

DIGITÁLIS MOIRÉ KÉPEK VIZSGÁLATA GERINCFERDÜLÉSES BETEGEK NYOMON KÖVETÉSÉRE

Balla Petra^{1,2}, Prommer Kata¹, Antal Ákos²

¹Salus Ortopédtechnika Kft.

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Mechatronika, Optika és Gépészeti Információs Tanszék

petra.balla@mogi.bmc.hu

Absztrakt

A gerincferdüléssel gyermekek konzervatív kezelésének eszköze a korzetta, mely egy kemény PE „páncél”, ami a gerinc helyes állását nyomófelületeken átadott nyomóerő közvetítésével éri el. A Salus Ortopédtechnika Kft.-nél a korzettet viselő gyermekek állapotváltozásának diagnosztizálására évek óta használnak moiré berendezést. A rendszerhez kapcsolódó mérési módszer általános használatbavételéhez elengedhetetlen a hitelesítés. A hitelesítés a moiré rendszerrel meghatározott Cobb fokok és az általánosan elfogadott, kétirányú, álló helyzetben készített röntgenfelvételeken meghatározható Cobb fokok összehasonlításával történhet. 19 páciens – 9 és 17 év közötti scoliosissal és Scheuermann-betegséggel kezelt gyermek – 49 moiré felvétele alapján készült a kiértékelés. Az eredmények alapján látható, hogy a módszer a gerincferdülés követésére jól alkalmazható, de röntgenfelvételeken meghatározott szögértékekhez képest a moiré felvételeken meghatározott értékek jelentősen (akár 10–15°-kal) kisebbek lehetnek, különösen a felső háti és az ágyéki görbületek esetén, ahol statisztikai úton is szignifikáns eltérés igazolódott a két módszer eredményei között. Ez okot adhat arra, hogy elgondolkodjunk az értékelési algoritmus alaposabb elemzésén és pontosításán, melyet a későbbiekben tervezünk elvégezni.

Kulcsszavak: digitális moiré, moiré elv, Kamal-módszer, Kamal-metodika, moiré képek kiértékelése

Evaluation of digital moiré pictures for following conditions of patients with spinal deformities

Abstract

Children with spinal deformities can be effectively treated with brace. Brace is a hard polyethylene „cuirass”, it can push the spine into the right position during pressure surfaces. The moiré device has been used in Salus Orthopedic Technika Kft. for ages to diagnose changes in children's conditions. Verification is very important for using this measurement method. Comparison between the Cobb angles using the moiré picture evaluation method and using the accepted, two-way X-Ray images method (which were taken in standing position) can be a satisfying way for the verification. 49 moiré pictures of 19 patients – treated because of scoliosis and Scheuermann disease, between the ages 9 and 17 – were the basis of the comparison. According to the results the moiré method can be applicable to follow patients' conditions, but there are differences in the Cobb angles (even 10–15°) between the two methods. Evaluation of the moiré pictures gives us smaller angles, than evaluation of X-Rays, mostly in case of dominant upper dorsal, or lumbar abnormal curvatures. There is also statistical difference between the two groups. According to this result it is inevitable to consider the analysis and clarification of the algorithm in the near future.

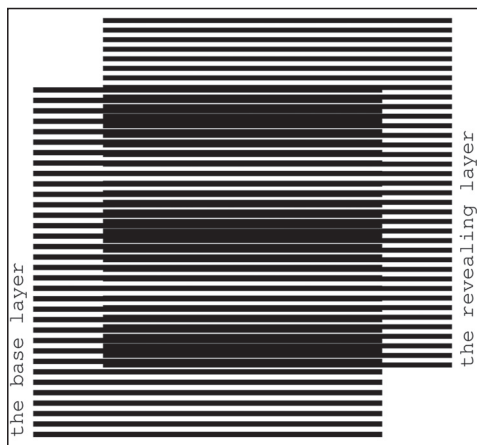
Keywords: digital moiré, moiré method, Kamal's method, evaluation of moiré pictures

1. Bevezetés

A gerincferdülés mindkét nagy csoportja (scoliosis, Scheuermann-betegség) gyakori probléma napjainkban, főként a serdülő népesség körében. Egyre gyakrabban fordul elő, hogy fiatalabb, 4–6 éves korban már felfedezik a problémát. A kezelés azonnali megkezdése szükséges, hiszen a betegség eredete ugyan ismeretlen, de kezelés nélkül a növekedés közben a beteg állapota tovább romlik. A gerinc állapotának egyértelmű meghatározását kizárólag röntgenfelvételek segítségével végezhetjük. A Szakmai Kollégium ajánlása szerint gerincferdüléssel gyermekek esetén a röntgenfelvételek évente ismételtetők.¹ A korzetten azonban 2-3 havonta ellenőrizni kell, amikor a szakorvos, gyógytornász rendelkezésére csak a szabad szemmel végzett fizikai vizsgálat áll. A moiré módszer használatával jól definiálható kép is rendelkezésre áll a gerincferdülés javulásának vagy romlásának megállapítására. A moiré felvétel jól mutatja a gerinc alakjának a két kontroll időpontja közti változásait. A röntgennel szemben előnye, hogy nem okoz sugárterhelést, bármennyiszer biztonsággal ismételtetők. A digitális moiré berendezéssel készített felvételek akár évente többször is ismételtetők, azaz moiré képek kiértékelésével követhető a kezelés eredményessége, vagy nem megfelelő használat esetén az eredménytelenség.

2. Elméleti alapok – a moiré módszer lényege, alkalmazhatósága

A gerinc alakjának rögzítésére többféle módszer ismert, melyek közül a legáltalánosabb a kétirányú röntgenfelvétel készítése, de elterjedten használhatók az ultrahang alapú mozgásvizsgáló rendszerek,² az elektromágneses rendszerek (Spinal Mouse³) és a különböző optikai módszerek.⁴ Az optikai módszerek közül elterjedt a moiré módszer alkalmazása,



1. ábra. Két eltérő térfrekvenciájú periodikus struktúra egymásra hatása (alap- és fedőréteg)⁴

amikor a vizsgált felület alakjára a moiré-csíkokból következtetünk.⁵

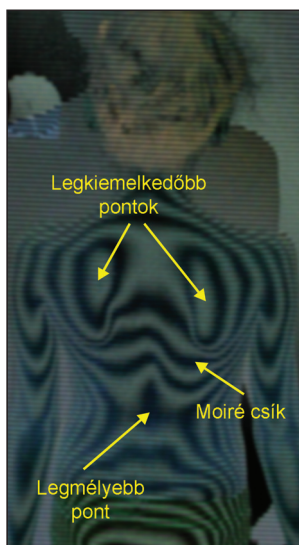
A moiré jelenség két eltérő térfrekvenciájú periodikus struktúra egymásra hatásának az eredménye (1. ábra), a mért vagy vizsgált felületet a térképek szintvonalaihoz hasonló módon írja le. A jelenség megjelenési formája a mért felületen keletkező moiré csík, mely általános esetben a felületnek egy adott referenciasíktól egy adott függvény szerint leírható távolságra lévő pontjait köti össze. Általánosan megfogalmazva egy adott, a referenciafelülettől az elrendezés rögzített paramétereitől függő függvény szerint leírható távolságban lévő pontok halmazát moiré felületnek, míg a mért felület moiré felülettel való metszésvonalát moiré csíknak nevezzük.

Azt a tetszőleges képrögzítési eljárással készült képet, amely két dimenzióban ábrázolja a mért felület moiré felületekkel való metszésvonalait – tehát a moiré csíkokat –, moiré képnek nevezzük (2. ábra).

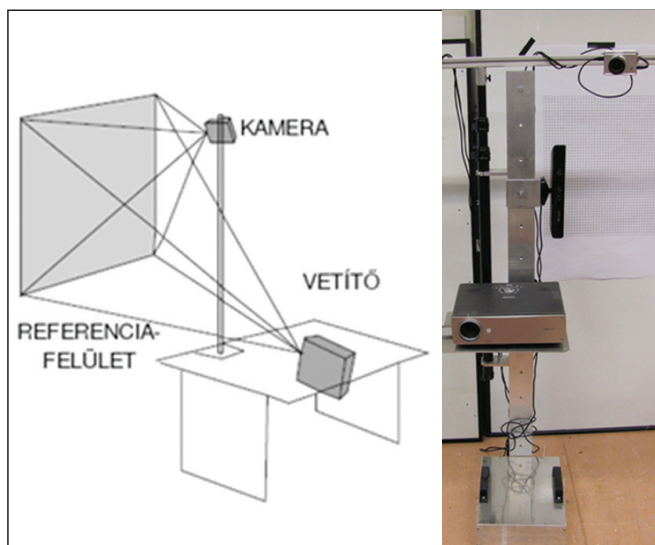
A módszer nagy előnye, hogy a mérés minden ponton egyszerre, egy időben történik, érintésmentesen. A mérendő testet nyomás és káros

sugárzás nem terheli. Méréstechnikai alkalmazhatósága széles körű, most ortopédiai felhasználására térnénk ki.⁵⁻⁹

A módszert az ortopédiában szűrésre és diagnosztizálásra is használhatjuk, hiszen a hát alakja, annak frontális és sagittalis síkban vett kóros görbületeit is jól kimutathatjuk segítségével.¹⁰⁻¹³ A gerincferdülés (scoliosis,¹⁴ Scheuermann-betegség) diagnózis felállítása, valamint az évenkénti ellenőrzéshez szükséges gerincdeformáció-értékek megadása csak és kizárólag röntgenfelvételekkel történjen.¹ A moiré felvételeket csak a köztes időben, a röntgenképek kiegészítéseként használjuk.¹⁵⁻²² Az Ápolási Szakmai Kollégium és a Magyar Gyógytornászok Társasága által készített, *Az idiopathiás strukturális scoliosis fizioterápiájáról* szóló szakmai protokoll a diagnosztikai, illetve képalkotó vizsgálatok között a kétirányú, álló helyzetben készült röntgenfelvétel, a Cobb fok (oldalirányú görbületek nagysága), a rotáció, a torzió, a sagittalis profil megítélése, a Rissel-jel, a spiroergometriás vizsgálat és a felületelemzés képeinek alkalmazása mellett a moiré topográfiát is ajánlja.



2. ábra. Moiré kép



3. ábra. a) Digitális moiré elrendezés; b) Digitális moiré berendezés

3. Anyag és módszer

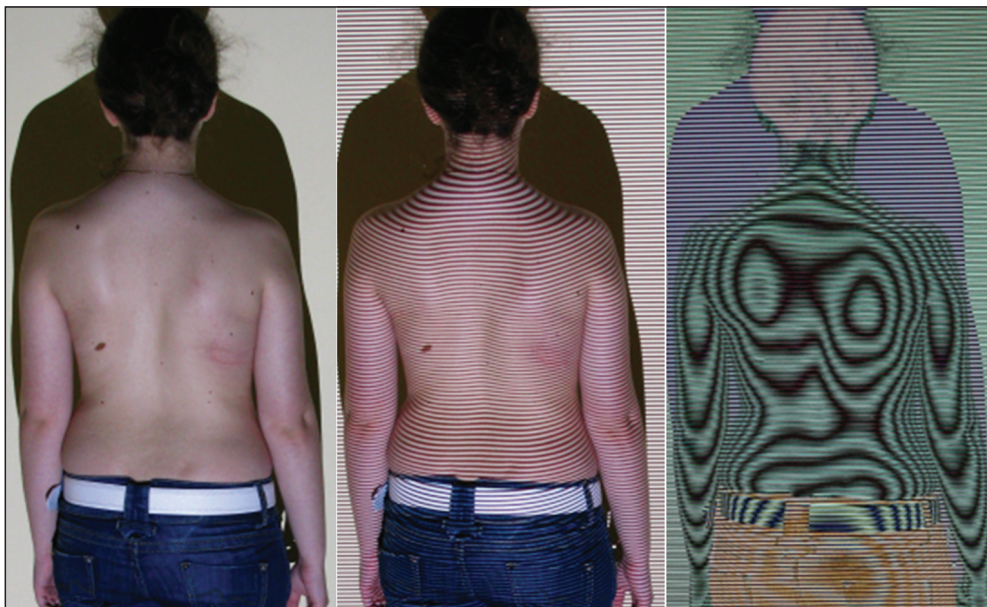
3.1. Berendezés

A digitális berendezés a Salus Ortopédtechnika Kft. gyógytornatermében található, melyet ortopéd szakorvossal történt konzultáció alapján terveztek és alakítottak ki. Tulajdonképpen ez egy klasszikus projekciós moiré berendezés,^{23,24} de a hagyományos projektor helyett egy videoprojektor vetíti ki a csíkokat a referencia-, illetve a vizsgálandó felületre (3. ábra).

3.2. A vizsgálati módszer lépései

A vizsgálatot felsőruházat nélkül kell elvégezni. A vizsgálat lépései:

1. Fotó készítése a referenciafelületről
2. Beteg beállítása természetes, kilégzési állásban a referenciafelület elé – erről az állapotról kép készítése (4. a ábra)
3. A beteg hátára rács vetítése
4. Felvétel készítése a beteg hátán deformáldott rácsról (4. b ábra)
5. Vezérlőprogram segítségével moiré kép készítése (4. c ábra)²⁵



4. ábra. a) Hagyományos fénykép a beteg hátáról; b) Fénykép a beteg hátán deformálódott rácsról; c) Moiré kép

3.3. A kiértékelési módszer

Az előbb leírt módon elkészített moiré felvételen a domborzati viszonyok jól kirajzolódnak (4. c ábra), melyet Kamal és mtsai²⁶ által publikált módszerrel értékeltünk ki, azaz meghatároztuk a görbületi értékeket. A módszer lényege a következő:

1. A moiré felvételen a jellegzetes pontok kijelölése (5. ábra)

a) nyak (P) és derék (O) középpontjának megjelölése és összekötése egyenessel (PO egyenes)

b) a felső háti szakaszon a legnagyobb aszimmetriát mutató moiré görbét a PO-ra merőlegesen egyenessel elmetsszük, ezzel megkapva a H, a C és az E pontokat

c) a legnagyobb aszimmetriát mutató görbéhez érintőt húzva kapjuk meg G, A és D pontokat

d) I, B és F pontok meghatározása szintén a legnagyobb aszimmetriát mutató moiré görbe felhasználásával az ágyéki szakaszon

2. θ görbületi szög meghatározása

$$\theta = \angle CAO + \angle CBO = Y_1 + Y_2, \text{ ahol:}$$

$$\tan Y_1 = \frac{|d_1 - d_2|}{CA}, \text{ ahol:}$$

$$d_1 = \frac{1}{2} * (CH + CE)$$

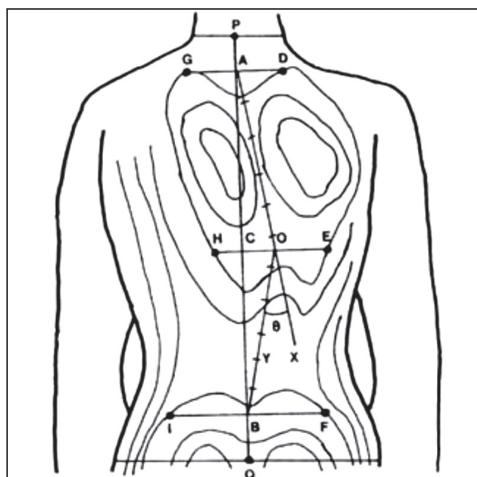
$$d_2 = \frac{1}{2} * (AD + AG)$$

$$\tan Y_2 = \frac{|d_1 - d_3|}{BC}, \text{ ahol:}$$

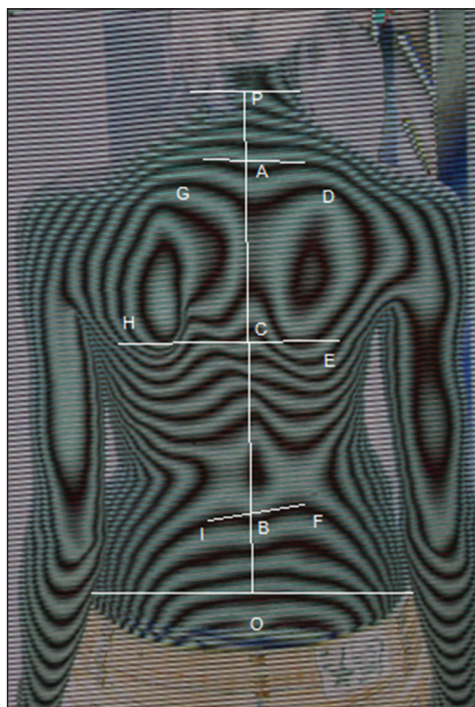
$$d_3 = \frac{1}{2} * (BF + BI)$$

A képletekben a CH, CE, AD, AG, BC, BF és BI a fent leírt módon megjelölt pontok közötti távolságokat jelölik.

A képek kiértékelését, a fent leírt módszerhez szükséges méréseket és számításokat a RapidformXOR (3D Systems) program használatával készítettük el (6. ábra). A fokértékek meghatározásánál figyelembe vettük a gyermek magasságát és a nagyítást is.



5. ábra. Kamal módszeréhez szükséges mérési pontok²⁶



6. ábra. Kamal módszerével történő kiértékelés pontjai

3.4. A vizsgált személyek

Betegeink közül kiválasztottunk 19, gyógytornászaink által jól ismert gyermeket, akiknek antropometriai és fizikális adatai, a kezelés módja az 1. táblázatban láthatók.

Páciens	Betegség	Görbület helye	Kezelés	Nem/Kor(év)/ Tömeg(kg)/Magasság(cm)	Változás
1.	id. scoliosis	háti	korzett+torna	lány/9/22/130	javult
2.	id. scoliosis	háti	korzett+torna	lány/11/36/154	romlott
3.	id. scoliosis	felső háti	korzett+torna	lány/16/46/164	stagnált
4.	id. scoliosis + M. Scheuermann	háti	korzett+torna	lány/16/50/169	stagnált
5.	id. scoliosis + traumás kyphosis	ágyéki	korzett+torna	fiú/13/30/145	javult
6.	id. scoliosis	felső háti	korzett+torna	lány/14/50/161	stagnált
7.	id. scoliosis	háti	korzett+torna	lány/11/36/151	javult
8.	M. Scheuermann + id. scoliosis	háti	torna	fiú/17/65/183	javult
9.	id. scoliosis	ágyéki	korzett+torna	fiú/12/35/159	romlott
10.	id. scoliosis	felső háti	korzett+torna	lány/12/27/147	romlott
11.	id. scoliosis	ágyéki	korzett	lány/16/48/160	javult
12.	id. scoliosis	ágyéki	korzett+torna	lány/16/48/167	javult
13.	id. scoliosis	ágyéki	korzett	lány/14/33/150	stagnált
14.	id. scoliosis	ágyéki	korzett	lány/17/47/168	javult
15.	id. scoliosis	ágyéki	korzett+torna	lány/16/61/162	romlott
16.	id. scoliosis	ágyéki	korzett+torna	lány/16/56/162	javult
17.	id. scoliosis	felső háti	korzett+torna	lány/17/65/155	romlott
18.	id. scoliosis	felső háti	korzett+torna	lány/16/60/164	javult
19.	id. scoliosis	felső háti	korzett+torna	lány/15/53/154	romlott

1. táblázat. A vizsgált betegek antropometriai adatai

3.5. Összehasonlítás módszere

A vizsgálathoz a kezelés időtartama alatt elkészített 49 moiré képet vetettük össze a kezelőorvos által a röntgenfelvételekről Cobb-módszerrel meghatározott görbületi értékekkel. Ennek első lépéseként minden gyermek azonos helyen, azonos beállításokkal készült moiré felvételein az előbbiekben leírt Kamal-módszerrel²⁶ meghatároztuk a görbületi értékeket (6. ábra). A statisztikai értékelés során az eredményeket egymintás t-próbával hasonlítottuk össze, az eredmények közötti különbség szignifikáns, ha $p \leq 0,05$. Az eredmények feldolgozásához Pearson-féle korrelációt is végeztünk.



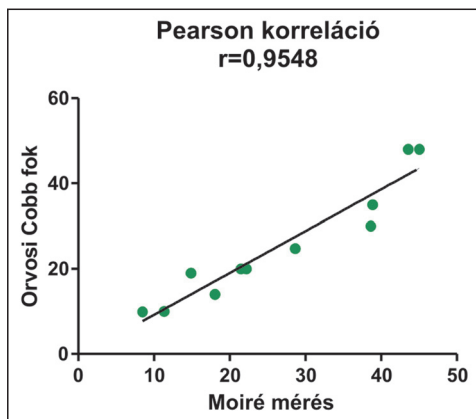
7. ábra. A kiértékeléshez használt moiré kép és röntgenfelvétel

4. Megbeszélés

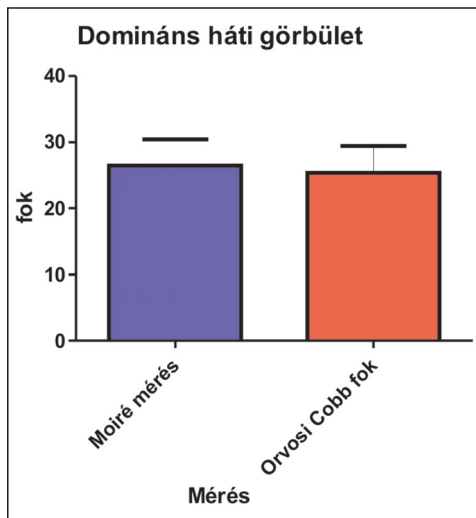
A mért és számított adatokból vizsgáltuk a Kamal-módszer felhasználhatóságának lehetőségeit. Az eredmények kiértékelésekor a betegeket betegségük és a domináns fő görbületük alapján csoportosítottuk.

1. csoport – dominánsan háti görbület

A háti görbülettel rendelkező csoportba 5 pácienset soroltunk, ezen páciensek esetén 11 pár (moiré kép által és RTG-n mért értékek) kiértékelés során kapott adattal dolgoztunk. A Pearson-féle korreláció eredményeképp $r=0,9548$ -ra adódott, vagyis a két csoport közötti korreláció magas (8. ábra).



8. ábra. Pearson korreláció a háti görbülettel rendelkező csoport esetén

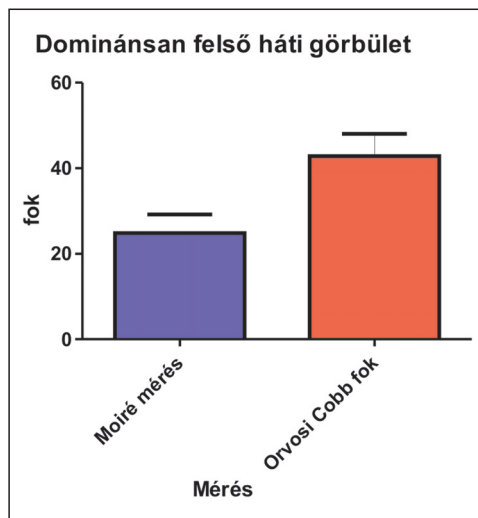


9. ábra. Domináns háti görbülettel rendelkező páciensek Cobb fokméréssel és moirékiértékeléssel kapott értékei

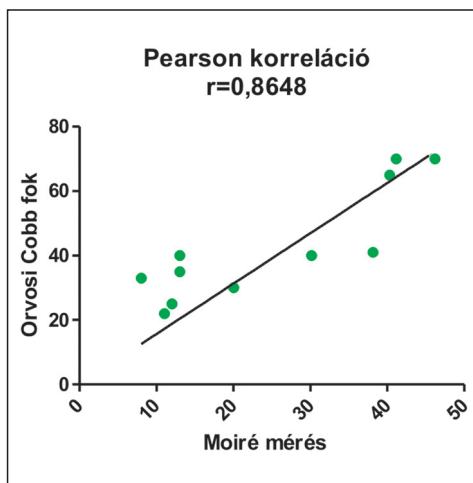
A II adatpárral egymintás t-tesztet is elvégeztünk, ahol $p=0,8477$ -re adódott, tehát nem találtunk szignifikáns eltérést a két méréstípus között. Az orvosi mérések átlaga $25,33 \pm 4,09$ fokra, míg a moiré képekből kapott közelítő értékek átlaga $26,45 \pm 3,98$ fokra adódott (9. ábra), így az átlagok közötti eltérés $1,11 \pm 5,71$ fok lett, ami 4,2%-os eltérést jelent.

2. csoport – dominánsan rövid, felső háti görbület

A dominánsan felső háti görbülettel rendelkező 6 páciensünk esetében is II adatpárral végeztünk összehasonlítást. A moiré képek kiértékelésével kapott átlagos érték a Cobb fokra $24,81 \pm 4,38$, míg a szakorvosok által a röntgenfelvételek feldolgozása alapján az eredmény átlagosan $42,82 \pm 5,27$ fokra adódott (10. ábra). A két típus közötti eltérés így $18,01 \pm 6,85$ fok (42,27%). A két módszer eredményei között szignifikáns eltérés tapasztalható ($P=0,0161$). Ennek ellenére a korreláció r értéke 0,8648, ami magas korrelációt jelent a két csoport adatai között (11. ábra).



10. ábra. Domináns felső háti görbülettel rendelkező páciensek Cobb fokméréssel és moiré kiértékeléssel kapott értékei

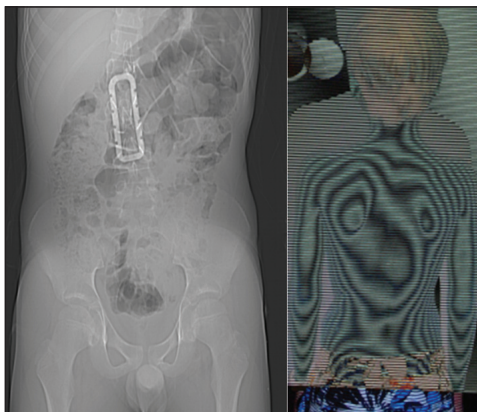


11. ábra. Pearson korreláció a felső háti görbülettel rendelkező csoport esetén

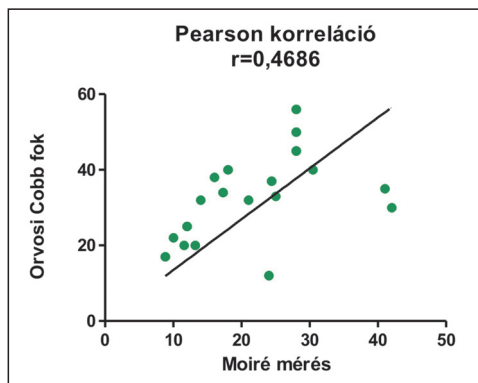
3. csoport – dominánsan ágyéki görbület

A következő csoport a dominánsan ágyéki görbülettel rendelkező gyermekekből áll. Az 5. páciens egy autóbaleset következtében műtéten esett át a gerince ágyéki szakaszán, melynek rögzítéséhez korzett készült. A gyermeknek congenitalis (vagyis születési) csigolyafejlődési rendellenessége is van, ezért a görbületét más módszerekkel kell kezelni, mint műtéten át nem esett társaiét (12. ábra). Ezt a beteget a feldolgozásból ki kellett zárni.

Egymintás t-próbával értékeltük ki a csoportba tartozó 7 beteg 19 adatpárját. Eredményként azt kaptuk, hogy szignifikáns különbség van a két módszerrel kapott görbületi értékek között ($p=0,0033$). A moiré képek kiértékelésével átlagosan $21,72 \pm 2,23$ fokra adódott a mért görbületek átlaga, míg a röntgenfelvételek kiértékelésével $32,53 \pm 2,61$ fokra adódott az átlag (13. ábra), a két méréstípus közötti különbség $10,80 \pm 3,43$ fokra adódott, ami 33,2%-nak felel meg. Jelen esetben a Pearson korreláció r értéke 0,4686, azaz a csoportok közötti korreláció alacsony, ami megerősíti a szignifikancia vizsgálat eredményét (14. ábra).



12. ábra. Balesetet szenvedett páciens CT- és moiré felvételei

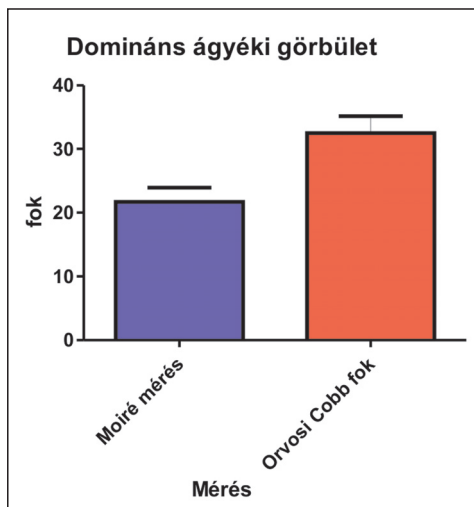


14. ábra. Pearson korreláció a háti görbülettel rendelkező csoport esetén

5. Összefoglaló

A képek kiértékelése során változatos eredményeket kaptunk. Tapasztalatunk szerint a főként háti és kizárólag háti görbülettel rendelkező páciensek fotóinál a moiré képek feldolgozásánál kapott eredmények jól közelítették a röntgeneken az orvosok által mért szögértékeket (9. ábra).

Felső háti görbülettel rendelkező csoport esetén nagy eltérést tapasztaltunk a két különböző kiértékelés során, hiszen átlagosan



13. ábra. Domináns ágyéki görbülettel rendelkező páciensek Cobb fokméréssel és moiré kiértékeléssel kapott értékei

$18,01 \pm 6,85$ fokkal adódtak kevesebbre a moiré feldolgozással kapott szögértékek a röntgenekről mért értékekhez képest (10. ábra). Az adatpárok között emellett viszonylag jó korreláció mutatkozott (11. ábra), de a nagy eltérés miatt fontosnak tartjuk az algoritmus átalakítását ezeknél az eseteknél. Az ágyéki görbületek esetén a moiré képek alapján számított és a röntgenképek feldolgozásával nyert adatok között szignifikáns különbség adódott, átlagosan $10,80 \pm 3,43$ fokkal lettek kisebbek a moiré képekről mért szögértékek a röntgenképek feldolgozásához képest (13. ábra). Az adatok közötti korreláció is alacsony (14. ábra), így ennél a görbülettípusnál szükségesnek tartjuk az algoritmus átalakítását a megfelelően használható eredmény érdekében. Megfigyelhetjük, hogy az utolsó két csoportnál minden esetben a moiré képek feldolgozása során kapott adatok bizonyultak kisebbeknek. Ennek okát a felső háti görbületeknél mindenképpen a lapockák elhelyezkedésében kell keresni, ezek ugyanis elfedik a gerinc valós helyzetét, jelentősen csökkentve a háton észlelhető görbület nagyságát. Az ágyéki görbülettel rendelkező csoport ese-

tén hasonló szerepet játszhatnak a derék és a törzs izmai, hiszen a hát lumbális szakaszán nagy izomkötegek veszik körül a gerincet, melyek szintén részleges takarást biztosítanak a gerinc kóros görbületének. Ezen zavaró tényezők kiküszöbölése miatt van szükség az algoritmus újragondolására.

6. Javasolt változtatások

A már említett probléma, hogy az orvosok által mért szögértékek az összes meglévő görbületnek külön-külön megadják a mértékét (általában a görbület csúcsát is), ezzel ellentétben a Kamal-algoritmussal csak egy közelítő szögértéket tudunk számolni. Az általunk kapott szögérték nem a röntgen alapján mért értékek szuperpozíciója, hiszen a külön vizsgálatokból is kiderült, hogy az ágyéki szakaszt a moiré képeken kisebbekre mértük, hasonlóan a túl magasan, rövid szakaszon elhelyezkedő háti görbületekhez. Olyan megoldást kellene keresni, mellyel az összes meglévő görbület külön-külön is közelíthető lenne.

Nagymértékű fejlődést jelentene a kiértékelés pontosságában, ha a képeket egy szűrésnek vetnénk alá, melyen a szintvonalak kontúrjai élesednének, ezzel megkönnyítve a vonalakon való méréseket. Segítséget jelentene az is, ha bizonyos csontok helyét biztosan meg tudnánk állapítani a moiré felvételeken is, csakúgy mint a röntgenképeken. Szükségesnek tartjuk egységes referenciapontok bevezetését, melye-

ket a röntgenképeken is könnyedén megtalálhatunk, ezzel a kiértékelés pontossága és hitelessége is megnőhetne. Minden esetben szükséges megbizonyosodni a mérés előtt a helyes kalibrációról, a megfelelő beállításokról. A kamera és a fényforrás is merőlegesen helyezkedjen el a vizsgált személy hátához viszonyítva, a fényforrás ne kerüljön perifériás területre, mert akkor kialakulhat bizonyos oldaliság az összes képen. Fontos ezek mellett ügyelni a helyes beállításra is, egyezményesen az összes kép készítése alatt megkértük a pácienseket egy erőteljes kilégzésre, ebben a pozícióban készítettük el a fotókat. Jelenleg még nem alkalmazzuk, de a jövőben szükségnek tartjuk mérés közbeni kapaszkodásra egy korlát használatát, mellyel a pontosságot tovább növelhetnénk. Minden esetben ügyelni kell a medencecsont helyzetére, szükség szerint a végtagok hosszának mérésére és hosszuk kiegyenlítésére is, melyet a mérések során gyógytornászok segítségével alkalmazunk is.

A kiértékelés során egy betegről készült képsor feldolgozásakor figyelniünk kell arra, hogy mindig ugyanazon szintvonalakon végezzük el a méréseket, ugyanabban a magasságban, hogy egymással összehasonlítható eredményeket kapjunk. Előrelépést jelentene az is, ha a kiértékelési idő csökkentése és a pontosság növelése érdekében egy részben automatikus számítógépes programot is tudnánk alkalmazni a kiértékelés során, melynek kifejlesztésére már megtettük a szükséges előkészítő lépéseket.

IRODALOM

1. *Windischbauer G.* Survey on application of moiré-techniques in medicine and biology. Optics in Biomedical Sciences, Springer Series in Optical Sciences 1982;(31):244–9.
2. *Kiss RM.* A járás sebességének és a csípőízületi arthrosis fokának hatása a járás változékonyságára. Biomechanica Hungarica 2009;2(2):37–46.

3. *Kiss RM.* Verification of determining the curvatures and range of motion of the spine by electromechanical-based skin-surface device. *Civil Engineering* 2007;51(1):39-43.
4. *Emin Gabrielyan.* The Basic of line moiré patterns and optical speedup. [abstract] 2007 March; Lausanne, Switzerland, Scientific Park of Swiss Federal Institute of Technology. Available from: URL: <http://switzernet.com/people/emin-gabrielyan/070306-optical-speedup>.
5. *Theocaris PS.* Moiré fringe in strain analysis. *Experimental Mechanics* 1965;5(11):368-77.
6. *Patorski K.* Handbook of the moiré fringe technique. Amsterdam; New York: Elsevier; 1993.
7. *Duwelli AJ, Parkš VJ.* Moiré analysis of strain. New Jersey: Prentice-Hall; 1971.
8. *Parkš VJ.* Geometric Moiré, SEM handbook of experimental mechanics. New Jersey: Prentice-Hall; 1987.
9. *Parkš VJ.* Strain measurement using grids. *Optical Engineering* 1982;4(21):633-9.
10. *Adair IV, Van Wijk MC, Armstrong GW.* Moiré topography in scoliosis screening. *Clin Orthop Relat Res* 1977 Nov-Dec;(129):165-71.
11. *Batouche M, Benlamri R, Kholadi MK.* A computer vision system for diagnosing scoliosis using moiré images. *Computers in Biology and Medicine* 1996 Jul;4(26):339-53.
12. *Ruggerone M, Austin JH.* Moiré topography in scoliosis. Correlations with vertebral lateral curvature as determined by radiography. *Phys Ther* 1986 Jul;66(7):1072-7.
13. *Laulund T, Sojbjerg JO, Horlyck E.* Moiré topography in school screening for structural scoliosis. *Acta Orthop Scand* 1982 Oct;53(5):765-8.
14. *Csernátóy Z.* A scoliosis-csapda – tévedések, tévhitiek és tévutak. *Biomechanika, terápia, prognosztika és egy kis pszichológia. Gyermekgyógyászat* 2005;56(6):641-8.
15. *Tanoue T, Nakano S, Kim H, Kooi Tan J, Ishikawa S, Otsuka Y, Shimizu H, Shinomiya T.* An automatic detection method of spinal deformity from moiré topographic images employing asymmetric degree of shoulder and waistline. *International IEEE Conference on Automation and Systems (ICCAS'07) Seoul* 2007.
16. *Seop Kim H, Ishida K, Ishikawa S, Ohtsuka Y, Shimizu H.* Discriminating spinal deformity employing centroids difference on the moiré images. *Systems and Computers in Japan* 2001 Jun;32(7):20-8.
17. *Frontino G, Negri V, Rinaldi E.* Photographic moiré method for preliminary diagnosis of spine deformity. *Ateneo Parmense Acta Biomed* 1980;51(1):33-8.
18. *Gaál Zs, Antal Á, Tamás P.* Scoliosis testing features on the basis of electronically generated moiré patterns. *Biomechanica Hungarica* 2010; 3(1):84-92.
19. *Gaál Zs, Antal Á, Tamás P.* Statistical analysis of determining the rate of scoliosis from electronically generated moiré patterns. *Proceedings of Seventh Conference on Mechanical Engineering; 2010 May 25-26; Budapest, Hungary.* 2010. p. 796-803.
20. *Gaál Zs, Antal Á, Tamás P.* Scoliosis testing features on the basis of electronically generated moiré patterns. *Proceeding of the 8th IEEE International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics; 2010 Jan 28-30; Herlany, Slovakia.* 2010. p. 335-40.
21. *Gaál Zs, Tamás P, Antal Á.* Orvostechnikai célú elektronikus moiréberendezés mérés-technikai vizsgálata és kalibrációja. XXIV. microCAD International Scientific Conference; 2010 March 18-20; Miskolc, Magyarország. Miskolci Egyetem Innovációs és Technológia Transzfer Centruma; (ISBN: 978-963-661-919-0) 2010. p. 41-46.
22. *Gaál Zs, Antal Á, Tamás P.* Elektronikus generált moiréképekből meghatározott gerincferdülés-mérték statisztikai elemzése. IV. Magyar

- Biomechanikai Konferencia; 2010. máj. 7–8; Pécs, Magyarország. Paper A-0062.
23. *Takasaki H.* Moiré topography. *Applied Optics* 1970 Jun;6(9):1467–72.
24. *Takasaki H.* Moiré topography. *Applied Optics* 1973 Jun;4(12):845–50.
25. *Wenzel K, Antal Á, Molnár J, Tóth B, Tamás P.* New optical equipment in 3d surface measuring. *Journal of Automation Mobile Robotics & Intelligent Systems* 2009;3(4):29–32.
26. *Kamal SA.* Determination of degree of correction of spinal deformity by moiré topographs. Moiré fringe topography and spinal deformity. 2nd. International Symposium. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag; 1983. p. 117–26.

A kutatás része a GERINCOR (TECH_08-A1/2-2008-0121) projektnek, melyben ortopédiai deformitások megfigyelésére és gondozására szolgáló intelligens eszköz és módszer kifejlesztése a fő feladat. A munka szakmai tartalma kapcsolódik az „Új tehetésgondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását a TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0009 program támogatja. A moiré képek a Salus Kft. gyógytornatermeiben készültek.

Balla Petra

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék
H–1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 4–6.
Tel.: (+36) 1 463-2145