

# A lumbalis lordosis eloszlásának és a porckorongok átlagos degenerációjának kapcsolata

Sándor Zoltán<sup>1</sup> ■ Ráthonyi Gábor Kristóf dr.<sup>2</sup> ■ Dinya Elek dr.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Semmelweis Egyetem, Egészségügyi Közzolgálati Kar, Digitális Egészségtudományi Intézet, Budapest

<sup>2</sup>Budavári Önkormányzat, Egészségügyi Szolgálat, Ortopédia, Budapest

**Bevezetés:** A lumbalis derékfájás a társadalomra és a gazdaságra is jelentős hatással bíró tényező. Magyarországon a derék- vagy hátfájástól szenved a lakosság 21%-a, és tízből hatan gyógyszert is szednek a betegségre. A fájdalom kezelésének terápiája összetett, jelenleg nincs egységesen igazolt, hatékony módszer a betegség kezelésére. A derékfájdalommal kapcsolatban négy összetevőt érdemes megvizsgálni: a gerinc geometriáját, a gerinc degeneratív morfológiai elváltozásait, a betegeknek az elváltozással együtt járó fájdalmát és a funkciókárosodás mértékét.

**Célkitűzés:** Megvizsgálni a lumbalis lordosis eloszlásának és a porckorongok degenerációjának kapcsolatát matematikai analízissel és annak szoftveres alkalmazásával.

**Módszer:** 60 beteg MRI-felvételeinek algoritmikus elemzése és diszkriminanciaanalízis alkalmazásával degenerációs osztályokba történő besorolása.

**Eredmények:** A kidolgozott degenerációs osztályokba sorolás esetén három vizsgált független változó mutat szignifikáns hatást: a nem, az életkor és a kitérés százaléka (K), a sztenderdként használt Cobb-szög viszont nem. Az alkalmazott diszkriminanciafüggvények összes helyes besorolási (ún. prediktív) értéke 83%, a legrelevánsabb, súlyos degenerációs osztályba történő helyes besorolási érték pedig 92%.

**Következtetés:** A vizsgálati minta elemzése alapján a nem, az életkor és a lumbalis gerinc geometriáját jellemző K (lordosisdisztribúció) értékeivel az ágyéki gerinc átlagos degenerációjának mértéke indirekt módon meghatározható az ingyenesen és online használható Spinalyze Software segítségével.

Orv Hetil. 2020; 161(31): 1286–1292.

**Kulcsszavak:** lumbalis lordosis, porckorong-degeneráció, MRI, CAD-rendszerek

## Relationship between the distribution of lumbar lordosis and the average degeneration of intervertebral discs

**Introduction:** Low back pain is a major factor that influences both society and economy. In Hungary, 21% of the population suffers from low back pain or back pain, and six out of ten take medication for the disease. Therapy is complex and no single method has been proved effectively to treat this disease. There are four main factors associated with low back pain: the geometry of the spine, morphological degeneration, the pain of the patients associated with the degeneration and the degree of the impairment.

**Aim:** To investigate the relationship between the distribution of lumbar lordosis and the degeneration of intervertebral discs by mathematical analysis and its software application.

**Method:** Algorithmic analysis of 60 MRIs and their classification into degeneration classes using discriminant analysis.

**Results:** By the classification, three independent variables show significant results: the gender, the age, and the digression percentage (K), but not the gold standard Cobb-angle. The common correct predicted classification value of the classification functions is 83% and the correct predicted classification value is 92% in the most relevant serious degeneration class.

**Conclusion:** According to our results, the average degeneration of lumbar spine can be determined indirectly by the gender, the age, and the K (lordosis distribution) values with the Spinalyze Software which is available online for free.

**Keywords:** lumbar lordosis, intervertebral disc degeneration, MRI, CAD systems

Sándor Z, Ráthonyi GK, Dinya E. [Relationship between the distribution of lumbar lordosis and the average degeneration of intervertebral discs]. Orv Hetil. 2020; 161(31): 1286–1292.

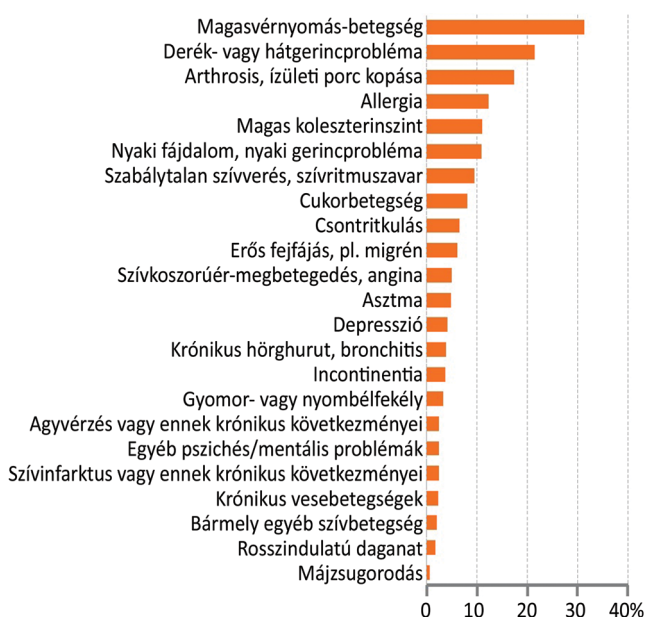
(Beérkezett: 2020. március 16.; elfogadva: 2020. április 16.)

## Rövidítések

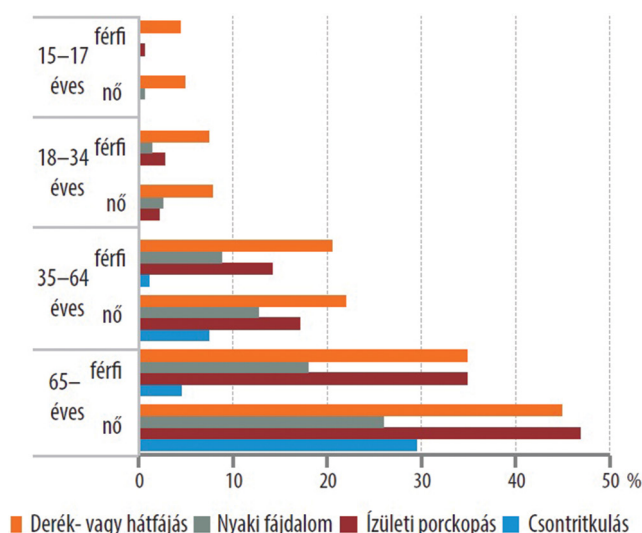
BMI = (body mass index) testtömegindex; CAD = (computer-aided design) számítógéppel segített tervezés; FSE = (fast spin echo) gyors spinechó típusú szekvencia MRI-felvételknél; HTML5 = (HyperText Markup Language 5) 5. generációs hiperszoöveg jelölőnyelv; K = a lumbalis lordosis %-os kitérési értéke; KSH = Központi Statisztikai Hivatal; MI = mesterséges intelligencia; MRI = (magnetic resonance imaging) mágneses-rezonancia-képfalkotás; SRD-módszer = Sándor-Ráthonyi-Dinya-módszer

A lumbalis derékfájás a társadalomra és a gazdaságra is jelentős hatást kifejtő, népegészségügyi probléma napjainkban [1–3]. A mindennapi életet befolyásoló egyszeri vagy visszatérő derékfájdalom mai társadalmunkban komoly gondot okozhat a munkából való kiesés terén, és egyik oka a keresőképtelenségnek is. A fájdalom kezelésének terápiája összetett, és jelenleg nincs egységesen bizonyított hatékony módszer a probléma kezelésére [4–6]. Magyarországon, a KSH 2014. évi adatai alapján [7], a mozgásszervi betegségektől, különösen a derék- vagy hátfájástól szenved a lakosság 21%-a, amire tízből hatan gyógyszert is szednek. Az adatokat elemezve látható, hogy a „magasvérnyomás-betegség” mögött második helyen áll a „derék- vagy hátgerincprobléma” prevalenciája (1. ábra), valamint a mozgásszervi betegségek között kiemelkedő nagyságú a korcsoportok és a nemek tekintetében is (2. ábra).

Az intenzív, több évtizedes kutatások tapasztalatai alapján a derékfájdalommal kapcsolatban négy összetevőt érdemes megvizsgálni: a gerinc geometriáját, a gerinc degeneratív morfológiai elváltozásait, a betegeknek az elváltozással együtt járó fájdalmát és a funkciókároso-



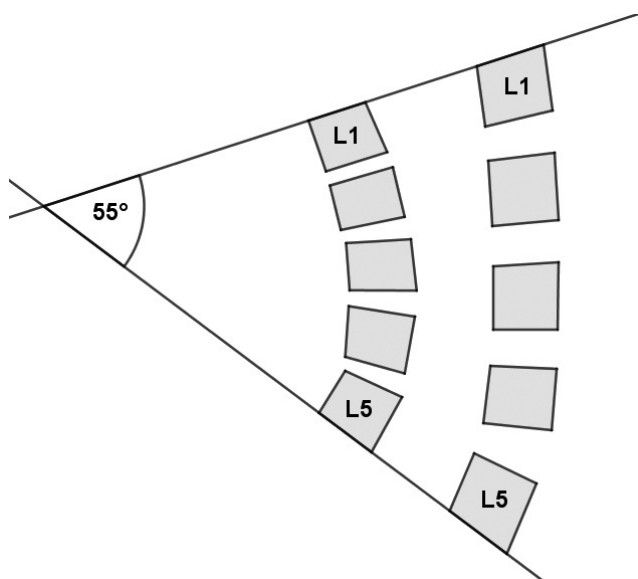
1. ábra ELEF 2014: A krónikus betegségek prevalenciája  
ELEF = Európai Lakossági Egészségfelmérés



2. ábra ELEF 2014: A mozgásszervi betegségek prevalenciája nem és korcsoport szerint  
ELEF = Európai Lakossági Egészségfelmérés

dás mértékét. A gerinc vizsgálata során különös jelentőséggel bír az ágyéki szakasz görbületének, az ún. lumbalis lordosisnak a vizsgálata, mivel ez a leggyakrabban érintett szakasz. A gerinc esetén a lumbalis lordosis gyakran kutató terület, melynek szakirodalma széles körű, és a kutatások kiterjednek az anatómiájára, a fejlődésére, a mérésének módszereire, a befolyásoló faktorokra, a degeneratív elváltozásaira és a rekonstrukciójára [8]. Az irodalmat áttekintve, hiányzó láncszemként jelentkezik egy olyan vizsgálati módszer megléte, mely a mindennapos klinikai gyakorlatban egyszerűen elvégezhető, és információt ad az orvosnak, a terápiás szakembernek a gerinc ágyéki szakaszának komplex geometriai jellemzőiről, melyek később, kutatások alapján is bizonyítottan összefüggésbe hozhatók a lumbalis rész degeneratív morfológiai elváltozásai.

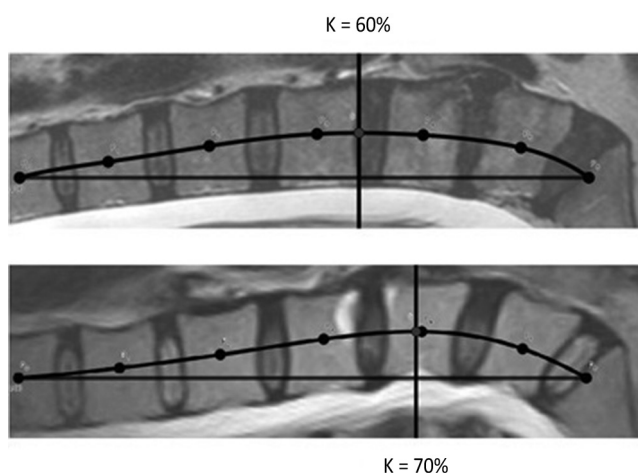
A szakirodalomban számos módszer létezik a lumbalis lordosis geometriai alakjának mérésére, viszont az eljárásoknak megvannak a hátrányai és korlátai. A Cobb-szög bevezetése volt az első módszer [9], melyet azóta többféleképpen is módosítottak [10–12]. A Cobb-szög egy körívvvel közelíti a gerinc ágyéki szakaszát, ennél egy precízebb eljárást ad a továbbfejlesztett, ellipszissel való közelítés [13]. A Cobb-szög a lumbalis lordosis mérésének általános sztenderdje, mivel egyszerűen végrehajtható, és meghatározásának megbízhatósága bizonyított [14]. A Cobb-szög az L1-es csigolya felső és az L5-ös csigolya alsó zárólemezeire illesztett egyenesek által bezárt szög. A Cobb-szögnek a legjelentősebb korlátja, hogy definiálásából adódóan két, különböző típusú gerincgörbület eredményezheti ugyanazt a szögértéket (3. ábra), ezáltal nem tartalmaz információt az ágyéki szakasz eloszlásáról, mely kapcsolatba hozható a porckorongok degenerációjával. Egyéb matematikai eljárások is léteznek a gerinc görbületének közelítésére [15–22], de



3. ábra | Két különböző típusú gerincgörbület ugyanakkora Cobb-szöggel

ezek leírása sok esetben nagyon technikai, a mérések speciális eszközöket vagy ionizáló sugárzást igényelnek [23], és a napi klinikai gyakorlatban alkalmazásuk nehézkes.

A porckorong-degeneráció mértékének meghatározásához számos osztályozórendszer létezik [24]. Az MRI a legszélesebb körben alkalmazott módszer az ágyéki porckorongok degenerációjának értékelésére. A normális porckorong éles határt mutat a nucleus pulposus és az anulus fibrosus között a jelintenzitásnak köszönhetően, a degenerált porckoronggal ellentétben. Az ágyéki porckorong-degeneráció mértékének meghatározásához a leggyakrabban a széles körben elfogadott és klinikailag alkalmazott Pfirrmann-skálát szokás használni [25–28]. Ez az osztályozórendszer öt kategóriába sorolja az adott porckorongot a struktúra, a nucleus és az anulus megkülönböztetése, a jel intenzitása és a porckorong összetettsége alapján.



4. ábra | Lumbalis lordosis kitérés értéke (K) mérése  
K = a lumbalis lordosis %-os kitérés értéke

Korábbi kutatásunkban kifejlesztettünk egy új matematikai eljárást (az ún. SRD-módszert), valamint egy új geometriai jellemzőt (K) a gerinc alakjának pontosabb méréséhez [29]. SRD-módszerünk célja az volt, hogy az eddig ismert módszereknél pontosabb közelítést adjuk meg a gerinc görbületének egy interpolációs polinom segítségével. Ezen egyértelmű polinom jó tulajdonságait kihasználva bevezettük az ún. ágyéki gerinc kitérés értékét (K), mely százalékos formában megadja a gerincvonal maximális kitérésének elhelyezkedését a Th12-es háti csigolya és a sacrum között (4. ábra). Igazoltuk, hogy a K értéke összefüggésben van az ágyéki porckorongok degenerációjával. A degeneráció mértékének meghatározásához a Pfirrmann-skálát használtuk [25]. A mérési adatok alapján azt találtuk, hogy minél kisebb a K értéke, annál több a degenerált porckorong az alsó ágyéki szakaszon, vagy fordítva megfogalmazva, minél nagyobb a teljes ágyéki görbületnek a koncentrációja az alsóbb szegmensekben, annál kevesebb a degenerált porckorongok száma a gerinc ágyéki szakaszában. Matematikai módszerünkhöz elkészítettük az MRI-felvételek elemzésére a Spinalyze Software fantázianevű online, felhasználóbarát és ingyenesen elérhető szoftvert [29].

A jelen közlemény célja, hogy megvizsgálja a lumbalis lordosis eloszlásának és a porckorongok átlagos degenerációjának kapcsolatát matematikai analízissel és annak szoftveres alkalmazásával.

## Módszer

### A Spinalyze Software leírása

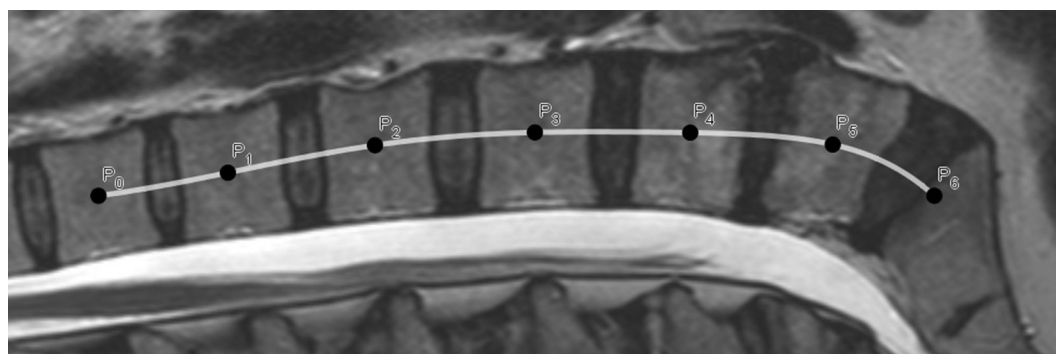
A szoftver keretrendszere a dinamikusan fejlődő GeoGebra nevű, Java és HTML5 programozási nyelven íródott matematikai program. A Spinalyze Software bármely, internettel rendelkező eszközzel (például asztali számítógép, laptop, tablet, okostelefon) bármely operációs rendszeren keresztül (például Windows, macOS, Linux) egy tetszőleges böngésző (például Google Chrome, Firefox, Internet Explorer) segítségével a <https://www.spinalyze-software.com> címen érhető el.

A Spinalyze Software használatához először be kell tölteni az elemezni kívánt MRI-felvételt. Ezután a felhasználónak ki kell jelölnie a Th12-es utolsó háti csigolya négy sarkát, az öt ágyéki csigolya sarkait, végül a sacrum felső zárólemeze két végpontját (5. ábra). A program a kijelölt csigolyasarkok segítségével megadja a szükséges középpontokat, a gerincre illesztett közelítő polinomot (6. ábra), majd a méréshez tartozó paramétereket (például Cobb-szög, K). A vizsgálat végén az adatok kimenthetők táblázatos formában.

Korábbi kutatásunk során intra- és interobszervációs megbízhatósági vizsgálatokkal megállapítottuk, hogy a mérési pontok meghatározása könnyen és megismételhetően elvégezhető, így a további számításokkal kapott paraméterek megbízhatók [29].



5. ábra | A kijelölésre váró mérési pontok a szoftverben



6. ábra | Az ágyéki szakaszra illeszkedő közelítő polinom

### Vizsgálati minta és statisztikai analízis

Jelenlegi, új irányú elemzésünk során felhasználtuk a korábbi kutatásunknál alkalmazott vizsgálati mintát. A vizsgált betegeket [ $n = 60$ , ahol 39 nő (65%) és 21 férfi (35%)] random módon választottuk ki a járóbeteg-ellátásból, és mindannyian derékfájdási panaszokkal rendelkeztek. Kizártuk az olyan betegeket, akiknek daganatuk, jelentős deformitásuk, gerincvelői rendellenességük, korábbi gerinctraumájuk vagy -műtétük volt. A kutatás a helyi Kutatás-Értékelési Bizottságtól hozzájárulást kapott; a vizsgálatban használt összes anonimizált MRI-felvétel klinikai diagnózis céljából készült, melyek T2-súlyozott (FSE) sagittális síkú felvételek. Az 1. táblázat a vizsgálati adatok leíró statisztikai adatait mutatja be. A korábbi elemzésben tudományosan igazoltuk, hogy az életkor és a BMI nem mutat szignifikáns különbséget a nemek között, míg a magasság és a testsúly igen. Az alaktani jellemzők esetén sem a Cobb-szög, sem a K nem mutatott szignifikáns különbséget a nemek között [29].

A mérések alapján minden ágyéki porckorong rendelkezik egy Pfirrmann-skála szerinti értékkel (1-től 5-ig

terjedő skála, az 5-ös érték jelöli a legsúlyosabb degenerációt) [25]. Jelen kutatásunk során minden betegre vonatkozóan az öt értéket átlagoltuk, és így minden beteghez hozzárendeltünk egy „átlagos degenerációs” értéket. Például ha a beteg ágyéki csigolyái alatt található porckorongjainak az értékei 3-3-4-5-5, akkor a beteg átlagos degenerációs értéke 4. Ezen érték alapján az SPSS Visual Binning modellezőjét felhasználva osztályokat képeztünk:

*Enyhe degenerációs osztály:*

$1 \leq \text{átlagos degenerációs érték} < 2,8$

*Közepes degenerációs osztály:*

$2,8 \leq \text{átlagos degenerációs érték} < 3,8$

*Súlyos degenerációs osztály:*

$3,8 \leq \text{átlagos degenerációs érték} \leq 5$

A gerinc ágyéki szakaszára vonatkozó degenerációs osztályok kialakítására, ezen osztályok jelzésére diszkriminanciaanalízist alkalmaztunk [30]. Szignifikáns eredménynek a  $p < 0,05$  értéket tekintettük. Az elemzéseket az SPSS Statistics 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) és a Statistica 13.4 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA) programokkal végeztük el.



1. táblázat | A vizsgálati minta leíró statisztikai adatai

| Nem          | Paraméter                | n     | Átlag | Min.  | Max. | Szórás |
|--------------|--------------------------|-------|-------|-------|------|--------|
| Nő           | Életkor (év)             | 39    | 45,6  | 15,0  | 78,0 | 15,8   |
|              | Magasság (cm)            | 166,3 | 142,0 | 181,0 | 8,5  |        |
|              | Testsúly (kg)            | 67,6  | 48,0  | 98,0  | 12,6 |        |
|              | BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 24,6  | 17,0  | 36,9  | 4,9  |        |
|              | Cobb-szög (°)            | 33,6  | 10,5  | 54,9  | 10,7 |        |
|              | K (%)                    | 62,3  | 50,2  | 70,1  | 4,3  |        |
| Férfi        | Életkor (év)             | 21    | 41,7  | 25,0  | 67,0 | 10,9   |
|              | Magasság (cm)            | 179,6 | 167,0 | 193,0 | 6,8  |        |
|              | Testsúly (kg)            | 84,9  | 59,0  | 104,0 | 9,8  |        |
|              | BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 26,3  | 20,2  | 33,6  | 2,8  |        |
|              | Cobb-szög (°)            | 33,2  | 13,2  | 60,6  | 14,1 |        |
|              | K (%)                    | 63,5  | 49,2  | 69,6  | 4,2  |        |
| Összes beteg | Életkor (év)             | 60    | 44,2  | 15,0  | 78,0 | 14,3   |
|              | Magasság (cm)            | 170,9 | 142,0 | 193,0 | 10,2 |        |
|              | Testsúly (kg)            | 73,7  | 48,0  | 104,0 | 14,3 |        |
|              | BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 25,2  | 17,0  | 36,9  | 4,4  |        |
|              | Cobb-szög (°)            | 33,4  | 10,5  | 60,6  | 12,1 |        |
|              | K (%)                    | 62,7  | 49,2  | 70,1  | 4,4  |        |

BMI = testtömegindex; K = a lumbalis lordosis %-os kitérési értéke

### Eredmények

A betegek degenerációs osztályokba sorolása esetén három független változó mutatott szignifikáns eredményt: a nem ( $p = 0,046$ ), az életkor ( $p < 0,001$ ) és a K ( $p < 0,001$ ).

A diszkrimináló függvények osztályonként a következők:

Enyhe degenerációs osztály:

$$y_{\text{Enyhe}} = -156,650 + 6,681 \cdot \text{nem} + 0,182 \cdot \text{életkor} + 4,478 \cdot K$$

2. táblázat | A diszkriminanciaanalízis osztályokba sorolási értékei

|                                     |         | Osztályok<br>(modell besorolása) |       |         |        |
|-------------------------------------|---------|----------------------------------|-------|---------|--------|
|                                     |         | Helyes<br>besorolási<br>arány    | Enyhe | Közepes | Súlyos |
| Osztályok<br>(eredeti<br>besorolás) | Enyhe   | 79%                              | 15    | 4       | 0      |
|                                     | Közepes | 83%                              | 4     | 24      | 1      |
|                                     | Súlyos  | 92%                              | 0     | 1       | 11     |
| Összesen                            |         | 83%                              | 19    | 29      | 12     |

Közepes degenerációs osztály:

$$y_{\text{Közepes}} = -141,287 + 7,959 \cdot \text{nem} + 0,289 \cdot \text{életkor} + 4,148 \cdot K$$

Súlyos degenerációs osztály:

$$y_{\text{Súlyos}} = -147,273 + 10,042 \cdot \text{nem} + 0,527 \cdot \text{életkor} + 3,963 \cdot K$$

Ha a beteg férfi, akkor a nem változó értéke 1, ha nő, akkor 2. Az életkor változó mértékegysége év, a K változó pedig százalék. Ezeket a változókat behelyettesítve az egyes diszkrimináló függvényekbe, megkapjuk a függvények értékeit degenerációs osztályonként. A vizsgált beteg abba az osztályba tartozik, amelynél a diszkrimináló függvény a legnagyobb értéket adja. A Spinalyze Software a degenerációs osztályba való besorolás eredményét is megjeleníti (7. ábra). A 2. táblázat mutatja a minta helyes besorolási eredményeit a diszkriminanciaanalízis után.

### Megbeszélés és következtetés

A derékfájdalom hatékony kezeléséhez elengedhetetlen megismerni a kialakulásában szerepet játszó faktorokat, mint például a gerinc geometriája vagy a porckorongok

Páciens életkora:

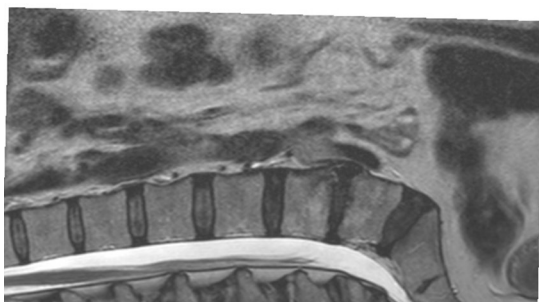
Kitérési százalék: K = 59,52 %

[Vissza](#)

☒ Nő

☐ Férfi

Az ágyéki porckorongok besorolási osztálya:



Súlyos degenerációs osztály

7. ábra

Az MRI-felvétel alapján történő, degenerációs osztályba besorolás

MRI = mágnesesrezonancia-képfalkotás

degenerációja. A rohamos technikai fejlődésnek köszönhetően ma már lehetőség van az informatikai eszközök orvosi használatára, és léteznek már olyan kutatások, amelyekben például okostelefonok és applikációk segítségével elemzik a gerinc tulajdonságait [31, 32]. A mindennapi klinikai használatban elengedhetetlen, hogy egy informatikai mérőeszköz tudományosan alátámasztott, megbízható és egyszerűen használható legyen, amivel meggyorsíthatja az orvos gyógyítási tevékenységét a diagnosztizálás terén.

Jelen kutatásunkban diszkriminanciaanalízist végeztünk az ágyéki porckorongok átlagos degenerációjára vonatkozóan, amelynél felhasználtuk a korábbi munkánk során kifejlesztett SRD-módszerünket és a bevezetett kitérés százalékat (K), mely a vizsgált adatok alapján kapcsolatot mutatott a gerinc ágyéki eloszlása és a porckorongok degenerációja között. A sztenderdnek számító Cobb-szög és az általunk bevezetett K között nem található korrelációs kapcsolat, és a K szenzitívebb paraméternek bizonyult a Cobb-szöggel szemben a porckorong-degeneráció mértékének kifejezésére [29]. Ezt jelen vizsgálatunk is megerősíti, mivel a betegek degenerációs osztályokba sorolása esetén három független változó mutatott szignifikáns hatást: a nem, az életkor és a K, míg a Cobb-szög nem. Az osztályokba történő besorolás eredménye jónak tekinthető, mivel a legrelevánsabb súlyos degenerációs osztály esetén a helyes besorolási értékre 92% adódott, valamint az összes helyes besorolási sikeresség 83%. Vagyis a jelen kutatás eredményei alapján a modell indirekt módon (a nem, az életkor és a K értéke alapján), statisztikailag megbízhatóan sorolja be a betegeket az általunk kidolgozott enyhe, közepes vagy súlyos degenerációs osztályba. Tehát a nem, az életkor és a K értékeinek segítségével megkapható a degenerációs osztály, a bevett direkt móddal szemben, amelynél egyenként kell meghatározni a Pfirrmann-skála alapján az ágyéki porckorongok degenerációjának mértékét [25], majd ezeket átlagolni kell, és ez alapján lehet meghatározni az osztályt.

A jelen közleményben bemutatott K és a kialakított átlagos degenerációs osztályok meghatározásához ingyenes és online használható Spinalyze Software lehetőségét is. A szoftver előnyeikhez tartozik, hogy egyszerűen elérhető egy internettel rendelkező eszközön egy böngésző segítségével, ingyenes, gyors, megbízható és könnyen kezelhető, amelynél a használatot segíti egy 'user guide' videó is. Jövőbeli klinikai alkalmazhatóságának vizsgálatára a kutatásba bevont ortopéd szakorvos és gerincspecialista kísérleti jelleggel már több mint egy éve teszteli a szoftvert.

Kutatásunknak számos limitációját érdemes figyelembe venni. A modellel kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy az osztályok kialakítása az egyes porckorongok degenerációmértékeinek átlagaiból történik, emiatt az osztályozás az átlag alapján különböző eseteket is azonos osztályúnak tekint, mint például a 3-3-4-5-5 és a 4-4-4-4-4 esetek. Az eredmények és az összefüggések megerősítéséhez további elemzések szükségesek, ezért szándékunkban áll kiterjeszteni vizsgálatainkat nagyobb mintára, valamint szeretnénk továbbfejleszteni a szoftver szolgáltatásait is. A módszer finomítása és a pontosság növelése érdekében megvizsgáljuk a mesterséges intelligencia (MI) alkalmazhatóságát is, például a sarokpontok kijelölésére. Továbbá a későbbiekben tervezzük még bevonni kutatásainkba a betegek elváltozással együtt járó fájdalmának és a funkciókárosodás mértékének vizsgálatát is. A honlapon a szoftverhez mellékelve található egy kérdőív, melynek kitöltése révén a fejlesztők szívesen veszik a felhasználók visszajelzéseit.

*Anyagi támogatás:* A közlemény megírása anyagi támogatásban nem részesült.

*Szerzői munkamegosztás:* S. Z. készítette el a kéziratot, végezte a szoftverfejlesztést. R. G. K. bocsátotta a vizsgálat rendelkezésére az MRI-felvételeket, segítette a kézirat elkészítését és a szoftver fejlesztését. D. E. irányította a vizsgálatot, véglegesítette a kéziratot. A cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

*Érdekltségek:* A szerzők kijelentik, hogy nincsenek érdekltségeik.

**Etikai engedélyeztetés:** A kutatás a helyi Kutatásetikai Bizottságtól hozzájárulást kapott, a vizsgálatban használt összes anonimizált MRI-felvétel klinikai diagnózis céljából készült.

## Irodalom

- [1] Dagenais S, Caro J, Haldeman S. A systematic review of low back pain cost of illness studies in the United States and internationally. *Spine J.* 2008; 8: 8–20.
- [2] Hoy D, March L, Brooks P, et al. The global burden of low back pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Ann Rheum Dis.* 2014; 73: 968–974.
- [3] Vos T, Flaxman AD, Naghavi M, et al. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 2012; 380: 2163–2196. [Correction: *Lancet* 2013; 381: 628.]
- [4] Van Tulder M, Becker A, Bekkering T, et al. European guidelines for the management of acute nonspecific low back pain in primary care. *Eur Spine J.* 2006; 15(Suppl 2): S169–S191.
- [5] Palmer KT, Walsh K, Bendall H, et al. Back pain in Britain: comparison of two prevalence surveys at an interval of 10 years. *BMJ* 2000; 320: 1577–1578.
- [6] Deyo RA, Weinstein JN. Low back pain. *N Engl J Med.* 2001; 344: 363–370.
- [7] Hungarian Central Statistical Office. European Public Health Survey – 2014. Summary data. [A 2014-ben végrehajtott Európai Lakossági Egészségfelmérés eredményei – Összefoglaló adatok.] Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 2018. [Hungarian]
- [8] Been E, Kalichman L. Lumbar lordosis. *Spine J.* 2014; 14: 87–97.
- [9] Cobb JR. Outline for the study of scoliosis. *Instr Course Lect.* 1948; 5: 261–275.

- [10] Vedantam R, Lenke LG, Keeney JA, et al. Comparison of standing sagittal spinal alignment in asymptomatic adolescents and adults. *Spine* 1998; 23: 211–215.
- [11] Hicks GE, George SZ, Nevitt MA, et al. Measurement of lumbar lordosis: inter-rater reliability, minimum detectable change and longitudinal variation. *J Spinal Disord Tech*. 2016; 19: 501–506.
- [12] Been E, Barash A, Pessah H, et al. A new look at the geometry of the lumbar spine. *Spine* 2010; 35: E1014–E1017.
- [13] Janik TJ, Harrison DD, Cailliet R, et al. Can the sagittal lumbar curvature be closely approximated by an ellipse? *J Orthop Res*. 1998; 16: 766–770.
- [14] Vrtovec T, Pernus F, Likar B. A review of methods for quantitative evaluation of spinal curvature. *Eur Spine J*. 2009; 18: 593–607.
- [15] Drerup B, Hierholzer E. Evaluation of frontal radiographs of scoliotic spines – Part I. Measurement of position and orientation of vertebrae and assessment of clinical shape parameters. *J Biomech*. 1992; 25: 1357–1362.
- [16] Drerup B, Hierholzer E. Assessment of scoliotic deformity from back shape asymmetry using an improved mathematical model. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1996; 11: 376–383.
- [17] Huysmans T, Haex B, Van Audekercke R, et al. Three-dimensional mathematical reconstruction of the spinal shape, based on active contours. *J Biomech*. 2004; 37: 1793–1798.
- [18] Berthonnaud E, Dimnet J. Analysis of structural features of deformed spines in frontal and sagittal projections. *Comput Med Imaging Graph*. 2007; 31: 9–16.
- [19] Kaminsky J, Klinge P, Rodt T, et al. Specially adapted interactive tools for an improved 3D-segmentation of the spine. *Comput Med Imaging Graph*. 2004; 28: 119–127.
- [20] Vrtovec T, Likar B, Pernus F. Automated curved planar reformation of 3D spine images. *Phys Med Biol*. 2005; 50: 4527–4540.
- [21] Vrtovec T, Ourselin S, Gomes L, et al. Automated generation of curved planar reformations from MR images of the spine. *Phys Med Biol*. 2007; 52: 2865–2878.
- [22] Vrtovec T, Likar B, Pernus F. Quantitative analysis of spinal curvature in 3D: application to CT images of normal spine. *Phys Med Biol*. 2008; 53: 1895–1908.
- [23] Breen A, Mellor F, Breen A. Aberrant intervertebral motion in patients with treatment-resistant nonspecific low back pain: a retrospective cohort study and control comparison. *Eur Spine J*. 2018; 27: 2831–2839.
- [24] Kettler A, Wilke HJ. Review of existing grading systems for cervical or lumbar disc and facet joint degeneration. *Eur Spine J*. 2006; 15: 705–718. [Correction: *Eur Spine J*. 2006; 15: 719.]
- [25] Pfirrmann CW, Metzendorf A, Zanetti M, et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine* 2001; 26: 1873–1878.
- [26] Korhonen T, Karppinen J, Paimela L, et al. The treatment of disc-herniation-induced sciatica with infliximab: one-year follow-up results of FIRST II, a randomized controlled trial. *Spine* 2006; 31: 2759–2766.
- [27] Schenk P, Läubli T, Hodler J, et al. Magnetic resonance imaging of the lumbar spine: findings in female subjects from administrative and nursing professions. *Spine* 2006; 31: 2701–2706.
- [28] Kleinstück F, Dvorak J, Mannion AF, et al. Are “structural abnormalities” on magnetic resonance imaging a contraindication to the successful conservative treatment of chronic nonspecific low back pain? *Spine* 2006; 31: 2250–2257.
- [29] Sandor Z, Rathonyi GK, Dinya E. Assessment of lumbar lordosis distribution with a novel mathematical approach and its adaptation for lumbar intervertebral disc degeneration. *Comput Math Methods Med*. 2020; 2020: 7312125.
- [30] Dinya E. Biometrics in the clinical practice. [Biometria a klinikumban.] *Medicina Könyvkiadó, Budapest*, 2013. [Hungarian]
- [31] Pourahmadi M, Momeni E, Mohseni N, et al. The reliability and concurrent validity of a new iPhone® application for measuring active lumbar spine flexion and extension range of motion in patients with low back pain. *Physiother Theory Pract*. 2019 May 13. Doi: 10.1080/09593985.2019.1616017. [Online ahead of print]
- [32] Pourahmadi MR, Bagheri R, Taghipour M, et al. A new iPhone application for measuring active craniocervical range of motion in patients with non-specific neck pain: a reliability and validity study. *Spine J*. 2018; 18: 447–457.

(Sándor Zoltán,

Budapest, Ferenc tér 15., 1094

e-mail: sandor.zoltan@public.semmelweis-univ.hu)

*„Lucrum est dolorem posse damno exstinguere.”*  
(Nyereség, ha veszteség árán megszüntethető a fájdalom.)