

視標提示課題の違いによる衝動性眼球運動のパラメータの変化

—第2報 眼球運動相—

大野 晃司¹⁾, 松崎 廣栄¹⁾²⁾, 山田 徹人¹⁾, 吉田 寛¹⁾²⁾, 清水 公也¹⁾

¹⁾北里大学医学部眼科学教室, ²⁾東京都立神経病院眼科

要 約

目的: 5種類の眼球運動誘発課題(通常・ギャップ・重複・遅延記憶・アンチサッケード課題)での水平性衝動性眼球運動(SM)の運動相パラメータ(持続時間, 最大速度, 振幅)を解析した。

対象と方法: 角強膜反射法での眼球運動刺激測定装置を用い健常成人7名に対して行った。

結果: 通常・ギャップ・重複課題の精度分布は遅延記憶・アンチSM課題のそれより急峻であった。アンチSM課題の精度は個人差があり, 過測定型・低測定型を示した。通常・ギャップ課題の振幅に対する最大速度比は, その他の課題のそれより高かった。さらに, 外転眼と

内転眼の平均最大速度を比較すると, 通常・ギャップ課題では外転眼より内転眼の方が速かった。

結論: 通常・ギャップ課題のSMの運動特性は同一であったが, 重複・遅延記憶・アンチSM課題のそれとは異なり, 水平性SMの運動特性は, 各種の視覚誘導課題で影響されることが示された。(日眼会誌 104:402—408, 2000)

キーワード: 5つの課題, 水平性衝動性眼球運動, 眼球運動相, パラメータ, 課題特性

The Difference in Saccadic Parameters among Several Visually Guided Tasks

Koji Ohno¹⁾, Hiroe Matsuzaki¹⁾²⁾, Tetsuto Yamada¹⁾, Hiroshi Yoshida¹⁾²⁾ and Kimiya Shimizu¹⁾

¹⁾Department of Ophthalmology, School of Medicine, Kitasato University

²⁾Department of Ophthalmology, Tokyo Metropolitan Neurological Hospital

Abstract

Purpose: The present study was undertaken to establish the effects of the five different paradigms (simultaneous, gap, overlap, delayed-memory and anti-saccade tasks) on saccade dynamics (duration, peak velocity, and amplitude).

Methods: We recorded ocular movements in 7 normal subjects, using infrared oculography with a visual stimulation system.

Results: The distribution of saccade accuracy in gap and overlap tasks had about the same steepness as that in simultaneous tasks, but that in delayed-memory and anti-saccade tasks was broader than that in simultaneous tasks. The distribution in anti-saccade tasks had a marked intersubject variability, and the average values of accuracy were hypermetric in four subjects. The peak velocity/amplitude ratio in simultaneous and gap tasks were higher than

those of other tasks. The relationship between average of peak velocity of abduction and adduction was different, adduction was higher than abduction in simultaneous and gap tasks, and abduction was lower than adduction in delayed-memory and anti-saccade tasks.

Conclusions: The dynamics in simultaneous tasks had about the same characteristics as in gap tasks, but were different from those in overlap, delayed-memory, and anti-saccade tasks. These results indicated that the marked differences in dynamic properties among different saccade types may reflect processes in the visuomotor system. (J Jpn Ophthalmol Soc 104: 402—408, 2000)

Key words: Saccade dynamics, Five different paradigms, Task

別刷請求先: 228-8555 相模原市北里1-15-1 北里大学医学部眼科学教室 大野 晃司

(平成11年8月18日受付, 平成11年12月7日改訂受理)

Reprint requests to: Koji Ohno, M.D. Department of Ophthalmology, School of Medicine, Kitasato University, 1-15-1 Kitasato, Sagami-hara 228-8555, Japan

(Received August 18, 1999 and accepted in revised form December 7, 1999)

I 緒 言

外界の視覚対象物を網膜中心窩にとらえる場合、多くは衝動性眼球運動(saccadic eye movement: 以下, SM)で眼球(視軸)の移動を行っている。網膜から後頭葉 17 野に至る視覚入力が見球運動神経核から外眼筋に至る見球運動出力に伝達される経路については、特に水平性 SM ではかなり解明がなされてきている。しかし、我々が見球運動をする際は反射的なものだけでなく記憶や判断などの要素が複雑に絡んでおり、視覚情報を見球運動に変換処理する過程の詳細は未だはっきりしていない。見球運動に対する種々な要素は、それぞれ伝達路が違い、それらが水平性 SM でも潜時に関係があると考えられ研究も多く、前報として松崎ら¹⁾が固視視標の出現とターゲットの出現の時間や部位を変えた課題で潜時の差異やエクスプレスサッケードの出現などの潜時分布の差を報告している。ところで、見球運動相(最大速度、精度・振幅、持続時間)は、一般に最大速度は SM の振幅および持続時間と正の相関にあり、特に振幅が決まれば最大速度はある範囲内に入るとされている²⁾³⁾。今回、一被験者に対して 5 つすべての課題を行い、誘発された水平性 SM のパラメータについて解析を行い、各課題での見球運動相を比較すると、その特性に差異があったので報告した。

II 方 法

軽度屈折異常以外の眼科的疾患を持たない健常成人 7 名(男性 4 名、女性 3 名)、年齢 28~47(平均年齢 35.4±8.2、平均値±標準偏差)歳を対象とし、屈折矯正下で以下の検査を行った。被験者全員からインフォームド・コンセントを得た。方法は、角強膜反射法による見球運動刺激測定装置(Ober 2[®]、メデイテック社製)を用いて見球運動の誘発・記録を両眼解放下で行った。誘発課題および方法は松崎ら¹⁾に従っているが、以下に簡単に説明する。

① 通常課題：中心固視視標が消えると同時に視標が出現するもの。② ギャップ課題：中心固視視標が消失し 200 ms の間隔をおいて視標が出現するもの。③ 重複課題：中心固視視標が 1,000~1,950 ms までのランダム時間点灯後にターゲット視標が出現し、中心固視視標が消灯と同時に点灯中のターゲット視標へ SM を起こすもの。④ 遅延記憶課題：中心固視視標が 1,000~1,950 ms までのランダム時間点灯後に 100 ms 間のみターゲット視標が点灯し、中心固視視標が消灯後、速やかに SM を起こすもの。⑤ アンチ SM 課題：中心固視視標が消えると同時に視標が出現するが、それとは左右対称的に反対側の位置(全く目標のない位置)に向かって SM を起こすものである。

見球運動記録用ゴーグルを被験者に装着させ、頭部固定は木製のバイトバーを用いた。この記録用ゴーグルは、左右眼のそれぞれ中央に水平左右 15°、垂直上下 10° の

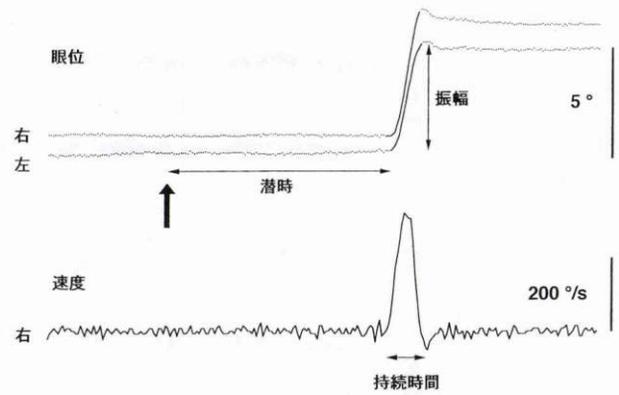


図 1 見球運動波形とパラメータ。

上段は見球運動の原波形の見球軌跡(右眼および左眼)、下段は見球軌跡を微分処理し算定された見球速度波形。↑はサッケードの開始(通常課題ではターゲット視標の出現時)を表す。開始から見球が動き始める(見球速度が 20°/s 以上)までの時間が潜時(ms)、見球の移動量が振幅(度)。また、見球速度波形で見球速度が 20°/秒以上の間の時間が持続時間(ms)、波形の高さが最大速度(°/s)である。また、精度は実際の運動量(振幅)をターゲット視標までの距離で除し、その値に 100 を積した値(%)である。

窓を持ち、この窓を通して外界をみる構造になっている。

各々の視標課題は中心固視視標(画面中央:0°)に対して視標提示は左右 5° で、その方向はアットランダムとした。これらを眼前 60 cm に設置した 17 インチモニター画面上に提示し追従させ、誘発された見球運動波形を両眼同時記録した。各視標課題で 60~100 回誘発し、これをパーソナルコンピュータに入力し、各見球運動の SM の波形について潜時(ms)を除く振幅(°)、持続時間(ms)、最大速度(°/s)の各パラメータ(図 1)について off-line で解析した。また、振幅の評価の一つとして視標移動量に対する振幅量で除し、その値に 100 を積した精度(%)をも用いた。精度は SM の利得が 1 であれば 100%、過測定(オーバーシュート)すれば 100% 以上、低測定(アンダーシュート)すれば 100% 以下になる。それぞれの検討は各被験者の 1 眼の内転運動と外転運動のデータを分けて検討した。また、最大速度については、最大速度を振幅で除し、振幅に対する最大速度の比である速度比を用いて内転運動と外転運動のデータを比較した。統計学的検定は Mann-Whitney の U 検定および t 検定を用いた。

III 結 果

各課題での精度のばらつきを知るため、被験者 HM の試行数 80 までの散布図を図 2 に示した。なお、SM の右向きを正の方向、左向きを負の方向とした。各課題ごとの試行数の初期と終わりではばらつき方の違いはなく、80 回まで試行数の増加による影響は明らかでなかった。また、最大速度および持続時間も同様に試行数の増加による影響はなかった。以上のことから、得られたデータをま

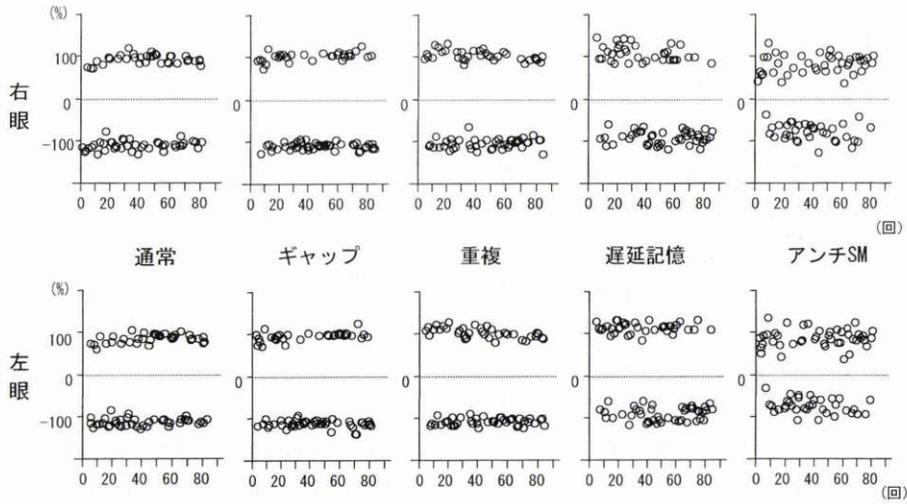


図2 被験者 HM の各課題での試行約 80 回の精度の散布図。

上段は右眼, 下段は左眼のもの, 横軸は試行数, 縦軸は右眼では正は外転, 負は内転, また, 左眼では正は内転, 負は外転を表し, 利得 1 で±100%となる. 試行数の初期と終りでは分布の差はなく, 通常・ギャップ・重複課題では比較的ばらつきが少ないのに対し, 遅延記憶・アンチサッカード課題ではかなりばらつきが多く, またアンチサッカード課題は 100% 以下に多く分布し低測定型であった.

表 1 精度(%)

被験者	HM		TU		KO		TN		TY		HY		KU		平均	
	平均値	標準偏差														
通常																
内転	103	13	105	12	134	19	106	11	121	15	95	17	122	30	112	21
外転	99	12	101	11	94	17	103	10	101	22	106	9	105	27	101	17
ギャップ																
内転	106	11	108	7	120	15	108	18	120	15	95	17	103	8	109	14
外転	100	9	105	8	90	18	102	16	105	20	108	13	89	9	100	15
重複																
内転	111	13	116	27	134	21	113	24	111	10	102	7	97	10	113	21
外転	101	11	132	60.7	92	25	96	17	103	14	105	8	103	12	107	22
遅延記憶																
内転	98	17	97	15	111	15	84	22	113	13	126	26	82	29	103	25
外転	108	23	101	15	83	23	122	29	105	13	134	30	87	28	107	29
アンチ SM																
内転	82	22	117	26	116	27	98	30	143	39	92	23	58	32	105	39
外転	87	30	133	28	109	54	99	22	137	30	94	21	66	46	109	43

とめ統計解析することとした. これから, 各課題と SM パラメータにつき結果を述べる.

1. 精度と課題

被験者 HM の精度の散布(図 2)は, 通常・ギャップ・重複課題では安定していたのに対し, 遅延記憶・アンチ SM 課題の分布のばらつきは大きかった. 特に HM のアンチ SM 課題での精度の散布は, 100% 以下に多く分布し低測定型を示した. HM を含む被験者 7 名の各課題での内転眼と外転眼の精度の平均値と標準偏差を表 1 に示した. 被験者 7 名の精度の分布は通常とギャップ課題ではほぼ同様であったが, 重複と遅延記憶とアンチ SM 課題でのその分布は個体によって多少異なった. 特にアン

チ SM 課題の平均値の比較では, 被験者 HM, TN, HY, KU は低測定型で, 被験者 TU, KO, TY は過測定型を示し, その幅は被験者 KU の内転 58% から被験者 TY の内転 143% となった. すべての被験者の各課題での平均精度と標準偏差の比較を図 3 に示した. それぞれの課題の内・外転平均精度(%) (以下, 平均値±標準偏差)は, 通常: 内転 112±21・外転 101±17, ギャップ: 内転 109±14・外転 100±15, 重複: 内転 111±15・外転 110±18, 遅延記憶: 内転 103±25・外転 107±29, アンチ SM: 内転 105±39・外転 109±43 であった. 通常・ギャップ・重複課題では, 外転眼より内転眼が過測定する傾向があり, 外転眼の方が正確で, 内転眼と外転眼の平均精度は統

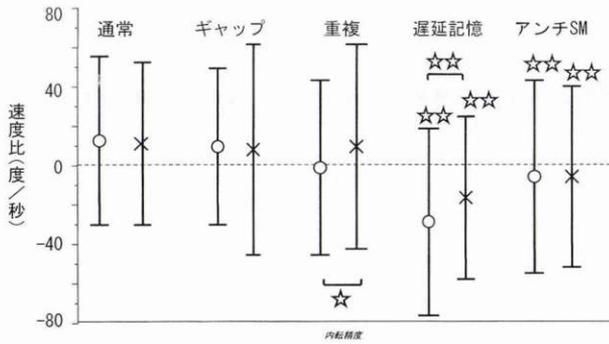


図3 すべての被験者の各課題での内転眼と外転眼の平均精度と標準偏差の比較。

○は内転平均精度, ×は外転平均精度で, 上下に標準偏差値を表した。☆は $p < 0.01$ 有意差, ☆☆は $p < 0.001$ 有意差を示す。また, グラフの右肩の☆は通常課題の内転および外転それぞれに対する有意差を示す。通常・ギャップ・課題で内転眼と外転眼の平均精度に有意差があり, また通常・ギャップ課題で外転眼の平均精度がほぼ 100% で, 内転眼がやや過測定する傾向があった。遅延記憶・アンチ SM 課題では外転眼が過測定する傾向があり, 通常課題に対し内転眼 ($p < 0.001$) と外転眼 ($p < 0.01$) の精度で統計学的有意差があった。

計学的有意差 ($p < 0.001$) があった。それに対し, 遅延記憶およびアンチ SM 課題では前者と比べ標準偏差が大きく, また, 前者とは逆に外転眼が内転眼より過測定する傾向があり, 内転眼の方の正確性が高かった。平均精度を比べると通常課題のそれに対し, 遅延記憶課題の内転眼 ($p < 0.001$) および外転眼 ($p < 0.01$), アンチ SM 課題の内・外転眼 ($p < 0.01$) で統計学的有意差があった。

2. 持続時間と課題

各被験者での各課題での内・外転の持続時間の平均値

と標準偏差を表 2 に示した。平均持続時間 (ms) は, 通常: 内転 35 ± 5 ・外転 35 ± 5 , ギャップ: 内転 35 ± 5 ・外転 36 ± 6 , 重複: 内転 37 ± 5 ・外転 36 ± 5 , 遅延記憶: 内転 40 ± 8 ・外転 38 ± 8 , アンチ SM: 内転 37 ± 7 ・外転 37 ± 7 であった。どの課題でも内転および外転の持続時間に差はなかった。また, 通常課題に対し, 重複課題での内転, 遅延記憶およびアンチ SM 課題の内・外転で持続時間の延長 ($p < 0.001$) があり, 遅延記憶・アンチ SM 課題で標準偏差が大きかった。

3. 最大速度と課題

各被験者の各課題での内転眼と外転眼最大速度の平均値と標準偏差を表 3 に示した。各課題間の内転と外転最大速度の平均値を比べると, 通常およびギャップ課題の内転および外転平均最大速度は, 遅延記憶・アンチ SM の課題のものとは比べると大きい傾向があった。また, 各課題の内転と外転平均最大速度を比べると, 通常およびギャップ課題では外転眼より内転眼の方が速い傾向があり, 遅延記憶・アンチ SM 課題では内転眼より外転の方が速い傾向があった。

4. 振幅最大速度比と課題

各試行で速度比 (最大速度/振幅) を求め, すべての被験者での各課題の速度比のヒストグラムを図 4 に示した。各課題のヒストグラムは正規分布を示していた。それぞれの平均値および標準偏差は, 通常: 内転 53.3 ± 8.6 ・外転 54.2 ± 8.02 , ギャップ: 内転 53.2 ± 8.5 ・外転 53.3 ± 11.3 , 重複: 内転 50.5 ± 8.5 ・外転 53.3 ± 11.8 , 遅延記憶: 内転 48.9 ± 9.8 ・外転 48.0 ± 8.1 , アンチ SM: 内転 51.6 ± 12.5 ・外転 51.1 ± 9.9 であった。通常課題の内転と外転の速度比に対して, 遅延記憶・アンチ SM 課題の内転および外転ともに速度比は有意差 ($p < 0.001$) を持つ

表 2 接続時間 (ms)

被験者	HM		TU		KO		TN		TY		HY		KU		平均	
	平均値	標準偏差														
通常																
内転	33	4	30	4	38	2	40	3	34	2	39	8	37	2	35	5
外転	33	4	31	2	35	4	42	4	35	3	40	3	41	4	35	5
ギャップ																
内転	32	3	32	2	38	2	39	3	35	2	35	10	39	3	35	5
外転	33	2	32	2	32	4	42	5	36	3	42	7	41	7	36	6
重複																
内転	35	5	34	4	40	4	41	7	36	2	40	2	36	3	37	5
外転	35	3	33	4	34	7	44	5	37	3	40	3	37	3	36	5
遅延記憶																
内転	33	3	33	3	44	4	47	8	37	3	46	10	36	5	40	8
外転	33	4	32	3	44	7	46	9	37	3	39	7	37	4	38	8
アンチ SM																
内転	33	6	38	7	41	6	39	10	39	4	41	5	33	8	37	7
外転	33	6	37	6	37	7	46	8	39	4	40	6	33	9	37	7

表 3 最大速度(°/s)

被験者	HM		TU		KO		TN		TY		HY		KU	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
通常														
内転	290.6	52.8	304.5	23.6	283.5	45.8	228.2	23.7	327.1	63.5	246.8	43.1	286.1	75.2
外転	279.9	37.3	281.8	32.8	274.8	87.8	214.3	25.9	251.1	52.2	247.5	53.8	259.4	79.7
ギャップ														
内転	298.6	40.5	306.9	34.1	253.9	40.9	229.4	35	312.5	57	281.1	40.4	239.5	25.5
外転	282.9	30.7	291	32	296.9	132	197.5	24.7	248.2	47.7	249.3	67.3	204.7	27.2
重複														
内転	290.8	41.6	329.8	97.7	276.8	39.9	255.3	60.5	256.8	44.3	220.2	34.6	236.7	27.8
外転	274.1	32.8	361.5	60.7	291.3	90.2	189.5	30.7	230.1	32.1	227.2	50.1	247.2	30.6
遅延記憶														
内転	265.9	42.7	259.7	33	207.3	39.2	159.5	46.4	267.1	56.6	232.6	36.3	199.1	70.5
外転	296.5	57.3	268.7	40.4	169.8	57.6	238.9	54.6	237.3	41.3	317.1	74.9	208.5	59.2
アンチ SM														
内転	224.1	42.2	288.7	66.4	232.2	37.3	271.7	71.9	337.5	109.7	177.2	37.5	147.8	60
外転	244.7	69.9	336.8	46.4	2641.9	146.9	204.7	39.3	302.3	57.2	184.2	62.7	165.6	103.9

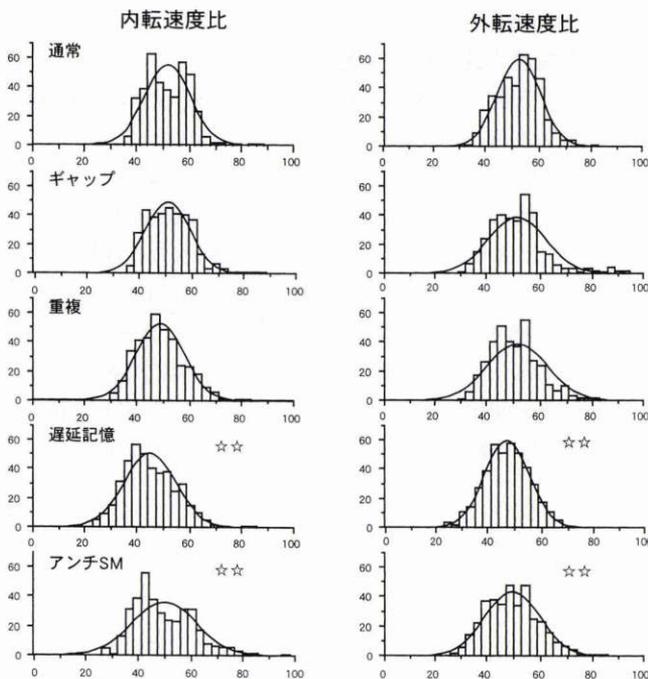


図 4 すべての被験者での各課題の内転および外転の速度比のヒストグラム。

最大速度/振幅を速度比とし、各課題の内転および外転方向のものを比較した。左側は内転速度比、右側は外転速度比のもの。それぞれのヒストグラムは、縦軸が個数、横軸が速度比で、正規分布と比較した。☆☆は通常課題の内転および外転速度比に対する $p < 0.001$ 有意差を示す。各課題のヒストグラムは正規分布を示していた。通常課題の内転速度比・外転速度比に対して遅延記憶・アンチ SM 課題の内転および外転の速度比は有意差 ($p < 0.001$) を持って低下し、ヒストグラムは左方偏位していた。

て低下し、これらのヒストグラムは左方偏位していた。また、各課題ごとの内転と外転の間での比較では、通常・

ギャップ・重複・アンチ SM の課題では差はなかったが、遅延記憶課題のみで有意差 ($p < 0.001$) があった。

IV 考 按

今回、被験者全員に対し、通常・ギャップ・重複・遅延記憶・アンチ SM の 5 つの視覚誘導性 SM 課題すべてを行い、誘発された眼球運動のパラメータを解析した。課題それぞれの精度とその安定性は、通常・ギャップ・重複課題では比較的安定していた。遅延記憶およびアンチ SM 課題では、かなりのばらつき(精度の低下)があった。また、アンチ SM 課題では過測定群と低測定群があったが、人数に差がないことから個体差と考えた。持続時間では、通常課題に比べ遅延記憶・アンチ SM の課題の内転および外転方向のいずれの運動とも延長していた ($p < 0.001$)。また、重複課題の内転方向で延長していた。これらが、各課題の精度および持続時間の特徴と考えた。

また、単に内転と外転の平均最大運動速度を比べると、通常・ギャップ課題では外転より内転が速いが、遅延記憶・アンチ SM 課題では外転眼が速い傾向があった。単眼では内転眼より外転眼が速いことが知られている。Robinson⁴⁾がサーチコイルで、また、Frickerら⁵⁾は赤外線による測定装置を用いて外転眼の方が速いと報告している。しかし、それらは持続時間での比較であることや有意差の点で検討の余地があると考えた。一方、Birdら⁶⁾やIshikawaら⁷⁾などは内転最大速度の方が速いと報告⁸⁾⁹⁾している。矢部ら¹⁰⁾は不規則跳躍指標検査による SM の定量分析で、内転眼が外転眼に比べ最大眼球速度が速く持続時間が短いと報告し、その理由として内転眼と外転眼の幾何学的な変移角度差や内直筋と外直筋のトーンスの差としている。本報の精度を比較してみると、通常・ギャップ課題では外転眼精度が高く比較的正確に視標に

到達するのに対し、内転眼が過測定する傾向があった。また、遅延記憶・アンチ SM 課題では内転の精度が高く、内転眼は外転眼に比べ比較的正確に視標に達するのに対し、外転眼はより過測定する傾向があった。振幅(精度)が大きくなれば最大速度も大きくなり、これらの結果と一致した。また、これら内転眼と外転眼に差異があることが各視覚誘導性 SM 課題の特徴と考えた。このことは、次のように考察した。

各視標提示は眼前 60 cm に設置したモニター画面上で行った。この距離は調節および輻湊が実験結果に影響すると考えられた。調節は網膜像のぼけに対する、輻湊は両眼視差に対する negative feedback 制御を受けているとされる¹¹⁾。また、水平 SM 中によせ運動が加わると、SM 眼球運動系の神経回路と輻湊運動系の神経回路が干渉するとされる¹²⁾¹³⁾。通常やギャップ課題は水平 SM 運動中に輻湊運動が加わるため、内転眼の内直筋へのインパルスが増強され内転が強くなり内転眼が過測定し、速度が速くなったと考えられる。これに対し、遅延記憶・アンチ SM 課題ではモニター画面上に目標視標がないため、よせ運動が生じにくいことで内転眼の速度の増強がなかったと考えた。

そこで、振幅を考慮した振幅最大速度比を比較すると、通常・ギャップ・重複の課題間の速度比に有意差はなかったが、遅延記憶・アンチ SM 課題では内転および外転の速度比ともに低下していた($p < 0.001$)。これらの結果が得られたが、分析に当たりいくつかの問題点もあったことと、今回の結果の意義などについて検討を加える。

今回使用した赤外線角強膜記録装置は被験者の視野を水平 $\pm 15^\circ$ 、垂直 $\pm 10^\circ$ と制限した。このため、眼球電図(EOG)などでよく使われる $10^\circ \sim 30^\circ$ という刺激目標での記録分析ができなかった。また、課題のうちアンチ SM 課題のような過測定の著しい場合は、この記録測定許容範囲を逸脱する可能性があった。また、振幅—最大速度の関係は S 字曲線となるが²⁾³⁾、Fischer ら¹⁴⁾は振幅 $2^\circ \sim 8^\circ$ の間では最大速度との間に回帰直線性が高いと報告している。これらから、今回ターゲットの振幅を 5° と選択した。これより、速度比を検討すると、小振幅であるが、一定の振幅で最大速度が提示課題によって変わることがわかった。

これら眼球運動相におけるパラメータ(精度・最大速度・持続時間)を検討すると、各課題はそれぞれ特性をもっていた。Smit ら¹⁵⁾は通常・遅延記憶・アンチ SM 課題で後者 2 つの運動特性が通常課題のものとは比べ、最大速度の低下と持続時間の延長があることを報告している。Fischer ら¹⁴⁾もアンチ SM の運動特性が通常課題のものとは異なり、最大速度の低下があるという。今回の実験はこれらのことを支持した。また、ギャップ・重複の課題のものとはよく似ていることもわかった。Munoz ら¹⁶⁾は EOG を用いてギャップ・重複(今回の方法とは異なる)・

アンチ SM の 20° 振幅での課題を記録し、EOG パラメータを解析している。彼らによると、その運動特性は全く同じであったという。しかし、アンチ SM の運動解析を行っておらず、また $18^\circ \sim 21^\circ$ の運動をしたものだけのデータの平均で比較している。この検討については、記録法、精度、刺激条件、分析法などを考慮する必要がある。

前報で松崎ら¹⁾が各課題の潜時分布について述べ、その中央値はギャップ課題で最も短く、通常・遅延記憶・重複・アンチ SM 課題の順に延長すると報告している。今回の実験結果は、単に潜時が眼球運動パラメータに直接的に関与するものではないことを意味した。潜時を除く EOG 相パラメータの結果から、2 つの群が存在することが推定された。通常・ギャップ・重複課題群と遅延記憶・アンチ SM 課題群である。これらは Heide ら¹⁷⁾が提唱している反射性 SM 群と企図性 SM 群にそれぞれ相当した。SM 制御における皮質経路には頭頂眼野(PEF)を介し、上丘経由の水平 SM 中枢への運動路と、前頭眼野(FEF)・補足眼野(SEF)を介し、上丘経由の水平 SM 中枢への運動路と直接 SM 中枢への運動路とがあり、通常・ギャップ・重複の各課題が前者に相当し、遅延記憶・アンチ SM の課題が後者に相当すると思われる。

これらの課題は、臨床的には黒質の障害であるパーキンソン病での潜時の延長、振幅や速度の減少¹⁸⁾や、大脳基底核と記憶誘導性サッケード(遅延記憶課題)との関与¹⁹⁾、また精神分裂病患者²⁰⁾や大脳基底核の障害された患者²¹⁾、前部前頭葉の障害された患者²²⁾で、通常 SM は可能であるが、アンチ SM では不可能かエラーが多いことなどが報告されている。また、ギャップ課題は潜時を短くする要素(エクспレスサッケード²³⁾)を、重複課題は潜時を長くする要素をもつと報告され、それぞれの課題で、その経路ははっきりとされていないが、臨床的に変化があることがわかりつつある。また、プリズム順応反応(PET)や核磁気共鳴画像(fMRI)などの放射線学的研究では、視覚誘導性 SM 課題では頭頂眼野^{24)~26)}、前頭眼野²⁵⁾²⁶⁾、補足眼野²⁶⁾などの皮質に活動があるという。各課題については、アンチ SM と通常の視覚誘導性課題の比較で、前頭葉の背外側前頭前野(dIPEC)と基底核の活動が高いという報告²⁷⁾や、遅延記憶課題で背外側前頭前野が高いとの報告²⁸⁾もある。ただ、頭頂眼野を含む頭頂後部と前頭眼野を含む前頭葉系とは全く独立しているわけではなく、両者に密な関係があることもよく知られている。Oguchi ら²⁹⁾は遅延記憶課題中の中心固視標の消灯 100 ms 時に経頭蓋電磁刺激を右頭頂後部に行うと、発生する SM 精度に影響を与えることを報告している。今回得られた SM の眼球運動パラメータの結果は、遅延記憶・アンチ SM 課題は前頭眼野経路を、通常・ギャップ・重複課題は頭頂眼野経路を反映していることが推定された。

誘発視標提示課題を変えることで、その課題特性に対

して誘発眼球運動の各パラメータが変化することがわかり、今後臨床的に SM 検査を行う際に、これらの因子を考慮して解析していく必要性を明らかにした。

文 献

- 1) 松崎廣栄, 大野晃司, 根本 徹, 吉田 寛, 清水公也: 視標提示課題の違いによる衝動性眼球運動のパラメータの変化—第 1 報 潜時について—. 日眼会誌 104: 242—247, 2000.
- 2) Baloh RW, Konrad HR, Sills AW, Honrubia V: The saccade velocity test. *Neurology* 25: 1071—1076, 1975.
- 3) Dodge R: Five types of eye movement in the horizontal meridian plane of the field of regard. *Am J Physiol* 8: 307—329, 1903.
- 4) Robinson DA: The mechanics of human saccadic eye movement. *J Physiol* 174: 245—264, 1964.
- 5) Fricker SJ, Sanders JJ: Velocity and acceleration statistics of pseudorandomly timed saccades in humans. *Vision Res* 15: 225—229, 1975.
- 6) Bird AC, Leech J: Internuclear ophthalmoplegia. *Br J Ophthalmol* 17: 11—21, 1973.
- 7) Ishikawa S, Terakado R, Sills AW: Maximum velocity of saccadic eye movement in normal and strabismic subject. *Jap J Ophthalmol* 17: 11—21, 1973.
- 8) Boghen D, Troost BT, Daroff RB, Dell'Osso, Birkett JE: Velocity characteristics of normal human saccades. *Invest Ophthalmol* 13: 619—623, 1974.
- 9) Miyoshi T, Hiwatasi S, Kishimoto S: Dissociation of the eyes in saccadic movement: Vestibular and oculomotor physiology, international meeting of the Barany Society. The New York Academy of Sciences, New York, 731—743, 1981.
- 10) 矢部多加夫, 平石光俊: 不規則跳躍指標検査による衝動性眼球運動の定量分析—加齢による影響および内転眼と外転眼の差について—. *Equilibrium Res* 54: 193—201, 1995.
- 11) 高木峰夫: 近見反応と輻湊. *神眼* 10: 237—242, 1993.
- 12) Mays LE, Porter JD: Neural control of vergence eye movements: Activity of abducens and oculomotor neurons. *J Neurophysiol* 52: 743—761, 1984.
- 13) 坂東武彦: 奥行視覚に伴う眼球運動のメカニズム. *神経進歩* 40: 419—428, 1996.
- 14) Fischer B, Weber H: Characteristics of "anti" saccades in man. *Exp Brain Res* 89: 415—424, 1992.
- 15) Smit AC, Van Gisbergen JAM, Cools AR: Parametric analysis of human saccades in different experimental paradigms. *Vision Res* 27: 1745—1762, 1987.
- 16) Munoz DP, Broughton JR, and GOLDRING JE, Armstrong IT: Age-related performance of human subjects on saccadic eye movement tasks. *Exp Brain Res* 121: 391—400, 1998.
- 17) Heide W, Kompf D: Combined deficit saccades and visuo-spatial orientation after cortical lesions. *Exp Brain Res* 123: 164—171, 1998.
- 18) Crawford TJ, Henderson L, Kennard C: Abnormalities of nonvisually-guided eye movements in Parkinson's disease. *Brain* 112: 1573—1586, 1989.
- 19) Hikosaka O, Wurtz RH: Visual and Oculomotor function of monkey substantia nigra pars reticulata. III. Memory-contingent visual and saccade responses. *J Neurophysiol* 49: 1268—1284, 1983.
- 20) Fukushima J, Fukushima K, Chiba T, Tanaka S, Yamashita, Kato M: Disturbances of voluntary control of saccadic eye movements in schizophrenic patient. *Biol Psychiatry* 23: 670—677, 1988.
- 21) Tian JR, Zee DS, Lasker AG, Folstein SE: Saccades in Huntington's disease: Predictive tracking and interaction between release of fixation and initiation of saccades. *Neurology* 41: 875—881, 1991.
- 22) Pierrot-Deseilligny CH, Rivaud S, Gaymard B, Agid Y: Cortical control of reflexive visually-guided saccades. *Brain* 114: 1473—1485, 1991.
- 23) Fischer B: Express saccade and visual attention. *Behav Brain Sci* 16: 553—610, 1993.
- 24) 三木淳司, 中島 孝, 宮内 哲, 高木峰夫, 阿部春樹: 機能的磁気共鳴画像法による衝動性眼球運動における前頭眼野の信号変化の検討. 日眼会誌 100: 541—545, 1996.
- 25) 吉田正樹, 河合一重, 北原健二, Soulie D, Cordoliani YS, Iba-Zizen MT, Cabanis EA: Functional magnetic resonance imagingによる眼球運動時の大脳活動の検討. 日眼会誌 101: 879—884, 1997.
- 26) Luna B, Thulborn KR, Strojwas MH, McCurtain BJ, Berman RA, Genovese CR, Sweeney JA: Dorsal cortical regions subserving visually guided saccades in human: A fMRI study. *Cereb Cortex* 8: 40—47, 1998.
- 27) Muri RM, Heid O, Nirkko AC, Ozdoba C, Fehlinger J, Schroth G, Hess CW: Functional organization of saccades and antisaccades in the frontal lobe in humans: A study with echo planar functional resonance imaging. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 65: 374—377, 1998.
- 28) O'Sullivan EP, Jenkins IH, Henderson L, Kennard C, Brooks DJ: The functional anatomy of remembered saccades: A PET study. *Neuroreport* 6: 2141—2144, 1995.
- 29) Oguchi H, Ohtsuka K: Transcranial magnetic stimulation of the posterior parietal cortex degrades accuracy of memory-guided saccades in human. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 36: 1441—1449, 1995.