

A Debreceni Orvostudományi Egyetem Szemklinikájának (igazgató: Berta András egyetemi tanár) közleménye

Pachymetriai vizsgálatok normális corneákon: optikai és ultrahangos módszerek*

Módis L., Süveges K.,** Takács Lili,
Balázs Krisztina és Berta A.*

Szerzők 30 normális corneán végeztek pachymetriai vizsgálatokat Zeiss-Opton, Haag-Streit optikai és ultrahangos módszerekkel. A vizsgált személyeket 3 korcsoportba osztották, majd mindhárom műszerrel korcsoportonként 10-10 szaruhártyán végezték el a méréseket. A centrális cornea vastagság Zeiss-Opton pachyméterrel 530,00 μm (SD=29,83), Haag-Streit pachyméterrel 524,50 μm (SD=22,53), ultrahanggal 536,70 μm (SD=30,15) volt, amely adatok egyeztek más szerzők adataival. Mindhárom korcsoportban a legnagyobb vastagság értékeket az ultrahangos, legkisebb értékeket (kivéve a 2. korcsoportot) a Haag-Streit pachymetriás adatok mutatták, az eltérések azonban nem voltak szignifikánsak. A pachymetriás adatok az életkor függvényében nem változtak, nem volt szignifikáns különbség a nemek, valamint a jobb és a bal szem között sem. Szerzők a hazai szemészeti irodalomban elsőként számolnak be ultrahangos szaruhártya vastagság mérésről.

Kulcsszavak: optikai pachymetria, ultrahangos pachymetria, normális humán cornea

Pachymetry on normal corneas: optical and ultrasound methods

Authors performed pachymetry on 30 normal corneas with Zeiss-Opton, Haag-Streit optical and with ultrasound methods. The individuals were classified in 3 age groups, measurements were performed with all instruments on 10 people per age groups. Central corneal thickness measurement showed 530,00 μm (SD=29,83) with Zeiss-Opton, 524,50 μm (SD=22,53) with Haag-Streit and 536,70 μm (SD=30,15) with ultrasound pachymetry. These data corresponded with those found in the literature. In each age group the thickest measurements were performed with the ultrasound, the thinnest [except in the second age group] with the Haag-Streit method, but the alterations were not significant. Pachymetry data showed no changes with increasing age, with sex and right and left sides. Authors reported on ultrasound pachymetry measurements first in the Hungarian ophthalmological literature.

Keywords: Optical pachymetry, ultrasound pachymetry, normal human corneas

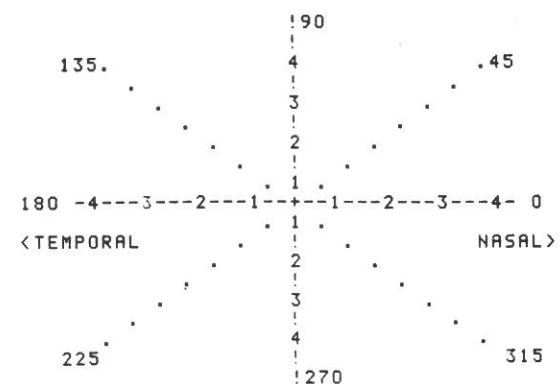
A szaruhártya vastagságának mérése fontos adat a cornea struktúrájának, funkciójának megítélésében, refraktív sebészeti eljárásokban, különböző szemészeti kórképek megítélésében és nyomonkövetésében. Az első optikai módszeren alapuló centrális cornea vastagság meghatározást Blix végezte (1880), amelynek módosítása főként von Bahr (1948), Jaeger (1952) (cit.: Ehlers, [11]), Mishima, Hedbys (1968) [23] és Ehlers (1971) nevéhez fűződik [11]. Az ultrahangos vizsgálatot ebben a témakörben először Kremer írta le 1980-ban [cit.: Kaufman 19]. Pachymetriai vizsgálatokhoz jelenleg az alábbi standard módszerek elfogadottak: optikai, ultrahangos technika, lézer interferometria és specular mikroszkópia [4, 15, 25, 29, 37]. A normális cornea vastagságáról az egyes tankönyvek, kézikönyvek adatai különbözőek, és jelentős eltéréseket mutatnak [1, 5, 7, 12, 18]. A tanulmány célja, hogy a rendelkezésünkre álló optikai és ultrahangos módszerekkel meghatározzuk a normális szaruhártyák vastagságát, és a kapott adatokat statisztikailag feldolgozzuk. A méréseket úgy terveztük, hogy a normális corneák vastagságát az életkor függvényében is nyomon követhessük. Szerzők a hazai szemészeti irodalomban először számolnak be ultrahangos szaruhártya vastagság mérésről.

Módszerek

Az optikai centrális cornea vastagság mérését Haag-Streit és Zeiss-Opton réslámpára illeszthető feltételekkel végeztük. Az aktuálisan mért értékeket keratometriás adatok függvényében táblázat segítségével korrigáltuk. A mérési elv mindkét műszer esetében ismert és hasonló, alapjait még Jaeger ismertette 1952-ben [cit.: Ehlers 11].

Az ultrahangos pachymetriát Paxial 6.1 (Alcon) típusú készülékkel végeztük.

EYE : RIGHT PHAKIC									
-PACHYMETRY-									
ACTUAL READING (MICROMETERS)									
VELOCITY: 1550 M/S									
CENTER : 542		IDF CENTER: 110							
		RINGS							
DIAM. (MM)		*3	*6	*9	*12				
		* R1	* R2	* R3	* R4				
A	0	* 577	* 596	* 604	* 705				
N	45	* 565	* 596	* 600	* 771				
G	90	* 561	* 569	* 604	* 685				
L	135	* 542	* 600	* 596	* 778				
E	180	* 558	* 558	* 608	* 651				
S	225	* 542	* 569	* 600	* 678				
	270	* 558	* 569	* 600	* 763				
	315	* 558	* 577	* 596	* 763				
SMALLEST		* 542	* 558	* 596	* 651				
AVERAGE		* 557	* 579	* 601	* 724				
IDF. %		* 95	* 95	* 95	* 95				



1. ábra. Ultrahangos pachymetriás vizsgálati eredmények. Mérési pontok a centrumon kívül 3, 6, 9, 12 mm-es átmérőjű körökben 45°-onként.

* A szerzők cikküket Dr. Alberth Béla egyetemi tanár 70. születésnapjára ajánlják

** okl. mérnök, Műszaki Főiskola, Szolnok

léssel végeztük. A mérés elve egyező az ultrahangos diagnosztikában ismert A-mód elvével. Az ultrahang hullámokat a vizsgálófej bocsátja ki és detektálja. A képernyőn az iniciális echón kívül a cornea elülső és hátsó felszínéről visszaverődő echotüskék ábrázolódnak. A cornea vastagságát tulajdonképpen a műszerben lévő számítógépes program határozza meg, amely függ az ultrahang corneában való terjedési sebességétől. Készülékünkben a transducer átmérője 1,6 mm, frekvenciája 16 MHz, az ultrahang terjedési sebessége a corneában a gyár által kalibráltan 1550 m/s. Maga a mérés kontakt módon történik, megfelelő kalibráció után, a lehető legalacsonyabb erősítést alkalmazva. A vizsgálat során a vizsgálófej merőleges kell hogy legyen a cornea felszínére. A készülék segítségével a cornea vastagságát meghatározhatjuk a szaruhártya centrumán kívül a centrumhoz viszonyítva 3, 6, 9, 12 mm-es átmérőjű körökben 45°-os felosztásban. A mért értékeket sematikus rajz alapján értékelhetjük, amely nyomtatásban is megjeleníthető (I. ábra).

Tizenkilenc személy harminc corneáját vizsgáltuk, amelynek feltételei a következők voltak: korrekció nélküli teljes látásélesség, sima, csillogó cornea; az illető kontaktlencsét sosem hordott, szemészeti betegsége nem volt.

A vizsgált személyeket három korcsoportba osztottuk [34],

minden életszakaszban 10–10 corneát vizsgáltunk. Az első korcsoportba 24 éves korig (juvenilitás), a másodikba 24-től 40 éves korig (maturitás), a harmadikba a 40 év felettieket soroltuk (senectus). A vizsgált személyek átlagéletkora 39,1 év, közülük 16 nő és 14 férfi, a jobb és bal szemek megoszlása szintén 16–14 volt. A méréseket egy corneán mindhárom műszerrel háromszor végeztük el, és azokat műszerenként átlagoltuk.

Tekintettel arra, hogy a rendelkezésünkre álló optikai pachymetriával csak a centrális cornea vastagságát lehet megmérni, az ultrahangos pachymetriás adatokból is csak a centrális mérési eredményeket használtuk fel.

Eredmények

A mérési eredményeket korcsoportonként és műszerenként táblázatokban tüntettük fel (I. II. III. táblázat). Megadtuk a centrális cornea vastagságát, a centrális vastagságra vonatkozó 95 %-os szignifikancia szintet, az átlagtól való átlagos eltérés mértékét (SD-standard deviation), és az átlagos standard hibát (SEM-standard error of mean). Az összes korcsoportra vonatkozó adatokat szintén táblázatban tüntettük fel (IV. táblázat).

I. táblázat

1. Korcsoport-Juvenilitás (24 éves korig)

	ZEISS-OPTON	HAAG-STREIT	ULTRAHANG
CCV (μm)	522,00 95% szignifikancia szint: 495.90–548.10	518.00 95% szignifikancia szint: 492.10–543.90	523.50 95% szignifikancia szint: 497.32–549.68
SD (μm)	27.00	22.01	22.95
SEM (μm)	8.52	6.96	7.26

CCV= centrális cornea vastagsága, SD= átlagtól való átlagos eltérés mértéke (standard deviation), SEM= átlagos standard hiba (standard error of mean)

II. táblázat

2. Korcsoport-Maturitás (24–40 éves korig)

	ZEISS-OPTON	HAAG-STREIT	ULTRAHANG
CCV (μm)	529.09 95% szignifikancia szint: 502.64–555.55	530.45 95% szignifikancia szint: 503.93–556.98	541.36 95% szignifikancia szint: 514.30–568.43
SD (μm)	34.77	23.92	32.32
SEM (μm)	10.48	7.21	9.75

III. táblázat
3. Korcsoport-Senectus (40 éves kör fölött)

	ZEISS-OPTON	HAAG-STREIT	ULTRAHANG
CCV (μm)	542.73 95% szignifikancia szint: 515.59–569.86	530.00 95% szignifikancia szint: 503.50–556.50	546.73 95% szignifikancia szint: 519.39–574.06
SD (μm)	29.01	24.08	29.51
SEM (μm)	8.75	7.26	8.90

IV. táblázat
Összes csoport

	ZEISS-OPTON	HAAG-STREIT	ULTRAHANG
CCV (μm)	530.00 95% szignifikancia szint: 503.50–556.50	524.50 95% szignifikancia szint: 498.27–550.73	536.70 95% szignifikancia szint: 509.86–563.54
SD (μm)	29.83	22.53	30.15
SEM (μm)	5.45	4.11	5.50

Megbeszélés

Az egyes tankönyvek és kézikönyvek a centrális cornea vastagságot illetően különböző adatokról számolnak be: 500, 520, 500–600 μm között értékben [1, 5, 7, 12, 18]. Többek között ezért is határoztuk el, hogy a rendelkezésünkre álló Zeiss-Opton, Haag-Streit optikai és Alcon ultrahangos készülékkel meghatározzuk a normális cornea vastagságot. Jelenleg már, az előbb említett módszereken kívül, az alábbi pachymetriai vizsgálómódszerek is elfogadottá és elterjedté váltak mint a lézer interferometria és a spekulár mikroszkópia [4, 15, 25, 29, 37].

Méréseink szerint mindhárom műszer és mindhárom korcsoport esetén megállapítható, hogy a centrális cornea vastagságról kapott értékeink egyeztek más szerzők adataival (V. táblázat). [13, 15, 23, 24, 25, 27]. A pachymetriás adatok az életkor függvényében nem változtak, nem volt szignifikáns különbség a nemek, valamint a jobb és a bal szem vonatkozásában sem. Adataink részben egyeztek irodalmi adatok többségével [10, 14, 16, 22, 24, 30]. Kivételt képeztek Alsóbir vizsgálati, aki nagyszámú grönlandi eszkimó lakosságot vizsgálva az életkor előrehaladtával a corneák vékonyodását észlelte, szignifikáns nemi, etnikai különbséget, genetikai befolyást és környezeti hatásokat mutatott ki a cornea vastagságot illetően [2, 3]. Szintén kivételt jelentett több szerző megfigyelése, hogy optikai pachymetriával a bal szem corneája mindig szignifikánsan vastagabbnak mutatkozott mint a jobb szemé, amely eltérést a γ szöggel magyarázzák [8, 11, 29]. Mindhárom korcsoportban a legnagyobb vastagság értékeket az ultrahangos, legkisebb értékeket (kivéve a 2. korcsoportot) a Haag-Streit pachymetriás adatok mutatták, az eltérések azonban nem voltak szignifikánsak.

Az átlagtól való eltérés (SD) az első életszakaszban volt a legalacsonyabb. A műszereket tekintve pedig szintén a Haag-Streit pachymeter mutatta a legalacsonyabb SD értékeket.

A mérések során az optikai és ultrahangos vizsgálatok között a már szintén leírt további különbségeket találtuk.

Az optikai pachymeterek nagy vizsgálat közbeni mérési ingadozásokat, eltéréseket mutattak [19, 29]. Az optikai vizsgálatokat a Mishima-Hedbys feltét teheti pontosabbá, amely a pachymetriás feltéthez még két apró fényforrást helyez, amelyek reflexiója jobban megítélhető [23].

Ezzel szemben az ultrahangos vizsgálatok kiváló reprodukálhatósággal és dokumentálhatósággal jellemezhetők [19, 29]. A módszer további előnye, hogy a készülék hordozható, kezelése könnyen elsajátítható, fekvő helyzetben is használható, nemcsak optikailag tiszta szaruhártyák esetén használható, és segítségével az egész cornea feltérképezhető. Az ultrahangos módszer esetén egzakt reflexiós pont nem pontosan ismert. A könnyfilm réteget (5–10 μm) ugyanis a vizsgálófej könnyen szétnyomja, az epitheliumot (50 μm) pedig komprimálhatja. A hátsó felszín esetében a reflexiós pont pedig terjedhet akár a Descemet-membrán és az endothelium közti rétegtől egészen az elülső csarnok kezdetéig [24]. Hasonló problémák persze az optikai pachymeterekkel is észlelhetők. A különböző mérési elvek miatt a két műszer csak empirikus úton hasonlítható össze.

A pachymetriát általában befolyásoló objektív tényezők a napi biológiai fluktuáció (0,006 mm), a cornea vastagságban, az alvás utáni duzzadt cornea, nőknél az oestrogen szintje [9]. Az optikai pachymetriát befolyásoló főbb tényezők pedig a nagyítás mértéke, a réslámpára történő illesztés pontossága, a résszélesség [9]. A keratometriás értékek szignifikáns eltéréseket nor-

V. táblázat
Egyes szerzők adatai a centrális cornea vastagságról

	No	CCV (μm)	SD (μm)	SEM (μm)	Módszer
Mishima és Hedbys (1968)	40	518	20,0	3,2	Optikai
Olsen és Ehlers (1984)	115	515	33,0	3,1	Spekulár mikroszkópia
Nissen és mtsai (1991)	68 68	531 524	40,4 38,8	4,9 4,7	Optikai Ultrahang
Giasson és Forthomme (1992)	62 62	543 541	27,7 29,3	3,5 3,7	Optikai Ultrahang
Hitzenberger és mtsai (1992)	16	536	27,0	6,7	Lézer interferometria
Reinstein és mstai (1994)	20	514,6	38,4	12,1	Digitalizált ultrahang

No=vizsgált corneák száma, CCV=centrális cornea vastagság, SD=átlagtól való átlagos eltérés mértéke (standard deviation), SEM=átlagos standard hiba (standard error of mean)

mális corneák esetén nem okoznak [26]. Az ultrahangos méréseket befolyásolhatja, hogy oedema esetén nő a az ultrahang terjedési sebessége a corneában [30]. Nem változik azonban az ultrahang terjedési sebessége az életkor előrehaladtával [24].

A mérési eredményeket tekintve mind az optikai – esetünkben a Haag-Streit – mind az ultrahangos módszer alkalmas lehet a cornea vastagságának pontos meghatározására megfelelő tapasztalat esetén.

A pachymeterek egyre inkább szerepet kapnak, nemcsak a refraktív sebészeti eljárásokban [32, 33, 35], hanem különböző szemészeti kórképek megítélésben és nyomonkövetésében. Kiválóan alkalmazhatóak ektatikus szaruhártya betegségek monitorizálásában [17]. A cornea sérülései esetén 600 μm feletti vastagság endothelium sérülést jelezhet [18]. Ha a normális vastagságának 30%-val növekszik a szaruhártya vastagsága epithelialis oedema várható [6]. Alkalmas keratoplasztika műtétek után kezdődő immunreakció megítélésére, katarakta műtétek [24, 38] és szövődménnyel járó kontaktlencse viselés utáni cornea oedema nyomon követésére [31]. A pachymetriai vizsgálat konzerv corneák felhasználhatóságának egyik jellemző adata [20]. Egyes szerzők szerint pedig a periférián kifejezetten vastag cornea kongesztív glaukómára lehet predisponáló tényező [36], bár újabb vizsgálatok ezt nem erősítik meg [21].

A jövő útja a nagyfrekvenciájú digitalizált ultrahang készülék, amely az A-módnál pontosabb I-[Image] mód alapján működik, képes 120 μm -ként az egész corneát letapogatni és külön

az epithelium vastagságát megmérni [27, 28]. Ezen műszerrel talán egyszer valóban igazán pontosan megtudhatjuk mennyi is a normális és kóros corneák vastagsága.

Irodalom

1. Alberth B. (szerk.): Szemészet, Budapest, Medicina (1990).
2. Alsbirk P. H.: Corneal thickness I. Age variation, sex difference, and oculometric correlations Acta Ophthalmol (Kbh) 56, 95–104 (1978).
3. Alsbirk P. H.: Corneal thickness II. Environmental and genetic factors Acta Ophthalmol (Kbh) 56, 105–113 (1978).
4. Azen S. P., Burg K. A., Smith R. E., Maguen E.: A comparison of three methods for the measurement of corneal thickness Invest Ophthalmol Vis. Sci 18, 535–538 (1979).
5. Blodi F. C., Mackensen G., Neubauer H.: Surgical Ophthalmology, Springer Verlag, Berlin Heidelberg (1988).
6. Castroviejo R., Devoe A. G., Dohlman C. H., Elliot J. H., Fine M., Smelser G. K. (szerk.): Dohlman CH, Hyndiuk RA: Subclinical and manifest corneal oedema after cataract extraction, Symposium on the cornea, The C. V. Mosby Company St. Louis (1972).
7. Duke Elder: System of ophthalmology, The C. V. Mosby Company St. Louis (1961).
8. Edmund C.: Determination of the corneal thickness profile by optical pachometry Acta Ophthalmol (Kbh) 65, 147–152 (1987).
9. Edmund C., la Cour M.: Some components affecting the precision of corneal thickness measurement performed by optical pachymetry Acta Ophthalmol (Kbh) 64, 499–503 (1986).

10. Ederer F.: Shall we count number of eyes or number of subjects? (editorial) *Arch Ophthalmol* 89, 1–2 (1973).
11. Ehlers N., Hansen F. K.: On the optical measurement of corneal thickness *Acta Ophthalmol (Kbh)* 49, 65–81 (1971).
12. François J., Hollwich F.: *Augenheilkunde in Klinik und Praxis*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1977).
13. Giasson C., Forthomme D.: Comparison of central corneal thickness measurement between optical and ultrasound pachometers *Invest Ophthalmol Vis Sci* 69, 236–241 (1992).
14. Hansen F. K.: A clinical study of the normal human central corneal thickness *Acta Ophthalmol (Kbh)* 49, 82–89 (1971).
15. Hitzemberger C. K., Drexler W., Fercher A. F.: Measurement of corneal thickness by laser doppler interferometry *Invest Ophthalmol Vis Sci* 33, 98–103 (1992).
16. Hovding G.: A clinical study of the association between thickness and curvature of the central cornea *Acta Ophthalmol (Kbh)* 61, 461–466 (1983).
17. Insler M. S., Baumann J. D.: Corneal thinnig syndromes *Ann Ophthalmol* 18, 74–75 (1986).
18. Kanski J. J.: *Clinical ophthalmology*, Butterworth, Oxford (1989).
19. Kaufman H. E., Barron B. A., McDonald M. B., Waltman S. R. (szerk): *The cornea* Churchill Livingstone (1988).
20. King J. H., McTigue (szerk): *Hassard D. T. R.: Selection of donor material for corneal grafting*, The cornea world congress, Butterworth, Washington (1965).
21. Korey M., Gieser D., Kass M. A., Waltman S. R., Gordon M., Becker B.: Central corneal endothelial cell density and central corneal thickness in ocular hypertension and primary open-angle glaucoma *Am J Ophthalmol* 94, 610–616 (1982).
22. Martola E. L., Baum J. L.: Central and peripheral corneal thickness *Arch Ophthalmol* 79, 28–30 (1968).
23. Mishima S., Hedbys B. O.: Measurement of corneal thickness with the Haag-Streit pachometer *Arch Ophthalmol* 80, 710–713 (1968).
24. Niessen J., Hjortdal J. O., Ehlers N., Larsen K. F., Sorensen T.: A clinical comparison of optical and ultrasonic pachometry *Acta Ophthalmol (Kbh)* 69, 659–663 (1991).
25. Olsen T., Ehlers N.: The thickness of the human cornea as determined by the specular method *Acta Ophthalmol (Kbh)* 62, 859–871 (1984).
26. Olsen T., Nielsen C. B., Ehlers N.: On the optical measurement of corneal thickness *Acta Ophthalmol (Kbh)* 58, 760–766 (1980).
27. Reinstei D. Z., Silverman R. H., Rondeau M. J., Coleman D. J.: Epithelial and corneal thickness measurements by high frequency ultrasound digital signal processing *Ophthalmology* 101, 140–146 (1994).
28. Reinstei D. Z., Silverman R. H., Trokel S. L., Coleman D. J.: Corneal pachymetric topography *Ophthalmology* 101, 432–438 (1994).
29. Salz J. J., Azen S. P., Berstein J., Caroline P., Villasenor R. A., Schanslin D. J.: Evaluation and comparison of sources of variability in the measurement of corneal thickness with ultrasonic and optical pachymeters *Ophthalmic Surg* 14, 750–754 (1983).
30. Siu A. W., Herse P. R.: The effect of age on human corneal thickness *Acta Ophthalmol (Kbh)* 71, 51–56 (1993).
31. Siu A. W., Herse P. R.: The effect of age on the edema response of the central and midperipheral cornea *Acta Ophthalmol (Kbh)* 71, 57–61 (1993).
32. Stark W. J., Bilbert M. J., Gottsch J. D., Munnerlyn C.: Optical pachometry in the measurement of anterior corneal disease: an evaluate tool for phototherapeutic keratectomy (correspondance) *Arch Ophthalmol* 108, 12–13 (1990).
33. Stucchi C. A., Gennari G., Aimino G., di Carlo I., Bauchiero L.: Systematic error in computerized pachymetry *Ophthalmologica* 207, 208–214 (1993).
34. Szentágothai J., Réthelyi M.: *Funkcionális anatómia* Budapest, Medicina (1985).
35. Thornton S. P.: A guide to pachymeters *Ophthalmic Surg* 15, 993–995 (1984).
36. Tomlinson A.: A clinical study of the central and peripheral thickness and curvature of the human cornea *Acta Ophthalmol (Kbh)* 50, 73–82 (1972).
37. Wheeler N. C., Morantes C. M., Kristensen R. M., Pettit T. H., Lee D. A.: Reliability coefficients of three corneal pachymeters *Am J Ophthalmol* 113, 645–651 (1992).
38. Zajácz M.: A hályogműtétet utáni reversibilis cornea oedemáról *Szemészet* 111, 94–99 (1974).

A közlemény az 1447. sz. OTKA pályázat támogatásával készült

Cím: Dr. Módos László

Debreceni Orvostudományi Egyetem Szemklinikája
4012 Debrecen, Nagyerdői krt. 98.