生体眼軸長の他覚的測定法

Objective Measurement of Axial-length on the Living Eye

天 野 清 範*
Kiyonori AMANO

緒 言

屈折状態を構成する主要素は角膜及び水晶体の屈折力と眼軸の長さである。そのうちで屈折異常特に近視の原因を追求するのに最も重要視されながら、確実に知られていないものは眼軸である。

人眼生体の眼軸長測定に至つては今まで良い測定方法がなかったもので、あまり行なわれていない。従つて眼軸長と屈折状態の関係を厳密に知る事が不可能であつた。

従来発表されている生体眼軸長の測定は間接に角膜及び水晶体の屈折力より算出する方法か或は X 線光覚を応用して自覚的に測定する方法がとられている。しかるに前者においては水晶体の屈折力は精密に測定出来ず、主点の位置はおよその推定なのであるから、それを用いて算出された眼軸長は甚だ確実性を欠き、屈折状態の研究の材料としてはとうてい採用出来ない。後者は Stenström¹⁾, Sorsby²⁾, 若月氏³⁾, 大塚氏⁴⁾, 大野氏⁵⁾, 菅田氏⁶⁾ 等によつて試みられた従来唯一の生体眼軸長を直接測定する方法ではあるが、その成績は大変不確実なようである。

X 線光覚を発生させるための光源用細隙は大塚氏等によると 1.5mm の巾を有する。つまり 1.5mm 以上の X 線光束を用いないと網膜は X 線光覚を生じないのである。言葉を換えれば眼軸長を測定する尺度の目盛の巾は人体を通過した後の X 線が分散しないと仮定しても 1.5mm 位あると云う事になる。この巾を屈折状態に換算すれば、実に正視附近においても 4~5D となる。X 線光覚法は自覚的方法であるから誤差の測定が不可能であるが、もし実験誤差が光源の巾位あると考えても、正視から軽度近視、中等度近視までの屈折状態の差は誤差の中に入つてしまう。それ故この方法を用いて導き出される結論は決して正確であり得ない。なおこの方法は光束の厚さの問題の外に角膜頂点へ測定器を合せる手段にも本質的な欠点を有し、この方面からも成績は不確実となる。またこの方法は自覚的方法であるから動物

実験によつて吟味する事が出来ない。

ここにおいて私が他覚的で精確な測定法を創始した事は眼科学上相当大的な価値があると云つてよいと思う。

私は人眼生体眼軸長を直接に、他覚的に測定する方法を考案した。それはテノン氏嚢内に空気を注射し、眼球の周囲、殊に後極部附近に空気の層を作り、これを X 線写真に撮影する方法である。この方法は他覚的方法であるから、動物実験によりその精度を吟味する事が出来、その結果後述のように可成り正確である事が証明出来た。またこの方法は写真が残るので、被検者や測定者の主観の加わる余地がない。しかも方法は極めて簡単且安全であり、X 線光覚法のように特殊な装置を必要としない。この方法については 1957 年 11 回臨床眼科学会において発表⁷⁾したが、当時の術式はまだ不完全な点があつたし、方法の正確さを立証するだけの実験例もなかつた。また吟味も充分とは云えなかつた。今回私は完成した方法に充分な吟味と測定例数を添えてここに発表する事とした。

実験方法

この方法の原理はテノン氏嚢内(嚢外にも入る)に空気を注入し、眼球の輪廓を後極部まで X 線写真上に現し、この写真から眼軸長を測定する。この方法の一端は動物眼については中島章助教授⁸⁾が、生体人眼については佐藤勉教授⁹⁾が早く学会で言及された事がある。

(1) 空気注射

予め 4% キシロカイン点眼をして、角結膜を充分麻酔する。次で上眼瞼をデマル氏鉤で上方に引き上げ、被検者に充分眼球の下転を命じ、上直筋附着部附近を広く露出させる。この際デマル氏鉤で眼球を圧迫せぬよう注意する。ヘス氏虹彩摂子で上直筋に近接する外上方の結膜及びテノン氏嚢をつまみ、つまみ上げる。5cc の注射器に 1/4 注射針をつけ、この部分より空気を後極部に向けて注射する(図 1)。針を刺した後、強く眼球を上転させて鞏膜にそつて僅かに針を進ませ約 5cc の空気を注入すると一番結果がよい。必要に応じ 7cc 位の空気を注入する場合もある。注射された空気は主として球結膜下に集るが、眼球後半部にも達し眼球突出が起る。その

* 順天堂大学医学部眼科教室

1959 年 6 月 22 日受付

図 1 空気注射 (Air Injection)

程度はヘルテル氏眼球突出計にて 1~2mm である。空気注射の際に針を刺入する方向を誤ると、眼球結膜下のみあるいは一部眼瞼皮下に空気の拡る事もあるが、この場合も眼球突出さえ起れば測定が不可能ではないし、また害もない。

空気をテノン氏嚢内に入れる要領としては次の諸点に注意しなければならない。

第 1 に余り角膜縁より隔りすぎない注射部位 (輪部より 10~12mm) を選ぶべきであり、あまり後方へ行くと眼球外の軟部組織が厚くなって、かえって空気がテノン氏嚢に入り難い。

第 2 に鑷子で出来るだけ深い組織まで、つまりテノン氏嚢までしっかりとつまみ、充分これを鞏膜より引っぱりあげておいてその下へ注射を行う事が必要である。

第 3 に上直筋の筋鞘内に注射すれば、筋膜の内部を伝って眼球と離れ眼窩の深部に行ってしまうから、眼球の直上方や、直下方に注射する事はよろしくない。

第 4 にもとより眼球を刺してはならないが、幸に鞏膜が強靱な組織であるから、私が行ったように注射部位を直接見ながら刺す方法では鞏膜を貫く危険は全くない。故に針は引っぱり上げられた軟組織の最下層、鞏膜の直接外壁にそってこれと平行に、あるいは少し鞏膜に向けて刺すのである。

第 5 にすべて注射針の先端は竹をそいだように斜に切られているものであるが、その斜に切られた内腔の開口した面を鞏膜の外壁に密着させて空気になるべくテノン氏嚢に多く入って行くようにと云う気持ちで注射を行うとよい。

なお X 線撮影が終つたならば、球結膜下に注射針を入れて空気を抜きとると腫脹感が去り被検者は悦ぶ。しかし放置しておいても 5cc 位ならば何等障碍はなく 2

~3 日で吸収される。

(2) 撮影用コンタクトレンズ

人眼へ球後極部の空気の層を撮影し得る条件の X 線を用いて撮影すると、角膜の前面は写らない。そこで私は錫の粉末をアクリル酸樹脂に混じた造影用角膜コンタクトレンズを作り、これを角膜上にのせて撮影した。こうするとレンズは明瞭に撮影される。そして角膜頂点ははつきりわかる。レンズの厚さは 0.5mm、直径は 11.5mm である。レンズの後面が角膜前面と曲率半径を等しくしなければ測定に誤差を生ずるから、7.0~8.0 mm まで 0.2mm おきに異なる後面曲率を有するレンズを 6 個作り、被検者の角膜前面曲率に応じて 0.1mm 以上の差のないものを装用させて撮影した。こうすれば造影用レンズ後面と角膜前面の曲率の差から発生し得べき眼軸長最大の誤差が 0.05mm 以下で済む。私は 10 倍の作図を行い、図上より直接生じ得べき誤差を実際に測つて見た。

(3) X 線撮影法

空気注射を終えた被検者には前述の造影用角膜コンタクトレンズを装用させて X 線撮影を行う。

X 線の条件はシーメンス・ローターリツクス管を使用し、管球フィルム間の距離 100cm、リソホルム濾過板を使用し、管球電圧 64KV、管球電流 100mA、撮影時間 1.2 秒を標準とした。実験の初期には 1 眼につき 4 枚の写真の撮り、標準条件で 2 枚、多少条件を変更したものの 2 枚を撮影して技術の進歩に資した。現在は 6 つ切フィルムを 2 分して標準条件に従い後述の 2 つの方法で撮影を行っている。計測に当つてはこの 2 枚の平均値、或は眼球後極部の最も明瞭に撮影された写真よりこれを行つた。

撮影方向は 2 つある。実験の初期は側頭部と頬骨をフィルムのカセットにほぼ密着させ、前額部をフィルムと直角にし、前額面と平行でフィルムに垂直な X 線が眼球後極部を前額面と平行に通過するよう焦点を合せた。この方法でも後極部は撮影出来る場合もあるが成功率は低い。一般に正常眼球の後極が厚い眼窩口骨壁に遮られて見にくい事が多い。そこで多数の試験の実験を行つて術式の改良を試み、現在は次の 2 つの方法を標準方式として用いている。

第 1 の方法は被検者をウツプセに寝かせ、まず被検眼側の頬骨と下顎骨体をフィルムのカセットに密着させる。検者は図 2 a の如く被検者をその頭頂の方向から眺めて矢状縫合がフィルムに対して 30 度の角度をなすように修正する。この修正に当り、頬骨と下顎骨体の

図2 X線撮影 (Technique of X-ray Photography)

[A]

[B]

[C]

前部はフィルムのカセットより離れてはならない。

次で2個の三角定規を被検眼の眼前及び頭頂側にフィルムのカセットの上に直角に立てる。1個は被検眼の眼

前、他は頭頂に接し目測で被検眼後極を切る前額平行面内にあるように立てる(図2 b)。これを目標として被検眼々球後極部を通過するフィルムに垂直なX線が被検者の他眼側(上側)の皮膚を通過する点を推定し、ここに管球焦点を合わせる。被検者に眼を開かせ、被検眼の視線がフィルム面と平行になるような位置に目標を示し、他眼で固視させ撮影を行う(図2 c)。被検眼には不透明なレンズがかぶさっているため目標は他眼で固視するのであるから、斜視のある場合は目標の位置を斜視度だけ修正する。

第2の方法は第1の方法と大差はないが、矢状縛合とフィルムとの角度を40度とする。

(4) 対 照

写真に撮影された眼軸長は管球から来るX線が平行でないから、実際の値より延長されているわけである。また散乱線のために眼球の輪廓は多少ぼやける。この為にする誤差を避けるために、既知の長さを持った対照物が同時に撮影されると都合がよい。

幸に角膜頂点を示す造影用角膜コンタクトレンズは円形であるから、そのまま標準となり得る。円は如何なる方向から写真をとつてもその直径を示す。X線写真上に写つたその長さを11.5mmとして計算すれば常に誤りは生じない。これを後に述べる修正の時に参考とする。

測定方法の検討

(1) 精度について

前述の方法でX線写真より見掛けの眼軸長を測定するのは容易である。しかしこの見掛けの眼軸長を計算によつて修正する必要がある。X線管球はフィルム面から1mの距離にあり、被検者の眼軸は写真撮影の際にフィルム面より25~35mm(30mm前後)離れてフィルム面と平行に走っている。このフィルム面からの距離により映像は若干拡大されて撮影される。この拡大率を確認するために種々の長さの鉛板を同一条件で撮影して見た結果フィルム面からの距離が25mmの場合は2.5%、35mmの場合が3.5%の拡大率を示す事を知った。実際の撮影の際は眼軸はフィルム面よりほとんど常に30mm前後であり、その拡大率は3%と考えて誤りないようである。

更に家兎眼(10眼)を用いて拡大率を検討した。先ず家兎眼の球後に空気を注入し、眼軸がフィルム面より30mm隔たるように置いて撮影した。直ちにその眼球を摘出し、眼軸長を実測した。更に摘出眼球を再びフイ

Table 1. Determination of Axial-length on the Film

No.	Case No.	Results of Measurment					Determination
		I	II	III	IV	V	
1	3	26.5	26.7	26.7	26.6	26.6	26.6
2	26	26.6	26.6	26.7	26.8	26.7	26.7
3	31	26.2	26.0	26.1	26.2	26.2	26.2
4	38	26.2	26.3	26.3	26.3	26.3	26.3
5	39	26.0	26.1	26.1	26.0	25.9	26.0
6	41	26.0	26.1	26.0	26.1	25.9	26.0
7	44	27.1	27.1	27.0	27.1	27.0	27.1
8	48	26.8	26.8	27.0	26.9	27.0	26.9
9	52	26.3	26.2	26.2	26.1	26.3	26.2
10	54	25.4	25.5	25.5	25.4	25.5	25.5
11	58	26.0	26.2	26.2	26.1	26.2	26.2
12	60	26.1	26.0	26.2	26.2	26.2	26.2

フィルム面から 30mm の距離において X 線撮影を行い、この 3 者の測定成績を比較した。この場合も正しく比例が成立した。

眼球後極部の輪廓は鉛板の断端より幾分ボケが強いから、極めて精密に考えるとボケのどの辺を真の後極とみなすか一応問題としなければならぬ。私は家兎眼の写真に目盛をかくしたノギスを当てて測定練習を行い、毎常 0.2mm 以内の誤差で正しい値が得られるよう練習した。この練習は極めて容易であつた。更に生体人眼で撮影を行つたフィルムを用いて 1 枚 5 回宛 12 枚の測定を行つてその測定成績を検討した結果も最大誤差は 0.2mm であり大部分は 0.1mm であつた (表 1)。

次に眼軸はフィルム面に平行に走っているか写真の画面の中で如何なる方向に走っているか定めなくては測定出来ない。これは写っている眼球の形からも、造影用コンタクトレンズの位置によつても、眼軸の位置及び方向を決める事が出来る。即ち 11.5mm の直径を有するコンタクトレンズは殆ど角膜全面を覆っているから、的確に角膜の位置を示す。それ故レンズの中央より引いた垂線が眼軸の方向を示すのである。比較的初期の実験では外眼角部と外耳道口に鉛塊をつけて撮影を行つた。この両者を結ぶ線に対し適当な角度だけ視線を下転させれば、フィルム面より眼軸の方向を知る事は容易である。しかし現在はその必要を認めないのでこの手数は略している。造影用のレンズは重力の為にフィルム面上に立てた垂線の方には多少ずれるが、フィルムと平行な方向には殆どつれない。それ故角膜レンズの頂点から立てた垂線が、球後の空気層の前面の境を過る点までの長さ

が見掛けの眼軸長となる。

このようにして計測された見掛けの眼軸長は後極部鞏膜及び脈絡膜の厚さを含んでいる。これは止むを得ない事であるが、その上にテノン氏囊より外に存在して鞏膜よりの外の組織まで厚みとして加わつておりはしないかと云う懸念が起らないでもない。しかし人眼でも家兎眼でも写真を見ると眼球後極部はいかにもきれいに輪廓を画き出しており、鞏膜の後面が撮り出されている事は殆ど疑う余地がないと云つてよからう。

私は空気注射を行つた家兎眼球をテノン氏囊ごと摘出してみた。この摘出に際して、普通の眼球摘出術を用いず、頭蓋を鋸で矢状面に縦断し、脳を除去し、眼窩の後上方及び後内方から骨を開いて行つた。そして眼窩脂肪組織を除去すると、明らかにテノン氏囊が空気で膨れ上っているのを認めた (図 3 A)。この事実から考えても X 線写真は後極部を的確に写し出していると充分推定出来る。その上に家兎眼の生体撮影眼軸長と摘出眼球の X 線撮影による眼軸長が一致した事はこの推定に有力な証拠となる。

試みに空気注射と全く同様な方法をもつて、墨汁、インク、アルミ粉を含んだ流動パラフィンの家兎の球後に注射し、即時イソミタール静注で殺し、頭部を雪状炭酸で冷凍させた後、鋸で頭蓋骨、眼窩及び眼球もろとも水平断して見た。この断面の所見より観察すると注入されたこれらの物質は鞏膜の直後に拡がっている事が明らかに認められた (図 4 A)。また前述の空気を注射し、眼球をテノン氏囊ごと摘出した標本をホルマリンで処理硬化させ水平断して見た所、空気は疑もなく眼球後極部に

図3 家兎眼標本
(A)

テノン氏囊及びその附近に空気の充滿している
所を示す標本

(B)

テノン氏囊へ空気を注射した後特殊摘出を行い
固定後水平断面

図4 家兎眼標本

球後に墨汁を注入し、冷凍した眼球、眼窩断面

接している事がわかった(図3B)。

以上は家兎の実験であるが、これを人眼における後極部輪廓と照合して考えると、この方法は恐らく確実に生体眼軸長を捉えていると考えてよいのではあるまいか。

私の測定法の精度は充分信頼するに足るものと確信するが、更にこれを一層確めるために、この方法によつて眼軸長を予め測定した高度近視眼にフカラ氏水晶体摘出術を行い、術後無水晶体眼の状態より眼軸長を算出して見た。この両種の実験で得られた結果は第2表に示す如く、わずかに0.2mmの差があるのみである。

Table 2. Examination on the Case of Fukala's Operation

Refractive Stage before Operation	-22.0D
Refractive Stage after Operation	-1.0D
Diminution of Refractive Stage	21D
Corneal Curvature	8.00mm
Refractive power of Cornea	42.2D
Depth of Anterior Chamber	3.78mm
Axial-length to depend on Calculation	32.5mm
Axial-length by objective Measurement	32.3mm

(2) 安全性について

私はこの様な検討の結果、私の方法を有力な眼軸測定法として信ずるようになったが、万一この方法が人体に危害を与えるような場合があつてはならないから、この点についても検討を行う必要がある。

私は実験法と眼軸長の正常値を決定するため、多くの被検者を備つて人体実験を行つたが、実験的に7.0cc以上の空気を注射し、後に全然取除かなかつた場合には、実験後当日当夜限りの疼痛を訴える者もあつた。しかし注射量を5.0ccに規定し、実験後出来るだけ空気を除去するようになってから疼痛を訴えられた事はない。また時に5.0cc以上の空気を注射した例でも、後に空気を除去すれば疼痛は起らない。前述した如く空気注射がやや下手に行われ、眼瞼皮下に多く行つた様な場合には空気は抜きにくい、眼球突出も少いのでそのまま放置しておいても何事も起らなかつた。

初めには眼球結膜下出血を覚悟して実験したのであつたが、これは意外にも殆ど起らなかつた。恐らく空気の圧力の為に血管が圧迫され、その為出血が起りにくいのではないかと考える。この方法が球後出血を起すおそれのない事は云うまでもない。

体内に空気を注射するのであるから、空気栓塞の問題

は一応考慮しなければならない。しかし眼窩内、殊に鞏膜の赤道部附近に密着した所には大きな動脈はない。極めて小さな動脈に 5cc の空気の一部が入つたとしても、これは少量の細い気泡であつて、分布の関係から云つても、眼球内或は人体の重要な組織に循環障碍を起す事は考えられない。静脈の最大のものは渦静脈であるが、万一これに少量の細い気泡が入つても、心臓を通過して肺の毛細血管で完全に処理され、恐らく何等の症状も現し得ないであらう。従来他の目的をもつて、人眼テノン氏嚢内に空気を注射した文献を調べても、それによつて空気栓塞を起したと云う報告はない。しかし空気注入の直前に一応注射器の内筒を引いて、血液の逆流して来ない事を確かめる事は怠るべきでない。

その他、本実験によつて起つたと思われる障碍は一つも経験していない。

私はこの様な考慮の結果、この測定法は危険の非常に少ないものであると考えている。

(3) 欠点について

鞏膜及び脈絡膜の厚さを測定出来ないのはこの方法の欠点である。私は佐藤遜氏¹⁰⁾にならつて 1.0mm を眼球壁の厚さとして差引く事にした。先に兎の実験で注射した空気は鞏膜の直後に在る事が証明されたから、その 1.0mm 前方に視細胞があると考えた事は大体において誤りないであらう。もつとも、高度近視においては眼球壁が薄くなつてしまうと予想されるから、私の計算でゆくと実際の眼軸長よりやや短い値が出ると推定出来なくもない。

私の方法はこの点において悉く完全なものとは云えないが、高度近視の眼軸長がやや控へ目に出るかも知れぬという推定の下に取扱うならば正しい結論を導き出すに充分であると考えてる。

眼軸長の算出

前述した如くして得られた見掛けの眼軸長に、3% の修正を行い、これから角膜コンタクトレンズの厚さ 0.5 mm, さらに眼球壁の厚さ 1.0mm を差引いたものが光学的眼軸にはほぼ一致するものと考えられる。

試みに 測定成績表第 3 例 (図 5 A) の見掛けの眼軸長を測定すると 26.6mm である。これを 3% 修正すると 25.8mm となる。さらに角膜コンタクトレンズの厚さ 0.5mm と鞏膜及び脈絡膜の厚さ 1.0mm を差引いた 24.3mm が真の眼軸長である。この眼球の屈折状態は +0.25D, 角膜曲率半径は 7.40mm であるから、前房の深さを参考として水晶体主点の位置を角膜前面か

図 5 X 線写真 (X-ray Photograph)
〔A〕

表 3 第 3 例

〔B〕

表 3 第 60 例

ら 5.08mm にありとして眼軸長と角膜屈折力より計算で水晶体屈折力を求めると 15.72D となる。

同様に第 60 例 (図 5 B) の見掛けの眼軸長は 26.2 mm である。これから真の眼軸長を求めると 23.9mm となる。屈折状態は -0.25D, 角膜曲率半径は 7.50mm であるから、水晶体屈折力は 18.86D となる。

実験成績

私は正視眼 (+0.25D ~ -0.25D) 60 眼につき眼軸長を測定し、次の様な結果を得た (表 3)。

最長 25.4mm, 最短 22.9mm, 平均値は 24.38mm である。年齢は 10才 ~ 54才であるが大部分は 20才代であり (54 眼), 発育期にあると考えられる例は Case No. 16 の 1 眼のみであり、その平均値は正視の眼軸長について言及するに充分であると考えてる。

考 按

テノン氏嚢内に空気を注入し、眼球後極部の輪廓を表わす方法は Staunig 等¹¹⁾ が牛の眼を利用して試みた。

Table 3. Results of Measurement

Case No.	Name	Age	Side	Refractive Stage	Axial-length on the film	Axial-length
1	K.S	21	R	+0.25	27.2	24.9
2	Y.S	27	L	〃	26.1	23.8
3	H.M	24	L	〃	26.6	24.3
4	S.A	22	L	〃	27.4	25.1
5	H.M	24	R	〃	26.9	24.6
6	Y.S	27	R	〃	27.1	24.8
7	T.S	23	L	Emmetropia	26.6	24.3
8	K.T	27	L	〃	27.2	24.9
9	M.S	22	L	〃	27.1	24.8
10	H.I	22	R	〃	27.5	25.2
11	K.T	27	R	〃	27.3	25.0
12	H.N	22	R	〃	26.4	24.1
13	H.K	24	R	〃	26.8	24.5
14	H.K	24	L	〃	25.2	22.9
15	H.S	21	L	〃	26.1	23.8
16	H.Y	10	R	〃	26.6	24.3
17	Y.Y	20	R	〃	26.9	24.6
18	R.M	24	R	〃	26.9	24.6
19	I.M	27	R	〃	27.2	24.9
20	C.S	43	L	〃	27.5	25.2
21	M.S	22	R	〃	27.7	25.4
22	K.N	23	R	〃	27.5	25.2
23	N.M	20	R	〃	26.6	24.3
24	C.S	43	R	〃	27.1	24.8
25	M.I	22	R	〃	25.7	23.4
26	S.N	21	L	〃	26.7	24.4
27	H.A	25	L	〃	26.6	24.3
28	C.Y	22	L	〃	26.4	24.2
29	M.I	22	L	〃	26.0	23.7
30	H.A	25	R	〃	27.0	24.7
31	Y.K	20	L	〃	26.2	23.9
32	M.S	46	L	〃	25.9	23.6
33	N.T	15	L	〃	26.2	23.9
34	J.N	24	R	〃	25.6	23.3
35	T.A	25	R	〃	26.5	24.2
36	S.K	24	R	〃	26.9	24.6
37	M.H	23	L	〃	26.2	23.9
38	K.J	23	L	〃	26.3	24.0
39	J.N	24	R	〃	26.0	23.7
40	S.K	24	L	〃	25.9	23.6
41	T.A	25	R	〃	26.0	23.7
42	K.J	23	L	〃	26.3	24.0
43	K.T	26	L	〃	26.9	24.6
44	M.S	25	R	〃	27.1	24.8

45	M.Y	24	L	〃	27.6	25.3
46	S.E	24	L	〃	26.7	24.4
47	M.T	24	R	〃	27.1	24.8
48	E.A	24	L	〃	26.9	24.6
49	K.T	26	L	〃	27.1	24.8
50	T.S	24	R	〃	26.6	24.3
51	S.N	26	R	〃	26.9	24.6
52	T.U	25	L	〃	26.2	23.9
53	R.O	18	L	〃	26.2	23.9
54	T.S	26	R	〃	25.5	23.2
55	M.Y	24	L	〃	27.3	25.0
56	M.O	25	R	〃	25.6	23.3
57	S.T	54	L	〃	25.9	24.6
58	I.K	27	L	-0.25	26.2	23.9
59	S.Y	21	L	〃	27.1	24.8
60	K.M	23	R	〃	26.2	23.9

その後に Gasteiger¹²⁾ 等, Geisler¹³⁾, Spackmann¹⁴⁾, 畑氏¹⁵⁾ 等は眼窩内異物の位置決定の為にテノン氏嚢内に空気の注入を試みている。Dubilier も眼窩内に空気を注入して腫瘍の診断に利用した。

Katz 等¹⁶⁾ は猫を用いて造影剤をテノン氏嚢内に注入し、X 線撮影を行い、写真より眼軸長の測定を試みた。彼等は人眼のテノン氏嚢内にも造影剤の注入を試みているが、眼球癆や慢性炎症を起し失敗した。彼等は人眼における測定値を発表していない。

その他にも Witmer¹⁷⁾, Drogenueueller¹⁸⁾, Friedmann¹⁹⁾, Baltin²⁰⁾ 等もテノン氏嚢内に空気或は造影剤の注入を行い X 線写真を撮っているが、いずれも眼軸の測定ではない。

以上要するに、X 線を用いる他覚的測定法によつて生体人眼の眼軸長の測定に成功した報告は今日まで見当たらない。

次に私の成績を過去に発表された眼軸長測定の成績と比較してみる。

私の正視眼 60 眼の眼軸長の成績は最長 25.4mm, 最短 22.9mm, 平均は 24.38mm であるが、従来の自覚的方法で測定された報告では若月氏³⁾ 20.5~24.5mm (平均 22.7mm), 大塚氏等⁴⁾ 20.5~26.0mm (平均 23.59mm), 大野氏⁵⁾ (中学生) は平均 23.06mm, 菅田氏⁶⁾ 20.5~25.5mm (平均 23.17mm), その他国外では Sorsby²¹⁾ 22.5~25.3mm (平均 23.85mm), Mauthner²²⁾ 22.25~26.25mm, Schnabel 等²³⁾ 21.5~25.5mm, Steiger²⁴⁾ 21.5~25.5mm, Tron²⁵⁾ 22.4~27.3mm, Deller²⁶⁾ 21.0~25.0mm と比較すると分布の範囲が最も狭い。

これはおそらく私の方法が最も正確である事を実証していると思う。

Gullstrand²⁷⁾ によれば眼軸長の理論値は 24.39 であり、私の測定値と非常によく一致している。これらの点から考えても従来の自覚的測定値は信頼度が低く修正を要するように思われる。

私の測定方法は検討の項で述べた通り、鞏膜及び脈絡膜の厚さを測定出来ない欠点はあるが、多数の生体眼軸長を比較的正確に測定し得る点において価値の大きいものと思う。今後この測定法を応用し、近視眼の屈折諸要素を検討すれば、近視の本態及び原因に関する研究を進歩させる事が出来ると考える。

なお私の測定法では X 線写真により生体眼球の形が明らかにわかる。これは非常に重要な事で、これと近視度や眼底所見などと照し合わせて研究すれば屈折状態の研究を更に進歩させる事が出来ると信ずる。

むすび

私は眼球の後極部、テノン氏嚢内に空気を注入し、角膜前面に造影用角膜コンタクトレンズを装着させ、X 線撮影を行い、人眼生体眼軸長を他覚的に測定する事に成功した。動物実験を行い、また本法を施行した無水晶体眼の眼軸長を計算し、その上種々の考察を加えた結果、この方法は確実な方法であると考えられた。私の経験では測定された患者は小しの障害を起す事なく、また苦痛もなかつた。なおまた危険もないと考えられる。正視 60 眼の眼軸長を測定したところ最大 25.4mm, 最短 22.9mm, 平均 24.38mm であつた。

欄筆に当り、終始御懇篤なる御指導、御校閲の労を賜った恩師佐藤勉教授に深甚なる謝意を表します。又御指導を頂いた中島章助教授、柴田博彦講師並びに放射線科教室土屋豊教授に深謝致します。

尚 X 線撮影に御協力頂いた順天堂大学放射線科員各位特に水木清技師に感謝致します。

文 献

- 1) Stenström: Acta Ophthalm., 26: 28 (1946).
- 2) Sorsby & O'Connor: Nature, 156: 779 (1945).
- 3) 若月春雄: 日眼, 46: 1414 (1942).
- 4) 大塚 任, 金藤峰子: 日眼, 55: 100 (1951).
- 5) 大野住男: 日眼, 60: 460 (1956).
- 6) 菅田富久: 日眼, 62: 1841 (1958).
- 7) 柴田博彦, 天野清純: 臨眼, 12: 339 (1958).
- H. SIBATA, K. AMANO: J.J.O, 2: 263, (1958).
- 8) 中島 章: 日眼, 59: 783 (1955).
- 9) 佐藤 勉: 日眼, 61: 2129 (1957).
- 10) 佐藤 通: 日眼, 48: 542 (1944).
- 11) Staunig u Herrenschwand: Fortschr. ad Geb. Röntogenstr., 36: 2 (1927).
- 12) Gasteiger u Grauer: Fortschr. ad. Geb. Röntogenstr. 40: 227 (1929).
- 13) Geisler: Kl. Mbl. f. Augenhkl., 84: 87 (1930).
- 14) Spackmann: Am j. of Ophth. 15: 1007 (1932).
- 15) 畑 文平: 日眼, 41: 石原記念誌 1 (1937).
- 16) Katz et Ledoux: Am. j. of Ophth., 18: 914 (1935).
- 17) Witmer: Ophthalmologica, 121: 177 (1951).
- 18) Droegenueller: Arch of Ophth., 39: 426 (1948).
- 19) Friedmann: Arch of Ophth., 38: 660 (1947).
- 20) Baltin: Vestn. Rentgenol, 25: 40 (1941).
- 21) Sorsby, Benjamin, Davey Sheridan & Tanner: Emmetropia and its Aberrations (Medical Research Council No. 293), London (1957).
- 22) 日本眼科全書 第8巻 眼屈折, 全書, 東京 (1954).

Summary

An X-ray photograph was taken after an injection of air into Tenon's sac and after putting on a corneal lens in front of the cornea as contrast media, and a length of eye-axis of the living body was measured objectively.

(1) Volume of injected air was 5.0cc.

(2) A corneal lens, including tin powder, with a diameter of 11.5mm had the radius of curvature coincided with the front curvature of the cornea.

(3) Condition of X-ray photography: Siemens Rotarics tube; Voltage: 64KV; Current intensity: 100mA; time: 1.2 sec; distance: 100cm;

(4) The length of the axis of 60 eyes on Emmetropia ranged between 22.9mm and 25.4mm. The average was 24.38mm.

(5) No. disturbance was caused by this measurement.

Department of Ophthalmology, Juntendo University, School of medicine.