正常者の視運動性後眼振 (OKAN) におよぼす頭位の影響

東京女子医科大学附属第二病院耳鼻咽喉科 (主任: 荒牧 元教授)

横 内 載 子

EFFECTS OF HEAD POSITIONS ON HORIZONTAL OPTOKINETIC
AFTERNYSTAGMUS IN HUMANS

FUMIKO YOKOUCHI, M.D.

Department of Otolaryngology, Tokyo Women's Medical College Daini Hospital, Tokyo

In order to study the space orientation of optokinetic afternystagmus in humans, I examined optokinetic afternystagmus in the yaw axis (horizontal OKAN, HOKAN) in both sitting and the 90° lateral tilted positions in 29 normal volunteers. Optokinetic stimuli of 80°/s were given for 120 seconds using a projection type stimulator. Eye movements were recorded in two dimensions, horizontal and vertical, to the head fixed coordinate axis using conventional electronystagmography. Five parameters of HOKAN (maximum slow phase velocity, time constant of slow phase velocity, total nystagmus number, frequency and duration) in the sitting position were compared with those in the 90° lateral positions tilted to the right and to the left. The following results were obtained.

1) OKAN were recorded from all subjects in the sitting position. The mean and the standard deviation of maximal slow phase velocity, duration and the time constant were 11.6 ± 4.0 /s, 35.7 ± 15.6 seconds and 15.1 ± 8.5 seconds, respectively.

2) In the lateral positions, the rate of appearance of OKAN decreased to 72%. In the lateral positions, the slow phase velocity decreased to 68% of that in the sitting position.

3) The rate of appearance and the slow phase velocity of OKAN were more active in the direction horizontal to the ground than in the perpendicular direction.

These results suggest that otolith input modifies HOKAN in humans.

Key words: 視運動性後眼振, 頭位, 正常者, 耳石器, ENG, 水平性A 96-0271-25522

I. はじめに

視運動性後眼振は、臨床における前庭機能検査としては視運動性眼振ほど利用されておらず、中枢疾患の補助診断の一つとしか考えられていなかった。ヒトではサルに比べ眼振振幅が小さく、個人差が大きい。施設により、刺激方法や検査方法が異なっており¹⁾²⁾³⁾、正常値は決め難く、比較しにくかったのも、臨床応用の普及しない理由の一つであろう。サルでは体軸に垂直な回転軸をもつ視運動性後眼振の時定数が、坐位から

側臥位にすると長くなることを Matsuo と Cohen⁴⁾ が 1981年に指摘し、垂直性視運動性後眼振の速度蓄積機構には耳石器が関与していることを示唆した。

さらに Raphan と Cohen⁵⁾ は、坐位の左右方向の視運動性後眼振に、側臥位では垂直成分が、背臥位では回旋成分が混在するようになることを見だし、これを“cross-coupling”と名づけた。この現象には重力がかかわっていて、坐位で純粹に左右方向である後眼振は、側臥位や背臥位では耳石の働きで解発が抑制され、

それに代わって垂直成分や回旋成分の出現の可能性を示唆した。

そこで本研究では正常者でも後眼振の必ず出現する条件を見だし、この条件下の視運動性後眼振に対する頭位の影響を調べた。

II. 方 法

検査対象は、下記の4つの条件を満たす22~33歳、平均25歳の健常のボランティア32名のうち、視運動性眼振(以下 OKN と略す)終了直後から OKN と反対方向の眼振、すなわち視運動性後眼振(以下 OKAN と略す)の第II相が出現した2名、OKAN III相まで記録された1名を除く29名(男性18名、女性11名)とした；①既往にめまいやふらつきなどの平衡障害を示す自覚症状を持たないもの ②あらかじめ行った一般神経耳科学診察で異常を認めないもの ③自発眼振、誘発眼振がないもの ④温度眼振検査で正常反応を示したものの。

眼振の記録は、電気眼振計(日本電気三栄株式会社製ニスタグモグラフ 1B21)を用いて、水平・垂直2成分について行った。すなわち水平成分は両外眼角窩縁に塩化銀不動態電極をおいて記録、第一眼位における瞳孔の上下眼角窩縁に、水平誘導と直交するように垂直誘導電極をおいて左および右眼の垂直誘導をとり、この両者を電気的に加算することにより垂直成分を記録した。この方法によると、右または左側方20°にある指標を注視させた時に、振幅で水平記録の10%以上の垂直成分(偽垂直成分⁶⁾)が記録された例はなかった。時定数は3.0秒および0.03秒とし、4チャンネルペン書きオシログラフで記録した。視角10°をほぼ10mmとし、紙送り速度は毎秒1mmまたは10mmで描記した。

刺激方法：OKNを解発するために、半径50cm、高さ57cmの半円筒投影型視運動刺激装置(永島医科器械株式会社製 OK-5)を使用した。本装置では視角30°毎に、幅14mm(視角1.6°)の移動する光線条が出る。刺激線条の移動方向は、頭の上下軸のまわりのみとし、惹起されるOKNの急速相方向にしたがって、右OKN、左OKNと表現した。線条移動速度は80°/sの等速度とし、刺激は120秒~130秒間与えた。被検者には、眼前を通り過ぎる線条を1本1本数えるつもりで見ると指示した。視運動刺激の終了は、刺激装置および室内すべての光を絶ち暗室とすることによって。被検者には、前方をぼんやり見ているように指示し、こうして解発されたOKANを、60秒間記録した。

図1 検査時の体位

- A) 坐位
B) 右側臥位：視運動刺激装置を90°傾け、20°/sのOKNに垂直成分が出現しないような右耳下の側臥位
C) 左側臥位：B)と同様の方法をとった左耳下の側臥位

検査方法：頭位は坐位および右または左側臥位の3種類とした。まず坐位で左右のOKNとOKANの記録を行い、OKNの解発が良好なことを確認した後、右または左側臥位でOKN・OKANの記録を順序無作為に行なった。側臥位での水平性OKN・OKANは視運動刺激装置を90°傾けて解発した(図1)。側臥位での頭位の決定は、左右OKNに垂直成分が出ないような体位をとることによってのみで、頭部の厳密な固定は行わなかった。刺激と刺激の間は30秒以上の安静を被検者に取らせた。

分析・検討した因子：OKN水平成分の最大緩徐相速度を、①刺激開始時(第一時点)②刺激開始時から60-70秒経た時点(第二時点)③刺激終了直前(第三時点)の三時点について原波形から計測した。垂直成分については刺激終了直前の最大緩徐相速度のみを計測した。OKAN第I相について、①最大緩徐相速度 ②持続時間 ③総眼振数 ④最大眼振頻度および ⑤時定数を計測した。また同時に出現する垂直成分の有無も調べた。OKANの第一打目を波形から確認した後、最大緩徐相速度を手動的に原波形から計測した。最終眼振は、その次の眼振までの間隔が10秒以上となる最初の眼振と決め、OKANの持続時間および総眼振数を計測した。最大眼振頻度は、眼振の解発が最も良好な連続3個の眼振を選び、その平均間隔より求めた。時定数は緩徐相速度が第一打の1/3になるまでの時間とした。

III. 結 果

1. OKANの分析

1) OKANの出現率について

代表的なENG記録の1例を図2に示す。この例では、坐位での右OKANの緩徐相速度は25°/sであった

A) 坐位

B) 右側臥位

C) 左側臥位

図2 OKAN の ENG の記録

80°/s 右視運動刺激を与えた後の暗所開眼下の ENG 記録 ($t=3.0$ 秒) を示す。H: 水平誘導 V: 垂直誘導の記録を示す。右 OKAN の緩徐相速度は坐位に比べ右側臥位と左側臥位で低下している。

のに対し、右側臥位の緩徐相速度は 11°/s、左側臥位のそれは 15°/s と低値であった。他の例では、側臥位では OKAN の出現しない場合もみられた。そこで、まず OKAN 出現の有無が頭位と関係あるか否かを調べた。

OKAN の出現した例は、坐位では右 OKAN 29 例左 OKAN 29 例と全例であった。これに対し、右側臥位では 29 例のうち右 OKAN 20 例左 OKAN 21 例、左側臥位では右 OKAN 19 例左 OKAN 24 例と、坐位に比べて側臥位で減少した ($p<0.05$) (図 3)。この差異が重力によるのか否かをみるために、眼振方向と重力方向との関係を検討した。すなわち OKAN をその眼球運動面が重力に直角な方向と、床に向かう方向 (重力方向)、床から遠ざかる方向 (抗重力方向) の 3 種類の方向に分けて OKAN の出現率を比較した。重力に直角な方向とは坐位における右 OKAN と左 OKAN を、重力方向とは右側臥位における右 OKAN と左側臥位にお

図3 OKAN の出現の割合

80°/s の等速度視運動刺激を 120 秒間与えた後の OKAN の出現頻度を頭位別に示す。
($n=29$)

A) 坐位 B) 右側臥位 C) 左側臥位

右: 右 OKAN 左: 左 OKAN

*, $p < 0.05$ NS: 有意差なし

図4 OKAN の出現の割合と重力との関係
($n=58$)

A. 重力に直角な方向、すなわち坐位の右 OKAN と左 OKAN

B. 重力に向かう方向、すなわち右側臥位右 OKAN と左側臥位左 OKAN

C. 重力から遠ざかる方向、すなわち右側臥位左 OKAN と左側臥位右 OKAN の出現した例 (%) を示す。

*, $p < 0.05$ NS: 有意差なし

る左 OKAN を、抗重力方向とは右側臥位における左 OKAN と左側臥位における右 OKAN をさす。図 4 のように重力に直角な方向には 58 例 (100%)、重力に向かう方向では 44 例 (76%)、重力から遠ざかる方向では 40 例 (69%) に OKAN が出現した。この OKAN の出

表1 OKAN の水平成分の計測値
80°/s の等速度視運動刺激を120秒間与えた
時の OKAN の水平成分の計測値を示す。

頭位 計測値 刺激方向		最大緩徐相速度 (°/s)	持続時間 (s)	総眼振数	頻度 (1/s)	時定数 (s)
坐位	右	11.8 ± 3.5	34.4 ± 16.4	24.4 ± 9.9	1.3 ± 0.4	12.8 ± 7.1
	左	11.4 ± 4.5	37.0 ± 15.2	23.3 ± 10.2	1.6 ± 0.6	17.3 ± 9.6
右側臥位	右	8.5 ± 2.8	40.4 ± 15.8	33.8 ± 15.8	1.2 ± 0.3	14.4 ± 5.2
	左	8.0 ± 3.1	38.1 ± 18.4	29.0 ± 15.0	1.2 ± 0.4	19.5 ± 12.3
左側臥位	右	7.2 ± 2.9	30.2 ± 13.8	27.6 ± 18.6	1.3 ± 0.3	19.1 ± 9.3
	左	7.9 ± 2.8	45.9 ± 12.5	28.8 ± 12.5	1.5 ± 0.5	16.4 ± 10.3

(n=29)

図5 OKAN の最大緩徐相速度と頭位との関係
(n=58)
平均値と標準偏差を示す。
A) 坐位と側臥位との比較
B) 重力の方向での比較

現数は、重力に直角な方向(A)が重力に向かう方向や重力から遠ざかる方向に比べて有意に高かった ($p < 0.05$)。重力から遠ざかる方向に最も出現しにくい傾向があったが、重力に向かう方向と比べて統計学的に有意な差とは言えなかった (図4)。

2) OKAN 水平成分の計測値について

表1にOKANの各パラメーターについての計測結果を示した。OKANの最大緩徐相速度は、坐位・右側臥位・左側臥位の3つの頭位ともに左右刺激方向の違いで差がなかったため、右OKANと左OKANを合わせた平均値で示すと、坐位では $11.6 \pm 4.0^\circ/\text{s}$ (平均値 ± 標準値) を示す。以下同様)、右側臥位では $8.2 \pm 2.9^\circ/\text{s}$ 、左側臥位では $7.6 \pm 2.8^\circ/\text{s}$ であった。右側臥位は坐位

に比べて緩徐相速度は有意に低下した ($p < 0.05$)。左側臥位でも坐位に比べて緩徐相速度は有意に低下した ($p < 0.01$) (図5A)。最大緩徐相速度と重力との関係について検討した。最大緩徐相速度の平均値は、OKANが床に平行な方向では $11.6 \pm 4.0^\circ/\text{s}$ 、床に向かう方向では $8.2 \pm 2.8^\circ/\text{s}$ 、床から遠ざかる方向では $7.6 \pm 3.0^\circ/\text{s}$ であった。重力に直角な方向に比べて、重力に向かう方向で緩徐相速度は低下した ($p < 0.05$)。重力に直角な方向に比べて、重力から遠ざかる方向で、緩徐相速度はやはり低下した ($p < 0.01$) (図5B)。

OKANの減衰の経過をみるために、その持続時間を調べた。OKANの持続時間に左右差がなかったため、左右のOKANの持続時間を合わせた平均値と標準偏差を示すと、坐位では 35.7 ± 15.7 秒、右側臥位では 39.2 ± 16.4 秒、左側臥位では 38.8 ± 16.2 秒であった。持続時間は3つの頭位の間で統計学的差異は認めなかった。持続時間は眼振方向が重力に直角な場合では 35.7 ± 15.7 秒、重力方向に一致する場合は 43.3 ± 15.5 秒、重力から遠ざかる方向に一致する場合は 34.3 ± 16.7 秒であった。重力に直角な方向、重力に向かう方向、重力から遠ざかる方向でも差はなかった。

OKAN原波形から、その傾きがOKAN第一打目の1/3になるまでの時間を、時定数として用手的に求めた。統計学的に左右差がなかったため、左右OKANの時定数を合わせた値を示す。OKANの時定数は、坐位では 15.1 ± 8.5 秒、右側臥位では 17.0 ± 9.4 秒、左側臥位では 17.6 ± 9.8 秒であった。時定数も3つの頭位の間で有意の差はなかった。眼振方向が重力方向と直角になる場合は 15.1 ± 8.5 秒、重力の方向に一致する場合は

15.5±8.2秒,抗重力方向に一致する場合は19.3±10.8秒であった。重力に直角な方向,重力に一致する方向,抗重力に一致する方向で統計学的に有意な差はなかった。

OKAN の総眼振数も左右差がなかったので合わせて検討した。坐位では23.9±10.0打,右側臥位では31.3±15.3打,左側臥位では28.3±13.0打であった。重力に直角な方向では23.9±10.0打,重力方向では31.1±14.0打,抗重力方向では28.3±14.3打であった。坐位,側臥位では差はなかった。重力に直角な方向,重力に向かう方向,重力から遠ざかる方向でも統計学的に有意な差はなかった。

OKAN の最大眼振頻度も左右差を認めなかったので,合わせて検討した。坐位では毎秒1.5±0.5打,右側臥位では毎秒1.2±0.4打,左側臥位では毎秒1.4±0.4打であった。OKAN の眼振頻度については,坐位は側臥位に比べて大きい傾向はあったが,統計学的な差はなかった。重力に直角な方向では毎秒1.5±0.5打,重力に向かう方向では毎秒1.4±0.4打,重力から遠ざかる方向では毎秒1.2±0.4打,であった。これも重力による統計的に有意の差はなかった。

以上をまとめると,左右方向のOKNに続くOKANの出現率は,重力に直角な方向に出やすい傾向があり,出現した例の最大緩徐相速度も重力の影響を受け,重力と直角な方向に大きいことがわかった。さらに側臥位ではOKANの出現率そのものが抑制されるが,OKANが出現した場合は,持続時間,総眼振数,頻度,時定数に重力による影響は現れなかった。

3) OKAN 第II相について

OKAN の第I相終了後これと逆向きの眼振が記録されることがある。これをII相と呼んだ。のべ142回の検査で4回見られ,すべて坐位の検査においてであった。坐位左OKANでは3例,そのうち1例は右OKANでも見られた。II相の緩徐相速度は,3.3±1.3°/s,持続時間は52.5±10.3秒,頻度は毎秒1.9±1.2打であった。I相終了後からII相が現れるまで17.8±7.8秒であった。OKAN 第I相の緩徐相速度が最大となるのは,常に第一打目であったが,II相の緩徐相速度が最大になったのは,2例は一打目,他の2例はII相開始35秒後であった。

4) OKAN の垂直成分について

垂直性自発眼振のない例に,水平性視運動刺激を与えていたにもかかわらず,偽垂直成分では説明のつかない垂直成分の記録される例が少なからずあった。坐

表2 OKAN の垂直成分の出現数

80°/s の等速度視運動刺激を120秒間与えた時のOKANの垂直成分の出現数を示す。
網かけした部分は cross-coupling の方向を示す

		(n=29)		
頭位	OKN	上眼瞼向き	下眼瞼向き	計
坐位	右	1	10	11
	左	0	6	6
右側臥位	右	1	6	7
	左	2	4	6
左側臥位	右	2	7	9
	左	3	3	6
計		9	36	45

位では,右OKANの11例,左OKANで6例,右側臥位では,右OKANで7例,左OKANで6例,左側臥位では,右OKANで9例,左OKANで6例に垂直成分が記録された。すなわち29例中坐位では17例,右側臥位では13例,左側臥位では15例,全体の26%にOKANの垂直成分が記録された(表2)。

頭位固定を厳格に行わなかった本研究では,側臥位では視運動刺激に垂直成分が混入した可能性は否定できない。しかし垂直性OKANは刺激に比して水平性OKANよりかなり弱いことが,ヒトでもサルでも知られており⁷⁾⁸⁾,垂直性視運動刺激に続く後眼振とは考えにくい。

眼振の方向は,どの頭位でも下眼瞼向きが多く,垂直成分の記録されたものが80%を占めた。上眼瞼向きは坐位で1例,右側臥位で3例,左側臥位では5例,計9例20%であった。頭位や刺激方向による有意の差はなかった。出現した例についての眼振の緩徐相速度は下眼瞼向き9.9±3.4°/s (n=36),上眼瞼向きでは14.8±4.6°/s (n=9)であった。

赤毛ザルでは眼振方向を右手の法則に従ったベクトルで表現すると,側臥位の右OKANは重力の方向に,左OKANは重力と反対方向に眼振はしやすいという⁹⁾。RaphanとCohenはこの現象を発見しcross-couplingと名づけた。本研究で記録されたOKAN垂直成分が,その眼振方向とcross-couplingとが一致する例が15例,一致しない例が13例であった。

cross-couplingと一致しない13例のうち坐位での眼振方向と一致する例が10例あり,これは潜在的な自発眼振が,OKN刺激により顕在化したしたものと考えられることができる。

表3 OKNの緩徐相速度
 $80^{\circ}/s$ の等速度視運動刺激を120秒間与えた
 時のOKNの緩徐相速度を示す。
 上段: 刺激開始時(第一時点)
 中段: 刺激開始後60-70秒後(第二時点)
 下段: 刺激終了直前(第三時点)

(n=29)

頭位 刺激方向 最大緩徐相速度 ($^{\circ}/s$)		平均値 ($^{\circ}/s$)	標準偏差 ($^{\circ}/s$)	変動係数
坐位	右	77. ⁸	9. ⁹	12. ⁹
		73. ⁸	10. ⁶	14. ⁴
		73. ²	9. ⁷	13. ²
	左	77. ⁸	8. ³	10. ⁹
		69. ⁹	8. ⁴	11. ⁹
		68. ²	14. ³	20. ⁹
右側臥位	右	77. ⁷	9. ⁹	12. ⁷
		64. ⁴	9. ⁵	14. ⁷
		65. ⁹	15. ⁰	22. ⁸
	左	75. ⁹	8. ⁸	11. ⁵
		69. ⁵	12. ²	17. ⁵
		66. ¹	13. ¹	19. ⁸
左側臥位	右	77. ⁶	11. ⁴	14. ⁷
		70. ⁴	14. ⁶	20. ⁸
		70. ⁵	13. ⁰	18. ⁵
	左	75. ²	10. ⁴	13. ⁸
		66. ⁴	13. ⁷	20. ⁷
		68. ⁴	12. ⁵	18. ³

2. 等速度視運動刺激によるOKNの経時的変化

$80^{\circ}/s$ の等速度視運動刺激を与えていても、視運動性眼振(OKN)の緩徐相速度は必ずしも一定の値をとり続けてはいなかった。刺激開始時にOKNの解発が良好でも、刺激開始後60-70秒すると緩徐相速度が低下してくる。緩徐相速度が20%以上低下してきた例や、視標頻度と眼振頻度が一致しない例には声をかけ、移動する線条を残らず目で追うように注意を促した。それにもかかわらず、多くの例で緩徐相速度は上昇、低下の細かいリズムを約20秒間周期で繰り返しながら、緩徐相速度は次第に低下していった。そこで刺激開始時(第一時点)、中間時(刺激開始後60秒-70秒後、第二時点)、刺激終了直前時(刺激開始後120秒-130秒後、第三時点)の三つの時点で、規則的に出現しているOKNの緩徐相速度を計測した(表3)。坐位では右OKNの緩徐相速度は、第一時点に比べて第二時点、第三時点では統計学的に有意な低下を示した($p < 0.05$)。第二時点と第三時点とは差がなかった。同様に、坐位における左OKNでも第一時点に比べて第二時点・第三時点は有意に低下したが($p < 0.01$)、第二時点と第三時点は差がなかった。左右刺激方向の差はなかった。右側臥位でも右・左OKNの緩徐相速度は、第一時点に比べて第二時点・第三時点は有意に低下した($p <$

0.05)。左右刺激方向の差はなかった。左側臥位でも右・左OKNの緩徐相速度は、第二時点、第三時点は第一時点より有意に低下したが($p < 0.05$)、左右刺激方向の差はなかった。

これらの緩徐相速度の変動係数は第一時点に比べて第二時点、第三時点では常に大きかった。

頭位の違いがOKNの緩徐相速度に影響を与えているか否かを見る目的で、OKNの左右の刺激方向を合わせて、坐位、右側臥位、左側臥位の視運動刺激を群間比較を行った(図6A, B, C)。第一時点(図6A))は坐位では $77.8 \pm 9.1^{\circ}/s$ 、右側臥位では $76.8 \pm 9.3^{\circ}/s$ 、左側臥位では $76.1 \pm 11.5^{\circ}/s$ と差異を認めなかった。第二時点(図6B))は、坐位では $72.1 \pm 10.2^{\circ}/s$ 、右側臥位では $67.0 \pm 11.1^{\circ}/s$ 、左側臥位では $68.4 \pm 14.2^{\circ}/s$ 、第三時点(図6C))は坐位では $70.7 \pm 12.4^{\circ}/s$ 、右側臥位では $66.0 \pm 14.3^{\circ}/s$ 、左側臥位では $68.6 \pm 14.0^{\circ}/s$ であった。第二時点については視運動性眼振の緩徐相速度は坐位より右側臥位で有意に低下し($p < 0.01$)、左側臥位でも統計的に有意とはいえなかったが($p < 0.1$)低下した。第一時点、第三時点でも坐位に比べて側臥位では緩徐相速度は低下したが、統計学的に有意な差でなかった。

これら側臥位でのOKNの緩徐相速度の低下が重力

図6 OKNの最大緩徐相速度の比較

A) 第一時点 (刺激開始時) B) 第二時点 (刺激開始後60-70秒後) C) 第三時点 (刺激終了直前)における平均値と標準偏差を示す。

- A. 坐位 (重力に直角な方向)
 B. 右側臥位 C. 左側臥位
 D. 重力に向かう方向
 E. 重力から遠ざかる方向
 *, $p < 0.05$ **, $p < 0.01$

方向と関係あるか否かを検討した。第一時点、第二時点、第三時点のOKNを眼振方向と重力方向との関係から、重力に直角な方向と重力に向かう方向と重力から遠ざかる方向の三方向に分けて比較した。第一時点 (図6 A))では、重力に直角な方向では $77.8 \pm 9.1^\circ/\text{s}$ 、重力に向かう方向では $76.4 \pm 10.1^\circ/\text{s}$ 、重力から遠ざかる方向では $76.7 \pm 10.1^\circ/\text{s}$ であった。3つの方向で統計的に有意な差は認められなかった。第二時点 (図6 B))ではそれぞれ $72.1 \pm 10.2^\circ/\text{s}$ 、 $65.4 \pm 11.7^\circ/\text{s}$ 、 $0.0 \pm 13.4^\circ/\text{s}$ であった。重力方向のOKNの方が重力に直角な方向のOKNより有意に低下した ($P < .01$)。抗重力方向のOKNも重力に直角な方向より低下したが、統計学的に差はでなかった。第三時点 (図

6 C))はそれぞれ重力に直角な方向では $70.7 \pm 12.4^\circ/\text{s}$ 、重力に向かう方向では $67.1 \pm 13.8^\circ/\text{s}$ 、重力から遠ざかる方向では $68.3 \pm 13.1^\circ/\text{s}$ で、重力に直角な方向に比べて、重力方向、抗重力方向で低下したが、各時点の間に統計学的に有意な差はなかった。

坐位および側臥位で、暗所開眼下においても自発眼振を認めず、さらに垂直性刺激をも与えていないにもかかわらず、偽垂直成分では説明のつかない下眼瞼向きの垂直成分が記録されている例が、坐位で4例に見られた。

OKNの緩徐相速度とOKNの緩徐相速度との相関関係について調べたが、OKNの刺激開始時、刺激開始後60-70秒後、刺激終了直前時のどの時点においても統計学的に有意な相関は得られなかった。

IV 考 察

1. 坐位におけるOKNについて

OKANはOKN終了後に暗所でOKNと同方向に現れる眼振であるが、OKNほどには臨床検査で利用されていない。正常者についての報告もいまだ十分とは言えない。まず坐位における正常値について他の報告と比較した。

本研究では、正常者29人に $80^\circ/\text{s}$ の等速度刺激を2分間与えた結果、坐位では全例にOKANは記録された。井上⁹⁾、Tijssen¹⁰⁾やCohen¹¹⁾の報告でも全例に出現した。しかしKaren¹²⁾は $20^\circ/\text{s}$ の等速度刺激で坐位で17人中2人は出現しなかったと、報告している。Zasorin¹³⁾も20人中2人、Brantberg¹⁴⁾も20人中2人出現しなかったと、述べている。Karenの検査法は $20^\circ/\text{s}$ の等速度刺激であり、刺激が弱かったためと思われる。しかしBrantbergは $90^\circ/\text{s}$ の等加速度刺激という十分強い刺激でありながら、OKANが出現していない例があった。Zasorinは検査回数が一度だけであり、Tijssenも述べているように、OKNの見方について指示を与えて十分に注視させて数回検査を行えば、OKANは全例に解発されたと思われる。

緩徐相速度についてみると、著者の結果では左右方向のOKANの緩徐相速度は $11.6 \pm 4.0^\circ/\text{s}$ であった。Tijssen¹⁰⁾は $60^\circ/\text{s}$ の視運動刺激を与えたとき、 $5.9 \sim 21.3^\circ/\text{s}$ であったと述べ、Karen¹²⁾は $20^\circ/\text{s}$ の刺激で $2 \sim 20^\circ/\text{s}$ であったと報告した。Cohen¹¹⁾は、 $60^\circ/\text{s}$ の刺激で最大緩徐相速度は $15 \sim 20^\circ/\text{s}$ であったと報告し、Fletcher¹⁵⁾は $150^\circ/\text{s}$ の視運動刺激で $11.4 \sim 19.2^\circ/\text{s}$ 、Segal¹⁶⁾は $60^\circ/\text{s}$ の刺激で $8.4 \pm 2.9^\circ/\text{s}$ と、刺激方法や

装置はまちまちだが、著者とほぼ同じ値を報告している。井上⁹⁾の報告のみ、最大緩徐相速度は $30 \pm 7.0^\circ/\text{s}$ で、本報告や他の報告よりやや高値であった。これは正常者65人の中から OKAN の反応が良好な12人を選んだためと思われる。

時定数については Tijssen¹⁰⁾ は 11.3 ± 3.2 秒、Segal¹⁶⁾ は 12.8 ± 3.0 秒と、著者の 15.1 ± 8.5 秒とほぼ同じ値を報告した。しかし Cohen¹¹⁾ は25秒、井上⁹⁾ は 26.1 ± 9.5 秒とやや高値を示した。Cohen¹¹⁾ は対象例が5人と少なく、井上は OKAN の反応の良好な例のみについての値であったためであろう。

OKN の刺激速度と OKAN については、著者は予備試験で $20^\circ/\text{s}$ から $100^\circ/\text{s}$ まで刺激速度を変えて OKAN を比較した結果、OKAN の最も大きな緩徐相速度は $80^\circ/\text{s}$ の刺激のときであったので、 $80^\circ/\text{s}$ について検討した。坂口¹⁷⁾ によると、OKAN の解発良好な正常者で、 $40^\circ/\text{s}$ 、 $60^\circ/\text{s}$ 、 $80^\circ/\text{s}$ では全員に出現したが、 $20^\circ/\text{s}$ の刺激速度で30秒間刺激した結果では、2名しか OKAN は出現しなかったという。 $60^\circ/\text{s}$ 、 $150^\circ/\text{s}$ を比べて、緩徐相速度や時定数に差はなかったという報告¹⁰⁾ や 100 – $150^\circ/\text{s}$ で OKAN の緩徐相速度は最大となるが、 $220^\circ/\text{s}$ では低下したという報告¹⁴⁾ もある。したがって $20^\circ/\text{s}$ 以下、 $220^\circ/\text{s}$ 以上は刺激としては適当でなく、 $40^\circ/\text{s}$ – $150^\circ/\text{s}$ の範囲内の刺激が必要である。 $80^\circ/\text{s}$ は OKAN を得るための最適条件の一つと考えられる。

視運動刺激時間は長すぎても短すぎても、OKAN の解発は悪くなり、Lafortune¹⁸⁾ は、 $40^\circ/\text{s}$ では40秒間刺激を推奨している。一方、井上⁹⁾ は視刺激時間を1秒から90秒まで変化させて調べると、OKAN の緩徐相速度は刺激時間に依存して大きくなったと述べている。また Brandt¹⁹⁾ によると、60秒から180秒まででは、刺激持続時間を長くすると、OKAN の総振幅は大きくなるが、180秒を超えると逆に低下すると述べているので、90秒以上180秒以下が刺激時間として適当と思われる。したがって本研究では意識レベルの低下に注意しながら120秒間の刺激を選んだ。

これらの結果を総合すると、坐位での左右の OKAN は、 $40^\circ/\text{s}$ 以上の刺激を90秒間以上与えると、刺激装置や視刺激パターンにかかわらず、正常者では必ず記録されるものと考えられる。OKN に比べて緩徐相速度が小さく、個人差が大きい。刺激条件・装置にかかわらず、各報告をみても OKAN の正常値が本研究で得られた値、すなわち緩徐相速度は $11.6 \pm 8.0^\circ/\text{s}$ ($m \pm 2SD$) の範囲、時定数は 15.1 ± 17.0 秒 ($m \pm 2SD$) の範

囲に入っていることは、ヒト速度蓄積機構の飽和値を示すとも考えられ興味深い。

2. 側臥位における左右 OKAN

Matsuo and Cohen⁴⁾ らは1981年、サルで垂直性 OKAN の時定数が側臥位にすると坐位より延長することを見だし、OKAN に耳石が影響を与えることを推察した。そこで1983年 Karen¹²⁾ は、ヒトにもこの現象があるか否か、さらに半器官と耳石の関係を調べるため、水平および垂直方向の OKAN を、坐位と側臥位で比較し、下眼瞼向きの OKAN の出現した例が側臥位で増加したが、水平性の OKAN の出現率は変わらなかったと、述べている。しかし本研究によって左右の OKAN は側臥位にすると抑制されることが、その出現率および緩徐相速度から示された。Karen¹²⁾ の研究では刺激が弱かったため、坐位と側臥位の差がでなかったものと思われる。

側臥位で左右方向の OKAN の出現率や緩徐相速度が低下したことには、耳石器がかかわっていると考えられる。これは、OKAN の耳石器機能検査への発展の可能性を示唆するものである。

3. 眼振方向と重力との関係について

側臥位の左右方向の OKAN の出現率や出現した例の緩徐相速度の低下が耳石器の影響とするならば、OKAN の眼振方向と重力方向との間に一定の関係のあることが期待される。そこで眼振方向が重力方向に向く場合、眼振方向が重力と反する方向に向く場合、重力と直交する場合に分けて出現率や緩徐相速度について比較した。重力の方向とは右側臥位右 OKAN と左側臥位左 OKAN であり、抗重力の方向とは右側臥位左 OKAN と左側臥位右 OKAN、重力と直交する方向とは坐位の左右 OKAN となる。その結果、OKAN の眼振の方向が重力と直角な方向に58例、重力方向に44例、抗重力方向に40例で、OKAN の出現しやすさは重力の影響を受けていると考えられた。重力方向と抗重力方向の間には統計学的に差は出なかったが、重力に向かう方向が遠ざかる方向よりやや多く、また同様の傾向は緩徐相速度についても認められたからである。これは、体軸方向と重力の方向が一致するとき、速度蓄積機構は左右方向にその働きが十分に発揮されるという Raphan ら⁵⁾ の理論とも一致する。

4. cross-coupling について

1988年、Raphan と Cohen⁵⁾ らはサルに左右方向の OKAN を坐位と側臥位・背臥位で行った。坐位では、左右成分の OKAN しか見られなかったが、側臥位や

図7 Cross-coupling 説の図式化

右側臥位右 OKN では上眼瞼向きの cross-coupling を、左 OKN では下眼瞼向きの cross-coupling が起こることを示す。
左側臥位右 OKN では下眼瞼向きの cross-coupling を、左 OKN では上眼瞼向きの cross-coupling が起こることを示す。

背臥位にすると、OKAN I 相および II 相に、垂直成分や回旋成分が一定の規則性をもって現われた。彼らはこの現象を“cross-coupling”と呼んだ。右側臥位では、右 OKAN では上眼瞼向きに、左 OKAN では下眼瞼向きに cross-coupling が現れるという(図7)。Dai²⁰⁾ もサルに側臥位で体軸に一致した方向の OKN を与えたときの OKAN を定量的に調べ、実測値とよく一致する理論式を示した。この cross-coupling をヒトで観察したのは Clement²¹⁾ である。1990年彼は微小重力下での OKAN を報告した。下眼瞼向きの刺激では左下方の OKAN が、上眼瞼向きの刺激では垂直成分は見られず左向きの OKAN のみが見られ、左右方向刺激では左向きの眼振に垂直成分が混じって見られたと述べ、cross-coupling を観察したことを報告した。さらに彼は、地上で1991年正常者4人について OKN、OKAN を坐位と側臥位で調べた²²⁾。OKAN 水平成分の緩徐相速度は坐位より側臥位で低下し、垂直成分の緩徐相速度は坐位より側臥位で増加し、時定数も坐位より側臥位で増加したことから、cross-coupling を証明したと述べている。一方 Lafortune²³⁾ は、種々の頭

位で左右方向の OKAN を正常者31例で検討したが、cross-coupling を証明することはできなかったと報告している。將積²⁴⁾ も4人の正常者に左右 OKAN を、60°/sで30秒間坐位と側臥位で行ったが、やはり cross-coupling を証明できなかったと、述べている。

本研究で左右 OKAN と同時に記録された垂直成分は坐位で17例、側臥位28例があった。側臥位の垂直成分は cross-coupling による眼振方向と一致するものが15例、一致しないものが13例で全例には cross-coupling を証明することができなかった。“cross-coupling”を観察するには、まず頭部固定が完全に行われなければならないが、本研究でそれが十分ではなかった。坐位での OKAN の垂直成分は混在していた自発眼振の顕在化と考えると、定性的に垂直成分の方向から cross-coupling が観察されるためには、自発眼振を打ち消すだけ大きな眼振のある場合に限られる。また、左右垂直誘導を加算することにより noise を減らしたとはいえ、ENG 記録では水平成分に比し垂直成分の noise は大きく、垂直性眼振は noise と重なり明確ではなかった。これらのことが、水平から垂直成分への cross-coupling を証明できなかった理由として考えられる。

5. OKN について

井上⁹⁾ も 80°/s の刺激で刺激開始時に最大の緩徐相速度を得ている。30秒で緩徐相速度の低下があったが、90秒で再度増加した、と述べている。そしてそれを赤毛ザルの OKN が徐々に増大することと同じメカニズム、すなわち Cohen らのいう indirect pathway による再上昇で説明した。著者も OKN の経時変化を調べるために、第一点(刺激開始時)、第二点(60~70秒)、第三点(120~130秒)の三点を計測した。刺激開始時に最大の緩徐相速度を得たが、その後減衰し60秒後と120秒後はほぼ同じ値を示した。井上が示したような再上昇はとらえることができなかった。これは、緩徐相速度の値の変動係数が、60-70秒後や刺激終了時には大きくなったため、両者の差異がとらえられなくなったとも考えられる。すなわち特に選ばれた被検者でない一般正常者では、OKN の緩徐相速度の値は刺激を持続するにしたがって、個人差が大きくなるため、第二時点と第三時点のわずかの差異をとらえることができなかったと考えられる。また、この個人差としては、速度蓄積機構そのものに個人差が大きいことも井上の結果とは異なる結果となったのであろう。OKN の再上昇する例は、速度蓄積機構の活発な例ひいては

OKAN の出現する例であることが期待される。そこで、OKN 終了直前時の緩徐相速度と OKAN の大きさとの相関関係を調べたが、相関関係は明らかでなかった。疲労や注意力による個人差がより大きく影響したと思われる。

つぎに OKN と重力との関係について検討した。刺激開始時は坐位に比べて、両側臥位での緩徐相速度の有意な低下は認められなかった。しかし刺激から60-70秒経過した時点では坐位と側臥位との差は大きくなり、右側臥位の緩徐相速度の低下が坐位に比べて有意であった。刺激終了時は第二点ほどではないが、第一点に比べると両側臥位で坐位より低下した。すなわち刺激開始時は重力の影響はさほど受けなが、徐々に重力の影響は現れてきたということが出来る。しかしながら刺激終了時点では、変動係数が大きくなっているため、第三点ではその低下は統計的に有意とは言えなかったと考えられる。OKN の解発が終了時まで非特異的な変動が少ない条件であれば、水平成分の低下と垂直成分の発現という形の cross-coupling が証明されたことも考えられ、さらに検討が必要である。

V ま と め

視運動性後眼振が頭位により変化する可否かを調べるため、正常者29名について、坐位と側臥位で比較した。Jung 型刺激装置を用いて、 $80^\circ/\text{s}$ で120秒間等速度刺激を与え、暗所開眼下に ENG 計で OKAN の水平・垂直両成分を記録した。

1) 坐位では左右方向の視運動性後眼振は全例に存在した。緩徐相速度は $11.6 \pm 4.0^\circ/\text{s}$ 、時定数は 15.1 ± 8.5 秒、総眼振数は 23.9 ± 10.0 打、最大眼振頻度は 1.5 ± 0.5 打、持続時間は 35.7 ± 15.7 秒で、どのパラメータをとっても左右差は認められなかった。

2) 側臥位にすると OKAN そのものの出現数は72%まで減少し、出現した例の最大緩徐相速度も坐位の68%に低下した。

3) OKAN には水平成分のみでなく、垂直成分も記録された例があった。どの頭位でも下眼瞼向きが多く、cross-coupling を証明するに至らなかった。

4) 視運動性眼振は坐位、側臥位とも刺激開始時に最大の緩徐相速度が得られ、刺激開始から60-70秒経つと緩徐相速度は低下し、刺激終了時まで低下したままであった。

5) 視運動性眼振も、刺激を60秒続けた時点では、坐位に比べて側臥位で緩徐相速度は低下した。重力に

直角な方向が重力方向や抗重力方向に比べて、緩徐相速度は大きかった。

6) 視運動性眼振と後眼振の間で、緩徐相速度に関しては、明らかな相関関係は見いだせなかった。

以上の結果から視運動性後眼振は頭位の影響を受けるということがわかった。

文 献

- 1) 水越鉄理：視性眼振の生理補遺。日耳鼻 64：23-49, 207-240, 1961.
- 2) 水越鉄理：平衡機能検査。耳喉 58：763-773, 1986.
- 3) 坂田英治，長島親男：視運動性後眼振 (Optokinetic after nystagmus, OKAN) の診断的意義に関する検討。耳喉科 42：589-596, 1970.
- 4) Matsuo V, Cohen B: Effect of static head position on the duration of vertical optokinetic after nystagmus (OKAN) in monkeys. Neurosci Abstr 7: 39, 1981.
- 5) Raphan T, Cohen B: Organizational principles of velocity storage in three dimensions. Annals of the New York Academy of Science 545: 74-92, 1988.
- 6) 嘉和知直美：正常者温度眼振反応の垂直成分および第2相について。日耳鼻 95：1409-1420, 1992.
- 7) Matsuo V and Cohen B: Vertical Optokinetic Nystagmus and Vestibular Nystagmus in the Monkey: Up-down Asymmetry and Effects of Gravity. Exp Brain Res 53: 197-216, 1984.
- 8) William C, Leliever MD, Fracs C et al: Further observations on the effects of head position on vertical OKN and OKAN in normal subjects. Otolaryngol Head Neck Surg 97: 275-279, 1987.
- 9) 井上英輝：ヒト OKN 速度蓄積機構の検討。日耳鼻 92：1093-1098, 1989.
- 10) Tijssen M, Straathof C, Hain TC et al: Optokinetic afternystagmus in humans. normal values of amplitude, time constant, and asymmetry. Ann Otol Rhinol Laryngol 98: 741-746, 1989.
- 11) Cohen B, Henn V, Raphan T: Velocity storage nystagmus, and visual-vestibular interactions in humans. Annals of the New York Academy of Science 374: 421-433, 1981.
- 12) Karen H, William C, Manning J: Effects of position change on optokinetic nystagmus and optokinetic after-nystagmus in man. Otolaryngol Head Neck Surg 91: 81-85, 1983.

- 13) Zatorin NL, Baloh RW, Yee RD et al: Influence of vestibular-ocular reflex gain on human optokinetic responses. *Exp Brain Res* 51: 271-274, 1983.
 - 14) Brantberg K, Magnusson M: Galvanically induced asymmetric optokinetic afternystagmus. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 110: 189-195, 1990.
 - 15) Fletcher WA, Hain TC, Zee DS: Optokinetic nystagmus and afternystagmus in human beings. *Exp Brain Res* 81: 46-52, 1990.
 - 16) Segal BN, Liben S: Modulation of human velocity storage sampled during intermittently-illuminated optokinetic stimulation. *Exp Brain Res* 59: 515-523, 1985.
 - 17) 坂口文雄: ヒトの視運動性眼振の On-, Off Response について. *日耳鼻* 91: 410-415, 1988.
 - 18) Lafortune S, Ireland DJ, Jell RM et al: Human optokinetic afternystagmus. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 101: 335-360, 1986.
 - 19) Brandt TH, Dichgans J, Buchele W: Motion habituation. Inverted self-motion perception and optokinetic after nystagmus. *Exp Brain Res* 21: 337-352, 1974.
 - 20) Dai M, Raphan T, Cohen B: Spatial orientation of the vestibular system. *J Neurophysiol* 66: 1422-1439, 1991.
 - 21) Clement G, Berthoz A: Cross-coupling between horizontal and vertical eye movements during optokinetic nystagmus and optokinetic afternystagmus in elicited microgravity. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 109: 179-187, 1990.
 - 22) Clement G, Lathan CE: Effects of Static tilt about the roll axis on horizontal and vertical optokinetic nystagmus and optokinetic after-nystagmus in humans. *Exp Brain Res* 84: 335-341, 1991.
 - 23) Lafortune S, Ireland DJ, Jell RM: Interaction of otolith organ activity with horizontal optokinetic afternystagmus (OKAN) in humans. *Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl* 468: 277-282, 1989.
 - 24) 將積日出夫, 伊東宗治, 赤荻勝一, 水越鉄理: 頭位変化の水平性視運動性後眼振におよぼす影響. *耳鼻臨床補* 36: 33-37, 1989.
-
- 稿を終えるにあたり、ご高覧を賜りました荒牧元教授に深甚なる謝意を表します。また、本研究に際し、絶えずご指導とご助言頂きました新井寧子助教授に深謝いたします。研究に協力頂いた教室員各位に感謝してやみません。
-
- (1992年9月2日受稿 1992年12月3日受理 急載)
別刷請求先 〒030 青森市中央1-12-3 横内載子

A 96-0271-25522

日耳鼻

正常者の視運動性後眼振 (OKAN) におよぼす頭位の影響

横内載子 (東女医大第二)

視運動性後眼振におよぼす頭位の影響を調べる目的で、正常者29人を対象として、坐位と側臥位において、左右方向の視運動性後眼振を調べた。方法: Jung 型刺激装置を用いて、80°/sの等速度刺激を120秒間与え、視運動性後眼振の水平および垂直成分を ENG で60秒間記録した。結果: 坐位では全例に視運動性後眼振が出現した。重力に直角な方向の OKAN の出現率は、重力方向や抗重力方向のそれより高かった。また出現した場合、緩徐相速度も高かった。視運動性後眼振には頭位が関係することがわかった。側臥位でみられた垂直成分の方向からは、水平成分から垂直成分への cross-coupling は必ずしも証明できなかった。

A 96-0282-92010

日耳鼻

ネコの頸部筋群支配運動ニューロンの脊髓内分布様式

辺土名 仁 (東医歯大)

ネコの第3, 4 頸髄に支配神経を有する頸部筋群で、腹側筋を主とする7つの筋を対象とした。それぞれの支配運動神経へ HRP を直接注入し、脊髓前角へ標識される運動神経細胞の分布について解析した。腹側筋では、斜筋系の2筋は前角外側縁に、横筋系の3筋は前角内側縁に標識された。背側筋の2筋は前角腹側正中部に標識された。これら運動神経細胞の前角内分布は、末梢神経を中心として肉眼解剖学によって分類された筋系と鏡像の関係を示した。この結果は、末梢の神経支配が脊髓レベルにおいても一定の法則に従うことを示しただけでなく、今後前庭脊髄路等を含めて中枢と末梢の関連を電気生理学的に解析する上で重要な知見である。

耳鼻咽喉科用 ANATOMICAL MODELS

御説明 御指導用として是非御活用下さい。

耳模型 (DS5)

実物の約3倍大。プラスチック製。6分解。錐部被膜及び半分に切開された耳道は取りはずし可能。内耳の迷路は取り除くことができ、開かれている。蝸牛殻の断面を示すために、槌骨、砧骨のついた鼓膜を中耳から取りのぞける。寸法: 21×32×19cm

プラスチック頭骨模型 (7分解)

この模型は実物頭骨標本より、忠実に型取りをして作られた頭骨。頭頂骨は水平断、鼻中隔より正中断、側頭骨は一方取りはずしができ、下顎骨はスプリングで吊ってある。

鼻腔模型 (FS6)

実物の約3倍大。プラスチック製。5分解。特に骨の複雑な構造と粘膜に覆われた鼻腔を詳しく示している。教育的な二重モデルである。個々の軟骨や骨には違った色で色別してある。鼻甲は動かすことができる。上の模型は鼻隔膜、3つの鼻通孔と鼻甲のついた鼻腔粘膜を示している。中耳甲は動かすことができ、臭覚神経と臭覚ローブを見ることができる。台付。

寸法: 38×72×8 cm

舌喉頭模型 (GS4)

実物大。プラスチック製。5分解。喉頭、軟骨、靱帯、筋肉、粘膜の起状、甲状腺が示してある。舌、下顎前部が取りはずせ、舌下腺と顎下腺を見ることができる。

寸法: 21×12×15 cm

株式会社 ゼネラルサイエンス コーポレーション

東京都港区赤坂3-11-14 赤坂ベルゴビル8 802
〒107 ☎03(3583)0731代表・FAX03(3584)6247