皮膚圧反射と頸捻転性眼振

——眼球運動発現における表在受容器と深部受容器の協応——

伊藤 信輔・檜 学

Cutaneo-pressure Reflex and Neck-torsion

Nystagmus in Rabbits

Shinsuke Ito and Manabi Hinoki

(Kyoto University)

To clarify the relationship between the exteroceptive and proprioceptive reflexes in the occurrence of nystagmic responses of cervical origin, the following experiments were carried out. That is, a piece of cloth is wrapped around the trunk of rabbits to suspend them in the air so that their four limbs do not touch the ground. The head is then rotated about 90 degrees clockwise around the longitudinal axis of the body. The nystagmus thus induced is termed neck-torsion nystagmus. The nystagmus is recorded from the right eye using an electronystagmograph (ENG) and either the electromyograph (EMG) of the deep neck muscles or the electroencephalograph (EEG) was also recorded. Alteration of the neck-torsion nystagmus is then observed when cutaneo-pressure stimulation is given to the auricle, the trunk and limbs.

The following results were obtained.

(1) The cutaneo-pressure reflex plays a certain role in the enhancement and/or suppression of neck-torsion nystagmus.

(2) The cutaneo-pressure reflex elicited in the auricle reduces the activity of the contralateral deep neck muscles increased due to the torsion of the neck, whereas that elicited in the hindlimb increases the activity of the ipsilateral neck muscles.

(3) The former cutaneo-pressure reflex decreases the activity of the brain through the decrease in the activity of the deep neck muscles. In contrast, the latter cutaneo-pressure reflex increases the activity of the brain through the increase in the activity of the same neck muscles. Thus, the former decreases the neck-torsion nystagmus, while the latter is related to the increased neck-torsion nystagmus.

(4) The cutaneo-pressure reflex elicited in the trunk suppresses the neck-torsion nystagmus and it is more markedly suppressed when cutaneo-pressure stimulation of the trunk is given on the side of the chin.

(5) The cutaneo-pressure reflex elicited in the forelimbs is not related to the development of neck-torsion nystagmus.

I は じ め に

眼振発現において視器と迷路 (Fukuda, Hinoki, Tokita 1957)⁴⁾, 視器と頸部深部受容器 (Hinoki, Terayama 1965⁹⁾, Hinoki, Hine, Okada et al. 1975⁷⁾) 間に密接な協応関係があることが知られている。また, 前庭迷路と頸部深部受容器間にも眼振発現に関して一定の相関があることが福井 (1971)⁵⁾ のウサギを用いた研究で明かにされている。

さて, 迷路性眼振が皮膚受容器とどのような関係を有するかについては前3者の相関のように詳しい検討をうけていない。高木 (1953)¹⁹⁾ は, 片側内耳破壊ウサギの特発眼振が全身の皮膚圧刺激, とくに耳介根部への圧刺激で抑制されることを見出している。彼はこの現象を Adrian, Zotterman (1926)¹⁾ の報告を参照し, 皮膚圧受容器からの tonic impulse が眼振, とくにその速期に抑制的に作用する故であろうと説明している。私達 (1980)¹²⁾ は先の報告で, ウサギの頭部と四肢を空中に自由にした姿勢で, 頭部を長軸の回りに 90° 回転して眼振を恒常的に誘発しうることをのべた。この眼振 (頸捻転性眼振) は主として頸部深部受容器起源のもので, この受容器が耳石器の協力をうけて誘発されるものと考察した。さて, これまでの報告 (Hikosaka, Maeda 1973)⁶⁾ や自験 (伊藤, 檜 1980)¹²⁾ ではウサギを固定器に入れて頸部を捻転すると眼球偏倚はおこるが眼振をみることは殆んどない。この所見は高木の指摘するように, 軀幹皮膚圧刺激による頸捻転性眼振, とくにその速期の抑制の故と解釈しうる。しかし, ウサギを空中に吊り下げ上述した方法で得られる頸捻転性眼振は後肢に棒又は板をあてがって全身を支持するよう操作する場合には促進される (伊藤, 檜 1981)¹³⁾。

この際, 後肢伸筋より筋電図 (EMG) を記録すると放電の増強をみる。従って, この姿勢での頸捻転性眼振の促進は, 後肢伸筋活動性亢進によるものとの解釈はもちろん成り立つ。しかし, 後肢支持にあたって足蹠の皮膚圧受容器がうける刺激がこの種眼振に促進的に作用するとの考えを否定出来ない。要するに, 皮膚圧刺激は眼振に対し常に抑制的な作用を示すと云う考えには疑問がのこる。そして, これまでの処, 深部受容器, とくに頸部深部受容器起源の眼振の発現と皮膚圧刺激との関係を系統的に究明したものは殆んどない。このような背景のもとに以下の実験が行われた。

II 成 績

(1)用いた動物: 正常黒眼成熟ウサギ (体重 3 Kg) 5羽を用いた。実験に先立ち, 鼓膜に異常なく, 迷路性並びに視運動性眼反射や体平衡反射に異常のないことを確めている。

(2)頸捻転性眼振誘発法と皮膚圧刺激の方法: 頸捻転性眼振を誘発する方法は先の報告 (伊藤, 檜 1980)¹²⁾ で述べたように, ウサギの軀幹を布片で空中に吊り下げ, 頭部と四肢を自由にする。次いで, 頭部を長軸の周りに 90° 捻転する方法 (今回の実験では時計回りに頸捻転) を採用した。なお, 軀幹への圧刺激の場合には布片をのぞき, 動物を床の上に自然体位におき, 頸捻転を上述のように行った。

皮膚圧刺激は次のようにして行った。すなわ

ち, 耳介根部と四肢への皮膚圧刺激は, それらの部位に小児用血圧測定器のマンスケットをまき, それを膨ませて圧 (水銀柱 200mmHg) を加えた。この操作を行ったのは, 圧刺激に伴う皮膚の痛覚反応を可及的に避けるためである。軀幹の圧刺激にはクリップ (paper clip) を用い, それで皮膚を挟む方法を採用した。クリップは小型 (幅 2 cm 大) のものを用い, 片側 10ヶ (両側の場合は片側 10ヶ宛計 20ヶ) のクリップ刺激を与えた。少数のクリップ刺激では有効な成績を得ない故である。

(3)眼振電図, 筋電図, 脳波の記録: 眼振は右眼 (頸捻転で上面にある眼球) で記録した。AC 記録であり, 電極は上眼瞼鼻側寄りと下眼瞼耳

側寄りにおいた。原波形は時定数1.5秒で、微分波形は時定数0.03秒で記録し、眼球運動が上眼瞼向きにおこると記録紙上でペンが上方に振れるようにした。筋電図は同心型電極を用い、両側深層項筋より記録した。脳波は、左前知覚運動皮質と左海馬より誘導記録した。実験の目的によって、眼振電図と筋電図、眼振電図と脳波をそれぞれ組合せ同時記録した。

(4)得られた成績

1) 眼振電図と深層項筋筋電図の同時記録で得られた成績

a) 耳介根部皮膚圧刺激の場合

ウサギNo 1: 図1の上段には左耳介根部(頸捻転で下面となる耳介)への圧刺激の際にみられる頸捻転性眼振と両側深層項筋筋電図が示され、下段にはその圧刺激を除去した際の成績が示されている。図示するように、この圧刺激が加えられた際には右深層項筋の筋放電は抑制されている。この条件下に頸捻転が加えられると、この筋の放電は増大するが著明ではなく、両側深層項筋筋放電の間には大きな差はない。

この際、眼振電図上には右眼で上眼瞼鼻側(左)に向う散発的な眼振がみられる。耳介の圧刺激を除去すると、頸捻転前の両側深層項筋筋放電間には有意差はない。捻転を加えると、右深層項筋筋放電は明瞭に増大し、左右項筋間の放電の差が増加する。この際、左に向う頸捻転性眼振は活発に出現している。

図2には同じウサギの右耳介根部(上面の耳介)に圧刺激を加えた際の成績が示されている。

頸捻転前には、この圧刺激で左深層項筋の筋放電に抑制がみられる。この条件下に頸捻転を行うと、右深層項筋には明瞭な筋放電の増加がみられる。この際、左に向う頸捻転性眼振は活発に出現している。下段には、この圧刺激を除去した際の成績が示されている。頸捻転前には左右深層項筋筋放電に差をみない。頸捻転を行うと、右深層項筋筋放電の増大が起り、左右項筋間の活動性の差が増大する。これと平行して、左に向う頸捻転性眼振が活発に出現する。この実験では、頸捻転時における両側深層項筋活動

図1: 左耳介根部に皮膚圧刺激を加えると、交叉性に右深層項筋活動性抑制がおこる。この条件下に、頭部を時計回りに捻転すると、右深層項筋の活動性増大をみるが著明でなく、左右深層項筋間の活動性の差は少ない。この際、左に向う頸捻転性眼振はおこるが、活発でない。皮膚圧刺激を除去して頭部の捻転を行うと、右深層項筋活動性の増大は著しく、左右項筋活動性に有意の差が生ずる。この際、左に向う眼振は活発である。

図2：右耳介根部に皮膚圧刺激を加えると交叉性に左深層項筋活動性抑制がおこる。この条件下に、時計回りに頸捻転を行うと、右深層項筋に著明な活動性増大がおこり、両側深層項筋活動性の差が明瞭となる。この際、左に向う頸捻転性眼振の発現は活発である。圧刺激を除去して、頸捻転を行うと、右深層項筋活動性の増大がおこり、両側深層項筋間の活動性の差が明瞭となる。この際、左に向う眼振の発現は活発である。両条件下の眼振の発現には有意差はない。

性の差は、前者の条件、すなわち、上面（右）の耳介に圧刺激を加えた場合が、圧を除いた場合に比べてやゝ大であるが、誘発された眼振には有意差はない。

小括 耳介根部への圧刺激により、その対側の深層項筋活動性は交叉性抑制を受ける。かくして、頸捻転で下面になる耳介根部への圧刺激により上面になる深層項筋活動性は抑制され、ひいては両側深層項筋間の活動性の差は小となり、頸捻転で誘発される眼振の出現も抑制される。これに対し、頸捻転で上面になる耳介根部への圧刺激の際には、上面になる深層項筋活動性は抑制をうけず、両側深層項筋活動性の差は大である。かくして、頸捻転性眼振の出現は活発である。

他の4羽はウサギでもウサギ No 1で得た成績と原則的に相似する成績が得られた。

b) 後肢皮膚圧刺激の場合

ウサギNo 2: 図3には、左及び右後肢への皮膚圧刺激を加えた際の眼振電図と両側深層項筋電図が示されている。なお、これまでの経験

によると、後肢の皮膚圧刺激の頸捻転性眼振に対する影響を明かにするには、頸捻転性眼振の出現が明瞭でないウサギをえらぶと好都合である。このようなウサギを得るには、頸捻転を短時間の間隔（20秒）でくりかえして行う方法が推奨される。この項目では、そのような操作で眼振の出現が著しく不活発となった時期のウサギをえらんで実験している。さて、図の上段には、頸捻転で後頭側となる後肢の皮膚圧刺激時の眼振電図と深層項筋筋電図が示され、図の下段には頸捻転で顎側となる後肢の皮膚圧刺激時の眼振電図と深層項筋筋電図が示されている。上段の図に示してあるように、頸捻転で後頭側となる後肢皮膚圧刺激では頸捻転時右側深層項筋（上面）の筋放電に明瞭な増加はなく、左右深層項筋をの活動性の差も明瞭でない。この際、眼振電図上に頸捻転性眼振をみとめない。これに対し、下段の図に示してあるように、顎側となる後肢皮膚圧刺激を加えると頸捻転時右側深層項筋筋放電の増加は明瞭となり、両側深層項筋間の活動性に差をみる。この際、眼振電

図3：頸捻転を短時間の間隔でくりかえすと、眼振が誘発され難くなる。この時期の動物をえらび、右及び左の後肢に皮膚圧刺激を加えてある。頸捻転で後頭側となる後肢の圧刺激では、右深層項筋に活動性増大はなく、眼振も現われない。これに対し、頸側となる後肢の圧刺激では、右深層項筋の活動性増大がおり、これとともに左に向う頸捻転性眼振をみる。図中の矢印は皮膚圧刺激開始を示している。

図上には左に向う頸捻転性眼振をみる。

小括 頸捻転でみる右側深層項筋筋放電は頸側後肢皮膚圧刺激で明瞭に増加し、両側深層項筋間の活動性の差があらわれる。この際、頸捻転性眼振の出現は明かである。これに対し、右側深層項筋筋放電は後頭側後肢皮膚圧刺激で有意の増加をみず、両側深層項筋間の活動性の差も増大しない。かくして、頸捻転性眼振の出現はみられない。

実験に供した他の4羽のウサギでもほぼ同様の結果が得られた。

2) 眼振電図と脳波の同時記録で得られた成績

a) 耳介根部皮膚圧刺激の場合

ウサギ No 1: 図4には上述したウサギ(No 1)の耳介根部皮膚圧刺激時の頸捻転性眼振と脳波所見を示してある。図の上段には、頸捻転の際、下面となる左耳介根部圧刺激時の眼振電図と脳波が、図の下段には、その際、上面となる右耳介根部圧刺激時のそれらが示されている。

上段の図のように、この条件の皮膚圧刺激では頸捻転がはじまると一過性に脳波の覚醒反応

(新皮質の脱同期波、海馬の7サイクルθ波の出現)がみられるが、やがて覚醒反応が止み、これに代って新皮質には振巾の大きな棘波が出現する。

また海馬にも同期波(7サイクルθ波)がみられなくなり、振巾の大きな棘波が出現する。この際、左に向う頸捻転性眼振はみられるが、活発でない。これに対し、下段の図に示したように、上記の条件での耳介根部への皮膚圧刺激では、頸捻転による脳波の覚醒反応(上述)の出現は明瞭であり、かつ、その状況もかなり長くつづく。この際、左に向う頸捻転性眼振はより活発に出現する。

b) 後肢皮膚圧刺激の場合

ウサギ No 2: 図5には上述したウサギ(No 2)の後肢皮膚圧刺激時の頸捻転性眼振と脳波所見を示してある。図の上段には、頸捻転の際、後頭側となる後肢皮膚圧刺激時の眼振電図と脳波が、図の下段には頸側となる後肢皮膚圧刺激時のそれらが示されている。図示するように、前者の条件の皮膚圧刺激でも、後者の条件のそれでも、頸捻転による脳波は圧刺激でその覚醒

図4：左耳介根部に皮膚圧刺激を加え、この条件下に時計回りに頸捻転を行うと、脳波には一過性に覚醒反応がおこる。この際、左に向う頸捻転性眼振をみるが、活発でない。これに対し、右耳介根部に圧刺激を加えた条件下に頸捻転を行うと、脳波に覚醒反応があらわれ、その持続は長い。この際、左に向う眼振は活発である。

図5：時計回りに頸捻転を行うと、一過性に脳波に覚醒反応が出現する。左後肢（後頭側）に圧刺激を加えると、再び脳波の覚醒反応が現われるが、早期に消失する。全経過を通じて眼振をみない。これに対し、右後肢（頸側）に圧刺激を加えると、脳波の覚醒反応が明瞭に再現され、その持続も長い。この際には、左への頸捻転性眼振をみる。図中の矢印は皮膚圧刺激の開始を示す。

(上述)の度を増大する(図中の矢印の箇所では皮膚圧刺激開始)。しかし、後者の条件での皮膚圧刺激による刺激効果(脳波覚醒反応の増大)はより明瞭で、その持続も長い。前者の条件では眼振電図上に眼振をみず、後者の条件では左に向う眼振をみる。

小括 耳介及び後肢皮膚圧刺激の頸捻転性眼振と脳波に対する影響を要約すると次のようになる。①頸捻転で下面となる耳介根部への皮膚圧刺激は頸捻転に際して出現する脳波の覚醒反応に対して抑制的に作用し、頸捻転性眼振の出現を抑制する。これに対し、上面となる耳介根部圧刺激では、前者のような影響を眼振や脳波に対して明瞭に示さない。②頸捻転時顎側となる後肢皮膚圧刺激は、頸捻転による脳波の覚醒反応を増強し、頸捻転性眼振の出現に促進的に作用する。これに対し、後頭側となる後肢皮膚圧刺激でも頸捻転時の脳波の覚醒反応の増強を示す所見が得られるが、一過性である。また、頸捻転性眼振の出現に対しては有意の促進作用を示さない。

実験に供した他の4羽のウサギにおいてもほ

う同様の成績が得られた。

3) 軀幹皮膚圧刺激で得られた眼振所見

ウサギNo 3: 図6には片側又は両側の軀幹皮膚への圧刺激(クリップ)でひきおこされる頸捻転性眼振の変化を示してある。図の最上段には、両側軀幹皮膚への圧刺激による頸捻転性眼振が、第2段目には顎側軀幹皮膚への圧刺激による眼振が、第3段目には後頭側軀幹皮膚への圧刺激による眼振が、そして最下段には上記3条件の対照とするため、圧刺激を加えない場合の頸捻転性眼振を示してある。この一連の成績より次のことが判る。①両側軀幹皮膚圧刺激により頸捻転性眼振は抑制され出現しない。②片側軀幹皮膚圧刺激の場合は、頸捻転性眼振は出現するが、対照のそれに比べると活発でない。また、この際、顎側軀幹皮膚への圧刺激の場合は後頭側軀幹皮膚への圧刺激の場合と比べ、眼振発現に対する抑制効果が大きい。実験に供したその他のウサギ4羽でも原則的に相似する成績が得られた。

4) 前肢皮膚圧刺激で得られた眼振所見

ウサギNo 4: このウサギでは、頸捻転を繰返

図6: 両側軀幹皮膚に圧刺激を加えると、頸捻転性眼振は抑制され、出現しない。片側皮膚への圧刺激では、頸捻転性眼振をみるが、対照(最下段)のそれに比べてその度は弱い。とくに、頸捻転で顎側となる軀幹皮膚に圧刺激が加わると、眼振抑制効果がより著しい。

し、眼振が誘発されがたくなった時期に実験が行われている。図7の上段には後頭側となる前肢の、下段には頸側となる前肢の皮膚圧刺激が加えられた際の眼振電図が示されている。何れ

の場合にも眼振をみとめていない。なお、図中の矢印は圧刺激の開始時を示してある。実験に供した他の4羽のウサギにおいても原則的に相似した所見が得られた。

図7：時計回りに頸捻転をくりかえし行い、頸捻転による眼振が起り難くなっているウサギを用いている。右及び左の前肢に皮膚圧刺激をそれぞれ加えている（図の矢印は圧刺激開始を示す）。眼振電図上に眼振をみない。

III 考 案

冒頭で述べたように、高木 (1953)¹⁹⁾ は片側前庭迷路を破壊した際出現する特発眼振は皮膚圧刺激で効果的に抑制されるとのべ、その機序に関して圧刺激による皮膚受容器からの tonic impulse がこの眼振に抑制的に作用するものと考察している。因みに、高木は同じ論文で皮膚の触刺激はこの種眼振の出現に促進的に作用すると報告している。しかし、私達が上述の実験で示したように、皮膚への圧刺激は頸捻転性眼振に対してすべて抑制的でない。すなわち、耳介皮膚、とくにその根部のそれへの圧刺激や軀幹（側部）皮膚への圧刺激は頸捻転性眼振に抑制的に作用するが、後肢皮膚への圧刺激はこの眼振に促進的に作用する。また、耳介根部への圧刺激は頸捻転性眼振に対して交叉性に抑制をおこし、軀幹皮膚では右左何れの側に圧刺激を加えても眼振の抑制をみる。但し、頸捻転を行う場合、頸側の軀幹皮膚への圧刺激の眼振抑制効果がより明瞭である。さて、頸捻転性眼振が活発に出現している場合には、後肢皮膚に圧刺激を加えてもその効果が覆われて明瞭でない。

従って、頸捻転をくりかえしおこなって眼振発現が微弱となり、脳の覚醒反応が低下した状態のウサギをえらんで後肢皮膚に圧刺激を加えるとその効果が明瞭となる。そして、この際、頸側後肢の皮膚に圧刺激を加えると頸捻転性眼振の出現が促進されるが、後頭側後肢皮膚圧刺激では眼振に対する促進作用は明白でない。それでは、前肢皮膚圧刺激の頸捻転性眼振への効果はいかなるものであろうか？頸捻転をくりかえして眼振の出現がみられなくなったウサギを用い、前肢皮膚圧刺激を行ってみたが、眼振電図上に有意の変化はなかった。

以上のように、皮膚圧刺激はその部位により頸捻転性眼振の出現に効果をもつ場合とそうでない場合がある。また、その効果にも抑制効果と促進効果がある。そして、抑制効果は頸捻転に際して交叉性にあらわれる場合と同側優位にあらわれる場合がある。眼振に対する促進効果は全身の皮膚圧刺激中後肢皮膚のそれのみみられ、かつ同側性促進を示している。従来、ウサギの頸捻転に際しておこる眼反対が眼球偏

倚に終始することが多かったのは、以上の実験より考えると、固定器により軀幹皮膚への圧刺激が広範囲に加わる故と考えられる。この考えは、次の所見より支持される。すなわち、固定器に入れたウサギでも頸捻転を行う際、固定器と軀幹の間に隙き間が多い場合には微弱な眼振を散発的にみる場合がある。このような場合、ガーゼなどをその隙き間につめて軀幹皮膚への圧刺激を増強すると、眼振速期が消失し、偏倚のみとなる。

それではどのような機序で皮膚圧刺激により頸捻転性眼振に抑制あるいは促進がおこるのであろうか？考えられることは、これらの圧刺激が頸部深部受容器と耳石系に対して影響を及ぼし、上記の現象がおこるのではなかろうかと云うことである。先ず前者についての考えをのべたい。私達のこれまでの実験では、自然体位においたウサギの耳介根部皮膚に圧刺激を加えると、その対側の深層項筋放電が減少する。今もし、頸捻転を時計回りに加える場合、右側（上面）の深層項筋放電は増強する。この際左側（下面）の耳介根部に皮膚圧刺激を加えると、その交叉性抑制作用により右側深層項筋の活動性亢進は低下し、ひいては左右深層項筋の活動性の差は減少する。かくして、左への頸捻転性眼振の出現は減少する。後肢皮膚圧刺激の場合には、頸側後肢皮膚圧刺激でその同側の右深層項筋活動性が増強し、ひいては左右深層項筋間の活動性の差は増大する。かくして、頸捻転性眼球は増強される。以上の成績よりすると、頸捻転で上面になる側の深層項筋活動性の如何がこの種眼振の消長に重要な関係をもつことが推測される。それでは、このような考えはこれまでの報告に照らして妥当性をもつ考えであらうか？Hikosaka, Maeda (1973)⁶⁾は頸捻転でおこる眼球偏倚は次のような機序をもつという。すなわち、頸部関節包、靱帯、骨膜などに分布する深部受容器よりの求心性インパルスは同側性に脊髓を上行し、脳幹で交叉し反対側前庭神経核と興奮性結合を行う。次いで、この

神経核と外転神経核の間の活動性の相互交渉がおこるが、最終的には頸捻転で伸張された側の外転神経核には活動性亢進が、非伸展側のそれには抑制がおこる。かくして、頸捻転で伸張された側に向って眼球偏倚がおこると、Hikosakaら(1973)⁶⁾の報告では、眼振の記述はなく、従って、その速期の機序についての説明はない。頸部深部受容器より上行する神経路としては脊髓網様体路が考えられる。この神経路は、延髄、橋、一部は中脳網様体に至る。また、前庭神経核とも連絡がある(Brodal 1957³⁾、寺田 1960²¹⁾。脳幹網様体、とくに水平眼振については橋網様体内側部(PPRF)は眼振速期の出現に重要な役割を果たすといわれている(Teng, Shanzer, Bender 1958)²⁰⁾。このような報告を参照すると、頸捻転性眼振の緩徐相の形成にはHikosakaらののべる機序が関係し、頸部深部受容器からのインパルスとしては tonic impulse を考えるべきであらう。これに対し、眼振速期の形成には脳幹網様体と関係をもつ脊髓網様体路の関与を考えるべく、また、頸部深部受容器からのインパルスとしては phasic impulse を考えてはいかぬものであろうか？そして、後者の考えは、頸捻転性眼振が活発に出現するような条件（後肢皮膚圧刺激）では脳波の覚醒反応は明瞭となり、眼振が抑制されるような条件（耳介皮膚圧刺激）では覚醒反応の度が低下する事実と矛盾しない。次ぎに問題となるのは、頸捻転でおこる眼振が頸部関節包、骨膜、靱帯などの深部受容器からの求心性インパルスを基としておこるのか、深層項筋深部受容器よりの求心性インパルスを基として成立するのかの問いであらう。

Richmond, Abrahams (1979)¹⁸⁾は、ネコでは joint receptors は上位関節附近には見当らず、その関節に近接する頸筋には豊富な筋紡錘がみられるという。

福井 (1971)⁵⁾はウサギ深層項筋に片側性にプカロインを注射し、その部に分布するγ線維の活動性を一過性に封鎖すると、眼振が出現す

ることを報告し、石田 (1972)¹¹⁾ はこの筋に10 Hz, 矩形波, 15v. 90秒をくりかえし与えると、電気刺激後に眼振をみるとのべている。これらの成績は深層項筋深部受容器は頸捻転性眼振の発現に関与する一因子であることを物語っている。因みに、頸筋紡錘が眼球運動の発現に関与するであろうとの考えは、ヒトの胸鎖乳突筋（関節包などと直接の関係はない！）にプロカインを注射しても、体平衡失調とともに眼球に異常運動がおこることで支持される（檜, 黒沢 1964)⁸⁾。従って、Hikosaka ら(1973)⁶⁾ の云うように頸部関節包、靱帯、骨膜の深部受容器が頸捻転性眼球運動（偏倚）に関与することは事実としても、深層項筋深部受容器もまた頸捻転性眼振発現の責任器官の1つとみなすべきであろう。

以上を要約すると、頸捻転性眼振が深層項筋紡錘をもふくめて頸部深部受容器起源に成立するとの考えは肯定してよく、耳介や後肢の皮膚受容器からのインパルスはこれらの受容器の活動性に一定の影響（抑制と促進）を与えて上記の眼振の消長をもたらすものと思われる。さて、高木 (1953)¹⁹⁾ は、頸部深部受容器からは tonic, phasic, 2種の求心性インパルスが上行するという。そして、耳介皮膚受容器よりのインパルスは眼振速期を抑制し、後肢皮膚受容器よりのそれは眼振速期の出現を助長する。今もし、上記の高木 (1953)¹⁹⁾ の考えを参照するなら、耳介皮膚よりのインパルスは頸部深部受容器より上行する phasic なインパルスを抑制し、後肢皮膚よりのそれはそのインパルスを促進して上記の成績をもたらしたものと想像される。今後へのこされた興味ある課題である。

さて、軀幹皮膚圧刺激で頸捻転性眼振が抑制される事実については、耳介の場合のように、頸筋筋電図、脳波などを記録して系統的に研究されていない。しかし、両側軀幹皮膚の圧刺激で最も効果的に眼振の抑制がおこることは、この刺激で深層項筋活動性が低下し、ひいては脳活動性の低下が準備されると解釈すれば、説明は可能となる。その詳細は今後の報告にゆずり

たい。

前肢皮膚圧刺激では頸捻転性眼振に有意の変化を与えがたい。私達は先の報告 (1981)¹³⁾ で、ウサギの前肢に棒をあてがい体重を支えるようにした場合の頸捻転性眼振の変化を記録した。その成績では頸捻転性眼振に有意の変化なく、また、頸捻転で上面となる深層項筋筋放電が前肢支持で有意の変化を来すこともなかった。脳波に関してもこの操作で覚醒反応が明瞭となるようなことはなかった。今回、私達は、前肢に皮膚圧刺激を加え、眼振電図と頸筋筋電図又は脳波を組合せて記録し、それを基として上記の現象を理解している訳ではない。しかし、前肢に支持棒をあてがう条件では、前肢皮膚への圧刺激も加わっている筈である。従って、今回の実験で前肢に皮膚圧刺激を加えても頸捻転性眼振が有意の変化をうけないのは、その操作を行っても深層項筋活動性や脳活動性に有意の増強がおこり難い故と考えている。

さて、高木 (1953)¹⁹⁾ は、先に述べたように、皮膚の触刺激は迷路性眼振、とくにその速期に促進的に作用するという。私達も高木にならって、皮膚をなでたり、息をふきかけたり、ウサギの口の周りのヒゲにふれたり、指でかく足跡をふれたりしてみたが、頸捻転性眼振の発現に明瞭な変化をみとめがたかった。従って、今回得た成績は皮膚圧刺激でもたらされたものと考えている。

それでは、中枢神経系の線維連絡から考えると、以上の耳介皮膚又は後肢皮膚への圧刺激による頸捻転性眼振の消長に関与する神経要素にはいかなるものが考えられるであろうか？新見 (1982)¹⁷⁾ はこの問題に関して次のような考えを示唆している。

すなわち、後肢皮膚圧刺激でおこる頸捻転性眼振の促進機序に関しては、後肢皮膚圧受容器→後根線維→同側後索を上行する長伝導路→頸髄運動ニューロンとのシナプス結合→深層項筋→深層項筋に分布する深部受容器→脊髄網様体路→前庭神経核及び脳幹網様体が主要な神経

要素である。

また、耳介根部皮膚圧刺激でおこる頸捻転性眼振抑制機序に関しては、耳介皮膚圧受容器→後根→交叉性連合ニューロン→頸髄運動ニューロンとのシナップス結合→深層項筋→深層項筋に分布する深部受容器→脊髓網様体路→前庭神経核及び脳幹網様体がその神経要素である。

新見の示唆を軀幹皮膚圧刺激による頸捻転性眼振抑制機序にあてはめると次のようになる。すなわち、軀幹皮膚圧受容器→後根→両側とくに同側後索を上行する長伝導路→頸髄運動ニューロンとのシナップス結合→深層項筋→深層項筋に分布する深部受容器→脊髓網様体路→前庭神経核及び脳幹網様体がその神経要素として考えられる。

もちろん、頸部の関節包などからの深部受容性インパルスもこれに加わる筈である。今後の問題は、耳介や後肢あるいは軀幹の皮膚圧刺激で誘発されるインパルスが筋紡錘、関節包、靱帯、骨膜などの深部受容器のうち、何れの深部受容器からのインパルスとより有意に結びついて上記の現象(眼振の抑制、促進)を結果するかの解決であろう。また、次の問題も解決する必要がある。すなわち、私達の観察によると、後肢の皮膚圧刺激では後肢伸筋(腓腹筋)放電が増大し、このような際には同側深層項筋活動性の増強をみる。この所見よりすると、その機序には、後肢皮膚圧受容器より後根を介して後肢伸筋深部受容器、次いで腰部深部受容器活動性亢進がもたらされ、これが脊髓網様体路を介して頸部深部受容器活動性亢進を結果し、かくして頸捻転性眼振の促進がおこると考察される。この機序が、先にのべた後索を通る長伝導路を介し、頸部深部受容器にいたる機序とどのような関係をもつのか、将来の解決が要求される主要な課題である。

さて、只今までの記述では、耳介又は後肢などの皮膚圧刺激の頸捻転性眼振への影響を主として頸部深部受容器への影響とみなして解釈してきた。しかし、この実験条件で誘発される眼

振は、頸部深部受容器のみでなく、耳石とも関係する。

前田(1980)¹⁶⁾によると、耳石器と頸部深部受容器からの求心性インパルスは lateral reticular nucleus で収斂すると云う、そして、さらに進んで小脳虫部へも連絡するという。従って、只今のべている頸捻転性眼振に対する耳介や軀幹、後肢皮膚圧刺激の影響は耳石への影響、ひいてはこれに関係する上記の神経要素をも考慮におく必要がある。しかし、頸捻転で誘発される眼振の主なる責任器官は頸部深部受容器であり、耳石ではない。これはこれまでの私達の実験(1981¹⁴⁾、1982¹⁵⁾)でも明かで、頸部深部受容器からは眼振を誘発しうが、耳石からは眼振はおこらず眼球偏倚のみである。従って、耳介や軀幹、後肢皮膚圧刺激にみられる頸捻転性眼振の変動の中心的役割を演ずるのは矢張り頸部深部受容器と考えたい。この考えは、只今進行中の次の実験からも支持される。すなわち、ウサギを側臥位におき、上面にある後肢の皮膚圧刺激を加えると、頸筋(同側)の筋放電は上昇し、それとともに眼球は下眼瞼への偏倚から上眼瞼に向って運動する。すなわち、眼球の立直りを示唆する所見が得られた。この際、頭部を側臥位に固定し、頸部深部受容器の活動性を制限すると、上述の深層項筋活動性亢進は起らず、眼球の立直り運動も現われない。従って、皮膚圧刺激の影響が耳石系に及ぶとしても、それが眼球運動に有効に反映されるには頸部深部受容活動性が良好に保たれている必要がある。この所見は上記の私の考えと矛盾しない。さて、只今までの記述では、上記の眼振の変動の中枢機序を主として脳幹を中心として説明してきた。小脳はこの際どのような役割を果たすものであろうか? 上述したように、neck afferent は耳石器よりの求心器と lateral reticular nucleus で遭遇し、小脳虫部に input をもつ。また、ネコの成績では、小脳虫部(VI, VII野)には頸部深部受容器からのインパルスが流入する(Berthoz, Lilinas 1974)²⁾。従って、

これまでのべてきた皮膚圧刺激の頸捻転性眼振抑制, 促進の中枢機序から小脳を除くことは問題を残す. しかし, 星野, 皆川 (1932)¹⁰⁾ は頸捻転による眼球運動 (偏倚) は小脳を完全に除去しても認められると述べている. 従って, 今回の実験で得られた成績の大部分は脳幹活動性との関係で説明されるものと考えたい. なお,

以上の一連の成績より, 眼振解発に関して耳石器は頸部深部受容器に促進的に作用しているのに対し, 皮膚圧受容器の大部分が頸部深部受容器活動性に抑制的に作用していることが判った. このことは, それがどのような平衡生理上の意義をもつかの詳細は不明としても, すこぶる興味をそゝる所見である.

IV む す び

ウサギの軀幹を布片で吊り下げ, 頭部と四肢を自由にした姿勢を採らせ, 次いで頭部を長軸の回りに時計回りに 90° 回転して得られる眼振 (頸捻転性眼振) に対し, 皮膚圧刺激がどのような影響を与えるかを観察した. 得られた成績は次の通りである.

(1) 皮膚圧刺激は頸捻転性眼振に抑制的又は促進的作用を及ぼしうる.

(2) 耳介根部の皮膚圧刺激は, 交叉性に深層項筋活動性を抑制し, 後肢皮膚圧刺激は同側性に同じ筋の活動性を亢進する. かくして, 頸捻転で下面になる耳介根部の皮膚に圧刺激を加えると, 上面になる深層項筋活動性は抑制され, 左右項筋間の活動性の差は減少する. この際, 脳波 (新皮質と海馬) の覚醒度は低下し, これと平行して頸捻転性眼振は抑制される. これに対し, 後肢皮膚圧刺激は同側性に深層項筋活動性を亢進する. かくして, 頸捻転の際, 頸側の後肢皮膚に圧刺激を加えると, 上面になった深層項筋活動性は亢進し, 左右項筋間の活動性の差が増大する. この際, 脳波は覚醒の度を増し, 眼振の誘発をみる.

(3) 軀幹 (側部) の皮膚圧刺激では頸捻転性眼振は抑制される. とくに, 頸捻転の際, 頸側の軀幹皮膚に圧刺激が加わる際, 眼振抑制効果が著しい.

(4) 前肢皮膚に圧刺激を加えても, 頸捻転性眼振に有意の変動はない.

以上の成績を参照して次の結論をのべた.

(1) 眼振解発における頸部深部受容器と耳石の協応に対し, 皮膚圧刺激は抑制的に作用する場合と促進的に作用する場合がある.

(2) 前者は耳介や軀幹皮膚に圧刺激が加えられた場合であり, 後者は後肢皮膚に圧刺激が加えられた場合である.

文 献

- 1) Adrian, E. D. and Zotterman, Y.: The impulses produced by sensory nerve endings. Part 3: Impulses set up touch and pressure. *J. physiol.* **61**: 465, 1926.
- 2) Berthoz, A. and Lilinas, R.: Afferent neck projection to the cat cerebellar cortex. *Exp. Brain Res.* **20**: 381, 1974.
- 3) Brodal, A.: The reticular formation of the brain stem. Edinburgh, Oliver and Boyd, p. 1-87, 1957.
- 4) Fukuda, T., Hinoki, M. and Tokita, T.: Provocation of labyrinthine reflex by visual stimulation. *Acta otolaryngol. (Stoch.)* **48**: 425, 1957.
- 5) 福井堅二: 頸部・腰部深部受容器と前庭性平衡失調; 片側迷路破壊ウサギの眼振を指標とする観察. *耳鼻臨床* **64**: 803, 1971.
- 6) Hikosaka, O. and Maeda, M.: Cervical effects on abducens motoneurons and their interrelation with the vestibulo-ocular reflex. *Exp. Brain Res.* **18**: 512, 1973.
- 7) Hinoki, M., Hine, S., Okada, S. et al.: Optic

- organ and cervical proprioceptors in maintenance of body equilibrium. *Acta otolaryngol.* (Stoch.) suppl. **330**: 169, 1975.
- 8) 檜 学, 黒沢 吏: 頸筋, 項筋より誘発される眩暈. 耳鼻臨床 **57**: 10, 1964.
- 9) Hinoki, M. and Terayama, K.: Physiological role of neck muscles in the occurrence of optic eye nystagmus. *Acta otolaryngol.*(Stoch.) **62**: 157, 1965.
- 10) 星野貞次, 皆川広文: マグヌス氏等ノ所謂「緊張性頸性眼反射」ニ対スル実験的批判. 耳鼻臨床 **26**: 387, 1932.
- 11) 石田美夫: Cervico-Muscular Vertigo 成立機転に関する実験的研究: むち打ち損傷例のめまい・平衡失調解明への一つの approach. 日耳鼻 **75**: 1422, 1972.
- 12) 伊藤信輔, 檜 学: 姿勢と眼振; 正常ウサギの頸捻転で誘発される眼振を指標とする観察. 耳鼻臨床 **73**: 1321, 1980.
- 13) 伊藤信輔, 檜 学: Neck-torsion nystagmus 発現における頸部と四肢の深部受容器の協応: 正常ウサギの脳波と頸筋, 四肢筋の EMG を指標とする分析. 耳鼻臨床 **74**: 2667, 1981.
- 14) 伊藤信輔, 檜 学: 頸捻転頭位で誘発される正常ウサギの眼球運動; その成因に関する研究補遺. 耳鼻臨床 **74**: 89, 1981.
- 15) 伊藤信輔, 檜 学, 三好豊二: 頸部深部受容器と耳石器の眼振解発における協応; ウサギの背屈頭位でみられる眼球運動を指標とする分析. 厚生省特定疾患: 前庭機能異常調査研究班. 昭和56年度研究報告書. p. 27-29, 1982.
- 16) 前田 稔: 姿勢反射の中機序—Part II. 頸性因子の神経機序と頸性めまいの pathogenesis. *Neurol. Med. Chirug.* **20**: 619, 1980.
- 17) 新見嘉兵衛: Personal communication. 1982.
- 18) Richmond, F. J. and Abrahams, V. C.: What are the proprioceptors of the cat? *Brain Res.* **50**: 45, 1979.
- 19) 高木健太郎: 圧反射と迷路機能. 脳神経領域 **6**: 179, 1953.
- 20) Teng, P., Shanzer, S. and Bender, M. B.: Effects of brainstem lesions on optokinetic nystagmus in monkey. *Neurology* (Mineap.) **22**, 1958.
- 21) 寺田俊一: 脊髄よりの知覚伝導路と網様体に関する実験形態学的研究. 千葉医誌 **30**: 1065, 1960.

別刷請求先: 伊藤 信輔
〒606 京都市左京区聖護院川原町
京都大学医学部耳鼻咽喉科学教室