, viszont futáskor 2,9-nél nagyobb. Futás esetén a következő képlet érvényes:

$$v = \sqrt{g b \left( \frac{d}{1,8 b} \right)^{2,56}}. \quad (2)$$

A numerikus adatok behelyettesítésével,  $d/b$  arányra mintegy 4,5-et feltételezve adódik, hogy  $v = 10,5 \text{ m/s} \approx 37,8 \text{ km/h}$ . Alexander [5, 6] később egy másik, a Froude-számra épülő módszert fejlesztett ki a mozgássebesség lábnyomokból történő becslésére.

## A Froude-szám és a dinamika

Ha egy állat mozgássebessége  $v$ , lábhossza  $L$ , a földi nehézségi gyorsulás pedig  $g$ , akkor az állat  $f$  Froude-száma:

$$f = \frac{v^2}{gL}.$$

E számot William Froude angol hajómérnökről nevezték el. Két állat dinamikája akkor hasonló, ha az  $m$  tömegű,  $v$

átlagsebességű és  $L$  hosszúságú lábaik  $mv^2/2$  mozgási és  $mgL/2$  helyzeti energiájának  $v^2/(gL)$  hányadosa azonos, ami éppen az  $f$ Froude-szám [7, 8]. Alexander [5, 6] vetette föl először, hogy a különböző méretű állatok járásmódja, mozgása dinamikailag közel hasonló, ha a mozgásuk Froude-számjai azonosak. Teljes dinamikai hasonlóság azért nem teljesülhet, mert az eltérő méretű állatok általában alakjukban is különböznek egymástól. Teljes dinamikai hasonlóság csak szigorú geometriai hasonlóság esetén állhat fenn.

Az elmélet a lépéshosszra, azaz egyazon láb két egymást követő nyomának  $d$  távolságára is érvényes. Minél gyorsabban halad egy állat, annál hosszabbakat lép. A különböző méretű, de azonos Froude-számú állatok  $d$  lépéshossza és  $L$  lábhossza a dinamikai hasonlóság folytán hasonlóképpen aránylik egymáshoz. Ebből következően, ha az  $r = s/L$  relatív lépéshosszat az  $f$ Froude-szám függvényében ábrázoljuk különféle két- és négylábú állat esetén, akkor mindig ugyanazt az  $r(f)$  függvényt kapjuk [7, 8].

## Mozgássebesség Froude-számmal

Fölhasználva az állatok  $L$  lábhosszára és  $l$  talphosszára érvényes  $L \approx 4d$  tapasztalati összefüggést [5, 6], a fentiek szerint az iszapban nyomot hagyó állatok mozgássebességét úgy kaphatjuk meg, hogy megmérjük a nyomhagyó ősszállat  $l$  talphosszát, valamint  $d$  lépéshosszát, és így megkaphatjuk a mozgássebességet [7, 8]:

$$v = \sqrt{4glf(r)}, \quad (3)$$

itt  $g$  a nehézségi gyorsulás,  $f = 2,3 \cdot r^{0,3}$  pedig a Froude-szám az  $r = d/L \approx d/(4l)$  relatív lépéshossz függvényében. A numerikus értékeket (3)-ba behelyettesítve azt kapjuk, hogy a lancrámi iguanodon iszapos aljzaton való mozgásának sebessége  $v = 4,65$  m/s  $\approx 16,7$  km/h körüli lehetett.

## Elemzés

Az (1) képlettel a lancrámi iguanodon mozgássebességére  $1,9$  m/s  $\approx 6,9$  km/h-t kaptunk. A (2) képlettel  $10,5$  m/s  $\approx 37,8$  km/h adódott, míg a (3) képlet  $4,65$  m/s  $\approx 16,7$  km/h-t eredményezett. Ennél több nem deríthető ki a vizsgált nyomfossziliából. Sajnos az sem dönthető el, hogy melyik képlet a helyes. Az őslénytanban gyakori az ilyen helyzet a rendelkezésünkre álló kevés információ miatt. Összességében az mondható, hogy a lancrámi iguanodon iszapos talajon való mozgásának sebessége  $7$  és  $38$  km/h között lehetett az egyik becslés szerint, míg a Froude-számmra épülő becslés alapján a mozgássebesség  $17$  km/h körüli volt.

## Köszönetnyilvánítás

A cikk megszületéséhez szeretném köszönetemet kifejezni *Vremir Mátyás*nak a Babeş-Bolyai Egyetem Biológia és Geológia Tanszék oktatójának. Továbbá köszönettel tartozom *Jaloveczki József*nek is, aki ellenőrizte számolásaimat is.

## Irodalom

- Horváth G.: Az ősnymotan atyja. Adolf Seilacher paleontológussal beszélget Horváth Gábor. I., II. rész. *Természet Világa* 126 (1995) 2–5, 54–56.
- Vremir, M.; Codrea, V. A.: The first late cretaceous (maastrichtian) dinosaur footprints from Transylvania (Romania). *Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Geologia* XLVII/2 (2002) 93–104.
- Alexander, R. M. Estimates of the speeds of dinosaurs. *Nature* 261 (1976) 129–130.
- Thulborn, T.; Wade, M.: Dinosaur trackways in the Winton Formation (mid-Cretaceous) of Queensland. *Memoirs of the Queensland Museum* 21 (1984) 413–517.
- Alexander, R. M.: *Dynamics of Dinosaurs and Other Extinct Giants*. Columbia University Press, USA, 1989.
- Alexander, R. M.: How dinosaurs ran? *Scientific American* 254/4 (1991) 62–68.
- Horváth G.: *Biomechanika: A mechanika biológiai alkalmazásai*. Egyetemi tankönyv, 3. átdolgozott, bővített kiadás, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2009.
- Horváth G.: Hogyan mozoghattak a dinoszauruszok? Ősszállatok mozgásának paleo-biomechanikai rekonstrukciója. *Fizikai Szemle* 59 (2009) 141–146.

## Jobb egy mentőötlet mint öt mentő egylet

– írta Karinthy Frigyes az egyletistápolás margójára.

**Most Társulatunknak lenne szüksége  
egyletmentő ötletekre!**



**Ezek az ötletek nem vesznek el,  
ha a <http://forum.elft.hu>  
linken, az ELFT stratégiai vitafórumán adjuk elő.**

