

頭位30°前傾姿勢が平衡機能に与える影響

著者	今井 正, 真鍋 紀子, 横澤 沙紀, 一原 直人, 三好 真琴, 横尾 智子, 河西 美代子, 保瀬 由江, 加賀 宏
雑誌名	香川県立保健医療大学雑誌
巻	1
ページ	1-7
発行年	2010-03-19
URL	http://id.nii.ac.jp/1751/00000294/

頭位30°前傾姿勢が平衡機能に与える影響

今井 正^{1)*}, 真鍋 紀子¹⁾, 横澤 沙紀¹⁾, 一原 直人¹⁾, 三好 真琴¹⁾
横尾 智子²⁾, 河西 美代子²⁾, 保瀬 由江²⁾, 加賀 宏³⁾

¹⁾香川県立保健医療大学保健医療学部臨床検査学科, ²⁾東京文化短期大学臨床検査学科,
³⁾帝京大学医療技術学部臨床検査学科

The effects of inclining the head position 30 degree forward upon equilibrium function.

Tadashi Imai^{1)*}, Noriko Manabe¹⁾, Saki Yokozawa²⁾, Naoto Ichihara²⁾, Makoto Miyoshi²⁾,
Tomoko Yokoo³⁾, Miyoko Kasai³⁾, Yoshie Hose³⁾ and Hiroshi Kaga³⁾

¹⁾Department of Medical Technology, Faculty of Health Sciences, Kagawa Prefectural College of Health Sciences

²⁾Department of Clinical Laboratory Sciences, Tokyo bunka Junior College

³⁾Teikyo University, Faculty of Medical Technology, Department of Clinical Laboratory Science

要旨

ヒト以外のほ乳類の三半規管が地面に対して水平なのは、その状態が最も平衡機能が向上するためと考えられている。一方、ヒトは直立した時、三半規管は前方が上に30°傾いていることが分かっている。本研究の目的は、ヒトが直立したまま頭位を30°前傾姿勢にして、三半規管を水平にした時、平衡機能の状態を示す各種の指標がどのように変化するかを検討し考察するものである。

方法は、健常人を対象に、重心動揺計を用いた各種の計測と歩行検査を実施した。結果は、重心動揺検査で頭位前傾姿勢により多くの指標で機能の上昇が認められた。最も大きな影響がみられたのは、外周面積であった。この測定値が5%以上減少した人は対象全体の約72%で、減少率の平均値は26.4%であった。同様に歩行検査で頭位30°前傾姿勢により機能が上昇したのは対象全体の約56%であり、その減少率の平均値は34.7%であった。

これら二つの測定結果は、ともに左右方向の偏倚減少を示していることから、頭位30°前傾姿勢は、主に外側半規管と卵形囊の平衡機能を向上させていることが示唆された。

Key Words: 平衡機能 (equilibrium function), 頭位変換 (head position change),
頭位前傾姿勢 (head position inclined forward),
重心動揺検査 (stabilometry), 歩行検査 (walk test)

*連絡先: 〒761-0123 香川県高松市牟礼町原281-1 香川県立保健医療大学保健医療学部臨床検査学科 今井 正

*Correspondence to: Tadashi Imai, Department of Medical Technology, Faculty of Health Sciences, Kagawa Prefectural College of Health Sciences 281-1 Murecho-hara, Takamatsu, Kagawa 761-0123 Japan

緒 言

ほ乳類の進化における脊椎と三半規管（頭位水平時）の地面に対する角度を起立時で調べてみると、イヌなどは両方共に水平である。サルやゴリラなどは脊椎が地面に対し約 60° 起きあがっているが、三半規管は水平である。その理由は三半規管が地面に対し水平であるとき、身体の平衡感覚の能力が一番向上するためと考えられている。つまり、長い進化の過程のなかで、類人猿は脊椎が段々と垂直方向に立ち上がっていくのに対し、三半規管は逆に前に傾き、かたくなに水平を保ってきたことが分かる。

一方、ヒトは直立した時、三半規管は前方が上に 30° 傾いている¹⁾。これは、ヒトが進化する過程において類人猿とは異なり、脊椎が垂直方向に向かう速度が三半規管の水平化より速かったためと考えられている (Fig. 1)。換言すれば、ヒトは三半規管の水平化による平衡機能の安定より、直立することによって得られる利益を優先したと見ることができる。更に同じような現象で有名なものとして、現代人に多く見られる腰痛がある。これはヒトが直立することにより、上半身の重量が腰椎一点に掛かるためにおこると言われている。この二つの現象は、共に進化における直立歩行獲得の為に人類が支払った代償と言えるかもしれない^{2,3)}。

現在、頭位を変化させておこなう臨床検査は、回

転刺激検査⁴⁾をはじめカロリックテスト⁵⁾など多数ある。しかし、頭位変換に関する研究は、筋緊張と重心動揺の関係⁶⁾や頸反射と姿勢制御⁷⁾などが報告されているが、重心動揺検査や歩行検査⁸⁾の頭位変換に関する先行研究の報告例は見いだせなかった。

以上のことから、本研究の目的は、ヒトが直立のまま頭位を 30° 前傾にして外側半規管などの平衡器官を水平にした時、平衡機能の状態を示す各種指標がどのように変化するかを調べ、そのメカニズムを解明することである。

対象と方法

1. 対象

血圧が正常で、めまいなど平衡障害の既往がない健常と思われる男女計18名、平均 21.4 ± 0.92 歳を対象にした。

2. 実験条件

実験は周りの音に左右されない静かな広い部屋で適度な照明の下でおこなった。被検者の衣類やポケットの中などを確認し、左右の平衡バランスの差をなくした。頭位 30° 前傾姿勢は、市販の眼鏡枠の柄に 30° の角度を付けた厚紙を取り付け、角度を決定した。このとき基準となる水平位は、身長計のスライド部分で確認した (Fig. 2)。

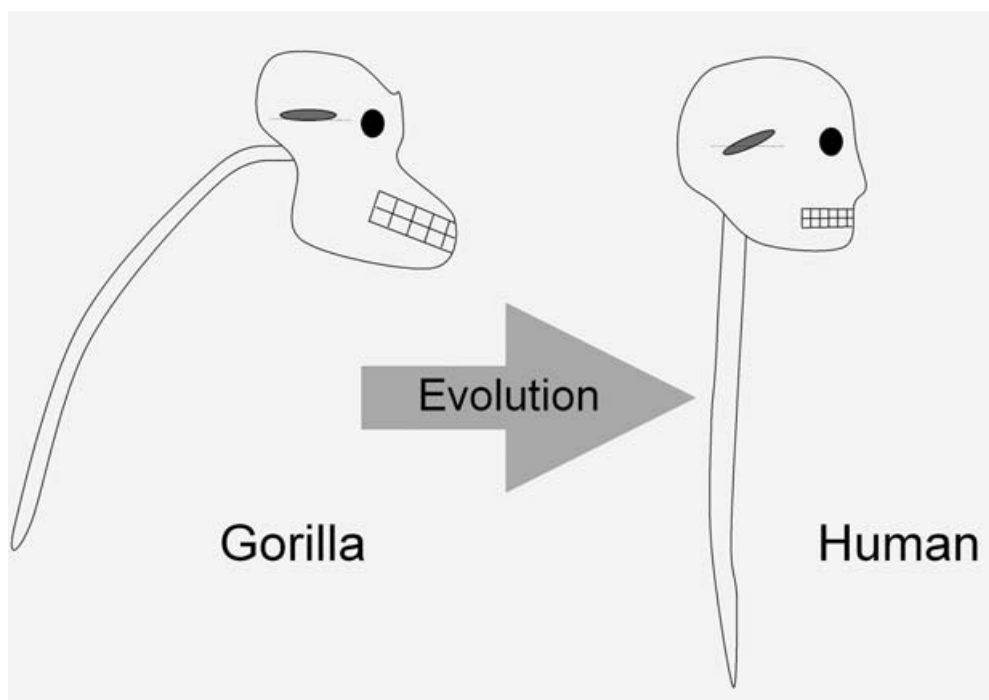


Figure1 The inclination differences between the anthropoid ape's and human's vertebra and semicircular canal.

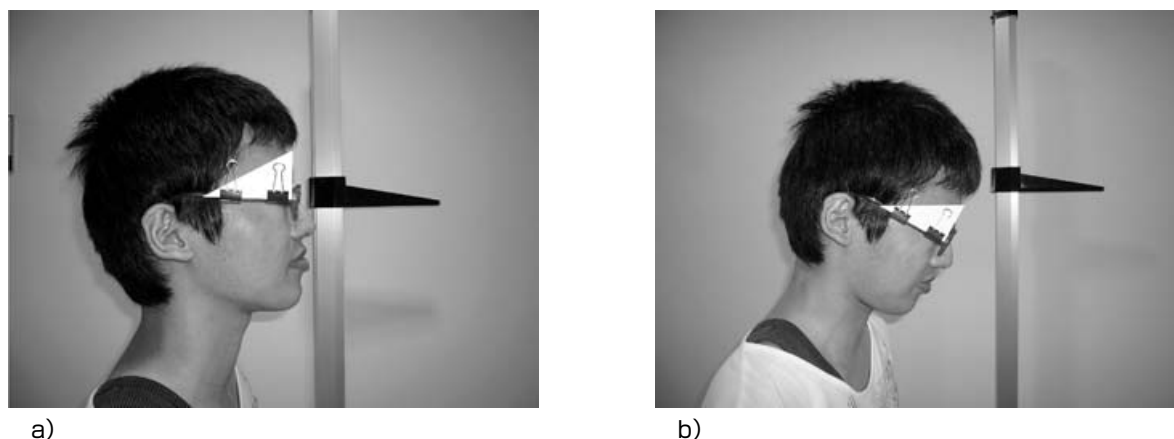


Figure2 The head position setting using hand made 30 degree eye glasses frame and height measure.

a) Horizontal head position, b) 30 degree inclined forward head position

3. 重心動揺検査の項目と術式

1) 項目：グラビコーダ GS-11 (アニマ社) を使用し、軌跡長 (以後 LNG), 単位軌跡長 (以後 LNG/TIME), 単位面積軌跡長 (以後 L/E.AREA), 外周面積 (以後 ENV.AREA), 動揺平均中心変位 (以後 MX, MY) および重心動揺図を検討対象にした (Fig. 3).



Figure3 Stabilometer GS-11(ANIMA Co.Ltd)

2) 術式：頭位水平状態で開眼・閉眼各1分 (計2分) を3回繰り返して測定した後、頭位を30°前傾にして開眼・閉眼各1分 (計2分) を2回繰り返して測定した。再度、頭位を水平状態に戻し同様に1回以上測定をした。その値が最初の頭位水平位3回のうちの最も小さなものと近似するデータが得られた場合は1回で終了した。近似していなかった場合は、繰り返し測定を仕直した。前傾位データを比較する基準値としては、前傾位の後におこなった水平位データが安定しているので、それをを用い解析をお

こなった。また、結果の検討には、視性入力の影響を除くため、全て閉眼時のデータを用いた。

4. 歩行検査

被検者にアイマスクを着用させ、通常の歩くテンポで6mの直線上を裸足、頭位水平状態で3回繰り返して前進歩行をさせた。次に頭位を30°前傾にして同様に3回繰り返して歩行させた。データは、各々3回のうち値の大きい2つを平均して用いた⁴⁾。しかし、値の大きい2つの偏倚方向が異なった場合、例えば、測定値が左方向(L)に23cm, 右方向(R)に8cm, (R)に23cmとなった場合は再検査を行ったが、それでも同様の傾向であった場合は、偏倚方向が同じものを平均して用いた。

倫理的配慮

この研究を実施するに当たっては、対象者に研究の目的、方法、プライバシーの保護、参加後において如何なる時点でも参加協力を拒否できること、一切の不利益は生じないこと、得られた個人情報、データ類は研究以外の目的には使用しない保証の説明をして同意を得た。また、香川県立保健医療大学の研究等倫理委員会に審査請求し承認を得た。

結果

1. 重心動揺検査

Table1は、頭位水平位に対して頭位30°前傾位における測定値の減少が5%以上になった人数を、対象全体に対する比率で表したものである。最も大き

Table1 Percentage over the number of subjects where measurements decreased more than 5%

items	decreasing ratio
LNG(cm)	55.5%
LNG/TIME(cm/l)	55.5%
L/E. AREA(l/cm)	66.7%
ENV.AREA(cm ²)	72.2%

Table2 Before and after head change position of the ENV.AREA value and decreasing ratio

subjects	horizontal (cm ²)	inclination (cm ²)	decreasing ratio(%)
1	5.5	5.1	6.6
2	3.1	1.6	49.0
3	5.5	3.0	46.0
4	1.9	1.3	31.6
5	2.7	2.0	23.0
6	6.4	5.2	18.2
7	5.6	5.1	8.9
8	3.0	2.0	30.8
9	3.2	2.9	10.8
10	2.4	2.1	11.6
11	9.8	5.5	43.7
12	4.1	3.4	16.1
13	10.5	5.6	46.7
average	4.9	3.5	26.4

Table3 The relation between ENV/AREA and MX, MY value

ENV/AREA	items	n	ratio
decrease(n=13)	MX	8	61.5%
	MY	5	38.5%
increase(n=5)	MX	3	60.0%
	MY	2	40.0%

Table4 The results on subjects that its measurements decreased more than 5% in walk test.

subjects	horizontal (cm)	inclination (cm)	decreasing ratio(%)
1	58.5	20.8	64.5
2	49.5	37.5	24.2
3	79.5	52.0	34.6
4	20.5	6.5	68.3
5	32.0	26.5	17.2
6	92.3	19.5	78.9
7	86.0	60.5	29.7
8	60.3	55.8	7.5
9	118.5	101.3	14.6
10	34.8	32.0	7.9
average	63.2	41.2	34.7

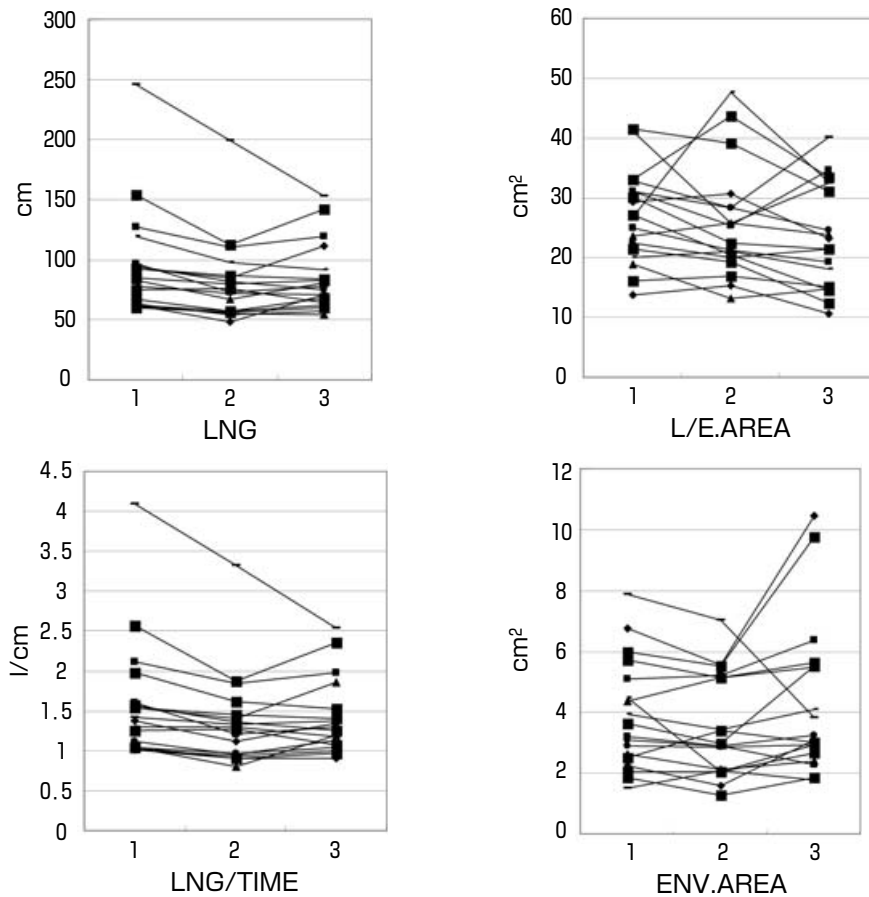


Figure4 The comparison of each testing item results.

1 : Horizontal head position 2 : 30 degree inclined forward head position 3 : Horizontal head position

な影響がみられたのは ENV.AREA で約72%であった。また、その減少率の平均値は26.4%であった。

(Table2, Fig. 4)。頭位水平と頭位30°前傾姿勢の偏倚方向の一致率は、ENV.AREA が低下した例 (n=13) のうちの約60%であった。

MX と MY は足底中心 (基準位) から動いた動揺中心の平均を、左右と前後軸上の数値としてそれぞれ表したものである。Table3は頭位の前傾変換前後における ENV.AREA と MX, MY との関係を表した結果である。ENV.AREA が減少した13名のうち、その原因として、MX が足底中心方向へ向かい、減少傾向を示した人は8人いた。残りの5人は、同様に MY が中心方向へむかうのが原因と思われた。また、逆に ENV.AREA が増大した5人のうち、MX が中心から離れていくのが原因となっているのは3名で、MY が原因となっているのは2名であった。

重心動揺図では、頭位の変換前後において、求心型、左右型、前後型及び瀾漫型を示した例を認めたが、ENV.AREA は全例基準値内であった。(Fig.5)

2. 歩行検査

頭位変換前後の結果を平均値で比較すると、前に比較し後は6.3%低下していた。変換後に値が低下

した人の対象全体に対する比率は約61% (11人) であった。逆に値が上昇した人達の比率は39% (7人) だった。更に、頭位30°前傾により測定値が5%以上減少した人は対象全体の約56%で、その減少率の平均値は34.7%であった。また、その群の頭位水平と前傾30°姿勢における偏倚方向の一致率は70.0%であった (Table4, Fig. 6)。

考 察

現在、病院などでおこなわれている頭位を変化させておこなう平衡機能検査は、加える刺激すべてが適刺激となるように頭位を変化させている。代表的な検査の一つである回転刺激検査は患者を椅子に座らせ、頭位30°前傾姿勢することにより三半規管が水平となった状態で椅子を回転させ、外側半規管に刺激を与え眼振の解発を観察する。また、カロリックテストは仰臥位で頭位を30°前傾姿勢とし、外側半規管を垂直にして、外耳道から一定量の冷水や温水を注入しながら、眼振の解発を観察して、外側半規管などの機能を評価する検査である。共通しているのは、頭位を30°前傾姿勢にして、外側半規管と刺激の方向を平行にすることである。平行にするの

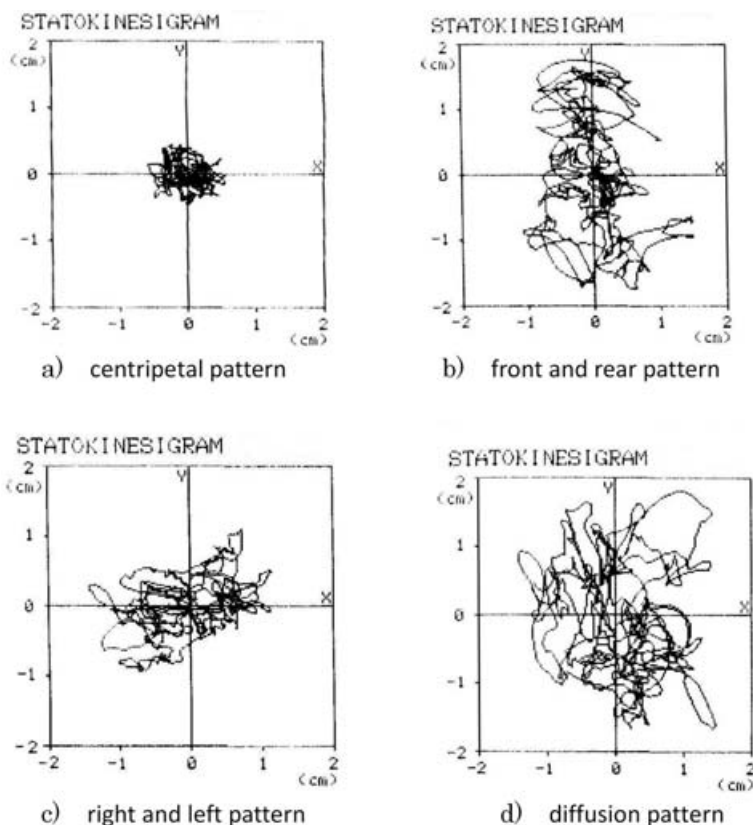


Figure5 The raw data obtained from four subjects

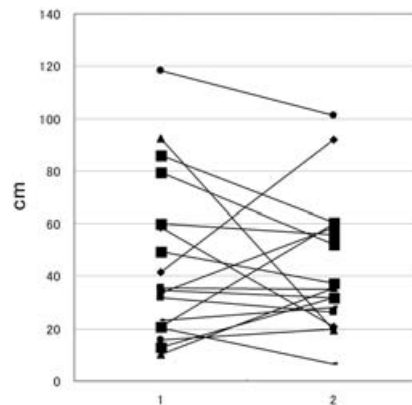


Figure6 The comparison of before and after head change position of the walk test (n=18)
1:Horizontal head position 2:30 degree inclined forward head position

は刺激に対する閾値を低下させるためだが、その低下する理由は、刺激角度が三半規管に対し $\cos 0^\circ$ であり、値は1となり刺激効果が最大になる。少しでも角度があると、 \cos 値は必ず1より小さくなり、加えるエネルギーの効率は低下するためと考えられる。

本研究はこの点に着目し、もし、迷路全体を水平にして刺激に対する閾値を低下させられるなら、重心動揺検査や歩行検査においても頭位前傾姿勢で体動揺に対する感度が上昇し、外周面積や軌跡長の減少傾向が出現すると考え検討をおこなった。

結果を見ると、その推論は正しく、4項目すべてにおいて値が対象全体の半数以上に平衡機能の上昇傾向がみられた。特に ENV.AREA は対象全体の約72%で値が減少するなど、感度の上昇が示唆された。

次に迷路前庭内の、どの器官が結果に大きな影響を与えているかを検討した。頭位 30° 前傾により、重心動揺検査で一番影響が見られたのは ENV.AREA である。一般に面積を求めるときは、X 軸方向と Y 軸方向の値が重要な基本要素となる。従って、ENV.AREA と MX, MY との関連を検討した。結果を比率になおすと、MX 値の減少が ENV.AREA 減少に影響を与えていると思われる率が60%、同様に MY 値減少によると思われるのは40%であった。また、ENV.AREA の増加においては、MX 値増加の影響と思われるものが60%、MY 値増加によると思われるものは40%だった。しかし、分析対象数が18人であることから、X 軸方向の偏倚が外周面積に大きな影響を与えていると断定するには、更に例数を増やして検討する必要があると思われた。

そこで次に、Fig. 5に示した実際に得られた4つのパターンの軌跡を分析してみた。すると、どの結果も立ち直り反射は、必ずしも直線的に元に戻るのではなく、むしろ、円弧状に戻っていた。これは重心の動きは直線方向以外に、回転要素が存在していることを示している。

ここで、左右軸の動揺と ENV.AREA の関連について考察したい。回転刺激検査やカロリックテストの前傾姿勢の持つ意味と前述した重心動揺における回転要素を加えて ENV.AREA の減少を考えると、頭位 30° 前傾姿勢は、主に左右の回転刺激を感知する外側半規管と卵形囊の機能上昇がなければ説明できない現象であることが示唆された。

続いて、前後軸の動揺と ENV.AREA の関連についても考察してみたい。体動揺は足底を基点にして

いるので、迷路前庭がある頭部が一番大きな振幅で振れる⁴⁾。それは、基点を中心とした円弧状であることから、ここでも回転要素が存在している。前・後半規管は前後方向の回転加速度を感知しており、頭位を 30° 前方に倒した場合、クプラの地面に対する角度は $\cos 30^\circ$ から $\cos 0^\circ$ になる。そうすると上下方向に流れるリンパ液流に対してクプラ長が直角方向に最大となるので、今回の結果は、前後方向の重心動揺によるリンパ液流に対する感度が上昇したものと推測された⁹⁻¹¹⁾。従って、前後軸の動揺は主に前・後半規管と卵形囊の機能の影響を受け ENV.AREA の大きさに関与していると思われた。

並行しておこなった歩行検査は、元々、左右方向の偏倚を検出するのが目的であり、頭位変換前後の結果を対象全体で比較すると、前に比較し後は低下していたことから、少なくとも重心動揺検査の左右偏倚結果とは類似した傾向と考えられた。

また、偏倚方向の一致率は、重心動揺検査が約60%であったことに対し、歩行検査では約70%であった。両検査は静的と動的という全く異なった検査であるので、歩行検査の方が高い一致率であった理由を推し量るのは簡単ではないが、重心動揺検査では足のつま先から踵に至る内側全体を接して直立する、やや窮屈な直立姿勢であるのに対し、歩行検査の両足は数 cm 離れており、自然な状態での歩行によるためと思われた。

今回の実験結果のポイントは、頭位 30° 前傾姿勢による平衡機能の上昇が、卵形囊と球形囊以外に前後及び外側半規管の関与が示唆された事であり、この点に関しては、今まで報告例が無く、新しい知見と考えられた。

今後の研究の方向性としては、更に健常対象の追加や臨床例の解析を加えることにより、病態解析において、めまいの原因となっている障害部位を鑑別する有用な新しい検査法の開発につながる可能性があると思われた。また、めまいを訴える患者に対しては、頭位を 30° 前傾姿勢にし、閉眼で安静にさせると、早めにその症状の改善が望める可能性も示唆された。

結 論

ヒトの迷路前庭は前方が 30° 上向きに傾斜しており、頭位を 30° 前傾にすると迷路前庭は水平になる。この頭位の変換前後で重心動揺検査をおこなった結果、特に ENV.AREA は変換後の値で対象全体

の72%が減少を示すなど、感度の上昇が示唆された。また、並行しておこなった歩行検査も重心動揺検査の結果を補完するものであった。

文 献

- 1) 日本平衡神経科学会編(1994)“平衡機能検査の実際”, 南山堂, 東京, 20.
- 2) 藤田恒夫(2003)“入門人体解剖学”, 南江堂, 東京, 46-47.
- 3) 石橋治雄(2004)“これならわかる要点解剖学”, 南山堂, 東京, 30-31.
- 4) 日本平衡神経科学会編(2001)“「イラスト」めまいの検査”, 診断と治療社, 東京, 8-13, 24-25, 74-79.
- 5) 高橋正紘(2006)“めまい診療のコツと落とし穴”, 中山書店, 東京, 212-215.
- 6) Tokita T, Ito Y, Takagi K (1989) Modulation by Head and Trunk Positions of the Vestibulo-spinal Reflexes Evoked by Galvanic Stimulation of the Labyrinth. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 107: 327-332.
- 7) Roberts, T.D.M. (1967) Labyrinthine control of the postural muscles. *Naval aerospace medical institute. Proceeding* 149-168.
- 8) 医歯薬出版編(2005)“特集 平衡機能検査”, *Medical Technology* 33: 811-812.
- 9) Lindeman HH (1969) Studies on the morphology of the sensory regions of the vestibular apparatus with 45 figures. *Elgeb Anat Entwicklungsgesch* 42: 1-113.
- 10) Fernandez C, Goldberg JM, Abend WK(1972) Response to static tilts of peripheral neurons innervating otolith organs of the squirrel monkey. *J Neurophysiol* 35: 978-987.
- 11) 内野善生 古屋信彦(2009)“めまいと平衡障害”, 金原出版, 東京, 2-3.

Abstract

Background: It is considered that mammal's semicircular canal, other than human's, is horizontal with respect to the ground is because the equilibrium function is mostly improved under this condition. On the other hand, it is known that front of the semicircular canal is inclined 30 degree upward when a human is standing upright. The objective of this research is to examine and consider the variation in the index of the state of the equilibrium function when a human is standing upright with its head position inclined 30 degree forward to put semicircular canal horizontal position.

Methods: We carried out various measurements using a stabilometer and walk test.

Results: Inclining the head position forward increases the function in most of the indexes in the stabilometry test. The most greatly affected was the ENVELOP.AREA. Seventy two percent of the entire subjects showed more than 5 % decrease in the measurement, and its mean decrease value was 26.4%. Similarly, approximately 56% of the entire subject showed improvements in the walk test whereby inclining the head position 30 degree forward, and its mean decreasing ratio was 34.7%.

Conclusions: Both these two test results, which show decrease displacement quantity in the right-left direction, suggest that the inclining the head position 30 degree forward mainly improves the utricle's and the semicircular lateral's equilibrium function.

受付日 2009年10月16日

受理日 2010年1月6日