

上斜筋麻痺の Bielschowsky head-tilt test に おける motor adaptation

大月 洋, 岸本 典子, 小橋 理栄, 渡辺 聖, 岡野 正樹, 古瀬 尚
岡山大学医学部眼科学教室

要 約

先天性, および後天性上斜筋麻痺を対象に Bielschowsky head-tilt test における motor adaptation を検討した。頭部傾斜時の耳石一眼反射の利得を調べるために結膜輪部につけた2箇所の印を写真撮影し, 頭部傾斜時30°の反対回旋量(OCR)を計測した。手術の前後で非術眼のOCR量を比較した結果, 術後のOCR量(8.39°)は術前のOCR量(10.49°)に比較して有意に減少した($p < 0.05$)。OCR量とBielschowsky head-tilt testの上下偏位(BHP)の間には有意な相関は認められなかったが, 罹病期間が長くなるにしたがってBHP/OCR ratioは増大する傾向が認められた。これははわずかの代償頭位で両眼視するための適応で, 筋のcontractureや中枢における神経支配量の二次的变化に原因して起きる現象と推察した。(日眼会誌 96: 1055-1060, 1992)

キーワード: Bielschowsky head tilt test, motor adaptation, 上斜筋麻痺, 眼球反対回旋, 上下偏位

Motor Adaptation in the Bielschowsky Head-Tilt Test in Cases of Superior Oblique Palsy

Hiroshi Ohtsuki, Fumiko Kishimoto, Rie Kobashi,
Sei Watanabe, Masaki Okano and Hisashi Furuse

Department of Ophthalmology, Okayama University Medical School

Abstract

To elucidate a motor adaptation phenomenon in the Bielschowsky head-tilt test in cases of superior oblique palsy, a gain of the otolith-ocular reflex was studied. The amplitude of ocular counterrolling (OCR) of the non-paretic eye was measured with a photographic method, using limbal conjunctival marks as landmarks which were marked with indigo carmine. The average preoperative OCR of the non-paretic eye was 10.49° at 30° of head tilt to both sides, but after corrective surgery in the paretic eye the OCR of the non-paretic eye decreased to 8.43°. To clarify the relation between OCR, duration of palsy and vertical deviation of the Bielschowsky head-tilt test (BHP), which was the difference of vertical deviation measured with the head tilted to the left and right shoulders at an angle of 30°, the BHP/OCR ratio was calculated. We found no relation between BHP and OCR, but the BHP/OCR ratio increased proportionally in cases of long-standing palsy. From these results an increased BHP/OCR ratio could be an adaptive phenomenon caused by secondary innervational changes or muscle contracture to minimizing the contralateral head tilt to maintain binocular single

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1月31日受付, 平成4年3月23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 January 31, 1992 and accepted in revised form March 23, 1992)

vision. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 96: 1055—1060, 1992)

Key words: Bielschowsky head-tilt test, Motor adaptation, Superior oblique palsy, Ocular counterrolling, Vertical deviation

I 緒言

上斜筋麻痺における Bielschowsky head tilt test はきわめて診断的価値が高く、これは患側への頭部傾斜時に麻痺眼に著しい上転がみられる現象をさす。この現象は上斜筋の下転作用の欠如によって上下偏位が生じるとされており、上斜筋の下転作用を0とした場合、Robinson¹⁾²⁾の斜視のコンピュータモデルを用いたのシミュレーション計算では、上下偏位は2.8°となる。シミュレーション計算では個々の外眼筋の張力、筋長、神経支配量、筋の水平、上下、回旋成分に対する作用ベクトルなど考えられる全てのパラメータが含まれるように考慮されているが、2.8°の上下偏位はわれわれが臨床で経験する上斜筋麻痺の新鮮例のそれと比較すれば、非常に小さい値となっている。シミュレーション計算と臨床データが一致しないのは、予測できないような神経支配の量的変化が斜筋よりも上下直筋に発生するためと考えられており¹⁾²⁾、したがって患側頭部傾斜時に出現する著しい上下偏位は、斜筋麻痺よりも上下直筋の過動で生じると考えるのが合理的である。しかし上下直筋になぜ過動が生じるかということについては、推測の域をでないのが実情である。

Simonsz³⁾および Kommerell⁴⁾は代償頭位の程度と上下偏位は必ずしも相関しないという点に注目し、著しい上下偏位がみられるにもかかわらずわずかな代償頭位を示す症例では両眼視できるように上下直筋に伝達される神経支配の量的変化や、筋の contracture が発生するのではないかという仮説を立てている。これが上斜筋麻痺の motor adaptation という概念であり、頭部傾斜時に生じる耳石—眼反射の利得の増加が斜筋よりも直筋に選択的におきる現象で、この適応現象によって大きな上下偏位に対してもわずかの代償頭位で両眼視できることになる。そこでわれわれは Bielschowsky head tilt test の motor adaptation の仮説を確かめるために、上斜筋麻痺を対象に眼球の反対回旋 (ocular counterrolling, OCR) の大きさと頭部傾斜時の上下偏位の関係を中心に検討したので報告する。

II 方法、対象

頭部傾斜装置を用いて眼前3mに置いた点光源を固視目標に半透明の鏡でカメラレンズが中央にくるように調整しながら顎台に直結したカメラでそれぞれ正中頭位と左右側方30°の傾斜位における健眼を撮影した⁵⁾⁶⁾。鼻根部につけた印と上顎切歯中央を結ぶ基準線とし、これと結膜輪部の3時と9時の箇所につけた indigo carmine の印を結ぶ線とのなす角度を正中位、左30°、および右30°頭部傾斜位のそれぞれの位置で求め、左右頭部傾斜時の健眼(非術眼)の反対回旋量を計測した。反対回旋量については、個々の症例について2回の計測をおこない平均値を出した。対象は平均年齢が27歳(±23.0標準偏差)の先天性上斜筋麻痺10例と平均年齢が55.5歳(±9.9標準偏差)の後天性上斜筋麻痺(滑車神経麻痺)11例の計21例である。正中頭位を基準に、左右側方へ30°頭部を傾斜した時の健眼の反対回旋量の和を ocular counter rolling とした。同時に頭部を傾斜させたときの上下偏位をプリズムカバーテストで測定し、健側および患側への頭部傾斜時の上下偏位の差を vertical angle difference between two head positions (BHP) とした。

手術の前後で健眼の OCR 量を比較し、手術に対する耳石—眼反射 (oculo-otolith reflex, OOR) の利得の変化を検討した。手術は1例の下斜筋後転を除き、すべて上斜筋の縫縮を行った。さらに OOR の利得と罹病期間、および BHP の関係を検討するために、BHP/OCR ratio をパラメータとし Bielschowsky head tilt test における motor adaptation のかわりを調べた。

つぎに motor adaptation を別の方向から検討するために、両眼視の遮断による上下偏位への影響を調べた。対象は平均年齢24.7歳(±20.2標準偏差)の先天性上斜筋麻痺15例と、平均年齢50.9歳(±13.6標準偏差)の後天性上斜筋麻痺7例の計22例であり、上下偏位の計測にはシノプトメータ (Oculus Inc.) を用いて、患眼を2~7日間遮蔽し⁷⁾患眼の下内転位(30°/30°)の上下偏位から上内転位(30°/30°)の上下偏位を満じた値を遮蔽の前後で比較した。

III 結 果

1. 手術前後の OCR の比較

先天性 8 例, 後天性 7 例の計 15 例の上斜筋麻痺の健眼の手術前の OCR の平均値は $10.49^\circ (\pm 4.59$ 標準偏

表 1 非一麻痺眼の手術前後の反対回旋量の比較

症例番号	年齢(歳)	種類	手術	術前の OCR (度)	術後の OCR (度)
1	40	先天性	上斜筋縫縮	2.5	0.8
2	51	後天性	上斜筋縫縮	5.3	7.4
3	6	先天性	上斜筋縫縮	5.9	7.4
4	68	後天性	上斜筋縫縮	7.2	2.8
5	52	後天性	上斜筋縫縮	8.2	7.0
6	63	後天性	上斜筋縫縮	8.5	4.1
7	63	先天性	上斜筋縫縮	9.0	7.0
8	41	後天性	上斜筋縫縮	9.6	4.3
9	10	先天性	上斜筋縫縮	10.1	8.4
10	61	先天性	下斜筋後転	12.3	10.1
11	46	後天性	上斜筋縫縮	12.4	9.1
12	9	先天性	上斜筋縫縮	15.1	16.3
13	18	先天性	上斜筋縫縮	16.1	18.3
14	48	後天性	上斜筋縫縮	17.1	10.7
15	23	先天性	上斜筋縫縮	18.0	12.2
				0.49 ± 4.59	8.39 ± 4.73

両者には統計的に有意差が認められる

平均値±標準偏差

術前対術後: $p < 0.05$ (Wilcoxon test)

表 2 反対回旋量と BHP の関係

症例番号	年齢(歳)	種類	OCR (度)	BHP (度)
1	16	先天性	4.0	3
2	51	後天性	5.3	6
3	6	先天性	5.9	10
4	54	先天性	6.7	5
5	64	後天性	6.7	8
6	68	後天性	7.2	8
7	52	後天性	8.2	6
8	63	後天性	8.5	7
9	63	先天性	9.0	13
10	41	後天性	9.6	5
11	10	先天性	10.1	20
12	69	後天性	10.4	3
13	47	後天性	10.4	5
14	62	後天性	12.1	10
15	61	後天性	12.3	8
16	46	後天性	12.4	2
17	9	後天性	15.1	16
18	18	先天性	16.1	9
19	48	後天性	17.1	7
20	23	先天性	18.0	9

差), 手術後の OCR は $8.39^\circ (\pm 4.73$ 標準偏差)であり, 健眼の OCR は術後には有意に減少した ($p < 0.05$, Wilcoxon test) (表 1).

2. BHP と OCR の関係

先天性 8 例, 後天性 12 例の計 20 例の上斜筋麻痺の OCR と BHP の関係を表 2 と図 1 に示すが, 両者には有意な相関は認められなかった.

3. BHP/OCR ratio の比較

先天性 10 例の BHP/OCR の平均値は $1.01 (\pm 0.52$ 標準偏差), 後天性 11 例のそれは $0.69 (\pm 0.35$ 標準偏

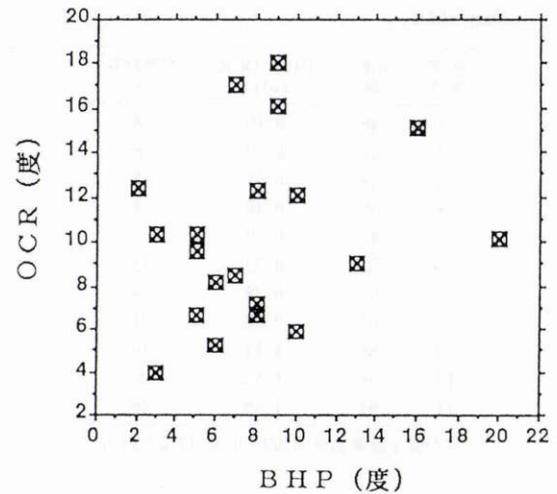


図 1 反対回旋量と BHP の関係を示す散布図.

両者には統計的に有意な関係が認められない.

表 3 先天性, および後天性上斜筋麻痺の BHP/OCR ratio の比較

症例番号	先天性年齢(歳)	BHP/OCR ratio	症例番号	後天性年齢(歳)	BHP/OCR ratio
1	23	0.50	1	46	0.16
2	18	0.56	2	47	0.29
3	61	0.65	3	48	0.41
4	10	0.72	4	69	0.48
5	16	0.75	5	41	0.52
6	54	0.75	6	52	0.73
7	9	1.06	7	62	0.78
8	63	1.44	8	63	0.82
9	6	1.69	9	68	1.11
10	10	1.98	10	51	1.13
			11	64	1.19
		1.01 ± 0.52			0.69 ± 0.35

両者には統計的に有意差は認められない

平均値±標準偏差

先天性対後天性: $p > 0.05$ (Mann-Whitney test)

差)で両者に有意差はみられなかった (p=0.26, Mann-Whitney test) (表3).

4. 後天性上斜筋麻痺のBHP/OCR ratioと罹病期間の関係

後天性上斜筋麻痺 11例のBHP/OCR ratioと罹病期間の関係を表4に示す。BHP/OCR ratioの平均は0.69(±0.35標準偏差), 罹病期間の平均は17.5か月(±13.5標準偏差)であり, 罹病期間(X)が長くなる

表4 上斜筋麻痺におけるBHP/OCR ratioと罹病期間の関係

症例番号	年齢(歳)	BHP/OCR ratio	病歴期間(月)
1	46	0.16	8
2	47	0.29	8
3	48	0.41	7
4	69	0.48	39
5	41	0.52	7
6	52	0.73	12
7	62	0.78	8
8	63	0.82	21
9	68	1.11	16
10	51	1.13	20
11	64	1.19	46

平均値±標準偏差 0.69±0.35 17.5±13.5

$$y = .625x - .064, r^2 = .333$$

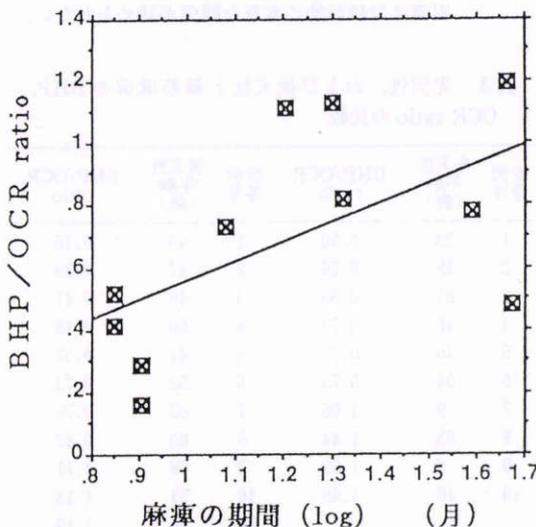


図2 今天性上斜筋麻痺のBHP/OCR ratioと罹病期間の関係を示す散点図。罹病期間が長くなるにしたがってBHP/OCR ratioが増加する傾向が認められる。

に従ってBHP/OCR ratio (Y)が増加する傾向がみられた (p=0.0631) (図2).

5. 両眼視の遮断による上下偏位への影響

先天性の平均遮蔽日数は4.1日(±1.6標準偏差), 遮蔽前の患眼の内上方と内下方視での上下偏位の差の平均は5.7°(±4.7標準偏差), 遮蔽後のそれは4.5°(±4.5標準偏差)であった。遮蔽後の差の平均値は減少したものの, 遮蔽前後で有意差はみられなかった

表5 先天性上斜筋麻痺の上下偏位に対する遮蔽効果

症例番号	年齢(歳)	遮蔽前の上下偏位(度)	遮蔽期間(日)	遮蔽後の上下偏位(度)
1	10	15	5	17
2	8	13	3	8
3	9	11	3	8
4	12	10	3	7
5	6	7	5	4
6	51	6	6	3
7	60	6	3	1
8	33	5	4	7
9	40	5	7	0
10	39	3	3	0
11	14	2	5	5
12	9	2	7	2
13	11	1	3	0
14	9	0	2	3
15	60	0	3	2
		5.7±4.7		4.5±4.5

下内転移と上内転位の上下偏位の差を遮蔽前後で比較, 両者には統計的に有意差は認められない
平均値±標準偏差
遮蔽前対遮蔽後: p>0.05 (Wilcoxon test)

表6 後天性上斜筋麻痺の上下偏位に対する遮蔽効果

症例番号	年齢(歳)	遮蔽前の上下偏位(度)	遮蔽期間(日)	遮蔽後の上下偏位(度)
1	52	17	1	14
2	53	13	3	10
3	62	11	4	9
4	46	8	2	5
5	50	7	4	5
6	25	6	4	6
7	68	5	3	8
		9.6±4.3		8.1±3.2

下内転位と上内転位の上下偏位の差(度)を遮蔽前後で比較, 両者には統計的には有意差は認められない
平均値±標準偏差
遮蔽前対遮蔽後: p>0.05 (Wilcoxon test)

($p > 0.05$, Wilcoxon test) (表5). 後天性の平均遮蔽日数は2.9日(±1.3標準偏差), 遮蔽前の差の平均は 9.6° (±4.3標準偏差), 遮蔽後のそれは 8.1° (±3.2標準偏差)であった. 遮蔽後は差の平均値は減少したものの, 遮蔽前後で有意差は認められなかった(Wilcoxon test) (表6).

IV 考 按

Bielschowsky head tilt test は耳石一眼反射を利用したもので, 上斜筋麻痺を診断する上できわめて重要な検査法のひとつされている. たとえば右へ頭を傾斜させた時には耳石一眼反射によって右眼の上斜筋と上直筋の作用が賦活され, 逆に下斜筋と下直筋には抑制が生じ, 左眼では下斜筋と下直筋の作用が賦活され, 逆に上直筋と上斜筋には抑制がかかり両眼には等量の反対回旋が生じて左へまわしむき運動がおきる⁵⁾⁶⁾.

上斜筋麻痺では患側頭部傾斜時に麻痺眼の上転運動がみられるが, この現象については斜筋説, 上下筋説などがあり確定的なものはない. Robinson¹⁾²⁾の斜視モデルを用いたシミュレーション計算では, 上斜筋の下転作用を0と仮定した場合, 頭を側方へ傾けた時には 2.8° の上下偏位が生じるとされている. これは臨床で経験する値とかなりかけ離れており実際は上下偏位はもっと大きく, したがって Bielschowsky head tilt test でみられる上下偏位は上斜筋の上下作用よりも上下直筋の代償性の働きによると考える方が合理的と思われる⁴⁾.

Simonsz ら³⁾や Kommerell ら⁴⁾は, 上斜筋麻痺でみられる患側への頭部傾斜時にみられる患眼の上転運動は, 耳石一眼反射の利得の増加現象が斜筋よりも上下直筋に選択的に増幅されて起こる現象であるという仮説を立てている. もしこのような増幅が起きるとすれば, 健眼へのわずかの頭部傾斜で上下偏位は著しく減少し, 容易に両眼視単一視ができることになる. このように, 上直筋に対する耳石一眼反射の選択的な利得の増幅現象で説明される Bielschowsky head tilt test の motor adaptation は, きわめて興味のある現象といえる.

耳石一眼反射によって生じる反対回旋量を手術前後で比較した今回の結果では, 健眼の OCR は, 手術後には有意な減少が認められた. これは手術で上下の偏位が減少したために motor adaptation の必要がなくなり, 上直筋に対する耳石一眼反射の利得が減少することを示していると考えられ, Bielschowsky head tilt

test に motor adaptation が関与していることを示していると思われる.

motor adaptation が起きているとすれば, 反対回旋量と BHP の間に何らかの関係があるのではないかと予測を立てたが, 両者には統計的には有意な関係は確認できなかった. そこで頭部傾斜時の反対回旋量に対する上下偏位の割合 (BHP/OCR ratio) をパラメータとし, 別の角度から motor adaptation を検討するために, 先天性上斜筋麻痺と後天性上斜筋麻痺の BHP/OCR ratio の比較をおこなった訳である. 両者の間には統計的に有意差は認められなかったが, 後天性よりも先天性の方が BHP/OCR ratio は大きな値を示した. この結果は先天性の方が後天性よりも治療を受けるまでの罹病期間が長いために, 中枢における神経支配量の変化や, 筋の拘縮など motor adaptation がより強く進行していることを示していると思われる. また後天性上斜筋麻痺では発病からの時間経過ともに BHP/OCR ratio が次第に増加する傾向が認められたが, Simonsz ら³⁾もわれわれと同様に BHP/OCR ratio が罹病期間に相関して増減することを指摘しており, したがって BHP/OCR ratio は OCR とともに motor adaptation の程度を示すパラメータと考えられる.

健側に頭を傾斜させた時に耳石一眼反射の利得が増加すれば, 健眼の下直筋への神経支配量が增大しその働きの大きくなると同時に上直筋の働きの抑制され上下偏位が減少してわずかの代償頭位で両眼視が可能となる. このように耳石一眼反射の利得を増加させる motor adaptation には両眼視が深く関与していると考えられるが⁷⁾, Bielschowsky head tilt test とは別に, むき眼位の上下偏位のパターンが両眼視を遮断することによってどの程度影響を受けるかを検討した. その結果, 先天性, 後天性ともに遮蔽後にむき眼位の上下偏位の差は減少する傾向が認められた. 両眼視を容易にするためにはむき眼位の上下偏位に差がないほうが合理的と考えられるが⁸⁾, 遮蔽後の方が差が減少する傾向が認められた. つまり motor adaptation は, Bielschowsky head tilt test に関係する現象であって, むき眼位の上下偏位には関係しない現象と思われる.

この論文の要旨は第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. 論文のご校閲をいただいた松尾信彦教授に感謝いたします. この論文のデータの一部は, 昭和56年から昭和61年にかけて市川理恵博士(高知県立中央病院眼科部長)および生田 全博士(岡山県)の

協力を得て行われたものである。深く感謝いたします。貴重な助言をいただいた Ph Dr. H.J. Simonsz (Sankt Gallen 大学・眼科, スイス), ならびに長谷部佳世子, 大谷みゆき 視能訓練士のご協力に感謝いたします。

文 献

- 1) **Robinson DA**: Bielschowsky head-tilt test II. Quantitative mechanics of the Bielschowsky head-tilt test. *Vis Res* 25: 1983—1988, 1985.
- 2) **Robinson DA**: The Bielschowsky head-tilt phenomenon is exacerbated by vertical recti overaction—Why? in Keller EL, Zee DS (eds): *Adaptive Processes in Visual and Oculomotor Systems*, Oxford, Pergamon, 37—41, 1988.
- 3) **Simonsz HJ, Crone RA, van der Meer, et al**: Bielschowsky head-tilt test-I. Ocular counter-rolling and Bielschowsky head tilt test in 23 cases of superior oblique palsy. *Vis Res* 25: 1977—1982, 1985b.
- 4) **Kommerell G, Klein U**: Adaptive changes of the otolith-ocular reflex after injury to the tro-

- chlea. *Neuro-ophthalmol* 6: 101—107, 1986.
- 5) **市川理恵**: 上斜筋麻痺の手術療法に関する研究, 第4報. 頭部傾斜時の両眼の動的反対回旋の計測による回施要素の解析. *日眼会誌* 87: 777—785, 1983.
- 6) **生田 全**: 上斜筋麻痺に対する上斜筋縫縮に関する研究, 第2報. 頭部傾斜時における両眼の反対回旋の協調性に与える影響について. *日眼会誌* 89: 1134—1142, 1985.
- 7) **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, 41—43, 1986.
- 8) **Kolling G**: Beziehung zwischen Vertikaldivergenz und Zyklotropie bei M. obl. sup. - Paresen. *Arbeitskreis Schielen* Band 14: 57—63, 1983.