眼球運動の調節における頸部求心系 と末梢前庭系の相互作用について

日本医科大学耳鼻咽喉科学教室（主任：奥田 稔教授）

小 林 謙

CERVICO-VESTIBULAR INTERACTION IN THE CONTROL OF EYE MOVEMENTS

YUZURU KOBAYASHI, M.D.

Department of Otolaryngology, Nippon Medical School, Tokyo

To investigate the cervico-vestibular interaction in the control of eye movements, the effects of neck vibratory stimulation on caloric nystagmus were analysed in 58 normal subjects and 57 patients with unilateral labyrinthine dysfunction. Caloric nystagmus was enhanced or suppressed by neck vibratory stimulation in the patients with unilateral labyrinthine dysfunction. Specifically, there was a functional interaction between sensory inputs from the neck proprioceptors and the peripheral labyrinth in the patients with unilateral labyrinthine dysfunction. However, neck vibratory stimulation had no effect on caloric nystagmus in normal subjects. Cervico-vestibular interaction was not observed in normal subjects. These results indicate that the role of the cervical sensory inputs in normal subjects and in patients is different. That is, inputs from the neck proprioceptors have little effect on the control of eye movements in normal subjects, whereas the neck inputs are quite important for the control of eye movements in patients with unilateral labyrinthine dysfunction.

Key words: Cervico-Vestibular interaction, 眼球運動, 頸部振動刺激

A90—0404—24521

はじめに

頸部求心系が姿勢調節に深く関与することは、Magnusを初め数多くの研究から明らかにされている^{1)~6)}。この頸部固有受容器からの入力、また姿勢の調節ばかりでなく眼球運動の調節にも重要な役割を果たしている。ネコやウサギでは頸髄後根の切断によって眼振が出現し^{7)~9)}、ヒトでは頸部の捻転によって眼球の偏位や眼振が^{10)~17)}、さらに頸部振動刺激によって眼振が誘発されることも報告されている^{18)~20)}。このような頸部からの入力によって引き起こされる眼球運動は、頸性眼反射 (Cervico-Ocular Reflex) と呼ばれ、前庭眼反射 (Vestibulo-Ocular Reflex) と密接な関係を有し、相互に影響しあっていることが動物実験から明らかになっている^{21)~26)}。しかし、この頸部入力系と

前庭入力系との相互作用 (Cervico-Vestibular Interaction) についてのヒトに関する研究は少ない。また、この相互作用が、二者の入力が正常でない場合、例えば末梢前庭機能に障害のあるようなときには、どのように働くのかは興味ある問題である。

そこで今回、筋肉、腱あるいは関節に存在する深部固有受容器に対する適刺激である振動刺激を頸部に加え、それにより誘発される眼球運動を健常者および一側迷路機能低下症例で検討した。さらに前庭入力によって誘発された眼振（温度眼振）が頸部に加えた振動刺激によってどのような影響を受けるかも合わせて分析し、頸部入力系と前庭入力系との相互作用について検討した。

対象ならびに方法

58例の健常者ならびに147例の一側迷路機能低下症例を対象とした。健常者は、頭頸部外傷の既往がなく両側迷路機能に異常を認めず、眩暈、肩凝りのない健康成人であり、一側迷路機能低下症例は、温度眼振検査を含む神経耳科的検査から一側迷路の機能の低下が証明され、かつ中枢および頸部疾患が除外された症例である。一側迷路機能低下の判定は温度眼振反応にて行い、温度眼振反応の最大緩徐相速度の左右差が、20%以上の場合を一側の迷路機能の低下とした。頸部振動刺激には、頸部マッサージ器（ナショナル EV-232）を用いた。この器械の振動周波数は、ほぼ 125Hz である。頸部振動刺激の方法は、図 1 に示したように被検者を仰臥位として、頸部の下に空間ができるように頭部を挙上させ、正中頭位で左右後頸部に、さらに右および左頸部伸展位で右および左後頸部にそれぞれ振動刺激を加えた。刺激部位は、大後頭隆起の下方約 2-3cm で正中より左右へそれぞれ約 2-3cm の第二あるいは第三頸椎に当たる部位で眼球運動の最も顕著に現われる場所とした。眼球運動の観察は、フレンツェル眼鏡と ENG（リオン製 410SR）で行った。

図1 頸部振動刺激の方法

Aは頸部振動刺激のシェーマであり、眼球運動はフレンツェル眼鏡下に観察される。Bは実際の刺激中の写真である。

次に、58例の健常者と57例の一側迷路機能低下症例で温度眼振に対する頸部振動刺激の影響を検討した。温度眼振反応の解発には、20°C、60mlの冷水を用い、仰臥位、頭部前屈30°Cで、外耳道に10秒間で注水した。温度眼振の解発が安定したのち5秒間の休止をはさんで左右後頸部に一侧ずつ、ならびに対照として頭頂部に各々10秒間の振動刺激を加えた。頸部振動刺激は、正中頭位のみで行ったが、これは、頭位の変化による半規管の位置の変化が起きないようにするためである。眼球運動の ENG 記録は暗所開眼下に行い、温度眼振の解発中は暗算負荷を行い覚醒を計った。

今回の検討は眼球運動の水平方向のみとし垂直方向の検討は行わなかった。水平方向のみ検討したのは頸部振動刺激にて誘発される眼振がほとんど水平回施混合性眼振で、垂直性眼振は誘発されないからである¹⁸⁾。

結 果

1. 頸部誘発眼振について

健常者ならびに一側迷路機能低下症例の頸部振動刺激により誘発される眼振の出現率、最大緩徐相速度および頻度の平均値を表1に示した。健常者における頸部誘発眼振の出現率は49%であり、一側迷路機能低下症例では、56%で眼振の出現率に関して両者間には大きな差は認められなかった。しかし、頸部振動刺激による誘発眼振の最大緩徐相速度の平均値±標準偏差を見ると、健常者で $3.5 \pm 1.1^\circ/\text{sec}$ であったのに対し、一側迷路機能低下症例では $5.8 \pm 4.0^\circ/\text{sec}$ であった。出現率と異なり、一側迷路機能低下例の頸部誘発眼振の最大緩徐相速度は健常者に比して明らかに大きかった (t-test, $P < 0.01$ 以下の検定はすべて t-test を用いた)。

表1 頸部振動刺激による誘発眼振

健常者および一側迷路機能低下症例における頸部振動刺激による誘発眼振の出現率および眼振緩徐相速度ならびに眼振頻度の平均値±標準偏差を示す。NS：有意差なし

	健 常 者	一側内耳機能低下症例	有 意 差
出 現 率	49%	56%	NS
眼振の緩徐相速度	$3.5 \pm 1.1^\circ/\text{sec}$	$5.8 \pm 4.0^\circ/\text{sec}$	$P < 0.01$
眼振の頻度	$0.73 \pm 0.46 \text{ Hz}$	$1.1 \pm 0.9 \text{ Hz}$	$P < 0.01$

また眼振の頻度は、健常者では $0.73 \pm 0.46 \text{ Hz}$ 、一側迷路機能低下症例では $1.1 \pm 0.9 \text{ Hz}$ であり、健常者に比し一側迷路機能低下症例で明らかに高頻度であった ($P < 0.01$)。

頸部振動刺激による誘発眼振を、左右各々の頸部振動で誘発される眼振方向の違いによって、3群に分類した。第1は、図2に示すように、左右それぞれの頸部振動刺激で、一定方向の眼振が誘発されるものである(定方向性頸部誘発眼振)。図2の症例では、左右頸部刺激ともに右向きの眼振が誘発されている。第2は、図3に示すように、左右それぞれの頸部振動刺激で、方向の異なる眼振が誘発されるものである(方向変化性頸部誘発眼振)。図3の症例では、右刺激で右向き、左刺激で左向きの眼振が誘発されている。また、これとは逆に右刺激で左向き、左刺激で右向きの眼振が誘発されるものもこの型に分類される。さらに、その他として左右どちらか一侧の刺激のみで眼振が誘発されるものを第3の群とした。

健常者および一側迷路機能低下症例における頸部誘発眼振の型の比率を図4に示した。定方向性頸部誘発眼振は、健常者では12%であるのに対し、一側迷路機能低下症例では46%の症例に認められた。一方、方向変化性頸部誘発眼振は、一側迷路機能低下症例では18%と定方向性眼振の比率より小さく、健常者では27%

と定方向性眼振の比率より大きかった。その他の左右どちらか一侧の刺激でのみ眼振が誘発されるものは一側迷路機能低下例では36%、健常者では61%であった。

2. 温度眼振に対する頸部振動刺激の影響

57例の一側迷路機能低下症例と58例の健常者の温度眼振緩徐相速度に対する頸部振動刺激の影響を分析したのが表2である。一側迷路機能低下症例の機能低下側の冷水刺激によって誘発された温度眼振の緩徐相速度の平均値および標準偏差は、頸部刺激を加えない場合には、 $3.4 \pm 2.0^\circ/\text{sec}$ であった。この緩徐相速度は、右頸部振動刺激を加えることによって $5.8 \pm 2.9^\circ/\text{sec}$ と有意に増加し ($P < 0.01$)、左刺激によっても同様に $5.2 \pm 3.1^\circ/\text{sec}$ と有意に増加した ($P < 0.01$)。しかし、対照として行った頭頂部の振動刺激では $3.5 \pm 1.9^\circ/\text{sec}$ と振動刺激のない場合と同じであった。図5Aは頸部振動刺激により温度眼振の緩徐相速度に変化を示した1症例のENG記録である。この症例では、右側(機能低下側)の冷水刺激によって誘発された左向き眼振の緩徐相速度および眼振頻度が、右および左頸部いずれの振動刺激でも増加しているのが認められる。

一側迷路機能低下症例の非機能低下側の冷水刺激によって誘発された温度眼振の平均緩徐相速度は、 $14.6 \pm 4.9^\circ/\text{sec}$ であり、右および左頸部振動刺激時にはそれぞれ $11.4 \pm 6.2^\circ/\text{sec}$ および $10.2 \pm 5.2^\circ/\text{sec}$ と有意

図2 定方向性頸部誘発眼振のENG記録

上段は原波形，下段は微分波形を示す。下線の間頸部振動刺激を加えた。RTは右刺激を，LTは左刺激を示す。横軸の大きな1目盛りが1秒を表す。

図3 方向変化性頸部誘発眼振の ENG 記録

上段は原波形，下段は微分波形を示す。下線の間頸部振動刺激を加えた。RT は右刺激を，LT は左刺激を示す。横軸の大きな1目盛りが1秒を表わす。

図4 頸部振動刺激による誘発眼振の比率

健常者ならびに一側迷路機能低下症例における頸部振動刺激により誘発される定方向性頸部誘発眼振，方向変化性頸部誘発眼振およびその他の眼振を示す症例の比率を示した。

に減少した ($P < 0.01$)。一方，対照として行った頭頂部の振動刺激では $13.0 \pm 4.3^\circ/\text{sec}$ と，振動刺激がない場合と比し有意な差を認めなかった。図 5B は頸部振動刺激によって温度眼振の緩徐相速度が減少した 1 症例の ENG 記録であるが，図 5A の症例と逆に左右頸部振動刺激ともに温度眼振の緩徐相速度および眼振頻度が明らかに減少している。

今回対象とした健常者の温度眼振緩徐相速度の平均値および標準偏差は， $35.6 \pm 14.9^\circ/\text{sec}$ であったが，頸部振動刺激によって眼振緩徐相速度に変化はなく，右刺激時 $37.6 \pm 15.1^\circ/\text{sec}$ ，左刺激時 $34.8 \pm 14.0^\circ/\text{sec}$ であった。対照である頭頂部の振動刺激時の緩徐相速度の平均値も， $33.0 \pm 11.0^\circ/\text{sec}$ と無振動刺激時と有意差を認めなかった。

57例の一側迷路機能低下症例と58例の健常者の温度

表2 温度眼振の緩徐相速度に対する頸部振動刺激の影響
数値は緩徐相速度の平均値±標準偏差を示す。*は t-test で振動刺激がない場合との間で有意差を認めたものを示す。

	刺 激 な し	右 振 動 刺 激	左 振 動 刺 激	頭部振動刺激
低下症例機能低下側刺激	$3.4 \pm 2.0^\circ/\text{sec}$	$5.8 \pm 2.9^\circ/\text{sec}^*$	$5.2 \pm 3.1^\circ/\text{sec}^*$	$3.5 \pm 1.9^\circ/\text{sec}$
低下症例非機能低下側刺激	$14.6 \pm 4.9^\circ/\text{sec}$	$11.4 \pm 6.2^\circ/\text{sec}^*$	$10.2 \pm 5.2^\circ/\text{sec}^*$	$13.0 \pm 4.3^\circ/\text{sec}$
健 常 者	$35.6 \pm 14.9^\circ/\text{sec}$	$37.6 \pm 15.1^\circ/\text{sec}$	$34.8 \pm 14.0^\circ/\text{sec}$	$33.0 \pm 11.0^\circ/\text{sec}$

図5 温度眼振と頸部振動刺激との相互作用

Aは温度眼振が頸部振動刺激を加えることによって増強される症例のENG記録。Bは温度眼振が頸部振動刺激を加えることによって減弱される症例のENG記録。下線の間振動刺激を加えた。RTは右、LTは左刺激を表わす。横軸の大きな1目盛りが1秒を表わす。

表3 温度眼振の頻度に対する頸部振動刺激の影響

	刺激なし	右振動刺激	左振動刺激	頭部振動刺激
低下症例機能低下側刺激	$1.1 \pm 0.5 \text{ Hz}$	$1.3 \pm 0.4 \text{ Hz}$	$1.3 \pm 0.4 \text{ Hz}$	$1.0 \pm 0.4 \text{ Hz}$
低下症例非機能低下側刺激	$1.8 \pm 0.3 \text{ Hz}$	$2.0 \pm 0.7 \text{ Hz}$	$1.9 \pm 0.7 \text{ Hz}$	$1.7 \pm 0.6 \text{ Hz}$
健常者	$2.6 \pm 0.7 \text{ Hz}$	$2.7 \pm 0.8 \text{ Hz}$	$2.5 \pm 0.6 \text{ Hz}$	$2.3 \pm 0.7 \text{ Hz}$

眼振頻度に対する頸部振動刺激の影響についても検討を行った(表3)。

一側迷路機能低下症例の機能低下側を冷水刺激して

誘発された温度眼振の頻度の平均値および標準偏差は $1.1 \pm 0.5 \text{ Hz}$ であった。頸部振動刺激時にも、この眼振頻度は右刺激 $1.3 \pm 0.4 \text{ Hz}$ 、左刺激 $1.3 \pm 0.4 \text{ Hz}$ であ

り温度眼振頻度に特に変化は認められなかった。また一側迷路機能低下症例の非機能低下側を冷水刺激して誘発された温度眼振の頻度の平均値と標準偏差は $1.8 \pm 0.3 \text{ Hz}$ であったが、やはり頸部振動刺激で変化は認められず、右、左刺激時にそれぞれ $3.0 \pm 0.7 \text{ Hz}$, $1.9 \pm 0.7 \text{ Hz}$ であった。健常人では眼振の緩徐相速度と同様頸部振動刺激の温度眼振頻度に与える影響はなかった。

考 察

後頸部に振動刺激を加えるとしばしば眼振が誘発される。この誘発眼振は頸性眼反射の経路を介して発現するものと考えられ、一側迷路機能低下の状態や後頸部に存在する深部固有受容器の被刺激性が亢進している状態で高率に誘発されると報告されている¹⁸⁾。今回の検討でも、一側迷路機能低下症例における誘発眼振の出現率は56%で、従来の報告とほぼ同率であった。しかも誘発された眼振の緩徐相速度ならびに頻度は健常人のそれに比べても大きく、末梢前庭の状態の違いによって頸性眼反射に差が認められた。このことは、頸性眼反射の経路と前庭眼反射の経路とが密接にかかわり合っていることを示している。

頸部の深部受容器からの入力と末梢前庭からの入力が脳幹で相互に影響し合うことは動物実験で比較的详细に検討されているが^{21)~31)}、ヒトでは必ずしも十分ではない。その理由の一つとして、ヒトにおける頸部深部固有受容器（筋紡錘、腱紡錘）に対する適切な刺激法が確立されていないことが挙げられる。動物実験では前庭神経核に頸部からの求心性神経線維が達しているのは第1から第3頸髄の後根からのみといわれ²¹⁾、頸性眼反射には上頸部の後根からの入力が特に重要とされている¹⁾。しかも、頸部深部受容器の密度は上頸部では中、下頸部に比してはるかに高い^{32), 34)}。一方、固有受容器の適刺激は 100 Hz 前後の振動と言われており^{35)~37)}、頸部固有受容器からの入力と末梢前庭からの入力との相互作用を検討するためには、今回用いた振動刺激を後上頸部へ加えるという方法は適切な頸部固有受容器に対する刺激方法といえる。

正常動物の頸髄後根を直接電気刺激すると末梢前庭から入力にその影響が現われることが知られている^{23)~26)}。しかし、今回用いた振動刺激のような固有受容器の刺激では、迷路機能に左右差のない健常人では末梢前庭からの入力（温度眼振）に影響を与えなかった。動物とヒトの研究結果を単純に比較することはできないが、この違いの原因の1つとして健常人では頸

部固有受容器が振動刺激によって興奮され難いことが推測される。逆に、固有受容器が興奮しやすい、すなわち被刺激性が亢進した状態では、振動刺激が末梢前庭からの入力に影響をおよぼすようになることも考えられる。事実、固有受容器の被刺激性の亢進していると考えられている状態では、末梢前庭に異常がなくとも頸部振動刺激で高率に眼振が誘発される¹⁸⁾。この頸部固有受容器の被刺激性の亢進の原因として、頸部損傷や頸部の筋緊張などの頸部の変化が第1に挙げられている¹⁹⁾。しかしそれ以外にも、末梢前庭系の機能の変化、例えば機能低下なども前庭脊髄反射を介して頸部の筋緊張に変化を生じさせ、頸部の固有受容器の被刺激性に影響を与える原因となりうる。このことは、前庭機能低下には頸部からの入力が健常時と比べ変化する可能性を示唆している。

一側迷路機能低下症例では温度眼振の緩徐相速度が頸部に加えた振動刺激によって有意に増加あるいは減少することが明らかになった。この変化が健常人で認められなかったのは、眼球運動調節における頸部求心系の役割が、健常人と一側迷路機能低下例とで異なることを示している。すなわち健常人では眼球運動の調節に頸部固有受容器からの入力が影響を与えることは少ないものと考えてよい。これは、頸部捻転によって誘発される眼球運動（頸性眼反射）の利得が前庭眼反射の利得に比べ非常に低いとされる報告³⁸⁾や、健康成人では前庭眼反射の利得と頸性眼反射の利得は相関せず、代償性眼反射に頸性眼反射は重要な意味を持たないという報告とも一致する³⁹⁾。一方、前庭眼反射が障害されている一側迷路機能低下症例では、頸部からの入力が眼球運動に大きな影響を与え、眼球運動の調節に重要な役割を持つようになることが動物実験から明らかになっている。例えば、ウサギの一側迷路を破壊し迷路機能の左右差が代償された後、上頸部後根を切断すると、迷路破壊時と同様な平衡障害や眼振が出現することが報告されており⁴⁰⁾、一側迷路機能障害時の体の平衡の維持や眼球運動の調節に頸部からの入力が不可欠であることが指摘されている。このように互いに影響し合う頸部入力と前庭入力のうち一方からの入力の眼球運動に対する影響が変化した場合、それに伴って他方の系の眼球運動の調節における役割が変化することは理論的に十分考えられる。このことから、一側迷路機能低下時には頸性眼反射の利得が健常時と比較し異なる可能性が推測される。このことは猿の実験で、両側前庭神経切断後に頸性眼反射の利得が増加する事

実からも裏付けられる⁴¹⁾。迷路機能低下例の頸部振動刺激では、機能低下側刺激で誘発された温度眼振の緩徐相速度は左右刺激で等しく増加し、非機能低下側刺激で誘発された温度眼振の緩徐相速度は頸部振動刺激によって逆に減少した。このことは、一側迷路機能低下時の眼球運動の調節に頸部からの入力が必要であることを示すと同時に、一側迷路機能が代償された後にも頸部からの入力を操作することによってこの代償が崩れる可能性があることを意味し、一側迷路機能低下後の代償過程に頸部入力が密接に関与していることを示唆している。最近の動物実験でも、一側迷路機能消失後の代償過程が、動物の頭部を左右の頸部伸展位に固定させるなど頸部からの入力を操作することによって変化することが報告されており⁴²⁾⁴³⁾、ヒトの一側迷路機能喪失後の代償過程を解明する方法の一つとして、頸部振動刺激による眼振の経過を観察することも今後の検討課題として重要と思われる。

ま と め

58例の健常者ならびに147例の一側迷路機能低下症例で頸部振動刺激によって誘発される眼振を検討した。誘発された眼振の平均緩徐相速度は、健常者で $3.5 \pm 1.1^\circ/\text{sec}$ 、一側迷路機能低下例で $5.8 \pm 4.0^\circ/\text{sec}$ と一側迷路機能低下例に有意に大きく、また頻度も高かった。

さらに58例の健常者と57例の一側迷路機能低下例で温度眼振に対する頸部振動刺激の影響を検討した。一側迷路機能低下例では低下側耳の冷水刺激で誘発された温度眼振の緩徐相速度は、左右の頸部振動刺激によって有意に増加した。逆に非機能低下側耳の冷水刺激によって誘発された温度眼振の緩徐相速度は、左右の頸部振動刺激で有意に減少した。一方、健常者では誘発された温度眼振の緩徐相速度は、頸部振動刺激で有意な変化を示さなかった。このことから、眼球運動に関係した。頸部求心系と末梢前庭からの入力の相互作用は、健常者におけるそれより一側迷路機能低下例に強いことが明らかとなった。

参 考 文 献

- 1) Magnus R: Körperstellung. Springer, Berlin, 1924.
- 2) MacNally WJ: Welche cervicalen Wurzeln beteiligen sich an dem Zustandekommen der Kopfdrehung nach einseitiger Labyrinth exstirpation? Pflügers Arch ges Physiol 213: 673-684, 1926.
- 3) Cohen LA: Role of eye and neck proprioceptive mechanism in body orientation and motor coordination. J Neurophysiol 24: 1-11, 1961.
- 4) 今井洋輔, 前田 稔, 池谷不律, 石井昌三: Traumatic Cervical Syndrome の臨床的・基礎的検索. 脳神経外傷 4: 479-485, 1972.
- 5) 檜 学: 視器, 迷路の反射発現と頸部心部受容器, 神経進歩 14: 134, 1970.
- 6) Meyer DL, Platt C, Distel HJ: Postural control mechanisms in the upside down catfish (Synodontis nigriventris). J comp Physiol 110: 323-331, 1976.
- 7) Biemond A: On a new form of experimental position-nystagmus in the rabbit and its clinical value. Proc k ned Akad Wet 42: 370-375, 1939.
- 8) Biemond A: Further observation about the cervical form of positional-nystagmus and its anatomical base. Proc k ned Akad Wet 43: 901-906, 1940.
- 9) Biemond A, De Jong JMBV: On cervical nystagmus and related disorders. Brain 92: 437-458, 1969.
- 10) Barany R: Augenbewegungen, durch Thoraxbewegungen ausgelöst. Zentralblatt für Physiologie 20: 298-303, 1906.
- 11) 竹森節子: 頸捻転時の眼球偏倚に関する研究 (頸部固定頸捻転検査). 日耳鼻 72: 75-83, 1969.
- 12) 竹森節子: 頸捻転時の眼球偏倚に関する研究 (続). 耳鼻臨床 64: 1361-1368, 1971.
- 13) Suzuki J, Takemori S: Eye movement induced from the spinal nerve. Equilibrium Res Suppl 2: 33-40, 1971.
- 14) Bos JH: On vestibular nystagmus without causative endolymph displacement. Academic Thesis, Amsterdam, 1962.
- 15) Bos JH, Philipszoon AJ: Neck torsion nystagmus. Pract Oto-Rhino-Laryngol 25: 177-187, 1936.
- 16) Philipszoon AJ: Compensatory eye movements and eye nystagmus provoked by stimulation of the vestibular organs and the cervical nerve roots. Pract Oto-rhino-laryng 24: 193-202, 1962.
- 17) Jongkees LBW: Cervical vertigo. Laryngoscope 79: 1473-1484, 1969.
- 18) 岩佐英之, 八木聰明, 神尾友和: 頸性眩暈症に対する頸部振動刺激の診断的意義. 耳鼻臨床 75: 2031-2043, 1982.
- 19) 岩佐英之, 八木聰明, 神尾友和: 診断不明のめまいに対する頸部振動刺激の意義. 耳鼻臨床 75: 2207-2218, 1982.
- 20) Iwasa H, Yagi T, Kamio T: Diagnostic significance of neck vibration for the cervical vertigo, in Pfaltz

- CR (ed): Neuro-physiological and clinical aspects of vestibular disorders. Karger, Basel, 1983.
- 21) Corbin KB, Hinsey JC: Intramedullary course of the dorsal root fibers of each of the first four cervical nerves. *J Comp Neurol* 63: 119-126, 1935.
- 22) Brodal A, Pompeiano O, Walberg F: The vestibular nuclei and their connections. Anatomy and functional correlations. Oliver & Boyd, London, 1962.
- 23) 彦坂興秀, 前田 稔: 眼運動ニューロンに対する頸部及び迷路刺激の相互作用. *日本生理誌* 35: 500, 1973.
- 24) Hikosaka O, Maeda M: Cervical effects on abducens motoneurons and their interaction with vestibulo-abducens reflex. *Exp Brain Res* 18: 512-530, 1973.
- 25) 前田 稔: The Cervico-Ocular-Reflex のニューロン機構. *神経進歩* 18: 4: 710-720, 1974.
- 26) Maeda M: Neck influences on the vestibulo-ocular reflex arc and the vestibulocerebellum. in Granit R, Pompeiano O (ed) Reflex control of posture and movement. Progress in brain research. 50, Elsevier, Amsterdam, 1979.
- 27) Ito M, Hongo T, Yoshida M, Okuda Y et al: Antidromic and trans-synaptic activation of Deiter's neurons induced from the spinal cord. *Jap J Physiol* 14: 638-658, 1964.
- 28) Allen GI, Sabah NH, Toyama K: Synaptic action of peripheral nerve impulses upon Deiter's neurons via the mossy fiber afferents. *J Physiol* 226: 335-351, 1972.
- 29) Wilson VJ, Kato M, Thomas RC et al: Excitation of lateral vestibular neurons by peripheral afferent fibers. *J Neurophysiol* 29: 508-529, 1966.
- 30) Fredrickson JM, Schwarz DW, Kornhuber H: convergence and interaction of vestibular and somatic afferents upon neurons in the vestibular nuclei of the cat. *Acta otolaryng* 61: 168-188, 1966.
- 31) Robin AM, Young JH, Schwartz DW et al: Vestibular-neck integration in the vestibular nuclei. *Brain Res* 96: 99-102, 1975.
- 32) Cooper S, Daniel PM: Muscle spindles in man; their morphology in the lumbrical and the deep muscle of the neck. *Brain* 86: 563-586, 1963.
- 33) Richmond FJR, Abrahams VC: Morphology and distribution of muscle spindles in dorsal muscles of the cat neck. *J Neurophysiol* 38: 1322-1339, 1975.
- 34) Richmond FJR, Abrahams VC: Physiological properties of muscle spindles in dorsal neck muscles of the cat. *J Neurophysiol* 42: 604-617, 1979.
- 35) Goodwin GM, McCloskey DI, Matthews PBC: Proprioceptive illusions induced by muscle vibration: Contribution by muscle spindles to perception? *Science* 175: 1381-1384, 1971.
- 36) Burke D, Hagbarth K-E, Lofstedt L et al: The response of human muscle spindle endings to vibration of noncontracting muscles. *J Physiol* 261: 673-693, 1976.
- 37) Eklund G: General features of vibrations-induced effects on balance. *Uppsala J Med Sci* 77: 112-124, 1972.
- 38) 篠田義一: 頸一眼反射, 「眼球運動系の解剖と生理」, 眼球運動の神経学 (小松崎篤, 篠田義一, 丸尾敏夫 著), 医学書院, 1985, 59-60頁.
- 39) 久保 武, 白石孝之, 荻野 仁, 松永 亨: 前庭および頸性眼反射の定量的評価. *Equilibrium Res* 40: 221-225, 1979.
- 40) de Jong PTVM, de Jong JMBV, Cohen B et al: Ataxia and nystagmus induced by injection of local anesthesia in the neck. *Ann Neurol* 1: 240-246, 1977.
- 41) Dichgans J, Bizzi E, Morasso P et al: Mechanisms underlying recovery of eye-head coordination following bilateral labyrinthectomy in monkeys *Exp Brain Res* 18: 548-562, 1973.
- 42) Schaefer KP, Meyer DL, Wilhelms G: Somatosensory and Cerebellar influences on compensation of labyrinthine lesions. in Granit R, Pompeiano O (ed): Reflex control of posture and movement. Progress in brain research 50, Elsevier, Amsterdam, 1979.
- 43) Pettorossi Vito E, Petrosini L: Tonic cervical influences on eye nystagmus following hemilabyrinthectomy. *Brain Res* 324: 11-19, 1984.

稿を終えるにあたり、御校閲を賜った恩師奥田稔教授に深く感謝するとともに、本研究に直接御指導頂いた耳鼻咽喉科学教室八木聰明助教授に厚く御礼申し上げます。

(原稿受付 昭和61.10.27日急載)

別刷請求先 〒101 東京都千代田区外神田1-7-6

神尾病院耳鼻咽喉科 小林 謙