滑動性眼運動分析†

—smooth pursuit と fixation suppression との関係—

大 橋 直 樹・大 村 明 彦・浅 井 正 嗣
中 川 肇・小 林 英 人・渡 辺 行 雄
水 越 鉄 理

はじめに

円滑に動く視標を頭と眼で追跡する時には、眼は頭部に対して比較的静止の状態に保たれ、前庭動眼反射は抑制される¹⁾。また前庭性眼振の固視による抑制機構は、ほとんど滑動性眼運動機構によって介在されているとする報告もある²⁾。すなわち、滑動性眼運動と前庭性眼振の抑制との間には極めて大きな関係があると思われる。そこで私達は、ルーチンの平衡機能検査のうえで、滑動性眼運動と前庭性眼振の抑制との相関について検討を加え、若干の考察を行った。

対象と方法

今回検討した症例は、ルーチンの平衡機能検査で中枢障害と診断された42症例でありその内訳は表1に示した。滑動性眼運動については、0.3 Hz の周波数で振幅が10度の正弦波を視標運動とし眼運動を記録した。そして ENG 記録紙上に記録された眼球運動をパターン分類し、smooth pursuit, saccadic pursuit, ataxic pursuit に分け、saccadic および ataxic pursuit を異常パターンと定性的に判定した。また滑動性眼運動の定量的分析に関しては、筆者らが報告したコンピューター分析³⁾を行い、滑動性眼運動の入出力関係と温度眼振の固視抑制との相関について定量的に明らかにした。前庭性眼振の抑制については、24度と50度の、air caloric テストを施行し、この時の温度眼振の固視抑制 (Fixation Suppression 以下 FS と省略する) をその指標 (50%以下の抑制率を異常 (陽性)) とした⁴⁾。

結果と考察

症例の滑動性眼運動のパターン分析 および OKN の検査結果を表2に示した。滑動性眼運動には障害部位に

よる特別な傾向は認められなかった。また OKN に関してはほとんどの疾患で抑制や錯倒と判定されており障害部位による特別な傾向は認められなかった。次に、滑

表 1

	症例数
脊髄小脳変性症	9 例
小 脳 障 害	10例
大 脳 障 害	9 例
脳 幹 障 害	8 例
パーキンソン病	6 例
合 計	42例

表 2

	sm	sa	at	抑	錯	他
脊髄小脳変性症	1	5	3	8	0	1
小 脳 障 害	1	7	2	7	1	2
大 脳 障 害	5	3	1	5	0	4
脳 幹 障 害	4	4	0	4	1	3
パーキンソン病	1	4	1	2	0	4

表 2 sm は滑動性眼運動検査で smooth pursuit, sa は saccadic pursuit, at は ataxic pursuit とそれぞれ診断された症例数を示す。また“抑制”は OKN の開発の抑制, “錯倒”は OKN の錯倒現象また“他”はその他の OKN の所見を示した症例数を示した。

表 3 FS が異常を示した症例数 (%)

	FS の異常発現率
脊髄小脳変性症	6 / 9 (67%)
小 脳 障 害	5 / 10 (50%)
大 脳 障 害	2 / 9 (22%)
脳 幹 障 害	1 / 8 (13%)
パーキンソン病	1 / 6 (17%)

†Analysis of smooth pursuit

—relationship between smooth pursuit and fixation suppression—

*Naoki Ohashi, Akihiko Omura, Masatugu Asai, Hajime Nakagawa, Hideto Kobayashi, Yukio Watanabe, Kanemasa Mizukoshi

*富山医科薬科大学耳鼻咽喉科学教室

表 4

FS	smooth pursuit	症例数
異常	異常	15
異常	正常	1
正常	異常	15
正常	正常	11

図1 amplitude gain (縦軸) と retinal error velocity (横軸) の関係を示した。実線は正常限界を示し、×印は各々の疾患の平均値を plot した。脊髄小脳変性症、小脳障害例共に、retinal error velocity の速度が小さい部分で異常が認められた。これらの疾患では FS で異常出現率は、それぞれ 67%、50% と高率であった。

動性眼運動と fixation suppression について検討すると、表 4 に示すように、FS が異常でありかつ定性分析で滑動性眼運動も異常 (saccadic pursuit または ataxic pursuit) を呈した症例は 15 例であった。内訳は小脳障害 6 例、脊髄小脳変性症 5 例、その他 4 例であり、障害部位が小脳に及んでいる症例が多かった。逆に FS が正常でかつ定性分析で滑動性眼運動も正常であった症例は 11 で、脳幹障害 4 例、大脳障害 4 例、その他 2 例であり小脳が障害されていない症例が多かった。すなわち FS

図2 この3疾患では amplitude gain (縦軸) と retinal error velocity (横軸) の関係には異常はほとんど認められなかった。更にこれらの疾患では FS で異常出現率は、それぞれ 22%、13%、17% と低率であった。

の所見と滑動性眼運動の定性分析の所見が一致した症例は 42 例中 26 例であり、62% の一致率が得られた。ところで滑動性眼運動は feed back 機構で構成されており⁵⁾、この基本的な入出力関係を明らかにすることは、滑動性眼運動の機構を知るためには、重要であると考えられる。そこで我々の開発したマイクロコンピュータによる滑動性眼運動の入出力について定量的に検討し (図 1, 2) これを FS の異常発現率と比較検討した。その結果、FS の異常発現率が高かった脊髄小脳変性症

と小脳障害例 (67%, 50%, 表3) にはマイクロコンピュータを用いた定量分析による滑動性眼運動の入出力関係にも異常が高く (図1), FS の異常発現率が比較的に低かった大脳障害例, 脳幹障害例およびパーキンソン病例 (22%, 13%, 17%, 表3) には滑動性眼運動の入出力関係には異常が少なかった (図2)。すなわちパターン分析からも, またマイクロコンピュータによる定量分析からも, 小脳が前庭性眼振の固視抑制と滑動性眼運動と共に与っていると推察された。Sato Y.⁸⁾ らは FS の異常 (Failure of Fixation Suppression) と滑動性眼運動について検討し, FS 率が60%以下では, smooth pursuit も高い異常を示すが, FS 率が60%以上では滑動性眼運動の異常も小さかったと報告し, 前庭動眼反射の modulation は, 滑動性眼運動などに関与した機構と同じ中枢によって影響を受けているであろうと結論した。Davidson SA²⁾ らは Robinson DA³⁾ の提案した pursuit と optokinetic の model を computer で simulation して, optokinetic だけの model では前庭動眼反射の固視による抑制は再現されないが, pursuit の model だけの反応曲線と, 正常被検者から得られた前庭動眼反射の固視による抑制とが極めて一致したと報告し前庭動眼反射の固視による抑制は, 滑動性眼運動 system にほとんど依存すると結論した。Chambers BR¹⁾ らは滑動性眼運動の異常と VORS (Vestibulo-Ocular Response Suppression) の異常とが一致するのは, 滑動性眼運動と VORS が共通の機構から制御されているからであり, 少なくとも人では, flocculo-nodular lobe がその中枢であるとした。62% という高率で FS の所見と smooth pursuit の定性分析の所見が一致した我々の検討結果からも, また定量的な滑動性眼運動の入出力の異常と FS の異常出現率が極めて高く相関したことから, 滑動性眼運動と FS との共通の制御機構が小脳に存在することが推察され, 従来の報告^{1,2,8)} と一致した。しかしながら, FS の所見と滑動性眼運動の所見が一致しない症例も報告されている^{1,10)}。我々の症例では, 16例で両所見に不一致が認められたが, FS が正常で滑動性眼運動が異常であった症例が16例中15例とそのほとんどを占めた。15症例の内訳は小脳障害3例, 脳幹障害3例, 脊髄小脳変性症3例, 大脳障害2例, パーキンソン病4例であり, 多くの疾患に分散して認められ一定の傾向は認められなかった。Chambers BR¹⁾ らは VORS が intact で滑動性眼運動が障害された説明として3つの可能性を挙げている。第一に, 皮質遠心性の経路は intact だがそれ以降は滑動性眼運動の経路のみが障害されている場合, 第二には大脳皮質の機能低下によって pursuit の先行のみが生じた場合, 第三の理由として, 視覚に依

存しない VORS を想定している。この点に関して, Robinson DA⁷⁾ によれば, head pursuit から head mechanism に前庭動眼反射を cancel する信号 (cancellation) が滑動性眼運動機構とは別に送られる。この際, predictor が switch の役割を果し, 頭部の運動が予測可能であれば switch が閉じられる cancellation が働いて滑動性眼運動と共に前庭動眼反射を抑制させる。反対に頭部の運動が予測不可能であれば, switch は開いたままであり, cancellation が関与することなく, 滑動性眼運動だけが前庭動眼反射の抑制に働くことになる。すなわち, 滑動性眼運動が異常であっても, cancellation は正常に働いていれば前庭動眼反射の抑制は正常に行われるわけである。我々の今回の検討でも, 滑動性眼運動が障害されているにもかかわらず, FS が正常であった症例も多かったことから, Robinson DA の model する cancellation 機構の存在を示唆する所見を得ることができた。しかしながら predictor は特に滑動性眼運動においてはとりわけ視標との phase の関係を保持しようとする機構であり⁹⁾, 滑動性眼運動の主たる機構であると考えられ, predictor の障害は即滑動性眼運動の異常を来すと考えられる。predictor を滑動性眼運動機構の外に考えた Robinson DA らの model には以上の理由から若干の疑問が残る。さらに, 我々はルーチンの検査に応用している温度眼振の抑制を前庭性眼振の抑制の指標にした。この点が, 厳密には前庭反応を回転刺激で検討した Robinson DA の model とは一致しない。いずれにせよ今回の検討結果をふまえて, 滑動性眼運動, cancellation および前庭性眼振の抑制との関係をより詳細に検討することが望まれる。

ま と め

1) FS と滑動性眼運動の一致率が62%と高率であり, また FS が異常でありかつ滑動性眼運動も異常であった症例に, 障害が小脳に及んでいる症例が多かったことから, 滑動性眼運動と FS との共通の制御機構が小脳に存在することが推察された。

2) 滑動性眼運動が異常でありながら FS が正常である症例も多いことから, Robinson DA の model する cancellation 機構の存在を示唆する所見を得た。

参 考 文 献

- 1) Chambers BR and Gresty MA: The relationship between disordered pursuit and vestibulo-ocular reflex suppression: J Neurol Neurosurg Psychiatr 46: 61-66, 1983
- 2) Davidson SA, Stockwell CW and Brarin K: Computer simulation of fixation suppression of vestibular nystagmus in normal persons: Am J

Otolaryngol 5: 27-33, 1984

- 3) Henn V, Cohen B, Young LR: Visual-vestibular interaction in motion perception and the generation of nystagmus: Neurosci Res Program Bull MIT 18: 457-651, 1980
- 4) Kato I, Sato Y, Aoyagi M, Mizukoshi K, Kimura Y, Koike Y and Hayano N: Caloric pattern test with special reference to failure of fixation-suppression. Acta Otolaryngol 88: 97-104, 1979
- 5) Lisberger SG, Evinger C, Johanson GW and Fuchs AF: Relationship between eye acceleration and retinal image velocity during foveal smooth pursuit in man and monkey: J Neurophysiol 46: 229-249, 1981
- 6) Ohashi N, Watanabe Y, Kobayashi H, Mizukoshi K: Quantitative measurement of smooth pursuit using a continuously changing sinusoidal wave in normal subjects. ORL 47: 49-56, 1985
- 7) Robinson DA: A model of cancellation of the vestibulo-ocular reflex: Functional Basis of Ocular Motility Disorders pp 5-13, Oxford Pergmon Press. 1982
- 8) Sato Y, Kato I, Kawasaki T, Mizukoshi K, and Hayano M: Failure of fixation suppression of caloric nystagmus and ocular motor abnormalities. Arch Neurol 37: 35-38, 1980
- 9) Stark L, Vossius G, and Young LR: Predictive control of eye tracking movements IRL TRANSACTIONS ON HUMAN FACTORS IN ELE-

CTRONICS 52-57, 1962

- 10) Tomlinson RD, Robinson DA: Is the vestibulo-ocular reflex cancelled by pursuit?: Progress in Oculomotor Research, vol 2. New York, Elsevier-North Holland, pp 533-539, 1981

Abstract

The relationship between smooth pursuit and fixation suppression (FS) of the caloric response was investigated in 42 patients with neurological disorders. Three results were obtained. (1) In the pattern analysis of smooth pursuit, 26 patients showed corresponding results in FS and smooth pursuit. In fifteen patients (whose cerebellum was affected), both the FS and the smooth pursuit were abnormal. Eleven patients (whose cerebellum was less affected) showed a normal FS and a normal smooth pursuit. (2) The computer analysis of smooth pursuit was abnormal in patients with cerebellar disorder and SCD, and their FS was also very abnormal. (3) FS was intact with an abnormal smooth pursuit in 15 patients. The high rate of correspondence in the two tests in (1) and (2) strongly suggests that FS and smooth pursuit are controlled by the same mechanism in the cerebellum. Result (3) points to the existence of a cancellation system which can cancel VOR in the absence of smooth pursuit.

原稿到着：昭和60年2月2日
別刷請求先：大橋直樹
〒930-01 富山市杉谷2630
富山医科薬科大学耳鼻咽喉科学教室