眼筋深部受容器の身体平衡維持における役割;
特に視運動刺激に対する眼球及び体平衡反射
の変化を指標とする分析

牛尾 信也・福島 英行・土師 知行・高谷 徳哉*
北村 溥之・東辻 英郎・林 正彦・玉城 進**
桧 学・中西 和仁・岸本 誠司***・ J. B. Baron****

Role of the Proprioceptors of the Extrinsic Eye Muscles
in the Maintenance of Body Equilibrium in Response to
Optokinetic Stimulation

Nobuya Ushio, Hideyuki Fukushima, Tomoyuki Haji, Tokuya Takatani
(Kurashiki Central Hospital)

Hiroyuki Kitamura, Hideo Higashitsuji, Masahiko Hayashi, Susumu Tamaki
(Tenri Hospital)

Manabi Hinoki, kazuhito Nakanishi, Seiji Kishimoto
(Kyoto University)

J. B. Baron
(Centre psychiatrique Sainte-Anne)

To see the role of the proprioceptors of the extrinsic eye muscles in the maintenance of body equilibrium we carried out the following examinations. Patients who had sustained head trauma and showed unilateral paralysis of the eye muscles were examined. A prismatic lens, with its base pointed to the ear side, was placed over the paralytic eye and resulting changes in eye and body reflexes were measured using the electro-nystagmograph (ENG) and statokinesimeter, respectively.

The results obtained were as follows:

- (1) Placing a lens over the paralytic eye showed activation in optokinetic nystagmus in 53%, lack of change in 21% and inhibition in 26%.
- (2) Patients who developed activation of optokinetic nystagmus when placing

*倉敷中央病院耳鼻咽喉科

**天理よろづ相談所病院耳鼻咽喉科

***京都大学医学部耳鼻咽喉科教室 (主任: 桧 学教授)

****Centre Psychiatrique Sainte-Anne.

a lens over the paralytic eye tended to show simultaneous improvement of the righting reflex. In contrast, patients who developed inhibition of optokinetic nystagmus when placing the lens over the paralytic eye tended to show simultaneous aggravation of the righting reflex.

Furthermore, there was a tendency that in the former group, vertigo due to optokinetic stimulation was reduced, whereas in the latter, vertigo was rather activated.

From these findings, the following conclusions were drawn:

(1) The functional correlation between the retina and the proprioceptors of the extrinsic eye muscles is necessary, in order to have good development of equilibrium function of the eyes and body in response to optokinetic stimulation.

(2) Placing a prismatic lens over the paralytic eye is a good method to analyze the role of the proprioceptors of the extrinsic eye muscles in body equilibrium as related to optokinetic stimulation.

は じ め に

眼筋深部受容器が体平衡維持に重要な役割を果していることについては既に多くの報告がある (Baron 1951, 福田 1957 a, 牛尾, 松ら 1977 a, b).

さて、視運動刺激に対する身体平衡維持において眼筋深部受容器がどのような役割を果すかについて福田, 松らは次の様な成績を得ている。即ち、視性大円筒内中央に被検者をおき、オトゴニオメーターの注視を命じて眼位を正中位に固定し、この条件下に視運動刺激を加えると被検者は強い回転性めまいを訴える。この条件下では視運動眼振はおこらず、体平衡失調が著明である。例えばこの際足踏を命ずると、円筒の線条の移動する方向に失調を伴う明瞭な足踏偏倚が出現し、眼位を固定しない条件下の同様実験で得られた足踏偏倚に比し、著しい偏倚の増大と失調性歩行がみられる。即ち、その足踏回転角度を指標とする場合、前者は後者の約2倍近い回転角度を示すと報告している (福田, 松ら 1957)。この成績より眼筋深部受容器が視性平衡維持に直接的役割を果していると解すべきか、又はオトゴニオメーター注視の結果おこる移動線条に対する中心窩視の障害がその主因であるのか、何れとも定めがたい。というのは、後者に関して松, 沢田, 近藤は次の成績をのべているからである。すなわち、ウサギの外眼筋と *M. retractor bulbi* を切除する場合、視運動刺激に対して脳波の覚醒反応はおこりがたくなる。しかし、同じウサギは音響刺激に対して覚醒反応を呈する。彼らはこの成績よりウサギの外眼筋深部受容器の視運動性平衡反射におよぼす影響は、予想された程強力なものではなく、その主役をなすのは網膜よりの求心性インパルスであろうと推定している。しかし、彼らも外眼筋深部受容器の視運動性平衡機能におよぼす影響を否定している訳ではなく、その最終的結論には更に系統的研究を必要とすると示べている (松, 沢田, 近藤 1968)。

今回の研究は以上の様な既知の事実をふまえてなされており、特に、この報告では眼筋深部受容器が視運動性平衡反射に対してどのような役割を果しているかについて私達が得た成績をのべ、私見を加えてみたい。

成 績

(1)検査対象: 眼筋麻痺 (核上性) を伴い、かつ視運動眼振検査で異常を呈した頭頸部外傷19症例が検査の対象である。

(2)検査方法と prism の装着法: prism 装着前、及び prism 装着中における視運動眼振検査及び視運動刺激に対する立直り反射機能検査

を下記の条件で行い両者の所見を同時に記録した。即ち、視運動眼振検査は Ohm 型の視性円筒を用いたが、その内面には幅 3 cm の縦縞が等間隔に 12 本附されている。円筒を 1 回転 5 秒の割合で等速回転し、1 分計測している。また、この際の立直り機能の測定は、被検者を両脚直立の姿勢で重心重揺計上に起立させて行った。

prism 装着は 1~4° の prism を麻痺眼に、その apex を鼻側に向けて装着した。装着が適正に行われているか否かの判定は prism を装着することにより輻輳反応を正確に行いうる様になったかどうか指標にした。prism の装着は原則として片眼（麻痺眼）に行うが、片眼装着のみで充分な矯正が得られない場合は、健側眼にも prism 装着を行い、補足した。但し、後者

の場合には prism の apex を耳側に向けて装着し、かつ麻痺側眼に使用している prism よりも度数の小なるものを用いた。なお、麻痺眼の決定はランカスター法を用いて行った。

(3) 得られた成績：

(i) 代表例における観察

症例 1. 45 才，男子，頭部外傷

1 年前に産業事故で左側の側頭部に打撲を受ける。受傷直後、一瞬間、ボーとしたが、嘔気頭痛、めまいなどはなかった。受傷 2 週間後頃より、めまい感（動揺感）、項部痛、羞明、複視が出現して来た。外科医で治療を受けるも症状は軽快せず、産業医を介して当科に受診した。受診時、めまい感（動揺感）、項部痛、羞明、複視が訴えられていた。

prism 装着前

45 才，男子，頭部外傷

図 1 prism 装着による視運動眼振と重心動揺の変動（視運動刺激：1 分間に 150 本の黒線）

prism 装着中 (左眼, 4°, apex鼻側)

45才, 男子, 頭部外傷

図2 prism 装着による視運動眼振と重心動揺の変動 (視運動刺激: 1分間に150本の黒線)

検査成績:

①眼筋麻痺の診断と prism によるその是正; ランカスター法で左眼の内直筋及び下斜筋不全麻痺が指摘され, かつ輻輳障害がみられた. この症例に4°の prism を左眼にその apex を鼻側に向けて装着すると, 輻輳障害は改善した.

②視運動刺激に対する眼球運動と立直り反射; 図1にはこの症例に prism 装着を行っていない場合の視運動眼振と視運動刺激に対する立直り反射の成績が示されている. 視運動刺激開始後20秒頃より被検者はめまい感(自己回転感)を訴えはじめ, 45秒に達するとそれが著しく増強し, 嘔気も伴うようになり, 検査を続行することが困難となる. この際の視運動眼振の解発

状況は図の如くで, 刺激頭初より眼振の解発は不規則であるが, 刺激後20秒頃より眼振の抑制が著明で, 45秒近くでは眼振は殆んど解発されていない. これに対応して重心動揺記録では, 眼振の発来状況に大略平行して次の所見がみられた. 即ち, 刺激開始後20秒頃より重心の動揺が増大し, 45秒頃には, 殆んど起立が不可能となり検査を中止した.

この例の左眼に前述の様に prism を装着した成績が図2に示してある. 図の如く, 視運動眼振の解発は活発となり, 1分間の視運動刺激に対しても眼振の抑制をみなくなっている. この間, 被検者は円筒の黒い縦縞の移動を十分に明視しうようになったとのべている. 視運動刺激に対して被検者の身体動揺が著しく減少し

29才, 女子, 頭部外傷

図3 prism 装着による視運動眼振と重心動揺の変動 (視運動刺激: 1 分間に150本の黒線)

ているが, この間の状況は安定した重心動揺曲線として描出されている。

以上の検査成績より次の要約がなされる。本例においては, prism 装着により, 麻痺した眼筋の深部受容器の活動性が促進されると, 視運動眼振の解発は活発化し, また同時に記録した立直り反射の成績よりみると, この刺激に対する体平衡反射にも改善がみられる。

症例2. 29才, 女子, 頭部外傷。

6ヶ月前に交通事故を起した。その際フロントガラスで前頭部, 頭頂部を打撲した。事故直後には何んら症状はなかったが, 受傷後10日目頃より, めまい感 (立ちくらみ), 頸部痛, 頭

痛が出現した。外科医にて治療を受けるも症状は軽快せず, 当科を受診した。受診時, めまい感 (転倒感), 頸部痛, 頭痛, 耳鳴 (左側: キーン) の訴えがあった。

検査成績:

①眼筋麻痺の診断と prism によるその是正; ランカスター法で右眼の内直筋及び上直筋の不全麻痺を指摘され, 輻輳障害がみられた。この例の右眼に4°の prism を apex を鼻側に向けて装着したが, 輻輳障害に軽度の改善がみられるのみであった。従って, 左眼への3°の prism の装着を追加した。この条件でも十分な輻輳の改善は認められなかった。

29才, 女子, 頭部外傷

図4 prism 装着による視運動眼振と重心動揺の変動(視運動刺激: 1分間に150本の黒線)

②視運動刺激に対する眼球運動と立直り反射；図3には prism 装着を行っていない場合の視運動眼振と視運動刺激に対する立直り反射の成績が示されている。視運動刺激開始後30秒頃より回転性めまいが出現し、身体の動揺が強くなったと述べている。視運動眼振は刺激頭初解発がやや不規則であったが、刺激30秒頃より、著しくその解発が抑制されている。また、視運動眼振の抑制に対応して、身体にも著しい動揺が出現している。これは重心動揺曲線の著しい乱れとして描出されている。この例の prism 装着中の成績が図4に示されている。prism の

装着により、被検者は視運動刺激開始後、約15秒でめまいを感じ、身体の安定性も失われたと述べている。図に示す如く、この間の状況は、視運動眼振の解発の抑制、及び重心動揺曲線の不安定性の増大として客観化されている。

以上の検査成績より次の要約がなされる。本例においては麻痺した外眼筋活動性は prism 装着によっても十分な改善をみとめえなかった。この様な状況下に視運動刺激を加えて眼球及び身体の平衡を観察すると視運動眼振の解発は、却って抑制され、また、この刺激に対応する立直り反射障害も増強した。

(ii) 19症例における観察：

①視運動刺激で誘発されるめまいの観察；視運動刺激によるめまい感の発現が prism 装着によりどの様に変化するかについて検討すると次の成績が得られた．すなわち，19 例中 11 例（58％）においてめまい感が軽減し，3 例（16％）はそれが不変であり，5 例（26％）はかえってめまい感が増強した．

②視運動眼振の観察：prism 装着による視運動眼振の変動について検討すると，19例中10例（53％）に眼振解発が活発となり，4 例(21％)ではそれが有意の変動を示さず，5 例（26％）ではかえって眼振解発の抑制がみられた．この 5 例中 3 例は，症例 2 の如く，prism の装着で十分な矯正が得られず，輻輳障害が正常化しなかった症例である．以上の成績より，prism 装着により眼筋深部受容器の活動性に変化がもたらされると，視運動眼振は19例中15例（79％）に変化を示すことが判明した．この事実は，眼筋深部受容器は視性平衡維持において有意の役割を果すことを示唆し，注目される．

③視運動刺激に対する立直り反射の観察：視運動刺激に対する立直り反射に prism 装着がどのような役割を果すかを観察すると，次の成績が得られた．すなわち，19例中 9 例（48％）に立直り反射の改善が認められ，5 例（26％）ではそれに有意の変動がなく，5 例（26％）においてかえって立直り反射の悪化をみとめた．

④視運動刺激で誘発されるめまいと視運動眼振の解発状態の相関：表 1 に prism 装着下における両者の相関を示してある．表の如く，視運動刺激によるめまいが，prism 装着時に軽減したと訴え，かつ視運動眼振の解発も活発化したものは 19例中10例（53％）である．prism 装着によるも視運動刺激によるめまいが軽快せ

表 1 prism 装着による視運動眼振の変動と視運動性めまいの変動の相関

視運動眼振 \ めまい感	めまい感		
	改 善	不 変	悪 化
促 進	10	0	0
不 変	1	3	0
抑 制	0	0	5

表 2 prism 装着による視運動眼振の変動と視運動性立直り反射の変動の相関

視運動眼振 \ 立直り反射	立直り反射		
	改 善	不 変	悪 化
促 進	8	2	0
不 変	1	2	1
抑 制	0	1	4

ず，また視運動眼振にも有意の変化のなかったものは 3 例（16％）である．そして prism 装着で視運動性めまいが増強し，かつ視運動眼振の解発が抑制されたものは 5 例（26％）であった．即ち，prism 装着による視運動性眼振の変動と視運動性めまいの変動の間には高い正相関がみられた．

⑤視運動刺激に対する眼球運動と立直り反射の変動の相関：prism 装着により視運動眼振が活発化し，視運動性立直り反射が改善したものは19例中 8 例（42％）である．この操作をおこなっても，視運動刺激に対し，眼振，立直り機能に有意の変化のなかったものは 2 例（11％）である．そして prism 装着で，眼振が抑制され，立直り機能が低下したものは 4 例（21％）であった．即ち，prism 装着による視運動性眼振の変動と視運動性立直り機能の変動の間にはかなり高い正相関が存することが判った（表 2 参照）．

考 察

(1)視運動刺激下の眼球及び身体の平衡機能に及ぼす外眼筋深部受容器の役割：

眼筋深部受容器が身体平衡に関して，一定の

役割を果すことについては，冒頭にあげた幾つかの報告がある．例えば，Baron は魚の外眼筋を片側性に切除すると，魚の遊泳運動が変化する

ることを述べ、その機序として外眼筋トーマスの左右不均衡に由来して、骨格筋の活動性不均衡が生じ、かくして、遊泳に変化が生ずることをあげている (Baron 1951)。これに対し、Cohen はサルを対象とし、左右外眼筋を腱の部分で切断し、その条件下の行動を観察しているが、彼の報告ではこのような操作をうけたサルの身体平衡には異常をみなかったという (Cohen 1961)。さて、彼らの実験条件より考えると、外眼筋切断により動物の眼球は片側性に又は両側性に非動化され、従って、動物が行動をおこす場合、外界の変化に対する網膜の正確な応答は低下している筈である。従って、もし、この条件下で平衡失調が生ずるとすると、Baron が述べたように、外眼筋深部受容器活動性不均衡による骨格筋緊張変化の機序の他に、外眼筋深部受容器と網膜の機能上の協応の破綻を考慮に入れる必要がある。さて、先にのべたように、桧, 沢田, 近藤 (1968) はウサギ外眼筋及び *M. retractor bulbi* を両側性に切除し、眼球を非動化し、この条件下に視運動刺激を加え、眼振電図と脳波を同時記録してこの刺激に対する眼球運動と脳活動性の相関を観察している。その結果、この操作をうけたウサギでは、視運動眼振はおこらず、この刺激に対する脳波の覚醒反応は出現しない。しかし、このウサギは音刺激には反応し、脳波の覚醒反応が明瞭にみとめられる。このことより、桧らは、外眼筋深部受容器からの求心性インパルスの欠如は脳幹網様体上行性賦活系の活動性に強力な影響を与えるものでなく、視運動眼振発現の主たる責任器官を網膜に求めている。しかし、この実験条件では眼球が非動化されているので、実際に眼球が運動している際の外眼筋深部受容器からのインパルスが、この際の網膜からのそれとどのように協応して眼振発現に関与しているかについてはなお明かにされていない。従って、桧らも外眼筋深部受容器の視運動眼振発現における役割が如何なるものであるかについては最終的結論を差しひかえている。

さて、今回の実験では眼球運動を維持した状態で眼筋深部受容器の視運動眼振発現における役割が検討されている。この点では従来の実験に比べ、より生理的条件下に外眼筋深部受容器の視運動眼振発現における役割を観察しているといえる。そして、その結果、prism 装着が適正に行われる場合 (これは輻輳が正常化することで判定されている)、視運動眼振が活発に発現し、かつ主観的には眼前を横切る視性円筒の線条の移動を明視しうようになっている。

この際の訴えよりすると、この操作で活発に発現する眼振は、中心窩型眼振を多量に含むものと推定される。また、prism の装着が適当でない場合は、以上のべた所見とは対照的な成績がえられる。

以上の事実は、視運動刺激に対する眼球の平衡機能 (この際は視運動眼振) は、外眼筋深部受容器—網膜の機能上の協応を背景に円滑に発現されるものと考えてよからう。

要するに、今回の我々の実験は従来研究者が行った外眼筋切除という非生理的条件下での観察結果を、より生理的条件下でのそれに切りかえた点で注目され、また、その結果、視運動刺激に対する眼球の平衡機能が、外眼筋深部受容器—網膜の機能上の協応を前提として円滑に発現していることを明かにした点で貴重と考える。ちなみに、ここで申し添えたいことは、今回の検査で行っている prism の装着法は通常眼科的に行われる装着法と異り、複像を増強し、麻痺側眼筋の深部受容器活動性を促進、鼓舞する方法である。従って、眼筋そのものに原因があり、その深部受容器の活動性の回復が期待できない症例では、この方法による視運動刺激に対する眼球の平衡機能の回復はのぞめない。そして、この事実は上述の結論と矛盾するものではない。

さて、私達の実験では、視運動刺激による眼振と立直り反射の間には高い相関があることが判明している。例えば、prism 装着を行っていない場合は視運動眼振の出現が不活発である

が、この際それと平行して、不安定な重心動揺曲線が出現する。そして、適切に **prism** 装着が行われる条件下では眼振の発現は活発となり、この刺激に対する立直り機能の改善がみられる。また、**prism** を装着しても、それが不適切な場合は、却って視運動眼振が抑制され、この刺激に対する立直り反射の障害の増大がみられる。前者では、適切な **prism** 装着により、外眼筋深部受容器活動性が正常化し、ひいては外眼筋深部受容器—網膜の協応が回復した結果のものというべく、後者は **prism** 装着の結果、前者と対照的な外眼筋深部受容器活動性がもたらされ、その結果、外眼筋深部受容器—網膜の協応の破綻が増大し、かくして、眼球及び身体に著しい失調が視運動性にもたらされたものと考えてよい。既に、福田、松ら(1957)はオトゴニオメーターを装着し、被検者にその注視を命じた条件下で、視運動刺激を加え、かつ、その場で足踏を命じ、視運動刺激に対する身体平衡機能の変化を観察している。この際、被検者の眼球には眼振を認めないが、被検者は視性円筒の線条の運動は漠然と認識している。そしてこのような条件下では、早期に線条の移動する方向への足踏偏倚がはじまり、かつ刺激が重ねられると足踏失調が加わり、めまいが生ずる。このことは、オトゴニオメーター注視の結果、視運動刺激に対する眼筋の適切な活動性が抑制され、外眼筋深部受容器—網膜の協応がおこり難くなった条件下では、体平衡失調の出現又は増大を来すことを示したものとして貴重である。そしてこの成績は、私達の今回の実験で、**prism** を不適切に装着し、外眼筋深部受容器活動性の異常を増大し、ひいてはこの受容器と網膜の協応を破綻させるように操作した場合、視運動刺激に対する立直り反射の障害が増強する所見と原則的に一致している。もちろん、Baron が指摘しているように、外眼筋深部受容器と骨格筋活動性の間には相関がある。従って、視運動刺激が加わらない条件下でも **prism** 装着により眼筋深部受容器の活動性の変化がおこり、

これが既存の立直り反射の障害に一定の影響を与えている可能性は充分にある。しかし、視運動刺激下の眼振と体平衡反射の相関を論ずる場合には、それのみでなく、**prism** 装着による外眼筋深部受容器—網膜の協応の変化を考慮に入れてその相関の変化を説明するのが妥当と考える。

(2)外眼筋深部受容器と網膜の機能上の連関に関する中枢機序：

視運動性眼球運動(眼振)発現における網膜と外眼筋深部受容器の協応が脳のどの分野でおこりうるのか、また、この際の眼球運動と体平衡の協応がどのようにして成立するのかなどの問題はきわめて興味をそそる問題である。以下これまでに行われている生理学的報告又は中枢神経系の線維連絡を考慮に入れ、今回得られた成績を基にその可能性を探ってみたい。外眼筋深部受容器よりの求心性インパルスは三叉神経眼枝を介して中枢に伝えられるが、Manni

(1971)によると、それは先ず半月状神経節に入り、さらに進んで下行性三叉神経核に達するという。一方、新見(1973)の考えでは、このインパルスは三叉神経中脳路核に伝えられるという。一般的にいうと、頭部、顔面の識別性圧、触覚と深部知覚を伝える求心性線維は、三叉神経上知覚核に入るとされている。しかし、草間、馬淵(1966)の報告によると顔面、頭部の深部受容器よりのインパルスは、三叉神経中脳路核に入ると考えられてよい。これは新見の考えに一致する。

私達が既に報告した論文では、外眼筋(特に内直筋)麻痺例では、体平衡障害(足踏偏倚又は失調)があらわれ、**prism** でそれを矯正すると、足踏失調が失われ、その偏倚方向が逆転する傾向がある(牛尾、松ら 1976)。また、この操作で、これらの症例にみられる異常頭位(代償性頭位)が正される。これらの事実は、外眼筋深部受容器の活動性の低下は前庭迷路や頸部深部受容器と密接に関連して身体平衡維持に関与することを示している。事実、私達は、頸

捻転とプリズム装着を各種の条件で組合せ、足踏検査を行う実験を行い、頸部深部受容器と外眼筋深部受容器の身体平衡維持における相関を検討した。その結果、両者の間に密接な相関のあることを明かにしえた(牛尾, 北村, 桧, Baron 1977)。そして、さらに今回の実験で prism 装着による外眼筋深部受容器の活動性の変化が、視運動刺激下の眼球や身体の平衡機能に有意の影響を与えうることを知った。この一連の成績よりすると、外眼筋深部受容器より三叉神経核につたえられるインパルスは、さらに連絡路を介して前庭迷路核や頸筋運動ニューロンに伝えられ、体平衡維持に関与するものと考えられる。また、四丘体上丘など視運動反射と関連をもつ脳分野とも密接に連絡するはずである。このうち、前庭迷路核と外眼筋深部受容器の連絡に関して新見(1973)は眼筋深部受容器→三叉神経中脳路核→中脳中心灰白質→前庭迷路核の連絡を考えている。そして、前庭神経核と頸筋運動ニューロンの連絡に関して、Wilson, Yoshida (1969, a, b) は次の報告を行っている。すなわち、頸筋運動ニューロンは脳幹より下行性抑制をうけるが、その抑制線維は前庭神経核中の内側核より出て単シナプス性の連絡を行うという。また、前庭脊髓路はそれに近い頸部伸筋運動ニューロンと頸髄内(C₁—C₃)で単シナプス性に連絡し、その作用は後者に対して促進的であるという。かくして、外眼筋深部受容器よりの求心性インパルスは前庭神経核に影響を及ぼし、また、それを介し頸筋運動ニューロンへの影響を有することになる。さて、Cooper ら(1953)が山羊の実験で指摘しているように、外眼筋の伸張に際して、前庭迷路核、頸筋運動中枢(脳幹)、四丘体上丘、小脳(とくに上脚附近)に应答が記録される。これらの分野中、四丘体上丘が視運動反射の重要な中枢であり、また、小脳が身体平衡に関する一大反射中枢であることについては多くの証明がある。そして、小脳と外眼筋深部受容器の連絡に関しては、これ以外にも幾つかの重要な報告が

ある。例えば、ネコの実験で、小脳虫部の medial portion (Ⅵ, Ⅶをふくむ)には、網膜、蝸牛(Snyder, Stowell 1944)、頸部深部受容器(Berthoz, Llinas 1974)、外眼筋深部受容器(Fuchs, Kornhuber 1969, Baker et al 1972, Batini et al 1974, Schwarz, Tomlinson 1977)からのインプットがあるといわれている。また、Aschoff, Cohen (1971), Ron, Robinson (1973), Wolfe (1971), Llinas (1974)によると、この脳分野は saccadic eye movement の generation に関係するという。そして、Ritchie (1976)はこの脳分野を除去したネコでは、saccadic dismetria がおこるとのべている。即ち、眼正中位より側方に視標があり、その方向への saccadic eye movement がおこる場合は undershoot がみられ、この逆に、側方にある眼位から正中位にある視標に向う saccadic eye movement がおこると overshoot がみられるという。即ち、saccadic eye movement に関して小脳虫部の medial portion (Ⅵ, Ⅶ)は direction specific に眼球運動の調節に関与し、その障害がおこると上述の成績が得られる。Tomlinson, Schwarz, Fredrickson (1978)はネコを用い、さらにこの実験を行っているが、その結果、小脳虫部(Ⅵ)には外眼筋からの深部受容性インプットがあり、その経路は trigeminal complex を介するものであるとしている。そして、この脳分野の作用は先に Ritchie が述べた direction specific な眼球運動の調節機能がある他に、plane specific なそれがあることが明かにされている。

以上のような報告を参照すると、おそらくヒトにおいても外眼筋深部受容器は三叉神経核を介し、小脳虫部と関係をもつことは肯定されてよい。そして、そのルートを介して小脳は眼球運動を調節するものと考ええる。

一方、網膜よりの求心性インパルスが眼球及び身体の平衡とどのような関係を有するかについては主として視運動眼振を中心に研究されて

いる。そして、その眼振解発に關与する神経要素としては、四丘体上丘、腦幹網様体を重視する研究者が多く、前庭神経核も無視し得ない。小脳、とくに虫部が視運動眼振発現に重要な影響を及ぼすことはよく知られている。

さて、以上の神経要素が視運動刺激に対する体平衡反射の発現にどのような役割を果すかについては眼球のそれに比べて研究が少ない。しかし、これまでのめまい、平衡失調例についての自験よりすると、上記の神経要素は矢張り重視されるべきと思う。以上の様な成績を参照すると、視運動刺激に際しての、外眼筋深部受容器—網膜の協応の場として、上述の神経要素、とくに四丘体上丘、前庭神経核、頸筋運動中枢、小脳虫部、腦幹網様体は重要な分野と考える。そして、以上の成績よりすると、外眼筋麻痺例における視運動刺激に対する眼球や身体の平衡失調の出現や増大は、單純に外眼筋深部受容器からのインパルスの欠如が、中枢神経系の活動性に対して算術的減算として影響をもつたものではなく、外眼筋深部受容器—網膜の協応の破綻を介してその背景となる上記の脳分野全体の機能破綻がおこる故と考えられる。そしていうまでもなく *prism* の麻痺眼への適切な装着は、上記の外眼筋深部受容器—網膜の協応の改善を媒介として、これに關与する脳全体の機能の改善を結果し、ひいては視運動刺激による眼球や身体の平衡機能の円滑な発現に關与しているというべきであろう。

さて、視運動刺激下の眼球と身体の平衡（立直り機能）の相関がどのようにしておこなわれているか、その詳細はなお明かでない。眼球と頭部運動に關して、*Granit (1972)* は次の報告をなしている。すなわち、頭部運動がおこる際には、眼球運動が伴われ、両者間には一定の協応關係があるという。そして、彼によると、この両器官の協応は外眼筋中のなれおそ線維、すなわち、筋の伸張に際して中枢側で長い潜時をもって *discharge* をおこす線維を介して行われるという。視運動刺激下では眼振がおこり、

かつ、身体の平衡反射（今回立直り反射を重心動揺で表示）がそれに応じて出現している。眼振には2つの成分があるが、上記の *Granit* の報告よりすると、その緩徐相に活動する外眼筋線維が軀幹、四肢の運動、とくにこれらの器官の偏倚に主役を演ずる骨格筋線維と協応する可能性がある。そして、頸筋運動中枢は *Cooper (1953)* の実験では腦幹網様体に存し、また *Wilson, Yoshida (1969 a, 1969 b)* の報告では、外眼筋深部受容器は前庭神経核を介して頸筋運動ニューロンと密に連絡する。従って、視運動刺激下の眼球運動（眼振）と身体平衡失調（立直り反射）の協応の場として、以上の2つの脳分野は考慮に入れてよいものと思う。また、ネコの実験ではあるが、先に紹介したように、小脳虫部の *Ⅵ, Ⅶ* をふくむ *medial portion* は網膜、外眼筋深部受容器の他に、頸部深部受容器からのインプットもあるという。従って、視運動刺激下の眼球運動（眼振）と体平衡反射（立直り反射）の協応の場としてこの脳分野も無視し得ない。

何れにせよ、視運動刺激下の眼球運動と身体平衡の關係についての研究は未だ系統的とはいえない。従来報告では、動物実験にせよ、ヒトでの検査にせよ、眼球を非動化しての検査が多い。今回の私達の実験のように、*prism* により外眼筋深部受容器活動性を変化させ、かつ眼球運動を非動化しない条件下に体平衡反射を観察し、眼球と身体の平衡機能の相関を明かにしたものは少ない。私達の考えでは、この方向の研究を、病巣が明示され、かつ、病巣が比較的限局している各種のめまい、平衡失調例に行い、その結果を先にのべた方法で分析するなら、どの脳分野が眼振解発に關して外眼筋深部受容器—網膜の機能の協応に關係する分野であるのか、また、この刺激下の眼球と身体の協応が主としてどの脳分野で行われる公算が強いのかなどを知る可能性がある。その点で今回の成績は貴重と考える。

(3) 視運動刺激で誘発されるめまいとこの刺激

でおこる眼球反射と脊髄反射の相関:

以上述べたように、**prism** の装着により、外眼筋深部受容器の活動性が回復したと考えられる状態では、視運動眼振が活発に出現し、この刺激に対する立直り反射には障害をみとめがたい。この際、被検者は視性円筒の線條の移動を明視しようとのべ、めまいはおこらない。そして **prism** を不適切に装着すると、以上述べた成績とは対照的成績が得られる。このことより、視運動眼振は前庭迷路眼振（回転後眼振、温度眼振）とは異なり、視運動刺激に応ずる平衡反射と考えてよい。そして、この考えはこれまでの多くの研究者の考えと一致する（福田 1957, 福田, 桧ら1957）。

さて、視運動性めまいが眼球や身体の平衡失調を契機として成立することについては、既に福田, 桧ら（1957 a）の報告に詳しいが、今回の私達の成績でもその考えは支持される。すなわち、**prism** 装着を不適切に行った場合は、視運動刺激に対して眼振の発現が抑制され、かつこの刺激に対して立直り反射障害の出現又は増大がおこる。そして、立直り反射障害が著しい時期にはほぼ一致して、多くの例でめまいが自覚される。福田（1976）は皮質前庭領域の問題にふれて、ここを前庭領野とよび、前庭迷路独自の中枢と考えるべきでなく、めまい中枢とよぶべきとのべている。すなわち、前庭迷路や視器などに過大刺激が加わる際、眼筋、躯幹、四肢筋におこる平衡失調が深部受容系を介してこの脳に投射され、ここで積分されてめまい感となるとのべている。最近の研究では、上記の皮質領野は深部受容器の皮質中枢と広範に **overlap** することが知られている（Kornhuber, Fredricksom 1974）。今回の我々の実験で視運動刺激下に行われた **prism** 装着実験では眼振及び身体平衡反射（立直り反射）の変化とこの刺激

によるめまいの発現間にかなり高い正相関がみられている。すなわち、著しい体平衡障害や眼球運動障害が視運動性にあらわれる際、めまいが出現する傾向がある。このことは上記の福田の考えを導入すると、納得のいく説明が可能となる。

さて、**prism** を麻痺眼に適切に装着し、外眼筋深部受容器の活動性が回復された条件下では被検者は視性円筒の線條の移動を明視しやすくなったとのべている。従って、この際出現している視運動眼振には中心窩型（皮質型）眼振がかなりの量ふくまれていると考えてよい。このことより、外眼筋深部受容器が網膜の機能と協応する場合、終局的には中心窩型眼振の解発を促進するように作用していると考えてよい。しかし、それがどのようにしておこりうるのか、これまでの実験では推測の域を出ない。考えられることは、外眼筋深部受容器が周辺視野型眼振を発現する機構（**saccadic-movement system**）の活動性に影響を与え、それを介して **foveo-retinal coordination** が円滑に成立し、ひいては中心窩型眼振が優位に出現するようになるのか、それとも中心窩型眼振をひきおこす機構（**pursuit-movement system**）とより直接的にむすびついてそれをおこしているのか、今後の研究課題と考えている。今回の私達の実験では、**prism** 装着の適、不適が中心窩型及び周辺視野型眼振の発現にどのような影響を与えるかを分析しておらず、被検者の訴えよりの推論である。今後、新しい眼振の分析法（例えば、仲野, 二木, 北原らの方法（1972）、Miyoshi et al の方法（1978））を採用し、**prism** 装着による視運動眼振の変動を採る場合、この間の消息はより明かになるものと考え、目下実験計画中である。

結 論

視運動刺激下の身体平衡維持に外眼筋深部受容器の果たす役割を明かにするために、次の検索を行った。すなわち、外眼筋麻痺（核上性）を伴う頭頸部外傷例を対象とし、麻痺眼へ **prism** 装着を行

い, その眼筋の低下した深部受容器活動性を促進, 鼓舞するよう操作した場合, 視運動刺激に対する眼反射と脊髄反射がどのように変動するかを観察し, かつ両者の相関を検討した. この際, 眼球運動と身体の平衡状態(立直り反射)をそれぞれ眼振電計と重心動揺計で測定記録した. 得られた成績は次の通りである.

① **prism** 装着によって視運動眼振はかなりの率で変動を示した. すなわち, この眼振の発現が促進されたもの53%, 眼振発現に有意の変化のなかったもの21%, 却って眼振の抑制がみられたもの26%である.

② 同時記録した重心動揺曲線と視運動眼振発現状況の間には次のような相関がみられた. すなわち, **prism** 装着で眼振の出現が活発となるものは重心動揺曲線が安定化し, 立直り機能改善を示唆する所見が得られる傾向が強かった. これに対し, **prism** の装着で眼振の発現が却って抑制されたものでは, 重心動揺の度が増大し, 立直り機能の低下がうかがわれる傾向が示された.

③ 視運動刺激で誘発されるめまいとこの刺激でおこる眼反射, 脊髄反射の変化の間には一定の相関がある. すなわち, 眼振の抑制と重心動揺の増大がおこるとめまいが出現又は増強する傾向があり, 両者間に平行関係のあることが判った.

これまでの報告や自験を参照し, 以上の成績より次の結論をのべた.

1. 視運動刺激に対して眼球及び身体の平衡機能が円滑に発揮されるためには, その前提として外眼筋深部受容器と網膜の機能的協応が成立している必要がある. 従って, 外眼筋麻痺例にしばしば出現する視運動性めまいの背景には, 上記の2つの器官の協応の破綻があり, それに由来して眼筋, 躯幹, 四肢筋の機能失調がおこり, それを土台にめまいが生ずる.

2. 眼球の非動化を行わず, 外眼筋深部受容器活動性を **prism** で変化させて視運動眼振や視運動脊髄反射を観察する方法は, 従来の研究方法にくらべてより生理的であり, 新しい研究分野の開発に役立ちうる.

参 考 文 献

- 1) Aschoff, J.C. and Cohen, B. : Changes in saccadic eye movements produced by cerebellar lesion. *Exptl. Neurol.* 32 : 123, 1971.
- 2) Baker, R., Precht, W. and Llinas, R. : Mossy and climbing fibre connection of extraocular afferents to the cerebellum. *Brain Res.* 32 : 440, 1972.
- 3) Baron, J. B. : Prismatic lenses for vertigo and some experimental background for the role of the extrinsic ocular muscles in disequilibrium. Fifth-sixth Annual session of the American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology. Oct, 14, Chicago, 1951.
- 4) Batini, D., Buisseret, P. and Kado, R. T. : Extraocular proprioceptive and trigeminal projections to the purkinje cells of the cerebellar cortex. *Arch. Ital. Biol.* 112 : 1, 1974.
- 5) Berthoz, A. and Llinas, R. : Afferent neck projection to the cat cerebellar cortex. *Exp. Brain Res.* 20 : 385, 1974.
- 6) Cohen, L. A. : Role of eye and neck proprioceptive mechanisms in body orientation and motor coordination. *J. Neurophysiol.* 24 : 1, 1961.
- 7) Cooper, S., Daniel, P. M. and Whitteridge, D. : Nerve impulses in the brain stem of the goat. *J. Physiol.* 120 : 491, 1953.
- 8) 福田精 : 運動と平衡の反射生理. 医学書院, 東京, p. 63, 1957 a.
- 9) 福田精, 松学ら : 運動と平衡の反射生理. 医学書院, 東京, p. 202~205, 1957 b.
- 10) 福田精, 皮質前庭領野批判 : 耳鼻臨床 69(増3) : 1215, 1976.
- 11) Fuchs, A. F. and Kornhuber, H. H. : Extraoc-

- ular muscle afferents to the cerebellum of the cat. *J. Physiol.* 200 : 713, 1961.
- 12) Granit, R. : 運動制御の原理. (本間三郎, 渡辺士郎訳), 医歯薬出版, 東京, p.264, 1972.
- 13) 桧学, 沢田克郎, 近藤正彦: 視性眼振成立に眼筋深部受容器は如何なる役害を果し得るか. *日耳鼻* 71 : 15, 1968.
- 14) Kornhuber, H.H. and Fredrickson, J.M. : Cortical projections of the vestibular nerve. In "Handbook of sensory physiology. Vol. IV. Vestibular system" Springer-Verlag. 1974.
- 15) 草間敏夫, 馬淵正子: 中枢神経系の構造, 脳の生理学 (時実編), 朝倉書店, 東京, p.54, 1966.
- 16) Llinas, R. : Motor aspects of cerebellar control. *Physiologist.* 17 : 20, 1974.
- 17) Manni, E., Bortelami, R. and Desole, C. : Extra-ocular muscle proprioception and the semilunar ganglion. *Exp. neurol.* 16 : 226, 1966.
- 18) Manni, E., Giovanni, P. and Marini, R. : Extra-ocular muscle proprioception and the descending trigeminal nucleus. *Exp. Neurol.* 33 : 195, 1971.
- 19) Miyosi, T., Shirato, M. and Hiwatashi, S. : Foveal and peripheral vision optokinetic nystagmus. Vestibular mechanism in Health and Disease. (ed. by J.D. Hood). Academic Press (London), p.294~301, 1978.
- 20) 仲野紘介, 二木隆, 北原正章: 視運動性眼振における Foveal-pattern, Retinal-pattern; 健常人の場合. *耳鼻臨床* 65 : 1233, 1972.
- 21) 新見嘉兵衛: personal communication, 1973.
- 22) Ritchie, L. : Effects of cerebellar lesions on saccadic eye movements. *J. Neurophysiol.* 36 : 1246, 1976.
- 23) Ron, S. and Robinson, D. A. : Eye movements evoked by cerebellar stimulation in the alert monkey. *J. Neurophysiol.* 36 : 1004, 1973.
- 24) Schwarz, D.W. F. and Tomlinson, R. D. : Convergence patterns of extraocular proprioceptive afferents to cerebellar lobule VI. *Exp. Brain Res.* 27 : 101, 1977.
- 25) Snider, R.S. and Stowell, A. : Receiving areas of the tactile and auditory and visual systems in the cerebellum. *J. Neurophysiol.* 7 : 331, 1944.
- 26) Tomlinson, D.W.F., Schwarz, J. M. and Fredrickson, J.M. : Cerebellar and brain stem responses to eye muscle stretch in the cat. Vestibular mechanisms in Health and Disease (ed by J. D. Hood), Academic Press (London) p.105~112, 1978.
- 27) 牛尾信也, 北村博之, 桧学, Baron, J. B. : 身体平衡維持における眼筋深部受容器の役割. *耳鼻臨床* 70 : 1525, 1977 a.
- 28) 牛尾信也, 桧学, 中西和仁, 松浦健次郎, 西條秀明, 上村定子, 藤原輝子, 野田園子, 中村千枝子: 瞳孔反応, 輻輳運動の障害よりみた頭頸部外傷によるめまい, 平衡失調. *耳鼻臨床* 70 : 571, 1977 b.
- 29) 牛尾信也, 桧学他: 眼筋深部受容器より誘発される平衡に関連する2つの反射相. *耳鼻臨床* 69 : 1356, 1976.
- 30) Wilson, V. J. and Yoshida, M. : Comparison of effects of stimulation of Deiter's nucleus and medial longitudinal fasciculus on neck, forelimb and hindlimb motoneurons. *J. Neurophysiol.* 32 : 743 : 1969 a.
- 31) Wilson, V. J. and Yoshida, M. : Monosynaptic inhibition of neck motoneurons by the medial vestibular nucleus. *Exp. Brain Res.* 9 : 365, 1969 b.
- 32) Wolfe, J. W. : Relationship of cerebellar potentials to saccadic eye movements. *Brain Res.* 30 : 204, 1971.