頭位と迷路反射†

前 田 正 徳・時 田 喬・宮 田 英 雄
高 木 恭 也・伊 藤 八 次・松 原 茂 規
森 芳 郎

緒 言

平流電気刺激により誘発される身体動揺は頭位により変化する¹⁾²⁾。我々は迷路に対する平流電気刺激で誘発される迷路性誘発筋電図において、頭位によりひらめ筋に誘発される筋活動が変化することを報告している³⁾。本論文では頭の角度に応じて迷路性誘発筋電図が、どのように変化するか検討した。

方 法

1 検査システムの概要 (図1)

被験者を重心動揺計の上に閉眼にて両足を接して直立させ、迷路に平流通電刺激を加え誘発される重心動揺、ひらめ筋活動、前脛骨筋活動をポリグラフに記録するとともにマイクロコンピュータに入力した。コンピュータに入力した重心動揺、ひらめ筋活動、前脛骨筋活動は10回加算平均し、その波形を陰極線管、およびハードコピーで表示した。

2 装置

1) 重心動揺計

図1 迷路性誘発筋電図検査方法と検査条件

†Influence of Head Position on Vestibulospinal Reflexes Demonstrated by Labyrinthine Evoked EMG
Masanori Maeda, Takashi Tokita, Hideo Miyata, Kyoya Takagi, Yatsuji Ito, Shigeki Matsubara and Yoshirō Mori
岐阜大学医学部耳鼻咽喉科学教室

日本電気三栄製 1G06 を使用した。重心の前後・左右動揺において 1 cm の偏倚が 100 mV で出力される。

2) 筋電図記録

皿電極を左右のひらめき筋・前脛骨筋に貼り筋活動を捉えた。

3) ポリグラフ

日本光電 ポリグラフシステム (RM-6000) を使用した。1 ch に右ひらめき筋の筋電図, 2 ch に積分筋電図, 3 ch に左ひらめき筋の筋電図, 4 ch に積分筋電図, 5 ch に右前脛骨筋の筋電図, 6 ch に積分筋電図, 7 ch に左前脛骨筋の筋電図, 8 ch に積分筋電図を記録した。

4) シグナルプロセッサ

日本電気三栄 7T17S を使用した。重心動揺計から左右・前後動揺, ポリグラフから左右のひらめき筋・前脛骨筋の積分筋電図の 6 つを入力した。

5) 刺激装置

日本光電製電気刺激装置 (SEN3201) を用い, 刺激は

アイソレータ (SS102J) よりの出力を用いた。なお本装置は, 通電中抵抗が変化しても設定した電流が流れるように自動的に調整される。

3 記録条件

1) 重心動揺

重心動揺計で捉えた前後・左右動揺を, サンプリング間隔 20 msec で 1024 点をシグナルプロセッサに入力し 10 回の加算平均を行った。

2) 筋電図記録

左右のひらめき筋・前脛骨筋に表面電極を貼りポリグラフに筋電図波形, およびその積分波形を記録した。筋電図記録は時定数 0.003 秒, 300 Hz 以上をカットし 0.1 mV に対するペンの振れ 5 mm の利得にて記録した。積分は両波整流とし, 積分時定数は 0.1 秒を用いた。積分波形の記録は 0.1 mV の較正信号に対する積分波形がペンの振れ 5 mm となる利得で行なった。ペンの振れ 5 mm に対するポリグラフよりの出力電圧は 1 V である

図2 正面頭位の重心動揺, 迷路性誘発筋電図

が、この出力をコンピュータにサンプリング間隔20 msecで1024点を入力し、その電圧が積分筋電図振幅 0.1 mVに相当するものとして筋活動の電位を定めた。

3) 表示方法

重心動揺の前後・左右、両側ひらめ筋、前脛骨筋の誘発筋電図を表示した。表示時間は5.12秒である。なお刺激より0.64秒前より走引を開始した。

4 刺激条件

両耳乳突部に直径 1 cm の円形刺激電極を貼付した。両耳両極法で通電した。検査は常に右陰極、左陽極で行なった。通電の強度は1 mA、通電時間は3秒とした。刺激は各検査において10回行なった。先行する刺激による身体動揺が消失した時点で次の刺激を加えた。

5 検討事項 (図1)

検査は次の条件で行なった。

1) 正面頭位

2) 右回転頭位 (30° 45° 90°)

3) 左回転頭位 (30° 45° 90°)

6 検討方法

上記の方法により重心動揺、ひらめ筋、前脛骨筋の初期反応 (initial response, IR) とそれに続く偏位反応 (deviation response, DR) が記録される⁴⁾。迷路の通電刺激で現われる重心動揺、筋活動における IR は前庭脊髄系の直接の反応、DR は全身にあらわれた迷路性偏位による二次的な変化と考えられる。従って本実験における主たる観察対象は重心動揺、迷路性誘発筋電図の IR とした。尚、遮電時の筋活動の変化については本研究では検討していない。

被 験 者

平衡機能に異常のない男子5名 (30才~63才)

成 績

1 代表例の成績

1) 正面頭位 (図2)

上段の左が重心の左右動揺、右が前後動揺である。中

図3 右90°回転頭位の重心動揺、迷路性誘発筋電図

段が右および左前脛骨筋活動，下段が右および左ひらめ筋活動である。縦軸は振幅を示す。横軸は時間経過を示し1区画 500 msec である。重心左右動揺では潜時約200 msec で右への初期反応 (IR) を認め、IR に続き刺激中持続する左への偏位反応 (DR) を認める。前後動揺では潜時約 200 msec で後方への IR を認め、続いて前方への DR を認める。前脛骨筋の右側では潜時約 100 msec で一過性の筋活動 (IR) の増加を認め、続いて持続的な筋活動 (DR) の低下を認める。左側では潜時約 100 msec で IR の低下を認め、続いて DR の増加を認める。ひらめ筋の右側では潜時約 100 msec で IR の増加を認め、続いて DR の低下を認める。左側では潜時約 100 msec で IR の低下を認め、続いて DR の増加を認める。

2) 右90° 回転頭位 (図3)

ひらめ筋では両側の IR の低下を認め、前脛骨筋では両側の IR の増加を認めた。正面頭位と比較して右ひらめ筋、左前脛骨筋の筋活動が逆転した。即ち筋活動のパ

ターンが変化した。

3) 左90° 回転頭位 (図4)

ひらめ筋では両側の IR の増加を認め、前脛骨筋では右側の IR は明確でなく、左側の IR の増加を認めた。右90° 回転頭位と比較すると両側ひらめ筋活動が逆転した。

4) 右30° 回転頭位 (図5)

ひらめ筋では右側の IR の増加を認め、左側の IR の低下を認めた。前脛骨筋では右側の IR の増加を認め、左側の IR の低下を認めた。正面頭位と比較して筋活動のパターンは変わらないが、筋活動が小さくなった。

5) 右45° 回転頭位 (図6)

ひらめ筋では両側の IR の低下を認め、前脛骨筋では右側の IR の増加を認め、左側の IR の低下を認めた。筋活動が大きくなり右90° 回転頭位のパターンに近づいた。

6) 左30° 回転頭位 (図7)

図4 左90°回転頭位の重心動揺，迷路性誘発筋電図

ひらめ筋では両側の IR の増加を認め、前脛骨筋では両側の IR の低下を認めた。正面頭位と比較して筋活動のパターンが変化した。

7) 左45° 回転頭位 (図8)

ひらめ筋では両側の IR の増加を認め、前脛骨筋では両側の IR が明確でなかった。左90° 回転頭位のパターンに近づいた。

2 被験者5名の成績

5例の成績を表1に示した。一番太い矢印は筋活動の振幅が 0.01 mV より大きいことを、一番細い矢印は 0.01 mV より小さいことをあらわしている。

症例1が上述の代表例である。正面頭位の筋活動のパターンをみると、ひらめ筋の右は増加、左は低下を示す。30° において右回転ではパターンの変化はないが、筋活動が小さくなっている。左回転ではパターンが変化し、筋活動が小さくなっている。45° においては左右回転共パターンの変化を示し、30° より筋活動の大きさが

表1 頭位と迷路性誘発筋電図 (右陰極, 左陽極)

症例	頭位 左 右	左 回 転						正 面		右 回 転					
		90°		45°		30°		0°		30°		45°		90°	
		S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T
1	R	↑	—	↑	—	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑
	L	↑	↑	↑	—	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑
2	R	↑	—	↑	↑			↑	—			↓	↑	↓	↓
	L	↑	↑	↑	—			↓	↓			↓	↓	↓	↓
3	R	↑	↑	↑	—			↑	↑			↓	↑	↓	—
	L	↑	↓	↑	↑			↑	↓			↓	—	↓	—
4	R	↑	—	↑	—			↑	—	↓	↑	↓	—	↓	↓
	L	↑	↑	↑	—			↓	—	↓	↓	↓	↓	↓	↓
5	R	↑	—	↑	↑			↑	—			↓	↑	↓	↓
	L	↓	↑	↓	↑			↓	↓			↓	↓	↓	↓

S : Soleus M.

T : Tibialis Ant. M.

増し90° のパターンに近づく。90° において右回転では両ひらめ筋は低下、両前脛骨筋は増加を示す。左回転では両ひらめ筋は増加を示す。ひらめ筋活動が左右で逆転

図5 右30°回転頭位の重心動揺, 迷路性誘発筋電図

している。

全症例でみると、正面頭位ではひらめ筋と前脛骨筋のパターンが一致しない例（症例3）がある。右90°回転ではひらめ筋のパターンは前例一致しているが、前脛骨筋が一致しない例（症例2, 3, 4, 5）が多い。左90°回転ではひらめ筋のパターンが一致しない例（症例5）があり、前脛骨筋が一致しない例（症例3）がある。

ひらめ筋と前脛骨筋は拮抗筋であるからIRが反対になると考えたが、そうでない例が多い。またパターンに個人差があるが起立姿勢、重心の位置が個々により異なるためと考えた。

考 察

頭位により迷路性脊髄反射は変化する。Mitrinowicz-Modrzejewska は、左耳の陰極刺激で正頭位では右に転倒傾向を示すが、右回転頭位では後方に転倒傾向を示すことを述べている。Hlavacka and Njiokiktjen は迷路に平流電気刺激を行い、これによる身体動揺が頭位によ

り変化することを報告している。Nashner and Wolfson⁵⁾ は平流電気刺激でひらめ筋に一過性に出現する筋活動を観察している。両側ひらめ筋活動の和を記録し、正頭位では反応が出現しないが、左右回転頭位で潜時約100 msec で一過性の筋活動が出現することを述べている。Tokita^{6)~8)} は平流通電刺激で現われる迷路性脊髄反射の頭位による変化を重心動揺の初期反応および左右のひらめ筋誘発筋電図で観察した。その結果、誘発筋電図では頭位によりひらめ筋活動が全く逆になり、身体偏位方向の変化は筋活動の変化に基づくことを明らかにした。いずれの報告も、正面頭位、左右回転頭位の成績の報告である。

我々は、左右30° 45° の回転頭位を加えることにより迷路性脊髄反射が、頭位の角度に応じてどのように変化するか重心動揺の初期反応と左右ひらめ筋・前脛骨筋の誘発筋電図で観察した。その結果誘発筋電図で頭位の角度に応じたひらめ筋と前脛骨筋の筋活動のパターンを明

図6 右45°回転頭位の重心動揺、迷路性誘発筋電図

図7 左 30° 回転頭位の重心動揺, 迷路性誘発筋電図

らかにした。また30° の回転頭位の筋活動は小さく角度を増すにつれ(45°)筋活動の大きさは増し90° の大きさに近づいた。このことは迷路性脊髄反射は頭位の角度に応じて連続した変化をすることを示している。

迷路性脊髄反射が頭位により変化することは、平流通電刺激を直線加速度刺激に置き換えてみると、迷路はいかなる頭位においても直線加速度刺激(頭部運動)と反対方向への代償的身体偏位をおこす性質があることを示す。この性質は体平衡維持の目的に合ったものといえる。

同一の迷路刺激を加えても、頭位により身体反応が筋活動のレベルで全く逆に変化することは、頸部自己受容器よりの入力を計算して迷路性脊髄反射が出現することをあらわしている。迷路性脊髄反射は中枢性にプログラムされ頭位に応じて出現する。

まとめ

頭位による迷路性脊髄反射の変化を迷路の平流通電刺

激によってひらめ筋・前脛骨筋に現われる誘発筋電図で観察した。頭位は正面頭位、左右30° 45° 90° で行なった。

1. 誘発筋電図で頭位の角度に応じたひらめ筋・前脛骨筋のパターンを認めた。
2. 30° 回転頭位の筋活動は小さく角度を増すにつれ(45°)筋活動は大きくなり90° の大きさに近づく。
3. 迷路性脊髄反射は頭位の角度に応じた連続した変化を示した。
4. 迷路性脊髄反射は頸部自己受容器の入力を計算したうえで共同で出現する。
5. 筋電図のパターンに個人差があるが、起立姿勢、重心の位置が個々により異なるためと考えた。

文献

- 1) Mitrinowicz-M A: Vestibular-Chnonaxie und ihre Bedeutung für die Untersuchung des taubstummen Kindes. Arch Ohren Nasen Kehlkopf

図8 左 45° 回転頭位の重心動揺, 迷路性誘発筋電図

Heilk 172 : 175-179, 1957

- 2) Hlavacka F, Njiokiktjien CH : Postural responses evoked by sinusoidal galvanic stimulation of the labyrinth. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 99 : 107-112, 1985
- 3) 李 相哲, 時田 喬, 伊藤八次, 高木恭也, 松原茂規, 他 : 迷路性脊髓反射の体位による変化. *Equilibrium Res* 48 : 161-166, 1989
- 4) 早野洋司, 時田 喬 : 迷路性誘発筋電図による前庭脊髄系の研究. *Equilibrium Res Suppl* 3 : 132-141, 1988
- 5) Nashner LM, Wolfson P : Influence of head position and proprioceptive cues on short latency postural reflexes evoked by galvanic stimulation of the human labyrinth. *Brain Res* 67 : 255-268, 1974
- 6) Tokita T, Miyata H, Ito Y, et al : Diagnosis of

otolith and semicircular-canal lesions by galvanic nystagmus and spinal reflexes. The vestibular system : Neurophysiologic and clinical research. New York : Raven Press 305-313, 1987

- 7) Tokita T, Ito Y, Miyata H, et al : Labyrinthine control of upright standing posture in humans. *Progr Brain Res* 76 : 291-295, 1988
- 8) Tokita T, Ito Y, Takagi K : Modulation by head and trunk positions of the vestibulo-spinal reflexes evoked by galvanic stimulation of the labyrinth. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 107 : 327-332, 1989

Abstract

The effect of different head positions on vestibulo-spinal reflexes was investigated by measuring the activities of the soleus and tibialis anterior muscles induced by galvanic stimulation of the labyrinth (laby-

rinthine evoked EMG).

A subject was asked to stand with eyes closed and was stimulated with a galvanic current by a bipolar-biaural method with the cathode on the right ear and the anode on the left ear. The intensity was 1 mA and the duration was 3 s. The evoked EMG was observed with the head facing forward and the head turned to the left and right at angles of 30°, 45° and 90°.

1. With the head facing forward, soleus muscle activities increased on the right side and decreased on the left side. The potential changes of the tibialis anterior muscle varied with the individual subject.

2. When the head was turned to the right at an angle of 30°, soleus muscle activities increased on the right side and decreased on the left side, but the potential changes of both soleus muscles were smaller than when the head was facing forward. Tibialis anterior muscle activities increased on the right side and decreased on the left side.

3. When the head was turned to the right at an angle of 45°, both soleus muscle activities decreased and tibialis anterior muscle activities increased on the

right side and decreased on the left side. The potential changes of the soleus muscle on the right side were opposite to those when the angle was 30°.

4. When the head was turned to the right at an angle of 90°, both soleus muscle activities decreased and both tibialis anterior muscle activities increased.

5. The evoked potentials with the head turned to the left at angles of 30°, 45°, and 90° were usually opposite to those when the head was turned to the right.

6. The vestibulospinal responses induced by galvanic stimulation indicated sequential changes corresponding to the angle of rotation of the head.

The vestibular system produces spinal reflexes after processing information transmitted from the neck proprioceptors.

Key words : head position, vestibulospinal reflexes, labyrinthine evoked EMG, soleus and tibialis anterior muscle activities

(原稿到着 : 平成 2 年 2 月 16 日
別刷請求先 : 前田正徳
〒500 岐阜市司町 40
岐阜大学医学部耳鼻咽喉科学教室)