

A Debreceni Egyetem Orvos- és Egészségtudományi Centrum Szemészeti Klinikájának (igazgató: Berta András egyetemi tanár)¹ és az Erlangeni Friedrich Alexander Egyetem Szemészeti Klinikájának (igazgató: Gottfried O.H. Naumann)² közleménye

Az Orbscan cornea-topográf

MÓDIS LÁSZLÓ,¹ BERTA ANDRÁS,¹ BERTHOLD SEITZ²



Célkitűzés: Az Orbscan cornea-topográf bemutatása.

Módszerek: Ötvenöt egészséges személy jobb oldali szaruhártyáját vizsgáltuk Orbscan készülékkel. Megmértük a minimum, a maximum, az astigmias keratometria és az axiális törőerő értéket. A cornea alakját az elevatio, görbületét az átlagos törőerő segítségével jellemeztük. Meghatároztuk a cornea vastagságát, végül pedig a színes topogramok formáit is.

Eredmények: A minimum, a maximum, az astigmias keratometria és az axiális törőerő értéke sorrendben $42,08 \pm 1,74$; $43,74 \pm 2,32$; $1,07 \pm 0,81$ és $49,09 \pm 2,3$ dioptria (D) volt. Az elülső és a hátsó elevatio mind a középpontban, mind a legmeredekebb pontban szignifikánsan különbözött egymástól ($p < 0,0001$). Az elülső és hátsó szferikus átlagos törőerő értéke a centrumban ($r = -0,27$; $P = 0,04$) és a legmeredekebb pontban ($r = -0,44$; $p = 0,001$) is fordított arányosságot mutatott. A szaruhártya vastagsága a középpontban átlagosan $589,71 \pm 53,41 \mu\text{m}$ volt. Az elevatio, az átlagos törőerő és a vastagság színekódolt topogramjai leggyakrabban ovális alakzatot mutattak.

Következtetések: Az Orbscan olyan új generációs cornea-topográf, amely nemcsak a szaruhártya elülső és hátsó felszínének, de a vastagságának megbízható meghatározására is képes.

Kulcsszavak: Orbscan, törőerő, hátsó cornealis felszín, pachometria

CORNEAL TOPOGRAPHY WITH THE ORBSCAN SYSTEM

Aim: To demonstrate the Orbscan corneal topography system.

Methods: The Orbscan system was used to study the topography of the cornea of the right eye in fifty-five healthy subjects. The minimum, maximum, astigmatic keratometric, and anterior axial power values were measured. The corneal shape was characterised by the elevation, and the curvature was described by mean power values. The thickness of the cornea was also determined, and the shapes of the colour-coded maps for different parameters were characterised.

Results: The minimum, maximum, the astigmatic keratometric, and the axial power values were respectively 42.08 ± 1.74 , 43.74 ± 2.32 , 1.07 ± 0.81 , and 49.09 ± 2.3 diopters (D). The anterior and posterior elevation differed significantly both at the centre and at the steepest point ($p < 0.0001$). The anterior and the posterior spherical mean power were inversely correlated both at the centre ($r = -0.27$; $p = 0.04$) and at the steepest point ($r = -0.44$, $p = 0.001$). The corneal thickness was $589.71 \pm 53.41 \mu\text{m}$ at the centre. An oval-shaped pattern was the most characteristic feature of the maps for the anterior and posterior elevation, mean power, and for the pachymetric values.

Conclusions: The Orbscan system, a new generation in topographic measurement equipment, proved to be a reliable technique, not only for the evaluation of the anterior and posterior shape of the cornea but also for pachymetry recording.

Keywords: Orbscan, refractive power, posterior corneal surface, pachymetry

A szaruhártya legfontosabb paraméterinek meghatározására – mint a törőerő és a vastagság – több száz éve folytak próbálkozások. Christopher Scheiner 1619-ben elsőként próbálta meghatározni a cornea görbületi sugarát, a szaruhártyáról visszaverődő képek méretét hasonlította össze ismert görbületi sugarú üveggolyókról visszaverődő képek méretével. Az első valódi keratometert Ramsden készítette 1769-ben, majd ezt a XIX. század közepén egymástól függetlenül von Helmholtz és Emil Javal tökéletesítette és állította elő ma is ismert formájában. Henry Good – aki az

első keratoscopot készítette – 1847-ben közölte astigmias szemekről tett megfigyeléseit. A XIX. század végén (1880) Antonio Placido mutatta be a photokeratoscopot, amely a corneára vetíthető koncentrikus fekete és fehér gyűrűkből állt és a modern cornea-topográfokban ma is használatos.

A centrális cornea vastagságának az első optikai módszeren alapuló mérését Blix végezte (Placido bejelentésével egy időben, 1880-ban), majd Mishima, Hedbys és Ehlers módosította, kialakítva a jelenlegi ismert réslámpára szerelhető pachometereket.^{4,11} Ultrahangos pachometriáról elsőként Kremer számolt be 1980-ban.⁶ Ezekén kívül a cornea vastagságának meghatározására elterjedt módszer még a lézer-interferometria,⁵ a spekulár és a konfokális mikrosz-

Zajác Magdolna professzornő 70. születésnapja tiszteletére

kópia,^{7,14} valamint újabban az ultrahangos biomikroszkópia.¹⁶

Korábban a Debreceni Szemklinika hazai vonatkozásban elsőként és a nemzetközi irodalomban is az első között számolt be mind a törőerő, mind a pachometria modern vizsgáló módszereiről és eredményeiről.^{1,12,13,14,20}

Az Orbscan cornea-topográf (Orbtek Inc., Salt Lake City, Utah, USA) egy kilencvenes évek végén kifejlesztett új vizsgálóeljárás, amely egyszerre képes meghatározni a szaruhártya törőerejét és vastagságát, anélkül, hogy a corneát érintené.

Célkitűzésünk az volt, hogy az Orbscan topográf működését bemutassuk, normális corneák vizsgálatán keresztül.

Módszerek

A műszer

Az Orbscan topográf kalibrált szélességű és intenzitású résfényt vetít a szem felszínére egy videokamera segítségével. A résfény 40 alkalommal pásztázza nemcsak a corneát, hanem jellegéből adódóan az elülső csarnokot is, limbustól limbusig (hússzor balról jobbra, hússzor visszafelé) a 3 másodperces vizsgálati idő alatt (innen az angolszász nomenklátúra: scanning-slit topography). Egy résfényszeletről x, y és z irányban (tehát három dimenzióban) 240 pontot közvetít a kamera a vele összekötött számítógép felé, vagyis összesen közel 10000 pontot. Ebből készül el a speciális programmal a szaruhártya (és az elülső csarnok) háromdimenziós, valódi topogramja.

A topogramok – színes térképek

Elevatio: a cornea ideális gömbfelszíntől való eltérését adja meg mm-ben. A szaruhártya alakjáról nyújt információt. Elülső és hátsó felszín jellemző formája van. E két topogram különbségéből származik a cornea teljes vastagságára vonatkozó *vastagsági* térkép.

Átlagos törőerő: A szaruhártya valódi átlagos görbületét adja meg dioptriában (D). A különböző közegek határán a valóságos törésmutató adataival számol (levegő, $n=1$; cornea, $n=1,376$; csarnokvíz, $n=1,336$; ezért az elülső felszínen $\Delta n=0,376$, a hátsó felszínen $\Delta n=0,04$), ellentétben a konvencionális keratometriás értékkel szemben ($\Delta n=0,3376$). Az Orbscan a valódi topográfiai viszonyokat jellemzi, a könnyfilm stabilitása, vastagsága, zavarai nem befolyásolják.

Ennek ellenére a géptől kérhetjük a hagyományos keratometriás színes térképet is, de a fentiekből következően pontosabb és fontosabb az elülső és a hátsó topogram. Lehívható továbbá a szaruhártya vastagságnak megfelelő átlagos törőerő térképe is. Leggyakrabban a cornea görbületi anomáliáinál nyújt segítséget, így keratoconusban és transzplantáció után.

Axialis törőerő: A különböző görbületi sugarakhoz tartozó törőerőt jeleníti meg D-ban, hasonló a hagyományos topográfok színes térképeihez. Ennek pontosabb formája a tangentialis törőerő térképe. Mindkettő astigmatismus esetében használatos, elülső, hátsó és totális formái vannak.

Hemimeridián: Kitüntetett radiusok jellemzésére szolgál, amelyek a legmeredekebb, leglaposabb és átlagos topogramokkal jeleníthetők meg. Irreguláris corneák elemzésében nyújt segítséget, így astigmatismusban, keratoconusban és szaruhártya-átültetések után.

Optikai törőerő: A szaruhártya fókuszáló kapacitását jelenti D-ban. Keratometriás, elülső és totális topogramok ismertek.

A fenti topogramok a leggyakrabban használatos Orbscan színes térképek és mindegyik megjeleníthető háromdimenziós, forgatható formában is.

Vizsgált személyek

Az Orbscan topográfval 55 olyan egészséges egyént vizsgáltunk (26 nő, 29 férfi; átlagéletkoruk $61,43 \pm 16,43$ év), akiknek sem szisztémás, sem szemészeti betegsége (műtete) nem volt, továbbá kontaktlencsét sem viseltek. A mínusz és plusz 3,0 D feletti szferikus és astigmias fénytörési hibával rendelkező egyének sem kerültek vizsgálatra. A statisztikai értékelést javítandó csak jobb oldali corneákat vontunk elemzés alá.

A hagyományos keratometriával és topográfiával összehasonlításképpen meghatároztuk a minimum, maximum, az astigmias keratometriás és az axiális törőerő értéket. A cornea alakját az elevatio, görbületét az átlagos törőerő segítségével jellemeztük, a kurzorral kijelölve az elülső és hátsó felszíni topogramon a centrális és a legmeredekebb pontot. Az átlagos törőerő esetében a szferikus és a cilindrikus komponensek értékét is megadtuk.

Végül a vastagságot határoztuk meg, a centrumban és 45 fokonként, a középponttól 3 mm-re. Szintén rögzítettük az átlagos és legvékonyabb pachometriás értékeket.

A színes térképek közül az axiális törőerő topogramjait a korábban leírtak szerint kerek, ovális, szimmetrikus és aszimmetrikus csokornyakkendő és irreguláris alakzatok szerint csoportosítottuk. A további vizsgált színekódolt térképeket (elevatio, átlagos törőerő, vastagság) – szintén korábbi közlések szerint – kerek, ovális, decentrált kerek és decentrált ovális csoportokba osztottuk.⁸ Eszerint, ha a legmelegebb szín legrövidebb átmérője a leghosszabb átmérő kétharmada vagy több, akkor kerek, ha kevesebb, ovális alakzatról beszélünk. Ha ennek a formának legalább a fele a 3 mm-es centrális zónán kívül esik, akkor decentrált a topogram.

Statisztika

A leíró statisztika során a kapott eredményeket az átlag- és a standard deviációval jellemeztük (átlag $\pm$ SD). Az összefüggések elemzésére a Spearman-féle korrelációs koeficiens („r”) használtuk (értéke $-1,0$ és $+1,0$ közötti, a korreláció erősségétől és arányától függően). Két változó érték összehasonlításakor a Wilcoxon-teszt „p”-értékét adtuk meg, amelyet $<0,05$ esetben tekintettünk szignifikánsnak.

Eredmények

A minimum, maximum és astigmias keratometriás érték sorrendben $42,08 \pm 1,74$; $43,74 \pm 2,32$ és $1,07 \pm 0,81$ D volt.

1. táblázat. Az elülső és hátsó szaruhártya-felszín átlagos törőereje Orbscan topográfákkal, dioptriában megadva (n=55)

Elülső, centrális, szferikus	49,37±2,60
Elülső, centrális, cilindrikus	2,09±0,84
Elülső, legmeredekebb, szferikus	50,94±2,12
Elülső, legmeredekebb, cilindrikus	2,09±0,75
Hátsó, centrális, szferikus	-6,57±0,64
Hátsó, centrális, cilindrikus	-0,75±0,56
Hátsó, legmeredekebb, szferikus	-7,16±0,54
Hátsó, legmeredekebb, cilindrikus	-0,88±0,77

2. táblázat. A középponttól 3 mm-re, 45 fokenként mért corneavastagság µm-ben (n=55)

Temporalis	652,67±52,13
Superotemporalis	662,42±50,80
Superior	668,93±48,53
Superonasalis	665,04±47,94
Nasalis	672,56±51,18
Inferonasalis	673,85±47,94
Inferior	660,76±45,24
Inferotemporalis	649,95±51,66

3. táblázat. A különböző Orbscan-topogramok megjelenési formái

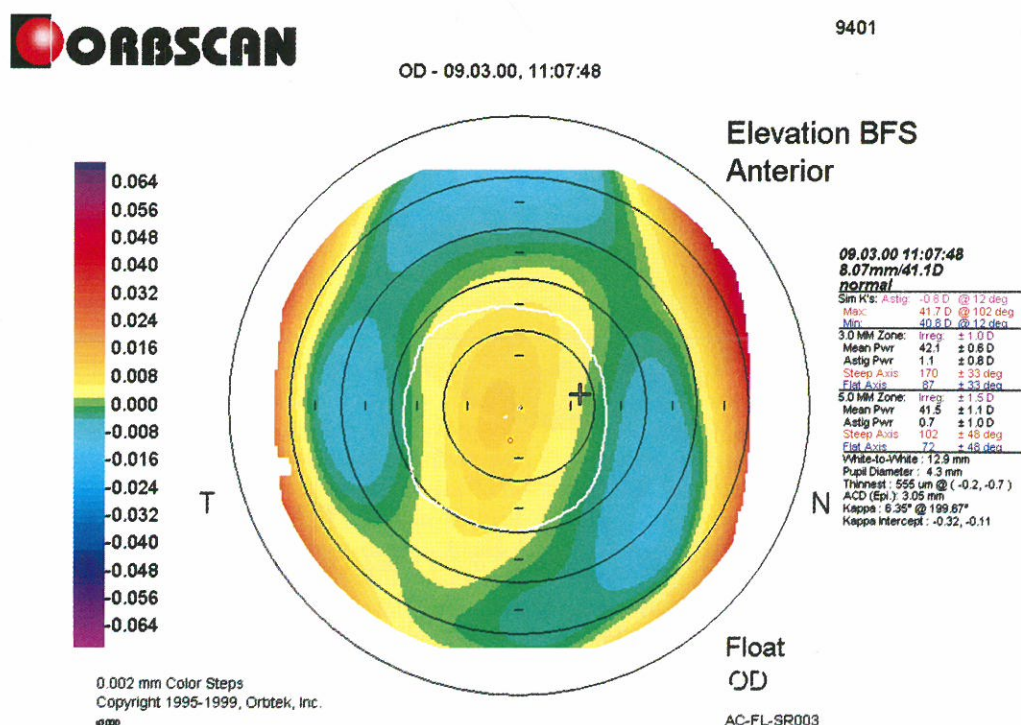
	Kerek	Ovális	Decentrált kerek	Decentrált ovális
Elevatio, elülső	15 (27,3%)	21 (38,2%)	2 (3,6%)	17 (30,9%)
Elevatio, hátsó	17 (30,9%)	22 (40%)	2 (3,6%)	14 (25,5%)
Átlagos törőerő, elülső	8 (14,5%)	21 (38,2%)	5 (9,1%)	21 (38,2%)
Átlagos törőerő, hátsó	12 (21,8%)	24 (43,7%)	1 (1,8%)	18 (32,7%)
Vastagság	20 (36,4%)	25 (45,4%)	1 (1,8%)	9 (16,4%)

Az axiális törőerő 49,09±2,30 D volt a centrumban és 51,17±2,52 D a legmeredekebb pontban.

Az elülső elevatio 0,0105±0,0079 mm-nek bizonyult a középpontban és 0,0155±0,0118 mm-nek a legmeredekebb pontban, a hátsó topogramon pedig a hasonló értékek 0,0229±0,0162 mm, illetve 0,0353±0,0215 mm volt. Az elülső és a hátsó elevatiós adatok mind a középpontban, mind a legmeredekebb pontban szignifikáns különbséget mutattak (p<0,0001).

Az átlagos törőerő dioptriaértéke az elülső felszínen pozitív, a hátsó felszínen negatív előjelű volt; az egyes adatokat táblázatban foglaltuk össze (1. táblázat). Az elülső és hátsó szferikus törőerő érték a centrumban (r=-0,27; p=0,04) és a legmeredekebb pontban (r=-0,44; p=0,001) is szignifikánsan fordítottan volt arányos. Ezzel szemben a hasonló helyeken meghatározott cilindrikus dioptriaértékek között nem volt kimutatható korreláció.

A szaruhártya vastagsága átlagosan 664,91±48,57 µm, a középpontban 589,71±53,41 µm volt. A legvékonyabbnak a

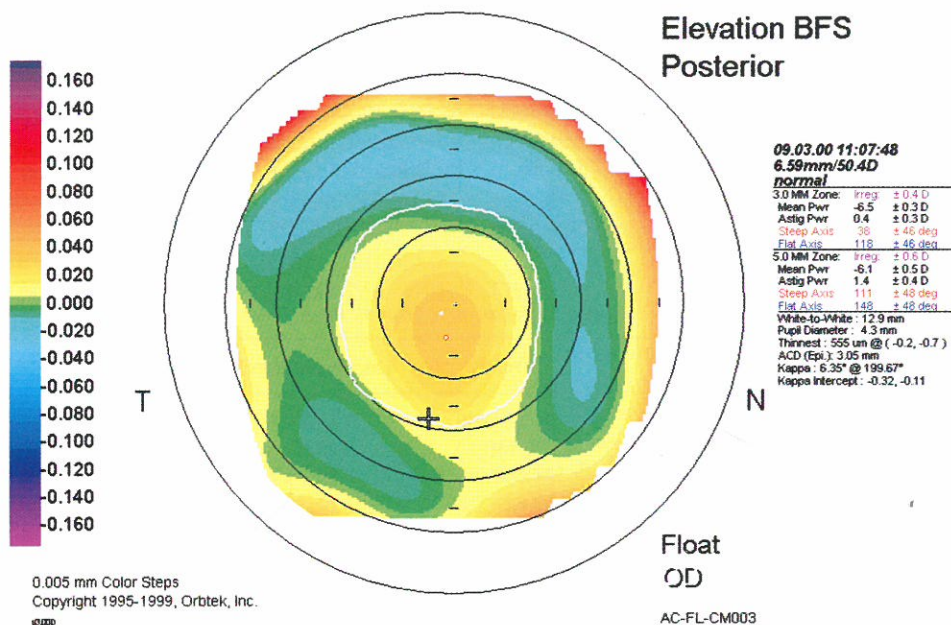


1. ábra. Elülső elevatio színes, ovális formát mutató topogramja



OD - 09.03.00, 11:07:48

9401

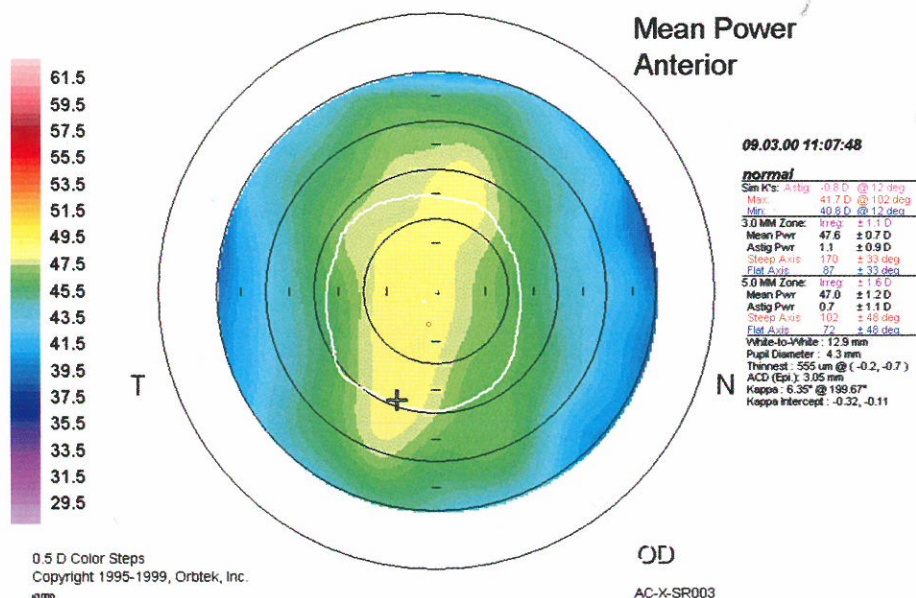


2. ábra. Hátsó elevatio kerek alakzatú topogramja



OD - 09.03.00, 11:07:48

9401



3. ábra. Az átlagos törőerő elülső felszínének ovális formájú színekódolt térképe

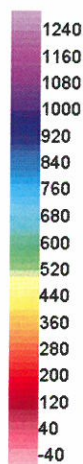
szaruhártyát – átlagban $574,64 \pm 50,54 \mu\text{m}$ -t – az esetek 45,5%-ában ($n=25$) az alsó temporális kvadránsban mértük, amit 23,7%-kal ($n=13$) a felső temporális, 21,8%-kal ($n=12$) a felső nasális és 9,0%-kal ($n=5$) az alsó nasális kvadráns követett. A középponttól 3 mm-re mért pachometria adatokat táblázatban tüntettük fel (2. táblázat).

Az axialis törőerő (hagyományos topográfiát szimuláló) topogramja a legtöbb esetben csokornyakkendő alakzatot mutatott (szimmetrikus, $n=26$, 47,3%; aszimmetrikus $n=19$, 34,5%). Ovális 5 (9,1%), kerek 3 (5,5%) és irregularis alakzat 2 esetben (3,6%) fordult elő. Az elevatio, az átlagos törőerő és a vastagság esetében a színes térképek főként

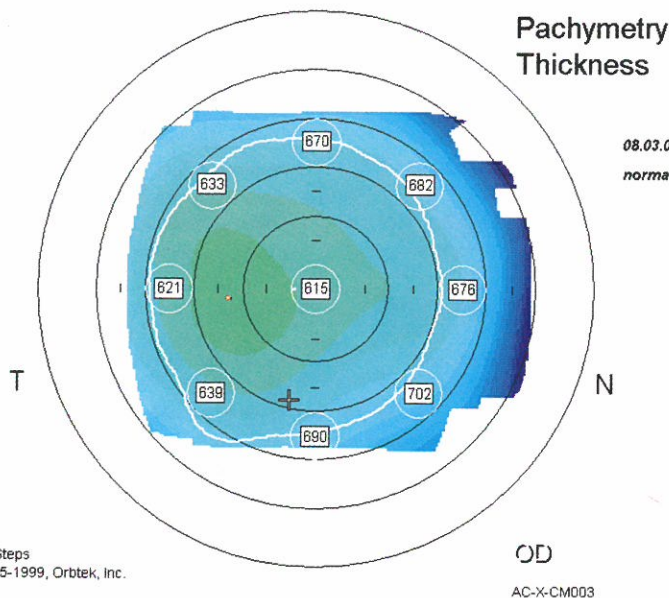


OD - 08.03.00, 17:24:19

9401



20 mic Color Steps
Copyright 1995-1999, Orbtek, Inc.



4. ábra. Decentrált ovális alakzatú pachometriás térkép, a középpontban és tőle 3 mm-re, 45 fokonként az értékek numerikusan, μm -ben megjelenítve. A narancssárga pötty (amely minden ábrán látható) a cornea legvékonyabb pontját jelöli

ovális formát mutattak (1., 2., 3., 4. ábra), ezeket szintén táblázatban jelenítettük meg (3. táblázat).

Megbeszélés

A jelenlegi tanulmányban az Orbscan topográfia mért kertometria és axiális törőerő hasonló volt, mint a hagyományos keratometerekkel és cornea-topográfokkal mért dioptria értékek (42–44 D).^{2,12} Továbbá az eredmények egyeztek a kisszámú Orbscan topográfias közlés adataival is.^{8,9}

Ezzel az új műszerrel a szaruhártya alakja az elevációval, a görbülete pedig az átlagos törőerővel jellemezhető. Eredményeink bizonyítják azokat a korábbi megfigyeléseket, amelyek szerint a cornea nem szabályos félgömb alakú.² A hátsó felszín törékesebb mint az elülső, nemcsak – mint láttuk – normális szemeken, hanem fénytörési hibák és keratoconus eseteiben is.^{15,18}

A szaruhártya hátsó felszínének tanulmányozása az utóbbi időben kifejezetten előtérbe került refraktív sebészeti eljárások, keratoplastikák után. Ennek során bizonyítást nyert, hogy a hátsó felszín szignifikáns változást szenved photorefractiv keratectomia (PRK) és laser in situ keratomileusis (LASIK) során.³ Ugyanakkor Orbscan-kontrollált, személyre szabott beavatkozásoknál ezek a hatások csökkenthetők, kivédhetők.¹⁵ Szaruhártya-átültetések után pedig kimutatták, hogy dupla tova futó varratsort használva, a hátsó felszín görbülete nem különbözött szignifikánsan a kontrollként használt normális corneák hátsó felszínétől.¹⁷

A cornea vastagsága vizsgálataink szerint centrálisan átlagosan 589,71 μm volt. Ez hasonló volt más Orbscan pachometriás adatahoz, Liu és Yaylali egyaránt 571 μm -ről

számoltak be.^{9,19} Ugyancsak Liu egy másik tanulmányban (hasonlóan saját méréseinkhez, kizárólag jobb oldali corneákat megmérve) 560 μm centrális vastagságot mért, legvékonyabb átlagértékként 550 μm -t kapott és a legtöbb esetben ez az inferotemporalis kvadránsba lokalizálódott.⁸ Saját esetünkben hasonló lokalizációval ez az érték 574,64 μm volt.

Egy összehasonlító cikkben az Orbscannel mért vastagság a középpontban 596 μm volt és a legjobb reprodukálhatóságot mutatta, összehasonlítva optikai és ultrahangos technikákkal.¹⁰ Saját korábbi megfigyeléseink szerint pedig az Orbscan pachymetria szignifikánsan nagyobb vastagságot mért, mint az ultrahangos, és kisebbet, mint a spekulár mikroszkópiás technika.¹⁴

A színkódolt térképeket elemezve, az axiális törőerő topogramjait a csokornyakkendő alakzatok uralták, ami megegyezett korábbi – részben saját – közlésekkel.^{2,12} Az elevatio, az átlagos törőerő és a vastagság tekintetében az ovális alakzat volt az uralkodó forma. A vastagság tekintetében ez egyezett korábbi adatokkal, a többi esetben azonban hasonló leírással nem találkoztunk.^{8,9} Valószínűleg az Orbscan topogramok egymásba alakulni képes formák, a napszak, az általános állapot függvényében, csakúgy, mint a hagyományos topogramok esetében.^{2,12}

Összefoglalva megállapítható, hogy az Orbscan egy olyan új műszer, amely képes a szaruhártya fontos paramétereit (törőerő, vastagság) egyszerre, rövid idő alatt, érintés nélkül meghatározni. A normális szemekről nyert adatok referenciaként szolgálnak mind a szaruhártya anatómiájának, fizioiogiájának, mind a különböző betegségeinek, műtéti technikáinak pontosabb tanulmányozásában, megítélésében.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény a Bolyai János és az OTKA (T 037625) kutatási ösztöndíj felhasználásával készült.

Irodalom

1. Berta A., Vámosi P., Lampé Zs., Módis L.: Videokeratoszkópián alapuló számítógépes corneatopográfia. *Szemészet* 131, 199-203 (1994).
2. Bogan S.J., Waring III G.O., Ibrahim O., Drews C., Curtis L.: Classification of normal corneal topography based on computer-assisted videokeratography. *Arch Ophthalmol* 108, 945-949 (1990).
3. Dausch D., Schröder E., Dausch S.: Topography-controlled excimer laser photorefractive keratectomy. *J Refract Surg* 16, 13-22 (2000).
4. Ehlers N., Hansen F.K.: On the optical measurement of corneal thickness. *Acta Ophthalmol Scand* 49, 65-81 (1971).
5. Hitzenberger C.K., Drexler W., Fercher A.F.: Measurement of corneal thickness by laser doppler interferometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 33, 98-103, (1992).
6. Kremer F.B.: A new instrument for clinical pachometry, In: Schachar R.A., Levy N.S., Schachar L. (eds.): *Radial keratotomy*. LAL Publishing, Denison, Texas p. 201 (1980).
7. Lemp M.A., Dilly P.N., Boyde A.: Tandem-scanning (confocal) microscopy of the full-thickness cornea. *Cornea* 4, 205-209 (1985).
8. Liu Z., Huang A.J., Pflugfelder S.C.: Evaluation of corneal thickness and topography in normal eyes using the Orbscan corneal topography system. *Br J Ophthalmol* 83, 774-778 (1999).
9. Liu Z., Pflugfelder S.C.: Corneal thickness is reduced in dry eye. *Cornea* 18, 403-407 (1999).
10. Marsich M.W., Bullimore M.A.: The repeatability of corneal thickness measures. *Cornea* 19, 792-795 (2000).
11. Mishima S., Hedbys B.O.: Measurement of of corneal thickness with the Haag-Streit pachometer. *Arch Ophthalmol* 80, 710-713 (1968).
12. Módis L., Lampé Zs., Vámosi P., Berta A.: Normális corneák topográfiai vizsgálata. *Szemészet* 131, 207-210 (1994).
13. Módis L., Süveges K., Takács L., Balázs K., Berta A.: Pachymetriai vizsgálatok normális corneákon: optikai és ultrahangos módszerek. *Szemészet* 132, 127-131 (1995).
14. Módis L., Langenbucher A., Seitz B.: Scanning-slit and specular microscopic pachymetry in comparison with ultrasonic determination of corneal thickness. *Cornea* 20, 711-714 (2001).
15. Nagy Z.Zs., Süveges I.: Első eredmények a MEL-70_{G-Scan} flying spot lézer és a topográfián alapuló személyre szabott PRK-kezelések (TOSCA-módszer) összekapcsolásával. *Szemészet* 138, 129-135 (2001).
16. Pierro L., Conforto E., Resti A.G., Lattanzio R.: High-frequency ultrasound biomicroscopy versus ultrasound and optical pachymetry for the measurement of corneal thickness. *Ophthalmologica* 212(Suppl 1), 1-3 (1998).
17. Seitz B., Langenbucher A., Beyer A., Kus M.M., Behrens A.: [Posterior corneal curvature after penetrating keratoplasty before and after suture removal]. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 217, 137-143 (2000).
18. Tomidokoro A., Oshika T., Amano S., Higaki S., Maeda N., Miyata K.: Changes in anterior and posterior corneal curvatures in keratoconus. *Ophthalmology* 107, 1328-1332 (2000).
19. Yaylali V., Kaufman S.C., Thompson H.W.: Corneal thickness measurements with the Orbscan Topography System and ultrasonic pachymetry. *J Cataract Refract Surg* 23, 1345-1350 (1997).
20. Vámosi P., Sohajda Z., Módis L., Vámosi Gy.: Comparison of the EyeSys videokeratoscope with different keratometers. *Acta Ophthalmol Scand* 76, 158-165 (1998).

A szerző levelezési címe: Dr. Módis László
DEOEC, Szemészeti Klinika
4012 Debrecen, Nagyterdei körút 98.