

原著論文

受付：2009.10.25

受理：2010. 2.18

健常人における Gaze Stability Exercise の効果
— 重心動揺と動体視力での検討 —

森 本 浩 之

水谷病院

浅 井 友 詞

日本福祉大学 健康科学部

Everett Lohman, Eric Johnson and Keiko Khoo

School of Allied Health Professions, Loma Linda University

水 谷 陽 子・水 谷 武 彦

水谷病院

Effect of Gaze Stability Exercise on Body Sway and Dynamic Visual
Acuity among Young Adults

MORIMOTO, Hiroyuki

Mizutani Hospital

ASAI, Yuuji

Faculty of Health Sciences, Nihon Fukushi University

Everett Lohman, Eric Johnson and Keiko Khoo

School of Allied Health Professions, Loma Linda University

MIZUTANI, Youko, MIZUTANI, Takehiko

Mizutani Hospital

Abstract: INTRODUCTION AND METHODS: The purpose of this study was to investigate the effectiveness of gaze stability exercises on healthy young subjects. Subjects were randomly divided into experimental (n=28) and control groups (n=13). The experimental group performed gaze stability exercise for three weeks and the control group did not. Pre and post body sway during quiet standing, standing with neck rotation, and dynamic visual acuity were measured on both groups. RESULTS: The results showed significant differences in body sway during standing with neck rotation and dynamic visual acuity in the experimental group ($p<0.01$. No significant differences were found in body sway and dynamic visual acuity in the control group.) DISCUSSION AND CONCLUSION: These improvements in postural stability and dynamic visual acuity after three weeks of gaze stability exercises suggest improved neural adaptation of the vestibular nuclear complex and cerebellum, as well as enhanced central pre-programming. These results of

this study suggest that gaze stability exercises may be beneficial for healthy young adults, and these data may be adapted to elderly or sports fields in further study.

Keywords: Gaze stability exercise, 重心動揺, 動体視力, 頸部回旋

1. はじめに

前庭系は頸部回旋時など頭部が動く際特に働き、前庭脊髄反射（以下 VSR）と前庭動眼反射（以下 VOR）を引き起こす¹⁾。VSR は頭部が動くことにより、四肢筋や体幹筋を収縮させ姿勢保持を行い、VOR は頭部が動く際に頭部の動きとは逆方向・同速度で眼球を動かし、視界の動揺を防ぐことにより視力の確保を行っている。頸部の屈伸や回旋による頭部の動きは、健常人や前庭障害患者双方の重心動揺を増加させることが報告されており転倒との関連が示されている²⁻⁵⁾。また頸部の回旋は重心動揺を増加させるばかりではなく、視力も低下させる⁶⁻¹⁰⁾。前庭機能障害患者は、この VOR の機能不全より頭部の動きによる視力低下はよく知られている⁶⁻⁹⁾、健常人においても同様に低下することが報告されている¹⁰⁾。このように頸部の回旋は重心動揺を増加させ、視力すなわち動体視力を低下させる。

前庭機能障害による姿勢不安定、動体視力の低下に対し前庭リハビリテーションが行われており効果が示されているが¹¹⁻¹⁶⁾、健常人に対して応用させているという報告はない。

今回は頸部を回旋させた時の重心動揺の増加や動体視力の低下に対し、前庭障害患者に行う前庭リハビリテーションの一部である Gaze Stability Exercise（以下 GSE）を健常人に応用し、exercise 前後で頸部回旋時の重心動揺の減少や動体視力の向上を確認するために研究を行った。

2. 対象

対象は、研究の趣旨を説明し書面にて同意を得た健常な青年男女 41 人で、無作為に介入群 28 人（年齢：19.1 ± 0.6 歳）、コントロール群 13 人（年齢：19.4 ± 1.2 歳）に分けた。

3. 方法

3.1 評価

重心動揺の評価は Balancemaster（Neurocom 社製）を用い、他の外乱刺激が入らないように暗室にて

行った。被検者は Balancemaster 上に立ち、眼から 70 cm 前方に視票追視装置（日本電気三栄社製）を設置して直径 0.7 mm の点を固視し、静止立位と頸部回旋立位の 2 種類の測定を行った。頸部回旋立位の測定はスクリーン上の点を固視したまま頸部を左右に回旋させた。測定は 10 秒間、3 回ずつ測定し、1 回間に 10 秒間、各条件間に 30 秒間の休憩を入れた。重心動揺は X 軸および Y 軸における足圧中心動揺の時間的変位を角速度で表した（図 1）。

動体視力の評価は、Herdman ら⁶⁾や Hillman ら¹⁷⁾の方法を参考にした。視力測定は microsoft power point にて数字が書かれた 5 種類の用紙を作成した。1 枚の用紙につきランダムに 5 種類の数字を印刷し、各用紙の数字のフォントは 12, 14, 16, 18, 20 ポイントとした。次に用紙を被験者の眼から 70 cm 前方に提示し、座位にて頸部を回旋させながら各用紙をランダムに 2 回ずつ、合計 50 個の数字を答えさせ正解率を求めた（図 2）。また動体視力の評価を行う前に、静的な状態でフォントサイズ 12 ポイントが確実に見えることを確認した。

頸部回旋頻度は重心動揺測定・動体視力測定ともにメトロノームにて 2Hz、回旋角度は左右 35°の合計 70°に設定した。

評価は exercise 前の初期評価（以下 pre）と最初の評価から 3 週間後の最終評価（以下 post）の 2 回行った。

3.2 介入

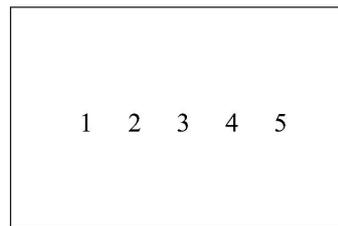
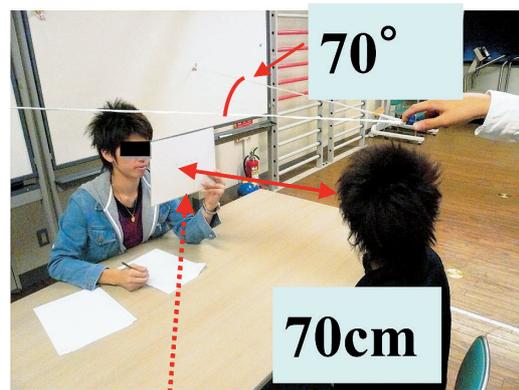
介入群は 3 週間毎日 GSE を行わせた（表 1, 図 3）。コントロール群は GSE を行わず評価のみを行った。

3.3 統計処理

対象の内訳に関して、性別、年齢の比較にはマン・ホイットニー検定、pre における両群間の重心動揺および動体視力の比較にはスチューデントの t 検定を使用した。また各群間における pre と post の比較には対応のある t 検定を使用し、有意水準は 1%とした。



(図 1) 重心動揺の評価

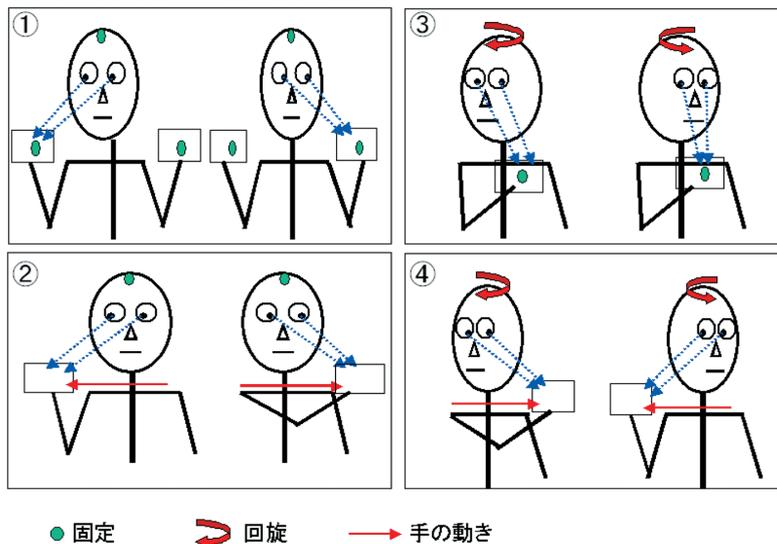


(図 2) 動体視力の評価

(表 1) Gaze Stability Exercise

1. 使用するもの 名刺 (2 枚)
2. 方法 名刺を 2 枚左右の手に持ち眼から約 30 cm 離し、眼だけ左右に動かして名刺を見る。 5 min 名刺を 1 枚手に持ち眼から 30 cm 離し、名刺を左右に動かして名刺を見る。 5 min 名刺を 1 枚手に持ち眼から 30 cm 離し、頭部を左右に動かし名刺を見る。 5 min 名刺を 1 枚手に持ち眼から 30 cm 離し、頭部と名刺を左右逆に動かし名刺を見る。 5 min
*眼球・名刺・頭部を動かす速さは名刺の文字がはっきり見えるスピードで、出来るだけ速く動かす。

文献¹⁾を一部改変



(図 3) Gaze Stability Exercise

(表2) preにおける介入群とコントロール群の比較

対象	介入群	コントロール群	
年齢 (歳)	19.1 ± 0.6	19.4 ± 1.2	n.s [†]
性別 (人)	男: 13 女: 15	男: 5 女: 8	n.s [†]
静止立位 (deg/sec)	0.25 ± 0.01	0.26 ± 0.12	n.s ^{††}
頸部回旋立位 (deg/sec)	1.11 ± 0.51	0.93 ± 0.45	n.s ^{††}
動的視力 (%)	41.8 ± 35.1	59.3 ± 29.1	n.s ^{††}

†: マン・ホイットニー検定

††: スチューデントの t 検定

(表3) 介入群とコントロール群における pre・post の重心動揺と動体視力の比較

	pre	post	
介入群			
静止立位 (deg/sec)	0.25 ± 0.01	0.26 ± 0.01	n.s [‡]
頸部回旋立位 (deg/sec)	1.11 ± 0.51	0.71 ± 0.27	p<0.01 [‡]
動体視力 (%)	42.7 ± 36.2	78.5 ± 24.1	p<0.01 [‡]
コントロール群			
静止立位 (deg/sec)	0.26 ± 0.12	0.29 ± 0.11	n.s [‡]
頸部回旋立位 (deg/sec)	0.93 ± 0.45	1.04 ± 0.32	n.s [‡]
動体視力 (%)	59.3 ± 29.1	53.2 ± 27.3	n.s [‡]

‡: 対応のある t 検定

4. 結果

対象群間における性別、年齢、pre の重心動揺、動体視力に関して両群間で有意差は認められなかった (表2)。

重心動揺は介入群において、静止立位は pre が 0.25 ± 0.01 deg/sec, post が 0.26 ± 0.01 deg/sec であり有意差は認められなかった (P=0.2)。頸部回旋立位は pre が 1.11 ± 0.51 deg/sec, post が 0.71 ± 0.27 deg/sec であり有意差を認めた (P<0.01) (表3, 図4)。

一方コントロール群において静止立位は pre が 0.26 ± 0.12 deg/sec, post が 0.29 ± 0.11 deg/sec, 頸部回旋立位は pre が 0.93 ± 0.45 deg/sec, post が 1.04 ± 0.32 deg/sec であり静止立位、頸部回旋立位ともに有意差は認められなかった (静止立位: P=0.6, 頸部回旋立位: P=0.7) (表3, 図5)。

動体視力は、介入群において pre は 41.8 ± 35.1%, post は 78.5 ± 24.1% であり, pre・post 間で有意差が認められた (P<0.01)。一方コントロール群において, pre は 59.3 ± 29.1%, post は 53.1 ± 27.3% であり, pre・post 間で有意差は認められなかった (P=0.5) (表3, 図6)。

5. 考察

GSE は前庭障害患者に対して行われているが¹¹⁻¹⁶⁾, 健常人に対し前庭リハビリテーションの一部である GSE を応用させているものはなく, 今回はこの GSE を健常人に応用させ頸部回旋時の重心動揺の減少と動体視力の向上が認められた。

重心動揺に関する研究では, 前庭系障害患者において頸部回旋により前庭系が刺激され, 重心動揺の増大から転倒率が高くなると報告されている²⁻⁴⁾。また健常人においても同様の報告に正常な前庭機能を有していても頸部回旋は重心動揺を増加させると言われている⁵⁾。Strupp らは前庭神経炎の患者に対し, 前庭系リハビリテーションの一部として GSE を行うことにより VSR の機能が向上し, 有意に重心動揺が減少することを報告しており¹⁶⁾, 今回の実験においても同様に VSR の機能が向上したため重心動揺が減少したと考えられる。

視覚は頭部が動くとき VOR の働きで眼球を頭部とは逆方向に同速度で動き確保しているが, 頭部の動きにより網膜上の像が 2-4 % 秒以上のスピードで中心からずれる (以下 retinal slip) と視力が低下する⁶⁻¹⁰⁾。前庭機能障害

患者においては、この VOR の機能が悪くなり動体視力が低下する事が数多く報告されているが⁶⁻⁹⁾、健常人においても頸部回旋が高頻度、高速度になると retinal slip が起こり動体視力が低下する¹⁰⁾。今回も先行研究と同様に、retinal slip が起こり動体視力が低下したと考えられる。Herdman らは前庭機能障害患者を対象に、頭部の回旋速度が 120 度/秒以上のスピードで自動と他動にて動体視力を計測した結果、自動で行った時の方が視力が有意に良かった。これは予測機能である Central preprogramming の影響であると述べている⁷⁾。また Collewijn ら¹⁸⁾、Miles ら¹⁹⁾はトレーニングによる頭部の動きが前庭系を刺激し、中枢神経系、特に前庭神経核²⁰⁾や小脳でのプルキンエ細胞²¹⁾などで適応が起こり VOR の機能を向上させたと報告している。したがって GSE による動体視力の向上には、Central preprogramming と中枢神経系の適応が関与し VOR などの前庭機能を向上させたと考えられる。

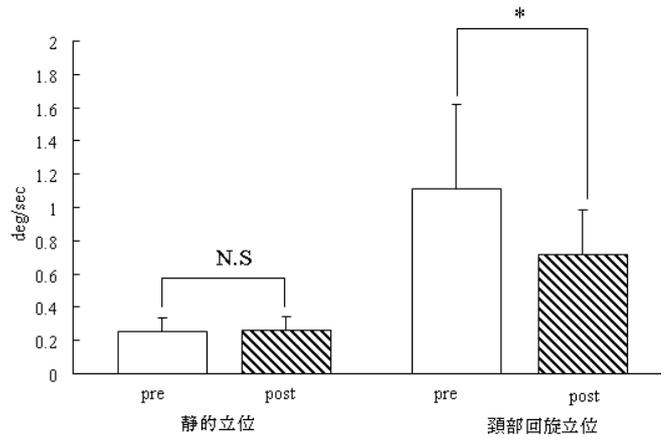
今回の実験において、健常青年に対する GSE の効果を確認したが、このデータをもとに高齢者の転倒予防やスポーツ分野への応用を考えている。

6. まとめ

GSE は主に前庭系に障害のある患者に行われてきたが、今回の結果から、健常人に対しても応用可能であり、頸部回旋時における重心動揺の増加と動体視力の低下に関して効果を示すことがわかった。

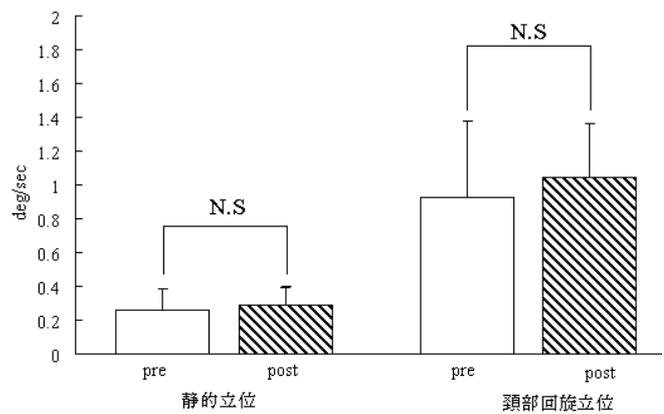
引用文献

- 1) Herdman SJ: Vestibular rehabilitation second edition. F.A. DAVIS COMPANY, Philadelphia, 2000
- 2) Murray KJ, Hill K, et al.: A pilot study of falls risk and vestibular dysfunction in older fallers presenting to hospital emergency departments. Disabil Rehabil 27 (9): 499-506. 2005
- 3) Pothula VB, Chew F, et al.: Falls and vestibular impairment. Clin Otolaryngol Allied Sci 29 (2): 179-182. 2004
- 4) Hall CD, Schubert MC, et al: Prediction of fall risk reduction as measured by dynamic gait index in individuals with unilateral vestibular hypofunction. Otol Neurotol 25: 746-751. 2004



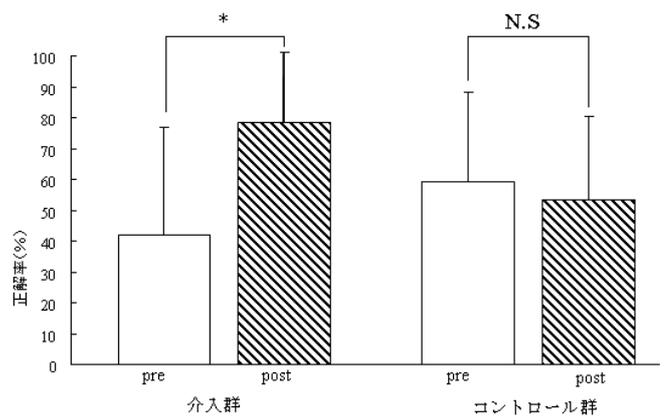
(図4) 重心動揺 介入群

* : p<0.01



(図5) 重心動揺 コントロール群

* : p<0.01



(図6) 動体視力

* : p<0.01

- 5) Ploski WH, Wood SJ, et al.: Destabilization of human balance control by static and dynamic head tilt, Gait and Posture 23: 315-323, 2006
- 6) Herdman SJ, Tusa RJ, et al.: Computerized dy-

- dynamic visual acuity test in the assessment of vestibular deficits, *Am J Otol* 19: 790-796, 1998
- 7) Herdman SJ, Schubert M, Tusa RJ: Role of central preprogramming in dynamic visual acuity with vestibular loss. *Arch Otol Head Neck Surg* 127: 1205-1210. 2001
 - 8) Tian J, Shubayev I, et al.: Dynamic visual acuity during transient and sinusoidal yaw rotation in normal and unilaterally vestibulopathic humans, *Exp Brain Res* 137: 12-25, 2001
 - 9) Schubert MC, Herdman SJ, Tusa RJ: Functional measure of gaze stability in patients with vestibular hypofunction. *Ann NY Acad Sci.* 942: 490-491. 2001
 - 10) Demer JL, Hunruba V, et al.: Dynamic visual acuity: A test for oscillopsia and vestibulo-ocular reflex function, *Am J Otol* 15: 341-347. 1994
 - 11) Herdman SJ : Advances in the treatment of vestibular disorders, *Phys Ther* 77: 602-618. 1997
 - 12) Herdman SJ, Schubert MC, et al.: Recovery of dynamic visual acuity in unilateral vestibular hypofunction, *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 129: 819-824. 2003
 - 13) Herdman SJ, Hall CD, et al: Recovery of dynamic visual acuity in bilateral vestibular hypofunction, *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 133: 383-389. 2007
 - 14) Cohen HS, Kimball KT: Increased independence and decreased vertigo after vestibular rehabilitation, *Otolaryngol Head Neck Surg* 128: 60-70. 2003
 - 15) Gill-Body KM, Popat RA, et al.: Rehabilitation of balance in two patients with cerebellar dysfunction, *Phys Ther* 77: 534-552. 1997
 - 16) Strupp M, Arbusow V, et al.: Vestibular exercises improve central vestibulospinal compensation after vestibular neuritis. *Neurology* 51: 838-844. 1998
 - 17) Hillman EJ, Bloomberg JJ, et al.: Dynamic visual acuity while walking in normals and labyrinthine-deficient patients. *J Vestib Res* 9: 49-57. 1999
 - 18) Collewijn H, Martins AJ, et al: Compensatory eye movements during active and passive head movements: Fast adaptation to changes in visual magnification. *J Physiol* 340: 259-286. 1983
 - 19) Miles FA, Eighmy BB: Long-term adaptive changes in primate vestibuloocular reflex. Behavioral observations. *J Neurophysiol* 43: 1406-1425. 1980
 - 20) Miles FA, Lisberger SG: Plasticity in the vestibulo-ocular reflex: a new hypothesis. *Ann Rev Neurosci* 4: 273-499. 1981
 - 21) Ito M: Neural design of the cerebellar motor control system. *Brain Res* 40: 81-84. 1972