

# 綜 説

## 接 眼 レ ン ズ に つ い て

信州大学医学部眼科学教室 (主任 加藤教授)

助 教 授 早 野 三 郎

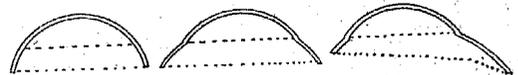
接眼レンズ (Contact lens) とは直接角膜上におく皿形の矯正レンズであつて 1801年 Thomas Young が水と角膜との屈折率はほぼ同値であることから、前面にレンズを貼つたガラス管を水で満して角膜上に接着させれば角膜不正彎曲による視力障害を改善し得ると考えて試みたのが、その始まりである。次いで 1823年 Herschel は同様な考えから前眼部の型に類似したガラス製のカプセルを角膜とゼラチンで接着すればよいと説いた。しかし何れも実用の域には程遠かつた。Saemisch が 1887年に悪性腫瘍手術で眼瞼を切除した眼に接眼レンズを装用させたが、これは一種の保護眼鏡であつた。その後 1888年 Fick は円錐角膜に試用せんとし、1896-97年に Lohnstein 1897年に Siegrist はがもたらした Hydrodiascope (水中眼鏡像で中に水をもる) 考案は接眼レンズの理論を發展せしめ、次第に治療面に應用するに役立つた。1900年代に入つて当時の有名なガラス工 Müller の作製したものは型の上では今日のものにかかなり類似していたが、光学的に不備で使用に耐えず、一方 30 余年に亘つて Heine の指導により努力していた Carl Zeiss 社は 1920年に実用に供し得るガラス製の接眼レンズ作製に成功した。これは光学的には満足すべきものであつたが、尙一般化するには至らなかつた。その頃より接眼レンズの研究は幾多の人によりなされ、利用範囲も改良の進むにつれて広がつたが、装用時に於ける欠点のため一二の疾患に対する應用に止まり、一時省みられなかつた。ところが最近合成樹脂の発達から、これを使つた接眼レンズが、従来の欠点を除くに到つて、再び注目をあび、欧米では相当に広まつている様である。我国でも二三年來漸くこのレンズについて研究が行われ、次第に実用化されて來つゝあるので、こゝに紹介してみようと思ふ。

角膜の屈折率は 1.387 水の屈折率は 1.333 である。そこで角膜上にレンズを接着し、両者の間隙を僅かな水で充すと、レンズ・水・眼と三つの組合せの光学系が出来る。角膜と水の屈折率は殆ど一致しているので、三つの組合せは、レンズ・眼の二つの光学系と簡略化されるのみでなく、この場合角膜は屈折面としての資格を失うのである。従つて角膜の異常な彎曲や、不正による屈折異常は、角膜とレンズを水を介して接着せ

しめると均一な光学系となり、視力を矯正出来る。此事は通常の眼鏡では為し得ない点で、接眼レンズが治療面に應用される理由となる。眼鏡は動く眼の前にあつて不動であるため、眼鏡による視力矯正に當つては、斜光束の亂視、色収差、投写的誤り、歪み等の結像上の誤りや、眼と眼鏡との間にある距離のため調節、輻湊、主点位置移動、網膜像の大きさ、視野等に影響を及ぼす。接眼レンズは眼部に密着して眼球と共に動くので、このような眼鏡の欠点が除かれる。これも接眼レンズが使用される一つの理由である。

接眼レンズはレンズの作用を司る光学部と、眼球運動、瞬目等によりレンズの回転、脱出を防ぎ眼球との接合を司る接眼部とからなつてゐる。そしてレンズと眼球との接着方法によつて次の二型に分類される。

1. 鞏角膜型 角膜部と鞏膜部よりなり、前者はレンズ作用を受持つて角膜上を蔽い、後者は鞏膜を蔽い且眼球との接着を受持つ。鞏膜部の型によつて第 1 図に示した様な対称型 (Zeiss) 型と非対称型 (Dallos) 型とがある。



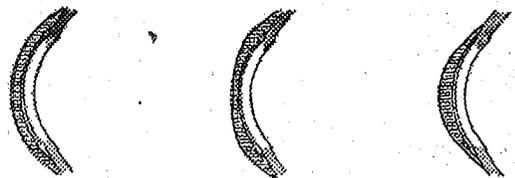
第 1 図 左の二つが対称型 (Zeiss型)  
右は非対称型 (Dallos型)

上部点線より上が角膜部で下が鞏膜部である

2. 角膜型 鞏膜部のないもので、レンズは角膜を蔽い、両者の間の涙液の薄層でレンズを支持するものである。

又接眼レンズに度をつける方法として無溶液レンズと溶液レンズとの二種がある。

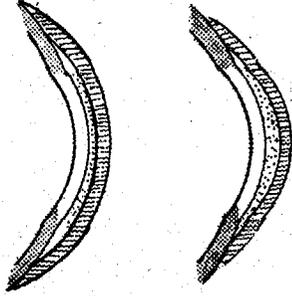
無溶液レンズ (Liquidless lens) はレンズの前後面の屈曲に差をつけ、且後面の曲率を角膜のそれに略一



第 2 図 無溶液レンズ 左より 0. 凹、凸レンズが眼球と接着した状態を示す、斜線部がレンズ、灰色部鞏膜それにつゞく白色部が角膜 (以後の図に於いても同じ)

致させる方法で、第2図に示した。

溶液レンズ (Liquid lens) 第3図がそれで、レンズの前後面の彎曲は変化させず、レンズの彎曲と角膜の曲率とに差をつけて、その間の液の形をレンズ状にする場合である。



第3図 溶液レンズ 點部が溶液である

理論上は何れをとつても適当な曲率によつて、適宜な屈折度を有するレンズが出来る。製法には数種あつて、現在行われているのは主に、材料を切り出し研磨して作る法と、鑄型から作る製造法の二法である。

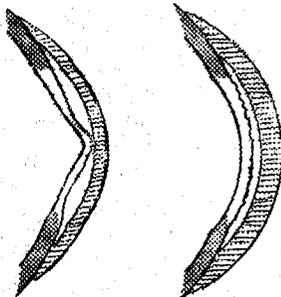
材料は以前は光学ガラスが用いられたが、合成樹脂の進歩によつて、今では全てプラスチック製となつた。

さて、接眼レンズはどのような疾患に用いられるであろうか、以下代表的なものについて些か述べよう。

圓錐角膜

本症は角膜が圓錐状に突出するため角膜面の不正亂視を生じ、又頂点の傾斜が急であるための屈折性近視を生じ、且角膜頂点の前方突出により眼球径が延長し、こゝに軸性近視が成立する。これらの要因が重なつて、眼鏡を以てしても矯正不能の視力障害を生ずる。従つて角膜彎曲面を正常角膜に等しくするために、屈折率のほゞ等しい、滑らかな曲面をもつ接眼レンズを角膜前に装用し、新たにレンズ・水・角膜の光学系を作れば網膜に鮮明な像を得るであろうと云ふことは既述の理由から明らかである。

圓錐角膜に接眼レンズを使用する場合は、圓錐状に



第4図 左不正亂視 右圓錐角膜に装用したところ

突出した角膜頂点に、レンズ後面が触れるか、触れない程度の屈折度0デオプトリーのレンズを装用させて視力を測り、更に矯正視力を求めて接眼レンズにどの程度の屈折度を附加すればよいかを定め、これを先に決定したレンズ後面の曲率に盛れば、希望する接眼レンズとなる訳である。第4図に圓錐角膜に接眼レンズを装用した断面を示した。

不正亂視

角膜は不正彎曲、凹凸をなしているから、眼鏡による矯正視力は出ない。この場合も接眼レンズで新たに均一な光学系を作れば視力の改善をみることは、圓錐角膜と同様な理由で想像出来よう。第4図の左がそれである。

この二つの疾患は、眼鏡矯正が不能で他の手術療法も的確でないから、接眼レンズの使用は正に開眼手術にも比すべきものがあり適応症の第一と云うべきであろう。

近視

近視は普通眼鏡をかければ良好な矯正視力を得るが、近視度が強くなるにつれて眼鏡レンズの光学的欠点が現われて満足な結果を得ないことが屢々ある。即ち高度近視ではレンズそのものの厚み、重量からの装用困難の他、光学的な諸收差が表われ、物体像の結像が小さくなり、像の歪み等が起つて来る。此等の欠点は所謂ツボクリレンズやプラスチックレンズ等の工夫を行うも除去出来ない。亦、眼と眼鏡との間に一定の距離を必要とするために起る前に記した様な欠点を生じて来る。

然らば接眼レンズの装用ではどうなるかと云うに、

1. レンズの装用により物像が小さくなる事がない。
2. 眼鏡と異り、レンズが常に眼球と共に動くから広い視野が得られ、球面、色収差、プリズム作用等がなく、調節、輻湊に当つても都合がよい。
3. スポーツ等の激動にも使用可能で、眼鏡に比し安定性がある。
4. 近視度が強くなる程、眼鏡レンズと反対にレンズが薄くなる。

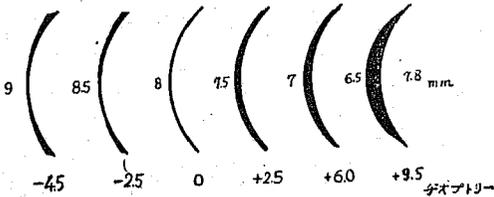
等の優る点を見出す。この中1. 2. 3の諸点は強度近視の矯正には特によいと云わねばならない。

人眼角膜前面の曲率半径は平均7.8mmであるから、今接眼レンズ後面の曲率半径を角膜前面のそれと一致させ、レンズ前面の曲率半径を変化させて生ずる屈折度をデオプトリーで表わせば

rmm	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5
デオプ トリー	-4.5	-2.5	0	+2.5	+6.0	+9.5

rはレンズ前面の曲率半径

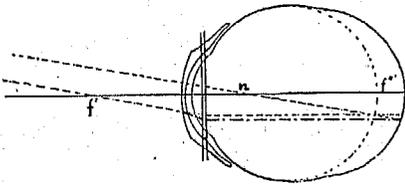
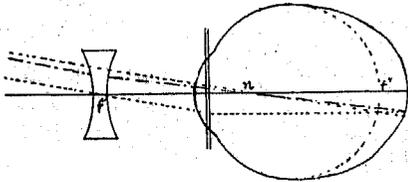
となり、その状態は第5図の様である。図より明らかな如く、凹レンズでは屈折力が強くなる程、レンズ中心部の厚さは薄くなる。接眼レンズの光学部はほぼ角膜を蔽うに足るだけあれば充分であるから、接眼レンズ光学部の直径は角膜直径である 10-12mm もあれば充分で、従つて強度近視の人が眼鏡を用いた時に苦しむレンズの重さは全く解消してしまう。



第5図 レンズの後面曲率を7.8mmとした場合  
前面曲率の差により定まる屈折度

眼鏡レンズと接眼レンズによる矯正網膜像の差異は第6図に示した。

この様に強い近視に対して接眼レンズを用いることは、眼鏡に比して単に矯正視力がよくなるというばかりでなく、眼鏡の諸欠点を除くのである。



第6図

遠 視

眼鏡と眼との距離のため生ずる欠点が除かれ、特に調節力がよく保持される利点はあるが、遠視度がますます、レンズ角膜部が突出し装用に多少不便を来す。

不 同 視

不同視とは両眼の屈折度に関きがあつて網膜に写る物体像に差を生ずるのを云う。不同視眼を眼鏡レンズで矯正する時の屈折差の許容については色々議論され、多く人は大凡2ジオプトリーであるとしている。

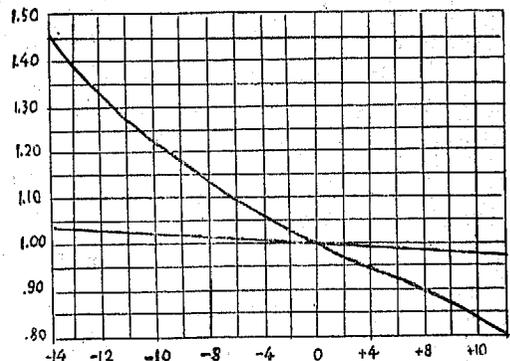
眼鏡レンズによる不同視眼矯正の欠点の一つは、網

膜像の大きさであり、理論的にはレンズの後主面を眼球の前焦点に合致させれば、網膜像は正視眼の場合の網膜像と一致し、レンズ度に関係しないが、実際眼鏡レンズを装用する際はレンズの位置は普通眼前12mm前後にあり、前焦点の15mmとは一致しないから、網膜像の大きさは装用するレンズ度により影響されて変化する。一般に近視では網膜像が小さく、遠視では大きく結像する。不同視による屈折度の差が、網膜像の大きさの差となつて来るので、その差が余り大きいと不等像性眼精疲労が起り、眼鏡装用に耐えぬ。

然し、實際上、不同視眼の眼鏡矯正で最も大きな欠点は、眼球回転度に差を生じ、側方視に際してレンズのプリズム作用により複像を生じ、著明な眼精疲労を起すことである。

又両眼の視力が異なるために、両眼視機能が充分に行われず、一定距離の物体を見る場合には調節作用が左右眼で違ふと共に、輻湊にも不均衡が生じ、両眼視は不可能となり、遂には斜位、斜視、癩用性弱視と云う結果に至る。勿論この不等像は、裸眼不同視の際の網膜像より正視に近づくが、レンズにより網膜像が鮮明になるために、裸眼時よりも左右眼の差が強く感ぜられる場合があり、自覚的に屈折が高度な程、見え方に变化があるように感ずる。

接眼レンズを用いれば、此の関係は全く逆となり、網膜像は寧ろ正視の大きさより遠ざかる傾向があり、近視度が大きければある程網膜像は大きく、遠視では逆に小さくなる。その関係を示したのが、第7図である。従つて理論的には眼鏡レンズの方が、網膜像の差異が少く、今迄のぼけの範囲まで鮮明になるので像の見えの大きさの変化は自覚しないですむ様に思われる。



接眼レンズと眼鏡との物像拡大率に与える影響

第7図 強い傾斜をもつ曲線が接眼レンズによるもの  
弱い傾斜の曲線が通常の眼鏡によるもの  
横軸はレンズ屈折度  
縦軸は拡大率

しかし接眼レンズではレンズが眼球と共に動く特性により、先に述べた眼鏡矯正で起る眼精疲労の原因は除去され、不同視眼治療に大きな利点を有する。

従つて接眼レンズを不同視眼に用いれば、充分な矯正視力を両眼に得て、而も両眼視機能を行うに当り、さしたる障害をもたらさず治療し得る。

### 乱 視

不正乱視については既に記したので、正乱視の場合を述べる。正乱視は円柱レンズを主径線の方向と屈折度とに正しく用いられれば視力矯正は不可能でない。全乱視の度が強度となると、往々にして完全矯正は不可能となり、両眼の乱視の軸が斜であると、円柱レンズによる眼鏡矯正では子午線上に歪みを来たし、ために眼精疲労を来す。接眼レンズは新たな彎曲面を作るので、乱視に対し径線と一致するような円柱レンズとすれば、強度であつても、又斜であつても網膜像は鮮明となつて良い視力に改められるので、眼精疲労も伴わない。

以上は接眼レンズ応用の大略を述べたもので、再び眼鏡に優る点を要約すれば

1. 眼鏡では矯正出来なかつた円錐角膜や、角膜自体の不正乱視を矯正することが出来る。
2. 遠視のみならず、近視でも眼鏡矯正の欠点である調節、輻湊の減弱が除かれる。
3. 眼同時に動くから、レンズの収差がなくなる。
4. 近視では像が拡大し、不同視では両眼等像となる傾向があつて両眼視が可能となり、眼鏡では行えない完全矯正が出来る。
5. 角膜乱視で両眼の圓柱レンズ軸が斜である時に起る子午線上の歪を消失さす。

等となる。

斯く記載すると、接眼レンズは現在の眼鏡にとつて代つて直ちに広く用いられる様に感ぜられる。理論的又實際上確かに接眼レンズは、諸種の利点を持つている。しかし乍ら、尙一般化し得ない理由は、接眼レンズの作製技術上の困難で、それに伴う価格の問題、更に装用法の簡便でない事に基く。

接眼レンズは、眼球に密着してその運動により脱出してはならない。即ち眼球とよく適合していねばならぬ。

人眼の角膜径、曲率、鞏膜曲率は統計学的に正規分布をなすが、個人差のあることは云うまでもない。従つて接眼レンズが適合し、且所期の目的を達するためには僅かな曲率も問題となる。

鞏角膜型について云えば、適合は鞏膜部が行う。その接着は鞏膜部全面が鞏膜となすのではなく、鞏膜部外縁が軽く鞏膜を圧する程度で、押し方も強ければ、角膜輪部血管に血行障害が起り角膜は混濁するし、逆

に弱ければレンズは容易に移動して目的を果さず、例え押し方が適当であつても、鞏膜各部へ均等に加わつていないと、レンズ、角膜間に気泡が入つたりする。この型は対照型と非対照型があり、第1図より明らかな様に後者が、脱出、回転の危れはなく、角膜輪部血管に対する影響も少いが製作に困難である。

角膜部が光学的性質を備えるにも、単純なレンズと異つて矢張り適合が問題となる。今又ディオプリーのレンズを作ろうとすれば第5図の様式に従つて前後面の曲率を定めるのであるが、人により角膜径、曲率が違うから、使用者毎に一々測らねばならない。

この様に個々の人について、角膜部、鞏膜部を定めて接眼レンズを作つたのでは、単価は著しく高くなる。Ridley は 200例の接眼レンズ使用者について次表の成績を得た。これによると欧米人では鞏膜部の曲率

接眼レンズの大きさ (200例)

	mm	%
鞏膜部 曲率半径	11.5以下	0
	11.75-12.0	23
	12.25-12.5	45
	12.75-13.0	32
	13.0以上	0
角膜部 曲率半径	7.5	6
	8.0	65
	8.5	29
角膜部 直径	12.0以下	0
	12.25-12.5	12
	12.75-13.0	33
	13.25-13.5	43
	13.75-14.0	12
	14.0以上	0

率を 12.25-12.5mm 角膜部曲率を 8.0mm 角膜部直径を 12.75-13.5mm とすれば 50-60% に於いて適合することになる。かゝることから、Zeiss 社では対称型で、鞏膜部曲率 12-13mm; 角膜部曲率を 7.5-8.0mm 角膜径 12mm とした 36 通りの 2-20 デオプリーのレンズを標準型とした。この標準型で予備的な検査をし、適合すればそのまま用い、鞏膜圧点を合わす程度ならば接眼部を削つて用いる。

それでも、適合がよくない場合には塑造せねばならない。塑造には、患者の眼瞼を開き歯科用ワックスを鞏角膜上に圧して前眼部表面の型をとり、これを台として作る。而してレンズ度は

1) 患者の角膜表面の曲率半径を計る。

2) 患者の屈折度を自覚的、他覚的に計れば

$$\frac{1}{R} = \frac{A}{nr-1} + \frac{1}{r_0} \quad (\text{Heineの式})$$

から算定される。

但し R: 矯正に用いられるべきレンズ後面曲率半径

A : 患眼の屈折度

$n_f$  : 溶液の屈折率

$r_c$  : 角膜表面の曲率半径

塑造接眼レンズが適合の点で優秀なのは、勿論である。

この様な製作過程にプラスチック製がガラス製を凌ぐことは

1. 低温で処理出来る。
2. 適合に当り削ることが容易であるから、適合度をよくする。
3. 重量が軽く、眼球と共に易しく動く。
4. 耐アルカリ性のため長期使用しても、涙液に侵されない。
5. 眼とのあたりが、軟らかである。
6. 破れ難い。

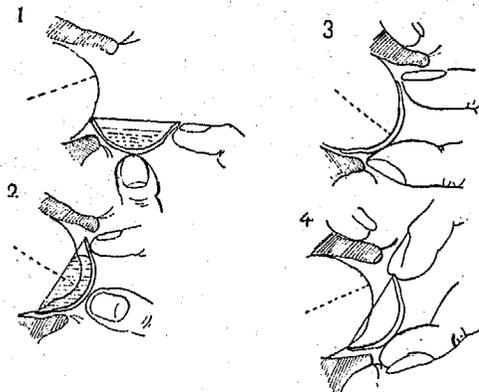
の諸點で、欠點は傷つくことと、光学的にやゝガラスに劣ることを挙げ得る。

角膜、レンズ間は通常涙液で満されて居る。涙液は生理的分泌物で、角膜を害わないがレンズの接着が適当でない場合には、涙液循環が不良となり、ひいては角膜の呼吸が悪くなり混濁してしまう。この點もレンズ適合に際して注意を要する。

適合の度合、涙液交換状態を知るには、フルオレスチン溶液を點眼し、その流入流出をみるとよい。

無溶液型では、レンズと角膜間は殆んど空隙がないので問題は少ないが、溶液型ではレンズ度が大なるにつれて、空隙も大きくなり、この間を充す液が、涙液のみでは間に合わなくなる。それでは代用液としては眼を刺戟せず、涙液と等滲透圧をもち、PH が同一であることが望まれ、一部の人は硼酸、炭酸ソーダ緩衝液を賞用している。この条件にかなつた液も長い間には角膜に全く害がないとは云えない。

レンズの装脱には、馴れを要する。方法を長々しく書くことは理解に困難であるので、第8図に図示した。



第8図 左側 装用法  
右側 脱去法

1, 2. は装用法で, 3, 4 は脱去法である。

装脱に際しての注意は、手指を清潔にすることで、不潔な扱いは結膜炎を発せしめたり、角膜炎を起させたりすることがある。又粗暴な扱いは角膜を傷つけるから、馴れるまでは医師の監督をうけたがよい。

患者の眼に合つた接眼レンズを諸注意の下に装用するとはじめは、僅かの異物感と、軽い充血があるが、装用に慣れるにつれてこれらは消失する。そこで装用時間を次第に延すわけである。しからば、どの位装用し続けられるかというに、適合の程度と人により差はあるが、凡そ4-8時間である。

次表は接眼レンズ装用感と時間の統計である。6時間以上装用出来れば、日常の活動には充分と云えよう。

	例数	%
快	20	70
不快	9	30
2時間	5	20
4時間	8	32
4-6時間	5	20
6時間以上	7	28

(Ridley 1948)

以上接眼レンズの概要を述べた。接眼レンズは眼鏡に比して大なる効用を有する。そしてプラスチック製はこのレンズの実用化を促進し、広く用いられようとしているが、尙多くの改良すべき點があり、我国で使用するには検討しなければならぬことが取残された現状である。例えば本邦人に適した標準レンズ決定は急務であり、今後の発展に大いに資するものである。

加藤教授の御校閲を深謝する。

#### 参考文献

- Treisman : Principales of the contact lens 1946.  
 Duke-Elder : Text Book of Ophthalmology Vol. I V. 4584. 1951. Haas : Trait  d'Ophthalmologie Tome VIII, 321. 1937. 水谷 豊 : 臨眼 6, 1. 6号, 昭27. 臨眼 46, 7.10.12号 昭27. 中村 康 : 眼科全書 眼鏡篇 6s6, 昭10.