回転検査の成績判定に影響を与える因子

——コントラバス・コンピューター回転検査システムによる検討——

藤原文明・朴沢二郎・太田修司
一條宏明・池野敬一・田沢正之

Influence of Various Factors on Rotation Test

——Studies on Contraves' Computerized Rotary Chair System——

Fumiaki Fujiwara, Jiro Hozawa, Shuji Ohta,
Hiroaki Ichijo, Keiichi Ikeno and Masayuki Tazawa
(Hirosaki University)

Trapezoid rotation test ($\pm 2, 4, 6, 8$, and $10^\circ/\text{sec}^2$, $10''$) using the Contraves' Computerized rotary chair system were repeated for the same subjects (kept their eyes open in the dark) under the various conditions, and each results were compared to investigate the influence of various factors.

By this investigation, the following results were noticeable:

- 1) A false sign of "labyrinthine preponderance" in the normal subjects was provoked by "only dim illumination" inside of the testing room, and the influence of subjects' lateral gazing eye-position.
- 2) VOR gain was enhanced slightly by the subjects' voluntary control, and was decreased by non-optimal head position and non-arousal condition of the subject.
- 3) Frequent calibrations of ENG were available to avoid the fluctuation of the test-result induced by the intraelectrode resistance.
- 4) The authors' trapezoid. rotation test could show the exact reproducibility of the test-result by taking care of the above mentioned various factors. So-called "response decline phenomenon" was not observed by repeating this test.

Key words: rotation test, trapezoid rotation, influential factors, testing condition

緒 言

回転検査は、Barany¹⁾ の20秒10回転法 以来種々の方法が考案されてきた。近年各種医療機器のコンピューター化が進み、欧米では、コンピューターにより回転方式を正確に制御できる電動式椅子を使用した Sinusoidal Harmonic

Acceleration Test が盛んに行なわれてきており、多くの報告がなされている (James²⁾, Wallace³⁾, Roger⁴⁾, etc.). 又、朴沢⁵⁾⁶⁾、藤原⁷⁾⁸⁾、池野⁹⁾ らは、コンピューター・ロータリーチェア・システム (コントラバス社製) に台形回転方式を使用し、特に末梢前庭障害の経過観察に

有用であることを報告している。

ところで、コンピューターの導入により回転装置が極めて精密になるにつれて、検査条件も厳密に規制して行なうことが要求される。すなわち、末梢前庭系の機能を正しく評価するには、非前庭性刺激の介入を皆無とし、経過観察の際には、良好な再現性を得るため、常に一定の検査条件下に検査を施行することが必要となる。これらの条件を満足し、正確な経過観察を行なうために、回転検査の成績判定に影響を与える因子を、コントラバス社製コンピューター・ロータリーチェア・システムを用いて検討したので報告する。

方 法

回転装置は、コントラバス社製コンピューター・ロータリーチェア・システムを使用した。回転方式は、既に朴沢⁵⁾⁶⁾、藤原⁷⁾⁸⁾が報告した台形方式、すなわち等加減速回転方式(10秒間加速, 50秒間等速, 10秒間減速)を使用した。角加速度は、通常 $\pm 2, 4, 6, 8, 10^\circ/\text{sec}^2$ を使用しているが、藤原⁷⁾⁸⁾によると、末梢前庭障害においてはこれらの角加速度のうち小さい角加速度の方が異常所見(左右差)がより多く得られ、また、得られる眼振反応の絶対値は、角加速度の大きさに比例して大きくなることが報告されており、これらを考え合わせて、今回は主に角加速度 $4^\circ/\text{sec}^2$ を使用した。

本回転検査成績に影響する因子は種々あると考えられるが、その中で、通常本検査を施行する際に特に問題になると思われる次の7項目につき、正常被検者を用いて各種条件下で得られる成績について、正常値(藤原⁷⁾が報告した正常被検者60名による成績)との比較検討を行なった。

1) エンクロージャー内光漏れの影響

著者らは、専用の検査室内に回転検査装置を置き、回転椅子部分を更にエンクロージャーに入れ、検査時には検査室内及びエンクロージャー内を消灯し、「暗所」の実現に万全を期している。この二重の遮光が果たして必要か否かを

検討するため、以下の3つの条件にて検査を施行した。(角加速度 $4^\circ/\text{sec}^2$)

a) エンクロージャー内、検査室内ともに消灯した状態〔光漏れ(-)〕。

b) エンクロージャー内は消灯しているが、検査室内は点灯した状態。この状態では、エンクロージャーの通気孔及び扉のすき間より、暗順応後、かすかに分かる程度の極めてわずかの光漏れがある〔光漏れ(±)〕。

c) エンクロージャー内は消灯し、検査室内は点灯し、しかも、故意に扉の閉鎖を不完全にした状態〔光漏れ(+)]。

2) 頭位の影響

著者らは通常、水平半規管が水平になる前屈 30° の頭位にて検査を行なっている。しかし同じ姿勢を続けたための疲労により、検査の途中で頭を動かしてしまう被検者がおり、その影響を調べるために、頭位を通常の前屈 30° 、正面位(0°)、後屈 60° にした場合の成績を検討した(角加速度 $4^\circ/\text{sec}^2$)。

3) 眼位の影響

暗闇における不安のため、また不安が無い場合でも、暗闇で視点が定まらないために、目が動いてしまうことがよくある。この影響を調べるために、正面視・右方視・左方視のそれぞれの場合の検査成績を検討した(角加速度 $4^\circ/\text{sec}^2$)。

4) imagination の影響

検査中は暗闇のため、視覚による回転感生は生じない。また、モーター音も被検者に聞こえることなく、音による回転感も生じない。このような状態で、回転している様子を想像した場合の影響を調べるために、11名の被検者に対して次のような検討を行なった。

a) 暗所下で通常回転を行なう。

b) 明所下で、すなわち周囲(エンクロージャーの内壁)がよく見える状態で同様の回転を行なう。

c) 再び暗所下で回転を行なうが、この際b)で見た周囲の状態を想像するように被検者

に指示する。

このようにして, a), c) の成績の比較検討を行なった (角加速度 $4^{\circ}/\text{sec}^2$)。

5) 電極間の分極の影響

電極の接触抵抗の変化, 角膜網膜電位の変化等による校正値の変化を調べるために, 5 分間隔で 5 回の calibration を行ない, その成績を検討した。

6) 反復回転刺激の影響

まず連続反復回転刺激の影響を調べるために, 15名の正常被検者を 5 名ずつ 3 つのグループに分け, それぞれ $2^{\circ}, 4^{\circ}, 8^{\circ}/\text{sec}^2$ の角加速度刺激を, 同じ日に, 5 分間の休憩をおいて 8 回連続して加え, その成績を検討した。

次に, 月 1 回の回転検査が及ぼす影響を調べるために, 4 名の正常被検者に, 月 1 回 $2^{\circ}, 4^{\circ}, 8^{\circ}/\text{sec}^2$ の角加速度刺激を加え, その経時的変化を 1 年間検討した。

7) 被検者の意識状態の影響

被検者の意識状態の影響を調べるために, $4^{\circ}/\text{sec}^2$ の角加速度刺激を用いて, 5 分間隔で alertness の確保なしに 8 回の連続回転刺激を加え, その成績を検討した。

成 績

1) エンクロージャー内光漏れの影響

光漏れのない状態では図 1 左のように, 加速時と減速時との眼振を比較してみると, 解発に差が認められない。図 1 右のプロットでも正常範囲内である。

それに対して, 光漏れ (±) の状態 (暗順応した時点でやっと見える程度の光漏れ) では, 加速時及び等速時に, 部分的な視器性刺激によると考えられる緩徐相速度のピークが数ヶ所に認められる。また, 減速後, 回転が停上した状態では, 眼振はほとんど出現しておらず, 前庭性眼振が視器性刺激のために抑制されているのが認められる。図 1 右のプロットでは, 正常者であるにもかかわらず視器性刺激の影響により, 眼振最大緩徐相速度左右差 (M. E. V. 左右差), 及び眼振持続時間左右差 (N. D. 左右差) とともに, 極めて大きな右側迷路優位型として表示されている。

また, 明らかに光漏れがある場合は, エンクロージャー内壁が見えるために, 視運動性眼振の解発されているのが, 眼振緩徐相速度波形から分析できる。プロット上では, 光漏れ (±) の場合とほぼ同様の点として表示される (図 1)。

図 1 光漏れの眼振緩徐相速度波形及び検査値におよぼす影響 (角加速度 $4^{\circ}/\text{sec}^2$)

図 2(a) 頭位の検査値におよぼす影響
(いずれのグラフも、5本の線はそれぞれ正常被検者60名の平均値、 ± 1 S. D., ± 2 S. D.を示す)

図 2(b) 頭位の検査値におよぼす影響

2) 頭位の影響

前屈 30° (通常の頭位) では, M. E. V. の左右差, N. D. の左右差ともに正常範囲内 (± 1 S. D. 以内) にあり, また VOR gain も ± 1 S. D. 以内にある.

正面位 (0°) の場合も, 前屈 30° の場合とほぼ同様の所見である.

後屈 60° の場合は, M. E. V. の左右差, N. D. の左右差ともに正常範囲 (± 1 S. D. 以内) にあ

るが, VOR gain が -1 S. D. ~ -2 S. D. の間にあり, 「VOR gain の低下」という結果を示している.

3) 眼位の影響

正面視では M. E. V. の左右差, N. D. の左右差ともに ± 1 S. D. 以内である. 右方視ではいずれも右側迷路優位型, 左方視では左側迷路優位型という結果を示した (図 2 (a), (b)).

図3 Imagination の VOR Gain におよぼす影響

図4 時間経過にともなう Calibration の変化

図5(a) 連続反復回転刺激の検査データに及ぼす影響
図5(b) 月1回の回転検査が検査データに及ぼす影響

- 各グラフともすべて、1回目の値を0とし、増減を表示した
- 中央の太線は、5名の平均値を示した。

図6 被検者の意識状態の検査値におよぼす影響
alertness が失われるに従って検査値の減少が見られる。
いずれのグラフも、1回目の値を0とし、増減を示した。

4) imagination の影響

11名の被検者の平均値としてみた場合には、回転の状態を想像しない場合と、想像した場合とで有意差は認められない。しかし個々の症例では、想像した場合 VOR gain の上昇を示す例が7例（その中、最も大きな上昇率は32%）、下降を示す例が3例（その中、最も大きな下降率は35%）、ほぼ変化の無い例が1例であった（図3）。

5) 電極間の分極の影響

図4の如く、校正値は時間とともに変化し、一定の傾向を示さないが、最も大きな変化を認めた例は、36%の低下を示した（図4）。

6) 反復回転刺激の影響

連続反復回転刺激の場合は、 2° 、 4° 、 $8^\circ/\text{sec}^2$ いずれのグループにおいても M. E. V. で $\pm 4^\circ/\text{sec}$ 、N. D. で $\pm 4 \text{ sec}$ 以内の変化にすぎず、これらの値は正常範囲内であり、判定への影響は認められなかった。

また、月1回の回転検査を施行した場合も、連続反復回転刺激の場合とほぼ同様で、M. E. V. で $\pm 4^\circ/\text{sec}$ 、N. D. で $\pm 4 \text{ sec}$ 以内の変化であり、やはり判定への影響は認められなかった（図5(a), (b)）。

7) 被検者の意識状態の影響

alertness の確保が無い場合、眼振最大緩徐

相速度（絶対値）は $17^\circ/\text{sec}$ （1回目の値に対して50%）の低下、眼振持続時間（絶対値）は $12^\circ/\text{sec}$ （1回目の値に対して33%）の低下を示した（図6）。

考 察

1) エンクロージャー内光漏れの影響

暗所開眼下にて検査を施行するためには、著者らの行なっている方法に加えて、eye-mask を併用すれば更に完全な条件が得られるのであるが、著者らはeye-maskは使用していない。これは、eye-mask にはどうしても圧迫感があり、長時間の検査（著者らの方法では約40分間）には不適切であること、圧迫により電極の接触不良が起き易くなること、また「電極間の分極の影響」の項でも述べるが、数種の角加速度にて回転検査を施行する際、それぞれの回転間にその都度 calibration を施行しなければ、正確な値が得られないため、eye-mask を装着したままにはできない、等の理由による。eye-mask を使用せずに回転検査を施行する場合、遮光が非常に大切であり、特に著者らの回転方式（1方向のみの回転で加減速を行なう方法）では、ほんの少しの光漏れがあっても、図1のように大きな右側迷路優位性を示す結果になり、成績判定を誤ってしまう。

以上の理由により、先に述べたように、検査

室全体を消灯し、更にエンクロージャー内も消灯するという二重の遮光により、完全な「暗所」を実現している。

2) 頭位の影響

検査前に被検者の頭部を固定する際、前屈30°になるよう測定してベルトにて固定する訳であるが、約40分間の検査時間の間その頭位を正確に維持するのは、被検者にとってかなりの苦痛である。頭部が動かないようにベルトを強くしめた場合も同様である。

前屈30°以外に頭位を設定した今回の検討では、30°前後の上下方向への角度のズレは、検査成績にあまり大きな影響を与えないという結果が得られており、「頭部を絶対に動かさないこと。」というような強い指示は与えないことにしている。強い指示を与えたための緊張、疲労等により生じる悪影響 (alertness の低下等)の方がむしろ有害と考えられる。

なお、著者らは、赤外線テレビカメラを仰角30°に設定しており、被検者の顔がモニターテレビ上で正面に見えれば前屈30°の頭位になっていることが確認できるようにしている。このモニターテレビにより、回転中の被検者の状態を常に監視しており、回転中に、成績判定に影響を与える程の大きな頭部の動きがあった場合は、再度その回転をやり直すことにしている。

3) 眼位の影響

暗所では視点が定まらないために、正面視を指示しても、被検者は必ずしも常に正面視を維持しているとは限らない。回転刺激が加わると、無意識のうちに眼振が起こりにくい眼位をとってしまう被検者もある。

今回の検討では、正常被検者に意識的に正面視、右方視、左方視の3種の眼位をとらせ、その比較を行なったところ、右方視では右側迷路優位、左方視では左側迷路優位という結果が得られた。この結果は end point nystagmus の出現と同様の機序により得られたものと考えられる。

このように、眼位は検査結果に大きな影響を及ぼすので、被検者には常に一定の眼位 (正面視)をとらせることが重要である。著者らは、赤外線モニターテレビにて、常に被検者の状態を監視しており、良好な再現性を得ている。

4) imagination の影響

回転中の周囲の状況を想像することにより VOR gain が変化する可能性があることは、Baloh ら¹⁰⁾により報告されている。Baloh らによると、sinusoidal rotation で振幅の小さい場合に、想像により VOR gain の上昇が認められ易く、振幅の大きい場合には認められにくいという結果が示されている。著者らの回転方法 (trapezoid rotation) は、Baloh らの「振幅の大きい場合」に類似しており、比較的 imagination による VOR gain の変化が起きにくい方法ではあるが、それでも VOR gain の上昇傾向を示した被検者があった。従って、通常の検査においては「今から椅子が回転を始めます。」等、回転状態を想像させるような内容の言葉は言わない方がよいと考えられた。

5) 電極間の分極の影響

較正值は、時間経過に伴う電極の接触抵抗の変化、角膜網膜電位の変化等により変化するため、頻回の較正が必要なことは、笹原¹¹⁾が報告している。

著者らは、比較的接触抵抗の変化が少ないとされているセラミック電極を使用しているが、それでも時間経過に伴い、較正值の変化が認められ、この変化は最大で VOR gain の正常範囲のほぼ 1 S. D. に相当する値であり、頻回の較正が必要と考えられた。このため、通常1回の検査に5種の角加速度を使用しているが、それぞれの角加速度の直前に必ず、すなわち計5回の較正を行ない、測定誤差を最小限にしている。

6) 反復回転刺激の影響

回転刺激の反復により眼振の減衰する現象すなわち response decline 現象は、Fluur and Mendel¹²⁾、小倉¹³⁾、Johnson and Torok¹⁴⁾等

多くの研究者によって検討されている。この現象は従来より、回転検査の欠点とされ、回転検査が普及しない原因の一つとなっていた。この response decline 現象は、刺激の強さ、刺激方法（回転方式）の違い等によって、その現われ方に違いがある訳であり、今回の検討により、著者らが行なっている等加減速回転方式（角加速度 2, 4, 6, 8, 10°/sec²）では、連続反復刺激の場合にも、1ヶ月間隔の刺激で1年間の観察の場合も、response decline 現象は認められないことがわかった。すなわち本法は、極めて再現性が良く、経過観察において優れた方法であると言えることができる。

7) 被検者の意識状態の影響

alertness の確保なしに検査を続けた場合、図 6 のように反応の低下が認められ、alertness の確保は是非必要である。ところで、これには「暗算負荷」が一般的な方法であるが、必ずしも全ての被検者に対して適切な方法ではない。すなわち、暗算があまり得意でない被検者にとっては、頭位や眼位のズレとなって現われる場合もあり、このような場合には逆効果となる。従って、暗算負荷に限定せず、検査中インターホンにて会話をしたり、また、赤外線モニターテレビにて監視中に、被検者が検査に影響を与える何らかの不適切な動作（閉眼・頭位の移動等）をしたりした場合注意を与える等、いくつかの方法を適宜選択して使用することになっている。

結 語

コンピューター回転検査は、めまい症例の経過観察において、他の検査では捉えられない潜在的な迷路優位性を鋭敏に捉えることができる優れた検査方法である。ところで、このように鋭敏な方法であるがゆえに、検査条件にわずかの不備があっても検査成績は大きな影響を受け、false positive, false negative を引き起こす危険性がある。

著者らは、これら検査成績に影響を与えるとされる要因を7項目選び、より正確な検査を

行なうための必要条件を検討し、次のような結論が得られた。

1) エンクロージャー内光漏れは絶対避けるべきである。その他、検査中非迷路系因子が介入しないよう留意する。

2) 検査中は正面視させ、むやみに眼を動かさないよう注意する。

3) 検査中、周囲が回転している状態を想像させないようにする。

4) 検査中、被検者の覚醒状態の保持に留意する。

5) 不分極電極を使用し、電極間抵抗の変化を最小限にすることが必要であるが、検査中ときどき校正を行なう。

6) その他、被検者の過度の緊張、不安を除くための配慮が必要である。検査時の頭位のわずかな変化は成績判定に影響しないので、検査と検査の間の休憩時には、体を動かして緊張をほぐすことも好結果となる。

7) いわゆる response decline 現象は、回転検査全般に共通した欠点のように考えられているが、回転刺激の強さや方法によっては、response decline 現象の起こらない検査法もある。筆者らの trapezoid rotation では全く response decline 現象が見られず、めまいの経過観察に有用であることがわかった。

本研究は厚生省特定疾患調査研究費の補助を受けて行われたものである。

参 考 文 献

- 1) Barany R: Untersuchungen über den vom Vestibular apparat des Ohres reflektorisch ausgelösten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen. Mschr Ohrenheilk 40: 193~297, 1906.
- 2) James E, et al: Comparison of subjective symptomatology and responses to harmonic acceleration in patients with Meniere's disease. Annals of Otolaryng 90: 15~17, 1981.
- 3) Wallace R: Sinusoidal harmonic acceleration test in clinical practice. Ann Otol 90: 18~25,

- 1981.
- 4) Roger S: Sinusoidal harmonic acceleration labyrinthine test. *Ann Otol* 90: 26~28, 1981.
- 5) 朴沢二郎: めまい診断と迷路病態. 第86回日本耳鼻咽喉科学会総会宿題報告モノグラム. 篠原出版, 東京, 1985.
- 6) 朴沢二郎, 他: コンピューター・ロータリーチェア・システム (コントラパス) を用いた台形方式回転検査の臨床的意義. *耳鼻臨床* 77: 2275~2284, 1984.
- 7) 藤原文明: 耳性めまいに対する台形型回転方式コンピューター・ロータリーチェア・システムの臨床的意義について. *日耳鼻* 88: 999~1009, 1985.
- 8) 藤原文明, 他: メニエール病発作期前後の迷路病態—コンピューター・ロータリーチェア・システムによる観察—. *Equilibrium Res* 44: 163~170, 1985.
- 9) 池野敬一, 他: 末梢性めまいの経過観察における頭位眼振検査と回転検査成績の比較. *Equilibrium Res* 44: 330~333, 1985.
- 10) Baloh RW, et al: Voluntary control of the human vestibulo-ocular reflex. *Acta Otolaryngol* 97: 1~6, 1984.
- 11) 笹原絹代, 他: ENG 10° 校正波における経時的変化. 日本平衡神経科学会抄録. 70頁, 1983.
- 12) Fluor E and Mendel L: Habituation, efference and vestibular interplay. *Acta Otolaryngol* 57: 81~88, 1963.
- 13) 小倉 孝: 等角加速度廻転装置による前庭機能検査法に関する研究. *日耳鼻* 62: 107~123, 1958.
- 14) Johnson DD and Torok N: Habituation of nystagmus and sensation of motion after rotation. *Acta Otolaryng* 69: 206~215, 1970.
- (別刷請求先: 藤原文明
〒036 弘前市在府町 5
弘前大学医学部耳鼻咽喉科学教室)