静的姿勢傾斜時の眼球運動

鈴木 啓之・渡辺 悟

Effects of Static Lateral Tilt on Optokinetic Nystagmus, After-Nystagmus and Eye-Tracking in Humans

Hiroyuki Suzuki, Satoru Watanabe

*Department of Equilibrium Adaptation Research
Research Institute of Environmental Medicine, Nagoya University*

The influences of otolith input on both horizontal OKN and subsequent OKAN were examined with the use of a large-field optokinetic stimulation with constant acceleration combined with a static change of position using a tilting-bed. Eight subjects faced a 1.5m dome-screen at a distance of 1.15m, and were tilted on their sides from an upright position to 45 and 90°. OK stimuli ($4^\circ/\text{s}^2$ uniform, for 0 to $80^\circ/\text{s}$ over 20s, or to $160^\circ/\text{s}$) were projected onto the screen 4 times at each tilt position. The stimulus profile was followed immediately by 60s of darkness for OKAN recording. Pursuit tracking was examined by means of a spot oscillation in a 20° sinusoidal wave at frequencies between 0.2 and 1.0Hz. The amplitude gains were almost equal in the 5 positions. On the other hand, the slow phase optokinetic break-off point was highest in the upright position and was decreased in all the other tilt positions. Both the OKAN duration and the time-constant of its slow phase decay decreased with tilt. We conclude that otolith inputs influence OKN generation, and affect retinal nystagmus to a much greater extent than foveal nystagmus.

Key words: optokinetic nystagmus, optokinetic after-nystagmus, human, head tilt, velocity storage

航空機による放物線飛行時、重力変動に応じて眼球運動が起きること¹⁾、また、1G 環境下でも直線加速度負荷によって眼球運動を引き起こすことができることなどから、耳石入力による眼球運動系への関与が指摘されている。本研究においては、耳石入力の水平性視運動性眼振（以下、HOKN）への影響について着目し、体位を静的に傾斜させることによって耳石入力を変化させ、そのときの

HOKN および視運動性後眼振第一相（以下、OKAN）、滑動性眼球運動の特性の変化を定量的に検討した。

方 法

被験者（8名）は直径150cmの半球スクリーンに115cmの距離をおいて直面し、傾斜ベッドにより静的に体位を側方へ傾斜させた（右方側臥位姿勢を -90° として時計回りに -45° , 0° （直立位）, 45° , 90° 左方側臥位の5条件）。視性刺激は、どの姿勢においても眼に対して水平方向へ運動するよ

うに提示した。水平性視運動性刺激（以下、OK刺激）は、半球スクリーンにランダムドットパターンを投影し、静止状態から $4^\circ/\text{s}^2$ の等角加速度加速させた。角速度が $80^\circ/\text{s}$ または $160^\circ/\text{s}$ となった

ところで投影を中止し、開眼状態で60秒間暗視を行い、OKANを観察した。これを各姿勢条件で右向き運動、左向き運動を交互に2回づつ、計8回行なった。追跡性眼球運動は、視角 20° でサイン

波状、三角波状に水平運動する光点を追視することで得られた。刺激速度は0.20, 0.50, 0.75, 1.00 Hzの4条件とした。

眼運動は、ENG法によりDC記録し、オフラインでパソコンに取り込み解析した。HOKNについては、眼の追従の適応限界および最大緩徐相速度を計測した。OKANは、緩徐相速度減少を指数

関数 $[V_t = V_o \cdot \exp(-t/T)]$ で近似し、速度減少の時定数 T および持続時間を算出した²⁾。視標追跡は、滑動性眼球運動の振幅を計測し振幅ゲインを算出した。

結果およびまとめ

HOKN: HOKN 緩徐相の追従の適応の限界は(図1上段), 0° 直立姿勢に対し, 90° 体傾斜条件

図2 側方体傾斜時の水平性視運動性後眼振緩徐相

上段は視運動性後眼振持続時間の平均値, 下段は後眼振緩徐相速度減衰の時定数の平均値を示す (n=8, ±1sem)。図中**は1%の有意水準で直立姿勢(0°)と異なることを示す。

で有意に低下した。どの姿勢条件でも適応の限界は $80^\circ/\text{s}$ を越えていた。体傾斜の方向と OK 刺激の運動方向の間に関連は認められなかった。最大緩徐相速度は(図1下段)、直立姿勢に対して体傾斜条件では、いずれも有意な低下が見られた。体傾斜の方向と OK 刺激の運動方向の間に、関連は認められなかった。姿勢条件に対する適応の限界および最大緩徐相速度の関係は、同じような傾向を示した。従来、等速度視運動刺激によるヒト OKAN においては姿勢傾斜の影響が知られていたが³⁾、HOKN については殆んど検討されなかった。我々は、等加速度刺激を用いることで“VELOCITY STORAGE MECHANISM”における“CHARGE”が行なわれ、適応的に働いている場での評価を行なうことができた。

OKAN : OKAN 持続時間は(図2上段)、HOKN 緩徐相の指標と比べて被験者間で個人差が大きかったが、8人の被験者すべて、直立姿勢で最も持続時間が長く、姿勢傾斜により減少する傾向を示した。paired t-test の結果、最大刺激速度 80° 、 $160^\circ/\text{s}$ 両条件とも、直立姿勢に対して体傾斜で有意な持続時間の短縮がみられた ($P < 0.005$)。OKAN 緩徐相速度低下の時定数も(図2)、絶対値は個人差が大きかったものの、最大刺激速度 80° 、 $160^\circ/\text{s}$ 両条件ともに、8人の被験者すべてが直立姿勢で最も長く、時定数は姿勢傾斜条件で有意に低下した ($p < 0.01$)。いずれも、OK 刺激の向きと姿勢傾斜の方向の間には、交互作用はみられなかった。最大速度 $160^\circ/\text{s}$ の OK 刺激に対する追従の適応の限界が、どの姿勢条件でも $80^\circ/\text{s}$ を上回ることから、最大速度 $80^\circ/\text{s}$ の視運動刺激提示時にはどの姿勢でも、眼球運動速度が飽和することなく刺激に対応していると推定される。それにもかかわらず、視運動後性眼振緩徐相速度減衰の時定数に反映される“VELOCITY STORAGE”量は、姿勢傾斜により、著しく低減していた。従って、“VELOCITY STORAGE”量の低下は OK 刺激提示時の“CHARGE”量の低下によるものと推定される。

視標追跡：サイン波視標追跡は 0.20Hz の遅い

刺激運動ではどの姿勢条件でも振幅ゲインがほぼ 0dB であった。刺激速度が速くなるに従ってゲインが低下したが、姿勢条件間で特に違いは見られなかった。三角波追跡においても、サイン波に比べてゲインは若干低いものの、特に差は見られなかった。

OKAN 緩徐相速度減衰の時定数および OKAN 持続時間は、姿勢傾斜時の OK 刺激による“VELOCITY STORAGE”量を反映しており、姿勢傾斜により低下する。HOKN は、中心窩視性の眼振と網膜型眼振の協同で行われ、このうち中心窩視性眼振は、滑動性眼球運動と同じ神経機構を有するとされる。この中心窩視の部分は姿勢傾斜の影響を受けないことから、HOKN を構成する成分で耳石入力の影響を受けているのは、中心窩視による追跡性の眼球運動の部分よりもむしろ、網膜視の部分で、この部分が“VELOCITY STORAGE MECHANISM”に関与しているであろうと推定される。

文 献

- 1) Clément G, Viéville T, Lestienne F, et al : Modifications of gain asymmetry and beating field of vertical optokinetic nystagmus in microgravity. *Neurosci Lett* 63 : 271-274, 1986
- 2) Cohen B, Matsuo V, Raphan T : Quantitative analysis of the velocity characteristics of optokinetic nystagmus and optokinetic afternystagmus in human. *J physiol (Lond)* 270 : 321-344, 1977
- 3) Clément 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

(原稿到着：平成5年6月28日
別刷請求先：鈴木啓之
〒464-01 名古屋市千種区不老町
名古屋大学環境医学研究所平衡適応)