教育講演 II

屈折異常の臨床的諸問題

所 敬

(東京医科歯科大学眼科)

Principle and Practice of Refraction

Takashi TOKORO

Dept. of Ophthalmol., Tokyo Medical and Dental University School of Medicine

I. はじめに

眼科临床上屈折異常に遭遇する頻度は高くこれに対して正確な知識をもつことは眼科臨床に携わるものにとって大切である。屈折異常とは遠視、近視、乱視の総称で、屈折矯正により軽快するものから弱視や器質的疾患更には合併症などをもつものまで種々であり簡単ではない。

屈折異常を理解するにはどうしても眼の光学系を知らなければならない。そこで、まず簡単な眼の光学系、次いで、屈折検査を行ううえで注意すべき点、屈折異常の問題点の順で述べる。

II. 眼の光学系

眼の主な屈折要素として、角膜、水晶体及び眼軸長があげられる。カメラでいえば、角膜と水晶体はレンズで、眼軸長はフィルムまでの距離となる。光学では、2つのレンズはレンズの合成系として1つのレンズにおきかえることが出来る。

図1で屈折力 D_1 と D_2 のレンズが組合さったときの合成系の屈折力を D_A とすれば

$$D_A = D_1 + D_2 - \frac{d}{n_2} D_1 D_2 \quad \text{となる。} \quad \dots(1)$$

ここで、 $d(m)$: レンズ間距離、 n_2 : レンズ間の屈折率である。

合成されたレンズ系は通常厚いレンズとなるが、特別な点として主点を考えに入れると薄い

図1 レンズの合成系

レンズと同様に取り扱うことができる。物側主点と像側主点は互に共役であり、物側主点に入射した光線は像側主点から出ることになる(図2)。

眼の角膜屈折力は約40D、水晶体屈折力は約20Dであり、これらの合成系では約60Dの屈折力をもつ。眼の物側主点は角膜頂点から約1.35mm、像側主点は約1.60mmにある。レンズ系の後焦点距離(f)mは後方の媒質の屈折率を n とすれば、

$$D_A = \frac{n}{f} \quad \text{すなわち} \quad f = \frac{n}{D_A} \quad \text{となる。} \quad \dots(2)$$

この後焦点距離は眼の像側主点から焦点までの距離で眼が正視であれば焦点は網膜面に一致する。

(2)に眼の全屈折力(D_A)としてGullstrandの

$$D_A = \frac{n}{f} \rightarrow f = \frac{n}{D_A}$$

図2 後焦点距離

模型眼の59.64D：硝子体屈折率として1.336を代入すると

$$f = \frac{n}{D_A} = \frac{1.336 \times 10^3}{59.64} = 22.41 \text{ (mm)}$$

眼軸長 l は後焦点距離に角膜頂点から像側主点までの距離を加えたものであり、

$$l = 22.41 + 1.60 = 24.01 \text{ (mm)} \text{ となる (図3).}$$

$$f = \frac{n}{D_A} = \frac{1.336 \times 10^3}{59.64} = 22.41 \text{ (mm)}$$

$$l = 22.41 + 1.60 = 24.01 \text{ (mm)}$$

図3 眼の後焦点距離と眼軸長

この様に、角膜屈折力、水晶体屈折力と眼軸長とは相互に関係している。そして主として、この3要素のバランスがくずれた時に屈折異常が起こる。

Ⅲ. 屈折検査上注意すべき点

1) 調節の影響

屈折検査に調節が介入してはならない。この調節の影響を或程度除外する方法には雲霧法、両眼開放屈折検査、器械近視の影響をとりぞく方法、レフラクトメーター使用上の注意事項を守ることなどがあるが、調節麻痺剤を使用する場合もある場合も少なくない。調節麻痺剤は調節を麻痺すると同時に散瞳作用があるため、散瞳眼が屈折検査に及ぼす影響についても考えなければならない。

2) 散瞳の影響

散瞳が屈折検査に及ぼす影響には、1) 焦点深度が浅くなること、2) 球面収差の出現、3) Stiles Crawford 効果などが考えられる。

Gullstrand の模型眼で視力1.0, 0.5, 0.2 の場合の瞳孔径と焦点深度との関係を計算すると図4の如くなる。これより瞳孔径が極端に小さくなると著しく焦点深度が深くなるが、瞳孔径が或程度の大きさから更に大きくなっても焦点深度はそれほど浅くならない。

図4 視力値1.0, 0.5, 0.2の時の瞳孔径と焦点深度との関係

次に散瞳眼では球面収差がみられる。球面収差とは近軸光線と周辺光線の焦点位置が異なるために生ずる収差である(図5)。このため光線は一点に集光せず屈折検査への影響が考えられる一方、Stiles Crawford 効果(図6)がある。これは瞳孔の中央に入る光線にくらべて瞳孔の周辺から入射する光線は視覚に及ぼす効果が小さいという現象である。例えば瞳孔中心から3 mm はなれた光線は瞳孔中央に入った光の1/3

図5 球面収差

図6 Stiles-Crawford効果

程度の効果しかないといわれている¹⁾。従って、散瞳眼でも屈折検査にそれ程大きな効果を及ぼさないと考えられるが、通常の検査では2～3mmの円孔板を用いるとよい。

他方、過度に縮瞳した場合には焦点深度は深くなるが、回折現象や網膜照度の低下が起り、縮瞳状態は必ずしも有利な点ばかりではない。

3) 頂点間距離の問題

眼鏡は眼からはなして装用しているので、眼鏡レンズ度と眼の屈折度とは等しくない。この関係は

$$A = \frac{L}{1 - (k+h)L} \dots\dots (3) \text{で表わせる。}$$

ここで、 $A(D)$ ：眼の主点屈折力(眼の屈折度)、 $k(m)$ ：レンズ後面と角膜頂点との間の距離、 $h(m)$ ：眼の前主点位置、 $L(D)$ ：眼鏡レンズ度である。

通常レンズ後面と角膜頂点間距離は12mmとしている。眼鏡レンズはこの距離におかれた時に最も収差が少なくなる様に設計されているので眼鏡処方箋にもこの値が書かれる。従って屈折検査に際しても検眼レンズ後面と角膜頂点距離を正確に12mmにする必要がある。例えば、±10.0Dのレンズを用いた時、レンズ後面角膜頂点間距離が10, 12, 15, 20mmと変った時の眼の主点屈折力は表1の如くで、この効果はレンズが強い程著しい。

表1 頂点間距離の変化による眼の主点屈折力の変動

L (D)	k + h (mm)	A (D)
+10.0	10	+11.27
	12	+11.53
	15	+11.94
	20	+12.70
-10.0	10	-8.98
	12	-8.82
	15	-8.59
	20	-8.24

従って、眼鏡試験枠への検眼レンズの入れ方にも注意しなければならない。すなわち、強い球面レンズや強い円柱レンズを眼鏡試験枠に入れる時には被検眼に近い側に入れ、このレンズ後面から角膜頂点までの距離を12mmとする。そして追加する弱いレンズは眼鏡試験枠の外側に入れる様にする。やむを得ず強い球面レンズを12mmより遠くに置いた場合には(3)式を利

用して換算する。

IV. 屈折異常の問題点

1. 視力低下

通常、屈折異常は遠見視力低下を伴う。しかし、この場合調節が問題となる。すなわち裸眼視力の良い潜伏遠視、偽近視あるいは緊張性近視、調節性内斜視には注意をはらうべきである。

2. 弱視

屈折異常に由来する弱視には、両眼性の屈折性弱視、片眼性の不同視弱視がある。

1) 屈折性弱視

不同視や斜視その他の器質的病変がなく、両眼にある程度以上の屈折異常があり、この屈折異常以外に矯正視力障害の原因となるものが認められないような両眼の低視力例をいう。

小児について屈折度別に矯正視力0.7以下の頻度をみると(図7)、屈折度0~1.0Dの級間で各年齢共頻度が低い。しかし、この級間から遠視例あるいは近視例へわずかにずれると、年少の群ほど視力0.7以下の頻度が急激に増加する傾向がみられる²⁾。このことから、屈折異常が矯正視力に及ぼす影響は大きいことがわかる。しかも、低年齢者ほどその傾向は強くみられるので、低年齢者の屈折異常は弱視の原因になりうると考えられる。

図7 年齢別の視力0.7以下の頻度

a) 遠視性弱視

屈折性弱視になる遠視度は+4.0D以上と考えられている。久保田³⁾によれば、アトロピン点眼後の屈折検査で+4.0D未満の遠視では内

斜視となり、+8.0D以上では視力障害を起こし、+4.0D以上+8.0D未満の遠視では調節機能の良いものは内斜視、悪いものは視力障害を起すといわれている。

b) 近視性弱視

近視では近方が明視出来るので屈折性弱視の原因となるか否かについては否定的意見が多い。しかし、小児期にすでに強度近視である低視力者の中には、屈折矯正のみで視力の向上をみる機能的視力低下と思われる症例もある⁴⁾。

c) 乱視による弱視

動物では経線弱視の報告がある⁵⁾が、人ではその存在に疑問がある。

どの程度の乱視があると屈折性弱視になるかは、球面屈折異常が関係するので難しい。加藤⁶⁾によると遠視性単乱視では、+2.0D以上の乱視、遠視性複合乱視では+2.25D以上の遠視があつて1.0D以上の乱視を伴うもの、雑性乱視では2.0D以上の乱視が弱視になる大体の目安である。近視性乱視は屈折性弱視の原因として疑問視されていることもあるが、3.0D以上の乱視の場合には弱視の可能性も否定出来ない⁶⁾。

2) 不同視弱視

不同視があつて斜視がなく、中心固視をもち、そして、中心窩融像を欠くが周辺融像があり、おおよその立体視機能をもつものの中で屈折異常の強い眼の矯正視力の不良なものと定義されている。

不同視の中でも弱視になり易いのは遠視及び乱視であり、不同視弱視にしめるこれらの頻度は96.9%である⁶⁾。

a) 遠視性不同視弱視

加藤⁶⁾によれば遠視性不同視弱視の起こる屈折度と不同視差は、屈折異常の強い眼の屈折度が+2.0D以上で不同視差が1.5~2.0D以上をいう。

b) 乱視性不同視弱視

加藤⁶⁾によれば、乱視度の左右差が1.0~1.5以上あると弱視になり易いという。しかし、これはベースにある球面屈折異常にも関連がある。雑性乱視では、2.0D以上の乱視の左右差がないと弱視になりにくいとされている。

c) 片眼強度近視に伴う弱視

片眼が強度近視の場合には弱視を伴うことがしばしばある。この片眼強度近視に伴う弱視眼の屈折度は、松本⁷⁾によれば球面屈折異常 -5.0 D以上で不同視差は 5.0 D以上といわれている。しかし、強度近視では眼底後極部に網膜脈絡膜萎縮などがあり、近視性不同視弱視という表現を疑問視している人もいる⁶⁾。

3) 屈折異常による弱視の治療と対策

屈折異常による弱視の治療は屈折異常の完全矯正である。通常、球面屈折異常の完全矯正とは調節麻痺剤点眼後の屈折度から毛様体筋の生理的トーンス分として $0.5 \sim 1.0$ Dを減じた屈折矯正をいう。乱視による弱視では完全矯正が原則である。小児では $4 \sim 5$ D程度の円柱レンズ装用にも耐える。

小児の不同視弱視では左右の屈折度差が $4 \sim 5$ Dまでならば眼鏡により矯正可能である。これは小児の不同視の原因は軸性のことが多いからである。

屈折矯正により視力の向上する要因には、屈

折状態、治療前の視力、治療開始時の年齢などがあるが、視力回復には個人差があり、長期間を要する場合もある。

不同視弱視の治療には健眼遮閉も併用されるが、小学校入学後の学童にはかなりの苦痛を強いることになるため、小学校入学後の学童では健眼遮閉を無理にせず屈折矯正のみでよいとの意見もある⁸⁾。

視機能の発達は $5 \sim 6$ 歳で完成するといわれているので、3歳児検診が必要である。しかし、現在の所3歳児検診で視力検査を行う都道府県は少なくその対策はおくれている。不同視弱視は斜視の様に外観で親が気付くことはなく、発見は就学時になってしまうことが多い。今後の対策が望まれる。

3. 眼位異常

屈折度数分布と眼位の度数分布とを比較すると、正視と正位に集中化がみられ、両者は非常に類似した曲線である²⁾(図8)。従ってこの両者に密接な関連があると考えられる。

図8 屈折と眼位の度数分布曲線 (小, 中, 高校全体)

一方、斜視患者の屈折異常を調べた報告では、内斜位及び内斜視には遠視が多く、外斜位及び外斜視では近視が多い⁹⁾。

1) 遠視と眼位

遠視の場合には明視するための調節刺激に伴

い過度の調節性輻湊が起り調節性内斜視となりうる。生後6カ月になると視力は $0.2 \sim 0.3$ 程度となり明視の欲求が起ってくる。また、調節性内斜視に先天性内斜視を合併することがある。十分に屈折矯正を行い、更に縮瞳剤の点眼を行

っても残る内斜視を部分調節性内斜視という。臨床的には残存斜視角が $+10\Delta$ 以上あり斜位でないものをいっている。

内斜視と外斜視が共存する場合は、調節性内斜視に間歇性外斜視が合併する例、および交代性上斜位である例の2つの場合が考えられる¹⁰⁾。前者は遠視を合併することは当然であるが、後者においても中等度以上の遠視を合併することが多い。

2) 近視と眼位

矯正されていない近視眼では近方を明視するための調節量は正視に比べて少なく、そこでこれに伴う調節性輻湊も少ない。通常は、相対輻湊幅によって補われて外斜視とはならないが、近視を矯正しないで放置すると、AC/A比の正しい発達が阻害されて輻湊不全型の外斜視になることが多いといわれている⁹⁾。

間歇性外斜視の安静眼位は外斜であるため眼位が正位の時には輻湊が働いていることになる。そこで、これが調節の過緊張状態を引き起こし近視を呈することがある¹¹⁾。これを斜位近視という¹²⁾。この様な症例では両眼視の場合に調節の過緊張状態が起こるので、単眼視の視力は良好であっても両眼視で視力の低下を訴える。

3) 乱視と眼位

矯正されていない乱視眼では局部調節のために調節性内斜視になるとの報告がある¹³⁾。

この他、斜乱視眼を円柱レンズで矯正すると経線方向に不等像視を生じるため、像の回転がみられる。そこで、これを補正するために頭位異常の起こることがあるが稀である¹⁴⁾。

4. 不同視の程度と両眼視

不同視の程度が強い程、不同視弱視になり易く、また両眼視機能の低下をきたすことが多い。

不同視の場合の眼位異常は優位眼の屈折状態によりきまることが多いといわれている²⁾¹⁵⁾。すなわち、優位眼が近視の場合には調節性輻湊が少なく外斜となり、遠視の場合にはこの逆となる。

不同視眼の両眼視機能について保坂¹⁶⁾は、屈折度差 $4.0D$ 以内のときは両眼視機能は良好であったと述べている。一方、山下¹⁷⁾の報告で

は $8.0D$ 以内でも良好な例がみられている。しかし、眼軸長差 $1.5mm$ 以内ではすべて両眼視機能が良好であったと述べている。

5. 病的近視

病的近視は単なる屈折異常ではなく、器質的变化を伴うことが多く視機能障害がある。厚生省難病研究班による病的近視の診断基準は、5歳以下では $-4.25D$ 以上で矯正視力 0.4 以下、6～8歳では $-6.25D$ 以上、視力 0.6 以下、9歳以上では $-8.25D$ 以上、視力 0.6 以下である¹⁸⁾¹⁹⁾。

視機能障害特に視力低下は後極部眼底の網膜脈絡膜萎縮による。この網膜脈絡膜萎縮には、びまん性病変と限局性病変とがある。びまん性病変は、はじめ点状または線状の黄白色病変(lacquer crack lesion)ではじまり、漸次、これらが増加して面状病変へと発展する。この病変ではかなり変化が強くとも矯正視力が 0.1 以下になることは少ない²⁰⁾。一方、限局性病変は、はじめ色素上皮層が障害されその後、脈絡膜毛細血管板の消失にいたるため、病変部は絶対暗点となる。特にこの病変が中心窩に生じると視力が極度に低下する²⁰⁾。

また、病的近視には失明にいたる合併症が多い。すなわち、失明と関係のある網膜剥離、緑内障、脈絡膜出血などが大切である²¹⁾。いずれも病的近視眼に頻度が高く年齢と共に増加する傾向がある。ただ、脈絡膜出血は若年者層にもピークがある2峯性の分布を示す。この他の合併症としては、白内障、硝子体混濁などがある。

この様に病的近視は視力低下し、矯正視力は十分に出ないことが多い。屈折矯正に際しては、視力の悪いことから $2.0D$ 位低矯正でもよい²²⁾。これは遠方視力が悪いいためこの程度の低矯正では影響が少なく、しかも、完全矯正にくらべて近点が近いいため近方での読書などに便利であるからである。

V. ま と め

屈折異常は眼科外来のうちで最も頻度の高いものである。また屈折異常は弱視や斜視を伴ったり、また種々の合併症もある。そこで、屈折

検査にあたっては、屈折異常に対して正確な知識をもつてのぞまなければならない。

最後に第1回日本視能矯正学会で教育講演の機会を与えていただいた川村 緑学会長に感謝いたします。

参考文献

- 1) 大島祐之：日本眼科全書第5巻眼診断，第1冊眼検査法第1分冊視機能検査58-59，金原出版，東京1961.
- 2) 所 敬：屈折異常とは(屈折異常の総論問題点)，眼臨，81：1367-1372，1987.
- 3) 久保田伸枝，丸尾敏夫：遠視における調節と両眼視，日眼，78：448-455，1974.
- 4) 所 敬：乳幼児の近視の問題，眼臨，80：81-86，1986.
- 5) Blackmore, C. & Van Sluyters, R.C. : Experimental analysis of amblyopia and strabismus. Brit, J. Ophthalmol., 58 : 176-182, 1974.
- 6) 加藤和男：小児の屈折異常と弱視——不同視弱視と屈折性弱視，眼臨，79：521-528，1985.
- 7) 松本留美子，植村恭夫：小児における片眼高度近視と弱視，臨眼，33：765-772，1979.
- 8) 丸尾敏夫：屈折性弱視，眼科Mook，18：48-54，1982.
- 9) 山出新一，稲富昭太：屈折異常と眼位，眼科Mook，18：41-47，1982.
- 10) 久保田伸枝，神谷由美子，丸尾敏夫：内斜視と外斜視とが合併している症例，眼科，17：417-421，1975.
- 11) 山下牧子，佐藤百合子他4：間歇性外斜視の眼位と屈折度，眼臨，79：2125-2129，1985.
- 12) 弓削経一：斜視および弱視，p. 79 南山堂，東京，1963.
- 13) 足立興一：近視性乱視をともなった調節性内斜視と思われる症例(抄録)，眼臨，70：461，1976.
- 14) 所 敬：光学的頭位異常，眼臨，81：933-937，1987.
- 15) Duke-Elder S. : Anisometropia, 505-511, System of Ophthalmology, Vol. V, Ophthalmic optics and refraction, Henry Kimpton, London 1970.
- 16) 保坂明郎：不同視の研究，1，両眼視状態，日眼，70：803-809，1966.
- 17) 山下牧子，佐藤百合子，中原敏枝，所 敬：片眼強度近視性不同視の両眼視機能，眼臨，74：1101-1106，1980.
- 18) 所 敬，林 一彦，打田昭子，佐藤公子，伊藤百合子：眼軸長よりみた高度近視の診断基準について，厚生省特定疾患網膜脈絡膜萎縮症調査研究班，昭和52年度報告書，7-12，1978.
- 19) 高坂 明，久保田伸枝，丸尾敏夫：小児の病的近視の定義についての検討，厚生省特定疾患網膜脈絡膜萎縮症調査研究班，昭和60年度報告書，30-31，1986.
- 20) 林 一彦：病的近視の後極部眼底病変，臨眼，32：271-284，1978.
- 21) 所 敬：強度近視をめぐる最近の問題，眼科，23：121-126，1981.
- 22) 所 敬：乳幼児の近視の問題点，眼臨，80：81-86，1986.