

초음파 생체계측에 의한 정시안의 안축장에 관한 고찰*

啓明大學校 醫科大學 眼科學教室

이내호 · 김기산 · 조윤애

== Abstract ==

The Axial Length of Normal Emmetropic Eyes by Ultrasonic Biometry

Rae Ho Lee, Ki San Kim, and Yoon Ae Cho

Department of Ophthalmology, Keimyung University
School of Medicine, Taegu, Korea

We measured the axial length of 170 normal emmetropic eyes using the A-mode of the Ocuscan-400 from Feb. 1, 1982 to August 31, 1982.

The results were as follows:

1. The range of the axial length of the eyeball was from 21.73mm to 25.47mm.
2. The mean axial length was 23.62mm, that of males was 23.87mm and 23.22mm in females.
3. The eyes with axial length from 23.00 to 24.50mm were found in 103 eyes of 170 eyes (60.6%) and axial lengths below 22.00mm were found in 5 of 170 eyes (2.9%) and above 25.00mm in 6 of 170 eyes (3.5%).

서 론

초음파가 안과 영역에서 처음 이용된 것은 1956년 Mundt¹⁾에 의해서이며 이후 많은 학자들에 의해 인내 및 안외내의 이상유무 검사와 생체계측에 이용되어져 왔다. 1957년 Oksala²⁾가 Amplitude mode를 안과영역에 이용한 이래 Yamamoto³⁾, Araki⁴⁾를 위시하여 Jansson⁵⁾, Sorsby⁶⁾, Coleman⁷⁾ 등 여러 학자들이 초음파 생체계측에 의한 안축장에 관해서 보고한 바 있다.

근래 백내장 수술시 인공수정체를 삽입하는 경향이 점차 증가하고 있는 추세에 저자들은 인공수정체의 도수결정에 필요한 안축장을 Ocuscan 400의 A-mode를 이용해서 측정할 수 있었기에 문헌적 고찰과 아울러 보고하는 바이다.

측정대상

1982년 2월 1일부터 1982년 8월 31일까지 본원 안

과에 내원한 환자 및 신체검사자 중에서 나안자각 시력이 1.0이상으로 매체에 이상이 없이, 협조가 잘 되는 15세 이상의 환자를 선택하였다.

남자는 50명, 여자는 36명 총 86명, 170안(이중 2명은 단안이었음)이었다.

측정방법

안검을 협주어 감압으로써 안구가 변형되는 것을 방지하기 위해 0.5% Tetracaine 용액을 점안한 후 파위에서 동일 검사자가 Ocuscan 400의 주파수 15 MHz의 A-mode용 transducer를 사용하여, 조직 속도를 1,550m/sec으로 고정하였다. Transducer와 안축을 일치시키기 위해, 첫째 수정체 전후의 반사파의 간격이 최대로 되게, 둘째 수정체 후면 반사파의 진폭이 최대로 되게, 셋째 초자체 거리가 최대로 되게, 넷째 초자체 망막면 반사파를 선행하는 낮은 진폭의 반사파가 나타나지 않게하고 측정하였다(Fig. 1, 2, 3).

* 본 논문은 1983년도 계명대학교 동산의료원 임상 연구 보조비로 이루어짐.

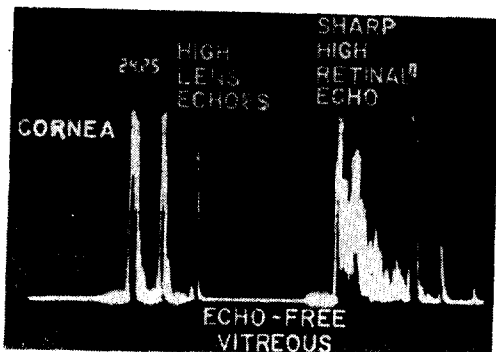


Fig. 1. Sonic beam along optic axis.



Fig. 2. Biometric system of Ocuscan 400.



Fig. 3. Transducer with frequency of 15MHz.

결 과

1. 최단 안축장은 21.73mm 이고, 최장 안축장은 25.47mm 였다.

2. 170안의 평균 안축장은 23.62mm 였고(표준편차 : 0.84), 이중 남자 99안의 평균치는 23.87 mm, 여자 71안의 평균치는 23.22mm 였다(Table 1).

Table 1. Mean axial length

Age	Sex	Male	Female	Total
15-19		24.14(16)	23.19(30)	23.52(46)
20-24		23.81(18)	23.27(18)	23.54(36)
25-29		24.07(20)	23.88(8)	24.01(28)
30-34		23.85(17)	22.41(3)	23.64(20)
35-39		23.77(22)	23.48(4)	23.73(26)
40-		23.10(6)	22.71(8)	22.88(14)
Total		23.87(99)	23.22(71)	23.62(170)

unit: mm (): No. of eyes

3. 안축장에 따른 분포를 보면 23.00~24.49mm 가 170안중 103안(60.6%) 21.50~21.99가 5안(2.9%) 25.00~25.49가 6안(3.5%)이었다. (Table 2, Fig. 4)

Table 2. Frequency distribution

Class	Frequency(%)
21.50~21.99	5(2.9)
22.00~22.49	15(8.8)
22.50~22.99	21(12.4)
23.00~23.49	33(19.4)
23.50~23.99	39(22.9)
24.00~24.49	31(18.3)
24.50~24.99	20(11.8)
25.00~25.49	6(3.5)
Total	170(100)

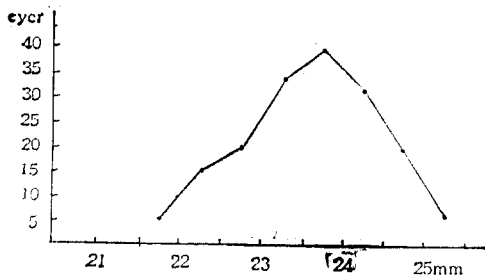


Fig. 4. Diagram of frequency distribution.

고 찰

초음파는 액체와 고체 속을 통과하는 진동이 20kHz 이상의 음파인데 안과 영역에서는 세밀한 해상력이 필요하므로 진동수가 높고 파장이 짧은 초음파가 이용된다. 안과 영역에서 이용되는 transducer는 주로 안구검사는 10, 15, 20MHz, 구후검사에는 5MHz, 양용으로는 10MHz를 사용하며, 안축장 측정에는 10~15MHz가 적당하다고 한다.

종래의 안축장 측정법으로는 X-선 광자에 의한 방법^{8,9)}과 Tenon 낭 공기 주입후 X-선 촬영법¹⁰⁾ 및 phakometry에 의해 계산하여 얻는 방법¹¹⁾ 등이 있으나 X-선 촬영법은 방사능에 의한 수경체와 망막의 손상 위험이 있는 동시에 안구 후극의 위치 선정이 주관적이기 때문에 많이 이용되지 않고 있으며, phakometry를 이용한 방법은 실제 부위보다 앞의 부위를 측정하게 됨으로써 야기되는 효과에 대한 수정을 요하기 때문에 복잡하고 부정확한 점이 있어 다각적이고 간편정확한 초음파 생체계측법이 안과 임상에서 많이 사용되고 있다.

초음파 생체계측법의 임상응용중 중요한 것은 첫째 안축장 측정에 의한 인공수정체의 도수 결정¹²⁾, 녹내장안의 전방 깊이와 수정체 두께의 비교¹³⁾ 및 안축장과 수정체 두께 변화와의 관계 등을 알 수 있다는 것과, 둘째 형태학적인 측정에 의해 안내종양의 크기와 성장의 비교 및 외안근의 두께 등을 관찰할 수 있는 것이다. 이외에도 Gernet^{14,15,16)}는 눈이 정시안화 되는 과정에서의 수정체 역할과 거대안구증의 진단에 이용한 바 있고, Coleman¹⁷⁾은 조절시 수정체의 위치변화를 측정하였으며, Abramson^{18,19)}은 녹내장안에서 Pilocarpine 점안시의 전방깊이와 수정체 두께의 변화를 연구하였고 Curtin²⁰⁾은 진행성근시의 안축장의 변화를, Bronson²¹⁾은 안구내이 물의 위치를, Coleman²²⁾은 안구내 종양의 크기의 변화를 관찰하는데 이용하였다.

초음파 생체계측법에는 A-mode(Amplitude mode), B-mode(Bright mode), M-mode(Motion mode)를 이용한 세가지 방법이 있다. A-mode 법은 1957년 Oksala가 처음 이용하였는데 이는 어떤 선택된 축을 따른 각 거리에서의 기능을 보아 조직 경계를 알아내는 것이고, B-mode 법은 1958년 Baum²³⁾에 의해 소개되었는데 이는 안구 빛 안와를 횡단면으로 나타내어 질병상태를 정확히 진단할 수 있게 하는 것이며, M-mode 법은 1969년 Coleman²⁴⁾이 처음 보고하였는데 이는 안구의 어떤 선택된 축

을 따라 조직운동의 시간적인 흐름을 보여줌으로써 진단에 이용하는 것이다. 초음파에 의한 생체계측법중 A-mode 법이 안구 및 안와의 크기를 객관적으로 정확간편하게 측정할 수 있으므로 A-mode 법이 안축장 측정에서 가장 기본적인 동시에 대표적인 방법이다.

초음파에 의한 안축장 측정법의 역사를 보면 transducer를 각각에 접촉시키는 접촉법에 의한 안축장 측정법이 1960년 Yamamoto, Nakagima²⁵⁾에 의해 보고되었고 그후 1961년 Araki 등이 현재 사용되고 있는 수침법을 개발하였으나 실용성이 없어 보급되지 않았는데 1967년 Coleman 등이 electronic interval counter를 이용하여 측정치는 digital로 표시시켜 임상에서 용이하게 이용할 수 있는 장치로 개발한 후로는 임상에서 인공수정체의 도수 결정에 안축장이 필요하므로 선진국에서 널리 보급되고 있다.

A-mode 법에 의한 생체계측의 원리는 transducer를 직접 안구에 접촉(접촉법)시키든지 혹은 물에 넣어(수침법) 초음파를 안구내에 입사시키면 초음파 pulse는 음향적 성질이 서로 다른 조직의 경계면에를 들면 각막 전후면, 수정체 전후면 및 망막 등에 의해 반사되어 다시 transducer를 통해 수신되어 전기 신호로 변환되어 반사파가 Fig.1에서와 같이 각막과 수정체 전후면 및 망막의 비진폭이 display system에 나타나는 동시에 안축장이 digital로 표시된다. Display system에는 initial pulse는 Y축상, 시간은 X축상에 나타난다. 안축장 측정용 transducer는 분해능(resolution)이 문제가 되는데 거리분해능(axial resolution) 즉 축방향의 분해능과 방위분해능(lateral resolution) 즉 횡방향의 분해능이 있다. 거리분해능은 transducer의 주파수가 많을 수록 파장의 폭은 좁아져서 분해능은 상승하는데 안내에서의 분해능은 5MHz로는 약 0.15mm, 10MHz로는 약 0.075mm, 20MHz로는 약 0.038mm로서 안축장의 측정에는 적어도 10MHz 이상의 transducer를 사용할 필요가 있고 또 전방과 수정체와 같은 거리가 짧은 것을 측정할 시는 더욱 고주파의 transducer를 사용할 필요가 있다. 방위분해능은 transducer의 모양과 크기에 의해 결정되는 Beam 폭이 좁으면 분해능은 좋아지므로 안축장 측정시는 거리분해능과 방위분해능을 생각하면 이론상으로 고주파의 오목면 transducer가 더욱 좋다.

Transducer의 접촉자를 안구에 접촉시키는 방법에는 접촉법과 수침법이 있는데 접촉법은 각막에 접

착상태가 불명확하며 수정체 전면이 송신 pulse 속에 들어가 전방의 깊이와 수정체 두께를 알 수 없으며 각 매질에 의한 음속환산이 불가능하여 정확한 안축장 측정이 되지 않으므로 전제는 수침법이 일반적 방법으로 이용되고 있다.

A-mode 생체계측법으로 측정할 때 주의하여야 할 점들은 다음과 같다. 첫째 : 안구에 압력이 가해지므로 각막이 편평해지거나 변형되기 쉬워 transducer의 광선이 일치하지 않을 경우가 있다. 이것을 방지하기 위해 Leary²⁹⁾는 변형기 없이 광선이 들어 있는 plastic 원통을 달아 끝은 유열성이 있는 밖으로 만들고 각막에 가볍게 닿을 수 있게 하여 각막의 변형을 거의 고려치 않는 "Water Standoff probe"를 사용하였는데 저자들이 사용한 Ocuscan 400도 이 종류에 속한다.

둘째, 안축장을 측정할 때는 관계가 없지만 총채가 transducer에서 나온 초음파를 차단해서 송파와 수정체 전면 사이의 정확한 구별은 할 수 없게 하는 경우가 있는데 이때는 산동시키면 된다.

셋째 : 안검을 힘주어 감으면 안구가 변형되므로 이를 방지하기 위해 극소마취제를 점안하는데 저자들은 모두 0.5% tetracaine 용액을 사용하였다.

넷째, transducer가 안축과 일치하지 않을 때 초차적 망막면 반사파를 선행하는 낮은 진폭의 반사파가 나타날 수 있는데, Jansson²⁷⁾은 transducer의 방향이 5° 틀리면 0.1mm의 오차가 생긴다고 하였다. transducer와 안축이 일치시키기 위해서는 수정체 후면 반사파의 간격이 최대로 되어야 하고, 수정체 후면 반사파의 진폭이 최대로 되고, 수정체 거리가 최대로 되게 하여야 한다.

본래의 생체계측법은 수정체와 초자체의 조직속도의 차이를 무시하였으나 적어도 이 차이를 고정해 주는것이 더욱 정확하다고 한다. 즉 전방수와 초자체의 조직속도가 1,532m/sec이고, 수정체가 1,641m/sec이기 때문에 그 차이에 대한 Correction factor를 $1,641/1,532=1.07$ 로 계산하여, 전방수와 초자체에 대한 수정체의 따른 조직속도에 따른 길이의 오차가 교정되어지는데, 저자들은 정상안의 평균속도인 155m/sec으로 교정시키고 측정하였다.

또한 안축장 측정시 성장에 따른 안구의 크기도 고려하여야 한다. 안구는 출생시 18mm의 크기이나 3세가되면 23mm가 되고 그후 매년 0.1mm나 커져서 14세가 되면 성인의 안구 크기에 도달한다고 한다.³⁰⁾

여러 방법을 이용해 측정한 안축장도 약간의 차이 될 보이고 있는데, 광학적 방법으로 측정된 Tron²⁹⁾

은 20.46~25.46mm라 보고하였고 Sorsby^{6,11,30)}는 X-선 촬영법으로는 평균 24.5mm, 광학적 방법으로는 23.0~25.0mm, 초음파 생체계측법으로는 24.2±0.85mm라 하였고, Takashi³¹⁾는 10MHz로 측정시 24.60±1.74mm, 20MHz로는 24.64±1.76mm라 보고하였으며 저자들의 경우 23.62±0.84mm로서 Sorsby나 Takashi의 결과보다 짧았다.

안축장의 성별관계를 보면, Sappey³²⁾는 남자가 여자보다 0.5mm 더 길다고 하였는데 저자의 결과 역시 남자가 여자보다 0.65mm 더 길었다.

요 약

1982년 2월 1일부터 1982년 8월 31일까지 본원 안과에 내원한 15세 이상의 정상안 86명, 170안의 안축장을 측정된 결과

1. 최단 안축장은 21.73mm이고 최장 안축장은 25.47mm였다.
2. 안축장의 평균치는 23.62mm이고 이중 남자가 평균 23.87mm, 여자가 23.22mm로서 남자가 여자보다 0.65mm 더 길었다.
3. 안축장이 23.00~24.50mm인 것은 170안 중 103안(60.6%)이었고, 22mm 미만은 170안중 5안(2.9%) 25mm 이상은 170안중 6안(3.5%)이었다.

References

- 1) Mundt, G. and Hughes, W.: Ultrasonics in ocular diagnosis. *Am. J. Ophthalmol.*, 41 : 488~498, 1956.
- 2) Oksala, A. and Lehtinen, A.: Diagnostic value of ultrasonics in ophthalmology. *Ophthalmologica*, 134 : 387~395, 1957.
- 3) Yamamoto, Y., et al.: A study on the measurement of ocular axial length by ultrasound echography. *Acta Soc. Ophthalmol. Jap.*, 64 : 1333~1341, 1960.
- 4) Araki, M.: Studies on refractive components of human eye by ultrasonic wave. Part I. Accuracy of the measurement of ocular axial length by ultrasonic echography. *Jap. J. Clin. Ophthalmol.*, 15 : 111~119, 1961.
- 5) Jansson, F.: Measurement of intracocular distances by ultrasound and comparison between optical and ultrasonic determinations of the depth of the anterior chamber. *Acta Ophthalmol.*, 41 : 25~61, 1963.

- 6) Sorsby, A., Leary, G., Richards, M. and Chaston, J. C.: Ultrasonographic measurement of the components of ocular refraction in life. 2. Clinical procedures: ultrasonographic measurements compared with phakometric measurements in a series of 140 eyes. *Vision Res.*, 3: 499~505, 1963.
- 7) Coleman, D. and Carlin, B.: A new system for visual axis measurements in the human eye using ultrasound. *Arch. Ophthalmol.*, 77: 124~127, 1967.
- 8) Stenstrom, S.: Untersuchungen über die Variations und Kovariation der optischen Elemente des menschlichen Auges. *Acta Ophthalmol. Suppl.*, 26: 28, 1946.
- 9) 大塚任 · 金藤峰子 · 近視の眼軸の長さと水晶體屈折力. *日眼*, 55: 100, 1951.
- 10) Shibata, and Amano.: *Jap. J. Ophthalmol.*, 2, 263, 1958.
- 11) Sorsby, Benjamin, Davey, Sheridan and Tanner: Emmetropia and its Aberrations. M. R.C. Special Rep., No. 293, London, 1957.
- 12) Gernet, H. and Worst, J.: Clinical ocular biometry and Binkhorst lens implants. In: *Diagnostica in Ophthalmologia*. Edited by M. Massin and J. Poujol. Paris, Centre National d'Ophthalmologie des Quinze-Vingts 1973, pp. 247~256.
- 13) Gernet, H. and Jurgens, V.: Echographic findings in chronic simple glaucoma. Graefe. *Arch. Ophthalmol.*, 168: 419~422, 1965.
- 14) Gernet, H.: Axial length and refraction of the emmetropic living eye. Graefe. *Arch. Ophthalmol.*, 166: 421~431, 1964.
- 15) Gernet, H.: A contribution to the question of emmetropia. *Ophthalmologica*, 147: 235~243, 1964.
- 16) Gernet, H. and Boateng, A.: On the dimension of the vitreous body. *Ber. Dtsch. Ophthalmol. Ges.*, 68: 31~36, 1968.
- 17) Coleman, D., Wuchinich, D. and Carlin, B.: Accommodative changes in the axial dimension of the human eye. In: *Ophthalmic ultrasound*. Edited by K. Gitter, et al. C. V. Mosby Co., St. Louis. 1969, pp. 134~141.
- 18) Abramson, D., Coleman, D., Forbes, M. and Franzer, L.: The effects of pilocarpine on anterior chamber and lens thickness. *Arch. Ophthalmol.*, 87: 615~620, 1972.
- 19) Abramson, D., Chang, S. and Coleman, D.: Pilocarpine therapy in glaucoma. *Arch. Ophthalmol.*, 94: 915~918, 1976.
- 20) Curtin, B. and Karlin, D.: Axial measurements and fundus changes in the myopic eye. *Am. J. Ophthalmol.*, 71: 42~53, 1971.
- 21) Bronson, N.: Nonmagnetic foreign body localization and extraction. *Am. J. Ophthalmol.*, 58: 133~134, 1964.
- 22) Coleman, D., Abramson, D., Jack, R. and Franzen, L.: Ultrasonic diagnosis of tumors of the choroid. *Arch. Ophthalmol.*, 91: 344~354, 1974.
- 23) Baum, G. and Greenwood, I.: The application of ultrasonic locating techniques to ophthalmology, Part 1. Reflective properties. *Am. J. Ophthalmol.*, 46: 319~329, 1958.
- 24) Coleman, D. and Weininger, B.: Ultrasonic M-mode technique in ophthalmology. *Arch. Ophthalmol.*, 82: 475~479, 1969.
- 25) 中島 章 · 他: 超音による眼軸長測定について. *臨眼*, 14: 1954, 1960.
- 26) Leary, G., et al.: Ultrasonographic measurement of the components of ocular refraction in life. Technical considerations. *Vision Res.*, 3: 487~498, 1963.
- 27) Jansson, F.: Measurements of intraocular distances by ultrasound. *Acta Ophthalmol. (Suppl.)*, 74: 1~51, 1963.
- 28) Duane, T.: *Clinical Ophthalmology*, Harper & Row, Publishers, Hagerstown, Maryland., Chapter 34, pp. 5, 1978.
- 29) Tron.: v. Graefes. *Arch. Ophthalmol.*, 122: 1, 1929.
- 30) Sorsby, A. and O'Connor, A.: Measurement of the diameters of the living eye by means of X-ray. *Nature*, 156: 779, 1945.
- 31) Takashi, T.: Ultrasonic biometry in Ophthalmology. *Jap. J. of Clin. Ophthalmol.*, 35: 1391~1403, 1981.
- 32) Sappey.: *Gaz. Med.*, 10: 408, 1855.