

主成分分析による先天性上斜筋麻痺の分類

大月 洋, 長谷部 聡

岡山大学医学部眼科学教室

要 約

51例の先天性上斜筋麻痺を対象にシノプトメーターで計測した9方向むき眼位の上下偏位を変数とする相関行列による主成分分析を行い上斜筋麻痺の分類を試みた。第1主成分から第3主成分までの累積寄与率は88.5%を示し、第1主成分の寄与率は56.7%であり、それらの係数はほぼ同じ数値であった。したがって第1主成分は麻痺の程度に応じてみられる上下偏位の大きさを示す因子とみなされた。第2主成分の寄与率は20.6%であり、上むき眼位と下むき眼位の係数が大きな数値を示し、第2主成分は上下のむき眼位における上下偏位の大きさの違いを表現する因子とみなされた。第3主成分の寄与率は11.1%と小さく、外むき眼位と内むき眼位の係数が大きく、第3主成分は水平のむき眼位における上下偏位の大きさの違いを示す因子とみなされた。(日眼会誌 96:1477-1482, 1992)

キーワード: 先天性上斜筋麻痺, 上下偏位, 分類, 主成分分析

Classification of Congenital Superior Oblique Palsy
Based on Principal Component Analysis

Hiroshi Ohtsuki and Satoshi Hasebe

Department of Ophthalmology, Okayama University Medical School

Abstract

An attempt was to classify unilateral congenital superior oblique palsy using principal component analysis. Each principal component was calculated by taking a linear combination of an eigenvector of the correlation matrix with a standardized original variable. The variables selected for the analysis were vertical deviation in the nine diagnostic positions of 51 cases measured by a synoptometer. The cumulative contributive percent of principal components showed that 88.5% of the variation were accounted for by the first three principal components. The first principal component accounted for 56.7% of the variation in samples indicating the extent of superior oblique palsy in which vertical deviation increases or decreases proportionately. The second principal component accounted for 20.6% of the variation of samples indicating the extent of the incomitance of vertical deviation with a vertical change of gaze. The third principal component accounted for 11.1% of the variation in the sample indicating the extent of the vertical deviation with a horizontal change of gaze. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 96:1477-1482, 1992)

Key words: Congenital superior oblique palsy, Vertical deviation, Classification,
Principal component analysis

別刷請求先: 700 岡山市鹿田町2-5-1 岡山大学医学部眼科学教室 大月 洋

(平成4年3月31日受付, 平成4年5月29日改訂受理)

Reprint requests to: Hiroshi Ohtsuki, M.D. Department of Ophthalmology, Okayama University Medical School, 2-5-1 Shikata-cho, Okayama 700, Japan

(Received March 31, 1992 and accepted in revised form May 29, 1992)

I 緒 言

上斜筋麻痺を上下偏位の程度を基準に分類する試みは古くからみられ、代表的なものとして Knapp¹⁾の分類がある。これは I 型から VII 型まで分類されており、術式を選択するうえでの大切な指針として米国を中心に広く用いられており、上下偏位は上下のむき眼位だけでなく水平のむき眼位の考慮されている点に特徴がある。しかし先天性と後天性の両者が区別されずに分類されていること、両眼視を一時的に遮断する遮蔽試験で IV～VII 型に該当する症例が、I 型から III 型のどれかに移行することも指摘されており²⁾、したがってこのような詳細な分類が妥当であるかどうか問題がある。Gonzalez³⁾は 1988 年に Knapp の分類に関するアンケート調査を行い、回答者の約 1/3 がこの分類に疑問を投げかけている事実を報告し、治療効果をあげるために新たな分類が必要であると述べている。

Cüppers⁴⁾はシノプトメータを用いた計測で、内転位で視線を上下方向に移動させたときにみられる上下偏位の大きさの違いに注目し、これを基準に上斜筋麻痺を 3 型に分類することを提唱している。一方、Wieser⁵⁾はシノプトメータを用いた計測で上下偏位の大きさの違いは、上下のむき眼位よりも水平のむき眼位の方が大きくなることを明らかにし、上斜筋麻痺を adduction type, linear type, mixed type の 3 病型に分類することを主張している。このように、同じ計測手段を用いても分類が異なるのは、上下のむき眼位の上下偏位の大きさの違いを重視するのか、水平のむき眼位のそれを重視するのかの判断に主観が入るためと思われる。

そこで、われわれは片眼性の先天性上斜筋麻痺を対象にシノプトメータで計測した 9 方向むき眼位の上下偏位を各変数とする主成分分析を行い、統計的手法を用いて上斜筋麻痺の新しい分類を試みたので報告する。

II 対象, 方法

Parks の 3 step 法で診断した、平均年齢 18.6 歳(±14.9 歳, 標準偏差)の 51 例の片眼性の先天性上斜筋麻痺を対象とした。シノプトメータ (Oculus 社)を用いて上下、左右それぞれ 30°の 9 方向むき眼位における上下偏位を計測した。統計解析は JMP IN (SAS Institute 社)のソフトプログラムを用い、9 方向むき眼位の上下偏位を変数とする相関行列による主成分分析を行い、先天性上斜筋麻痺の総合特性値をもとめ、この統計分析の結果をもとに先天性上斜筋麻痺の分類を試みた。さらに、この分類が上斜筋の麻痺をどの程度反映するかを検討するために、分類された各病型に属する症例の上下偏位と Bielschowsky head tilt test における上下偏位の関係を調べた。

Head tilt test は 5 m 前方の点光源を注視目標に頭部を左右側方へ 30°傾斜させた時に生じる上下偏位をプリズムで計測して得られた値の差、すなわち患側傾斜時の上下偏位から健側傾斜時の上下偏位を減じた値で表現した (Bielschowsky head tilt phenomenon, 以下 BHP と略)。

表 1 9 方向むき眼位の上下偏位を変数とした主成分分析結果

	1 主成分	2 主成分	3 主成分	4 主成分	5 主成分	6 主成分	7 主成分	8 主成分	9 主成分
固有値	5.1033	1.8564	1.0037	0.4664	0.2484	0.1590	0.0960	0.0351	0.0318
寄与率	56.7036	20.6262	11.1520	5.1823	2.7596	1.7663	1.0668	0.3896	0.3536
累積寄与率	56.7036	77.3298	88.4818	93.6641	96.4237	98.1900	99.2568	99.6464	100.0000
固有ベクトル									
上内転位 (x_1)	0.23686	0.50697	-0.30767	-0.35488	0.47436	0.30894	0.33012	0.18950	-0.03055
上転位 (x_2)	0.33380	0.45071	0.08605	0.02161	0.13877	-0.20278	-0.47353	-0.62128	0.08347
上外転位 (x_3)	0.26005	0.27535	0.57764	0.59568	0.12879	-0.04105	0.25954	0.28666	0.01568
内転位 (x_4)	0.37207	0.11422	-0.44488	0.19858	-0.28271	-0.10098	-0.45349	0.55503	0.08568
正面位 (x_5)	0.40811	0.04357	-0.07715	-0.21330	-0.46548	-0.48514	0.52303	-0.13690	-0.18911
外転位 (x_6)	0.35114	-0.05535	0.44790	-0.38311	-0.39328	0.58267	-0.17007	0.04417	-0.03466
下内転位 (x_7)	0.34442	-0.32094	-0.31569	0.36982	-0.01610	0.36876	0.26770	-0.34425	0.46425
下転位 (x_8)	0.35098	-0.40638	-0.08186	0.14924	0.33640	0.06510	-0.11686	-0.06879	-0.73953
下外転位 (x_9)	0.30780	-0.42174	0.23111	-0.35779	0.41768	-0.36943	-0.07737	0.20962	0.43025

III 結 果

1. 9方向むき眼位の上下偏位を変数とする主成分分析結果(表1)

9変数について相関行列に基づく主成分分析を行うと、表2の数値結果を得た。第1主成分は、

$$y_1 = 0.23686 X_1 + 0.33380 X_2 + 0.26005 X_3 + 0.37207 X_4 + 0.40811 X_5 + 0.35114 X_6 + 0.34442 X_7 + 0.35098 X_8 + 0.30780 X_9$$

であり、第1主成分の係数はすべて正の値であり、正面位の値がわずかに大きく、これは上下偏位の大きさの因子と考えられる。寄与率は56.7%と大きく、したがって9方向むき眼位の上下偏位が大きければ大きな値をとることになる。第2主成分は、

$$y_2 = 0.50697 X_1 + 0.45071 X_2 + 0.27535 X_3 + 0.11422 X_4 + 0.04357 X_5 - 0.05535 X_6 - 0.32094 X_7 - 0.40638 X_8 - 0.42174 X_9$$

であり、係数は上むき眼位の上下内転位、上転位、上外転位のすべてが正の値であり、下むき眼位の下内転位、下転位、下外転位は負の値をとる。したがって第2主成分は上むき眼位と下むき眼位の上下偏位の大きさの違いに関する因子である。寄与率は20.6%で、第1主成分に比べて小さくなっている。下むき眼位に比べて上むき眼位の上下偏位が大きければ大きめの値をとる。下むき眼位の偏位が大きければ小さめの値をとることになる。第3主成分は、

$$y_3 = -0.30767 X_1 + 0.08605 X_2 + 0.57764 X_3 - 0.44488 X_4 - 0.07715 X_5 + 0.44790 X_6 - 0.31569 X_7 - 0.08186 X_8 + 0.23111 X_9$$

であり、係数は外むき眼位の上下外転位、外転位、下外転位はすべて正の値であり、内むき眼位の上下内転位、内転位、下内転位は負の値をとる。したがって第3主成分は内むき眼位と外むき眼位の上下偏位の大きさの違いに関する因子である。寄与率は11.1%と第1、2主成分のそれと比べるとかなり小さくなる。外むき眼位に比べて内むき眼位の上下偏位が小さければ大きめの値をとる。内むき眼位の偏位が大きければ小さめの値をとることになる。第1主成分から第3主成分までの累積寄与率は88.5%を占め、したがって総合特性値は第3主成分までで、第4主成分以下は固有値も小さく、固有ベクトルの数値からも総合特性値とは考えられない。

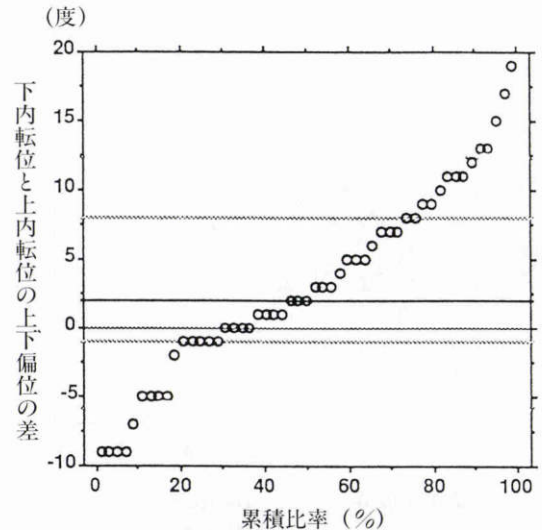


図1 下内転位の上下偏位から上内転位の上下偏位を減じた値の累積度数分布。

25%点は -1° 、50%点は 2° 、75%点は 8° となる。25%点以下の症例を下斜筋過動型、75%点以上の症例を上斜筋不全型、25%~75%点の間の症例を混合型とそれぞれ規定する。

2. 上下のむき方向の上下偏位の違いを基準にした上斜筋麻痺の分類(図1)

第1主成分の9方向むき眼位の上下偏位の大きさを基準に分類するのが合理的であるが、麻痺性斜視の特徴である偏位の非共同性を重視し、上下のむき方向の非共同性をしめす第2主成分を基準に分類した。

51例の上斜筋麻痺を対象に下内転位($30^\circ/30^\circ$)から上内転位($30^\circ/30^\circ$)の上下偏位を減じた値から累積度数を算出し、75%点よりも大きくなる症例を上斜筋不全型、25%点よりも小さくなる症例を下斜筋過動型、25%点と75%点の間に含まれる症例を下斜筋過動と上斜筋不全の混合型とした。その結果、75%点は 8° 、25%点は -1° 、50%点(中央値)は 2° 、平均値は $3.2^\circ (\pm 6.9^\circ)$ (標準偏差)であった。この区分けにより下斜筋過動型は10例、混合型は29例、上斜筋不全型は12例に分類された。

3. 主成分スコアの布置

第1主成分スコアから第3主成分スコアを第1軸から第3軸までの座標系に移し、2次元表示で対象を布置した。これはもとの9変数を合成した総合特性を表し、ここでは下斜筋過動型、下斜筋過動と上斜筋不全の混合型、上斜筋不全型を区別してプロットした。

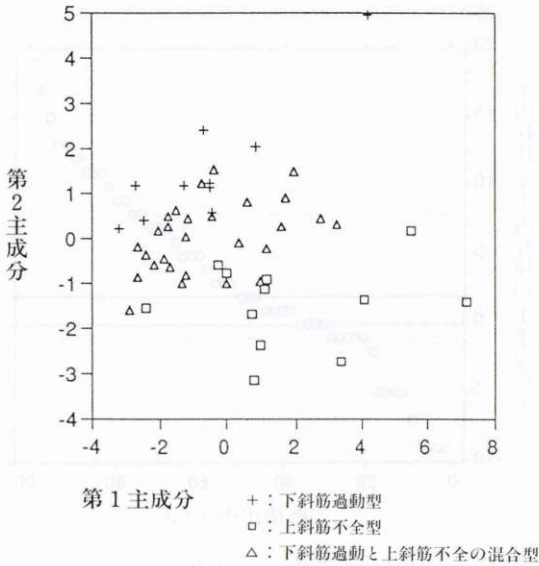


図2 第1主成分と第2主成分の布置。

第1主成分の軸上では左から下斜筋過動型、混合型、上斜筋不全型の順に並ぶ。

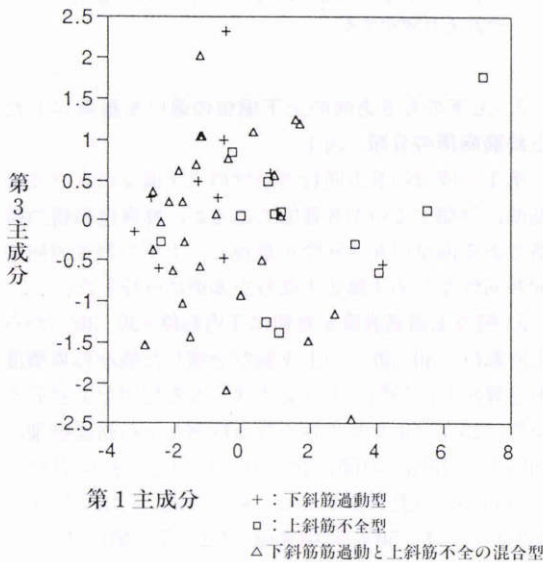


図3 第1主成分と第3主成分の布置。

下斜筋過動型、上斜筋運動型、混合型は明確には分離しない。

1) 第1主成分と第2主成分のスコア (図2)

第1主成分軸上には、右から順に下斜筋過動型、下斜筋過動と上斜筋不全の混合型、上斜筋不全型の症例が、一部重なりあうものの区別されて並んだ。したがって9方向むき眼位の上下偏位を総合すると下斜筋過動

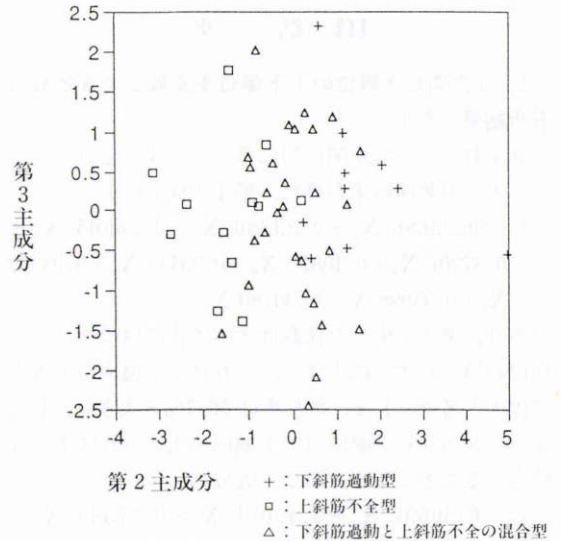


図4 第2主成分と第3主成分の布置。

第2主成分の軸上では左から上斜筋不全型、混合型、下斜筋過動型の順に並ぶ。

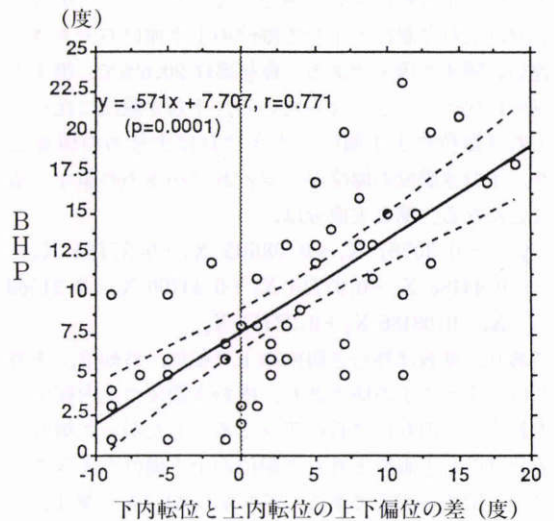


図5 下内転位と上内転位の上下偏位の差に対する患側傾斜時と健側傾斜時の上下偏位の差 (BHP) の関係。

上下偏位の差に応じてBHPが増減する。点線は75%信頼区間。

型、混合型、上斜筋不全型の順に偏位が大きくなることを示している。第2主成分軸上には、重なりが多くなったが、上から順に下斜筋過動型、混合型、上斜筋不全型に並んだ。

2) 第1主成分と第3主成分のスコア (図3)

第1主成分軸上, 第3主成分軸上とも重なりの多い症例が多く, 下斜筋過動型, 混合型, 上斜筋不全型の3病型が区別できなかった。

3) 第2主成分と第3主成分のスコア (図4)

第2主成分軸上では右から上斜筋不全型, 混合型, 下斜筋過動型の順に並んだ。したがって上下のむき眼位の上下偏位の違いは, 上斜筋不全型では下むき眼位の, 下斜筋過動型では上むき眼位の偏位が大きくなることを示している。しかしながら第3軸上では3病型は区別できなかった。

4. 内転位の上下偏位の差とBHPの関係 (図5)

内下転位の上下偏位から内上転位の上下偏位を減じた値(X)と, BHPの値(Y)の両者の関係を調べた。上下偏位の差の増大(減少)にともないBHPの値が増大(減少)する状態が認められ, 両者の間には, $Y = 0.571X + 7.707$ の回帰式が得られた。相関係数は $r = 0.771$ となり統計的に有意と認められた ($p = 0.0001$)。

5. 各病型とBHPの関係 (図6)

頭を左右 30° に傾斜させた時に生じる上下偏位の差(平均値 $\pm$ 標準偏差)は, 下斜筋過動型 $5.7^\circ \pm 3.8^\circ$, 混

合型 $6.0^\circ \pm 5.2^\circ$, 上斜筋不全型 $15.0^\circ \pm 5.2^\circ$ であった。各病型間でBHPの値に差があるかどうか独立多群の差の検定法 Kruskal-Wallis で調べた結果, 統計量(H)は 16.377 ($P = 0.0003$) で, 各病型間のBHPの値に有意差ありと判定した。

IV 考 按

これまで報告されている上斜筋麻痺の分類の問題点をあげると, Knapp¹⁾のVII病型の分類では先天性と後天性の区別がなされず, 両者が混在して分類されていること, さらにIV型からVII型に含まれる症例は遮蔽テストでI型からIII型に移行することが指摘されており²⁾, したがって, このような分類は簡便さの点で問題があると思われる。

von Noorden³⁾は202例の上斜筋麻痺を対象に deviometer を用いて計測した9方向むき眼位の上下偏位の計測結果をKnappの分類に照合した結果, 症例の79%は上内転位で最大の偏位を示すI型, 上内転位と下内転位の偏位が等しくなるII型, および下内転位で最大の偏位を示すIII型の3病型に含まれることを述べている。

Cüppers⁴⁾は上斜筋麻痺では内転位における上下むき眼位の上下偏位の大きさに特徴的な違いがみられることに注目し, 先天性上斜筋麻痺を上斜筋不全型, 下斜筋過動型, および両者の混合型の3病型に分類することを1976年に提唱している。すなわち上斜筋不全麻痺では上斜筋のほりあい筋の下斜筋の拘縮の程度によってI型からIII型に分類されるものと述べている。しかし, 拘縮の程度と上下偏位の関係については, まだ明らかにされておらず, ここにこの分類の問題点があるといえよう。

Wieser⁵⁾は上下のむき眼位よりも, 水平のむき眼位の方が上下偏位の大きさの違いの程度が大きくなることをシノプトメーターの計測で確認し, これを基準に上斜筋麻痺をadduction type, linear type, mixed typeの3病型に分類する方法を提唱し, さらにこれらの病型の成り立ちにも言及している。Kolling²⁾はHarms正切スクリーンを利用した眼位計測で, 上内転位と下内転位の上下偏位の差を 5° を基準に上斜筋麻痺を3病型に分類することを主張している。このように報告者によって分類が異なるのは, 上斜筋麻痺ではむき眼位で上下偏位の大きさが異なるために水平, 上下のむき眼位のどちらを重視するかの判断に主観が入るためと思われる。

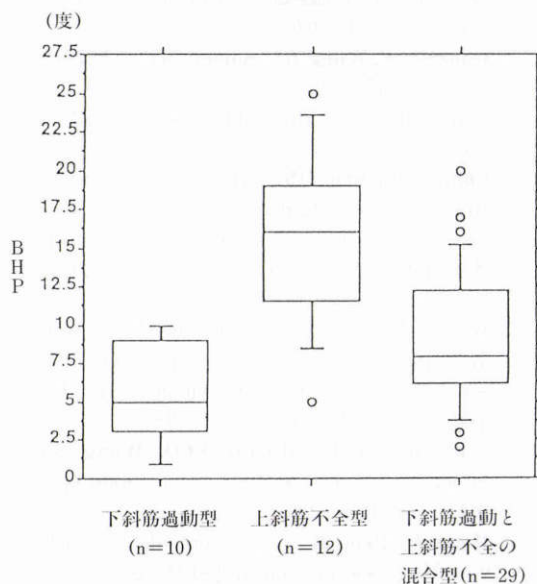


図6 下斜筋過動型, 混合型, 上斜筋不全型の患側傾斜時と健側傾斜時の上下偏位の差(BHP)をしめすパーセントイル・グラフ。

3つの型のBHPの値に有意な差が認められる($P = 0.0001$, Kruskal-Wallisの独立多群の差の検定)。

そこでわれわれは上斜筋麻痺の上下偏位の特徴を客観的に把握するために、Parksの3 step法で診断した片眼性の先天性上斜筋麻痺を対象に、統計的手法を用いて上下偏位の総合特性を検討した。その結果、主成分分析では上斜筋麻痺の上下偏位は、第1主成分から第3主成分までの各成分で特徴づけられることが明らかになった。このうち第1主成分の変数の固有値は正面位でわずかに重みが認められるものの、係数はすべて正の値をとった。つまり、第1主成分は9方向むき眼位における上下偏位の大きさの因子を示すものとみなされ、第2主成分は上むきと下むき眼位の各変数の固有値の係数が大きく、上下むき眼位の上下偏位の大きさの違いに関する因子を、第3主成分は内むきと外むき眼位の各変数の固有値の係数が大きく、水平むき眼位の上下偏位の大きさの違いを表す因子をそれぞれに表現するものと解釈した。したがって、麻痺性斜視の特徴である、むき眼位における上下偏位の大きさの違いに注目すれば、上斜筋麻痺では水平のむき眼位よりも上下のむき眼位の上下偏位の大きさの違いに特徴があるとみなされる。

Hennら⁷⁾のサルを対象におこなった動物実験でこのような結果を支持する現象が確かめられている。すなわち追従眼球運動時の滑車神経核の運動ニューロン活動電位の放電周波数を調べた実験によれば、水平方向の視線移動よりも上内方から下内方への上下の視線移動時のほうが運動ニューロンの活動が増大することを証明している。したがって、この結果から推察すれば、上斜筋麻痺では水平のむき眼位よりも上下のむき眼位に非共同性の強い影響がでると考えられる。

9方向むき眼位の上下偏位を各変数とする主成分分析結果をもとに、むき眼位による上下偏位の差の違いを基準に試みたわれわれの分類によれば、それぞれの型の上下偏位の特徴はつぎのように要約される。1) 上斜筋不全型は9方向むき眼位の上下偏位が最も大きく、上むき眼位よりも下むき眼位で上下偏位が大きく、3病型のなかでは最も大きなBHPを示す。2) 下斜筋過動型は3病型のなかでは9方向むき眼位の上下偏位が最も小さく、下むき眼位よりも上むき眼位で上下偏位が大きく、3病型のなかでは最も小さいBHPを示す。3) 混合型は上下偏位、BHPともに上斜筋不全型と下斜筋過動型の中間に位置する。

Kolling²⁾の3病型分類ではBHPの値に病型間で有

意差が認められていないが、これは下内転位と上内転位の上下偏位の差の累積度数を基準に求めたわれわれの方法とは異なり、上内転位と下内転位の差を一律に5°を基準に3型に分類しているためと思われる。われわれが分類した3病型のBHPは、下斜筋過動型、混合型、上斜筋不全型の順に大きくなり、統計上からもそれぞれの値の間に有意な差が認められた。Bielschowsky head tilt testは上斜筋麻痺の診断上、また麻痺の程度を推察するうえで極めて重要な検査法であり、したがって各病型とBHPとの間に有意な関係が認められる分類であれば、上斜筋麻痺の程度を反映するものとして有用と思われる。

松尾信彦教授のご校閲に感謝いたします。長谷部佳世子、大谷みゆき両視能訓練士のご協力に感謝いたします。なおこの論文の一部は第95回日本眼科学会総会のシンポジウム「斜視」で講演した一部である。

文 献

- 1) Knapp P: Diagnosis and surgical treatment of hypertropia. *Am Orthop J* 21: 29—37, 1971.
- 2) Kolling G: Diagnostik und operative Korrektur von Vertikal- und Zyklodeviationen bei Störungen schräger Augenmuskeln Dosis- Wirkungsbeziehung verschiedener Eingriffe. *Habilitationsschrift des Fachbereichs Humanmedizin der Justus-Liebig-Universität Giessen*, Giessen, 35—59, 1986.
- 3) Gonzalez C, Wong RF, Somers ME: Superior oblique palsy management: A survey of 300 strabismologists. *Binocular Vision* 4: 63—69, 1989.
- 4) Cüppers C, Sen DK: Diagnose, Indikationsstellung und Verlaufskontrolle bei Störungen im Bereich der schrägen Vertikalmotoren. *Broschüre Arbeitskreis Schielbehandlung*. Band 6: 293—303, 1976.
- 5) Wieser D: Die Darstellung des Inkomitanzmusters kongenitaler einseitiger Obliquus-superior-Paresen mit dem Synoptometer. *Klin Mbl Augenheilk* 178: 95—101, 1981.
- 6) von Noorden G, Murray ECO, Wong SY: Superior oblique paralysis. *Arch Ophthalmol* 104: 1771—1776, 1986.
- 7) Henn V, Hepp K: Die neuronale Steuerung von Augenbewegungen in drei Dimensionen, in Mühlendyck H, Rüssmann W (hrsg): *Augenbewegung und visuelle Wahrnehmung*, Stuttgart, Enke Verlag, 38—46, 1990.