引き算を伴う同時二重注意要求課題は 立位姿勢動揺を抑制する

Standing Postural Sway Controlled by Concurrent Dual Attention-Demanding Task with Numerical Subtraction

片岡 保憲^{1,2)} 越智 亮³⁾ 和田 隆二^{2,4)}
太場岡英利²⁾ 森岡 周⁵⁾ 八木 文雄⁶⁾

YASUNORI KATAOKA^{1,2)}, AKIRA OCHI³⁾, RYUJI WADA^{2,4)},
HIDETOSHI TABAOKA²⁾, SHU MORIOKA⁵⁾, FUMIO YAGI⁶⁾

¹⁾ Graduate Course of Medicine, Kochi Medical School

²⁾ Department of Rehabilitation, Atago Hospital: 1-4-13 Atago-Machi, Kochi 780-0051, Japan.
TEL +81 88-823-3301 FAX +81 88-871-0531 E-mail: yasu777@abeam.ocn.ne.jp

³⁾ Division of Physical Therapy, School of Care and Rehabilitation, Seijoh University

⁴⁾ Department of Physical Therapy, Kochi School of Allied Health and Medical Professions

⁵⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science Kio University

⁶⁾ Department of Cognitive and Behavioral Neuroscience, Kochi Medical School

Rigakuryoho Kagaku 22(2): 235-238, 2007. Submitted Oct. 6, 2006. Accepted Dec. 28, 2006.

ABSTRACT: Standing postural sway was analyzed in healthy subjects who maintained a stable standing posture (single attention-demanding task), and who simultaneously performed both the stable standing posture and a numerical subtraction task presented visually and/or aurally (concurrent dual attention-demanding task), in order to clarify the nature of cognitive influence on standing postural stability. The standing postural sway while performing the concurrent dual attention-demanding task significantly deteriorated compared to that in the single attention-demanding task, thus confirming that standing postural stability is effectively controlled by carrying out a concurrent dual attention-demanding task. These findings are discussed in relation to the resource-limited and data-limited processes developed in researches concerning selective attention.

Key words: standing postural stability, concurrent dual attention-demanding task, numerical subtraction

要旨: 選択的注意をはじめとする認知過程が立位姿勢制御におよぼす効果を検証する目的から、健常者に対して、静止立位のみを維持する単一注意要求課題、および静止立位の維持（第1課題）と視覚・聴覚性提示による引き算（第2課題）を同時に遂行する同時二重注意要求課題を課し、各課題遂行中の立位姿勢動揺を解析した。同時二重注意要求課題遂行中における立位姿勢動揺は、単一注意要求課題のそれに比べて有意に減少し、同時二重注意要求課題の遂行が立位姿勢の安定化制御に対して促進性に作用することが認められた。こうした現象を背後で支えるメカニズムについて、選択的注意における資源依存型処理過程とデータ依存型処理過程の側面から論議した。

キーワード: 立位姿勢調節, 同時二重注意要求課題, 引き算課題

¹⁾ 高知大学大学院 医学系研究科医科学専攻

²⁾ 愛宕病院 リハビリテーション科: 高知県高知市愛宕町1-4-13 (〒780-0051) TEL 088-823-3301 FAX 088-871-0531

³⁾ 星城大学 リハビリテーション学部理学療法学科 ⁴⁾ 高知医療学院 理学療法学科

⁵⁾ 畿央大学 健康科学部理学療法学科 ⁶⁾ 高知大学 医学部認知・行動神経科学教室

受付日 2006年10月6日 受理日 2006年12月28日

I. はじめに

近年、主に神経科学や運動力学の領域では、選択的注意をはじめとする認知過程の姿勢制御における機能的役割が、二重課題 (dual task) パラダイムにより精力的に解析されている^{1,2)}。この種の研究では、単一注意要求課題として立位姿勢制御 (第1課題) が用いられているのに対して、それと同時に遂行することが要求される認知課題 (第2課題) として、聴覚刺激に対する言語応答^{3,4)}、記憶した数列の繰返し⁵⁾、文章完成⁶⁾、氏名の列挙 (言語流暢度テスト)⁷⁾、会話の継続⁸⁾、数値の視空間的位置の再認 (Brooks task)⁹⁾、数列の逆唱¹⁰⁾、Stroop test¹¹⁾、引き算¹²⁾など、種々の課題が考案・採用されている。

しかしながら、同時二重注意要求課題を用いた数多くの研究^{5,6,12,13)}では、第2課題の遂行が第1課題における立位姿勢動揺の安定化に対して促進性に作用することが認められているのに対して、それを否定する事実^{4,14)}も報告されており、二重課題が立位姿勢の制御におよぼす有効性については未だ不明な点が残されている。こうした研究結果を左右する要因の1つとして、第2課題における課題の難易度に派生する、注意資源の配分処理過程¹⁵⁾の相違が考えられる。

そこで、本研究では、同時二重注意要求課題における第2課題として、従来の研究には見られず、またそれらに較べて難易度が高いと考えられる、視覚性提示による引き算課題と聴覚的提示による引き算課題の両課題を設定することにより、立位姿勢制御におよぼす同時二重注意要求課題の効果について検討した。

II. 実験方法

1. 被験者

実験の概要を説明した上で同意を得た、視覚系および聴覚系に機能障害を有しない健康成人21名 (平均年齢 20.2 ± 2.0 歳, 男性13名, 女性8名) を被験者として用いた。

2. 手続き

すべての被験者に対して、以下の単一注意要求課題と4条件からなる同時二重注意要求課題を提示し、各課題遂行中における立位姿勢動揺を測定した。

1) 単一注意要求課題

「できるだけ揺れないで立つように」との指示の下に、被験者の前方2.15 mに設置したスクリーン (1.22 m × 1.62 m) を注視させTandem位での静止立位を維持することのみを要求した。

2) 同時二重注意要求課題

単一注意要求課題と同時に遂行する第2課題として、スクリーン (SCR) 上に提示する視覚性提示条件およびスピーカー (SPK) を介して提示する聴覚性提示条件からなる、以下の2桁から1桁の引き算課題を設定した。

①SCR提示・SCR応答課題: 静止立位下で、スクリーン提示課題に対する応答を要求する。

②SPK提示・SPK応答課題: 静止立位下で、スピーカー提示課題に対する応答を要求する。

③SCR-SPK提示・SCR応答課題: スクリーン上およびスピーカーを介して同時に異なる引き算課題を提示し、スクリーン提示課題に対する応答を要求する。

④SCR-SPK提示・SPK応答課題: ③と同様の課題を提示し、スピーカー提示課題に対する応答を要求する。

以上の単一要求課題および同時二重注意要求課題は、順序効果を排除する目的から、被験者ごとにランダムに提示した。

スクリーン提示課題はMicrosoft PowerPointで作成したものを、スピーカー提示課題は沖電気工業株式会社のテキスト音声変換ソフトで作成したものを、それぞれ4秒間隔で提示した。ただし、上記③、④の条件では、スクリーン提示課題とスピーカー提示課題を4秒毎に同期させて提示した。

3. 立位姿勢動揺の記録および解析

Zebis社製PDMを用い、各課題遂行時の立位姿勢動揺を30秒間 (課題開始直前から課題終了直後) にわたって記録した。各課題遂行時における立位姿勢動揺データから、総軌跡長 (SPL)、左右動揺標準偏差 (SDX)、前後動揺標準偏差 (SDY)、楕円面積 (AoE) を求め、それらを繰返しのある一元配置分散分析により処理した上で、立位姿勢動揺各測度をTukey HSDにより多重比較した。なお、有意水準は5%未満とした。

III. 結果

繰返しのある一元配置分散分析の結果、SDX ($F=4.51$, $p<0.01$)、AoE ($F=3.16$, $p<0.05$) に有意差が認められたのに対して、SPL ($F=0.43$, $p<0.05$)、SDY ($F=2.09$, $p<0.05$) には有意差が認められなかった。そこで、これらの立位姿勢動揺成績を、単一注意が要求される静止立位条件と同時二重注意が要求される4条件の間で多重比較したところ、同時二重注意要求課題遂行中のSDXに、

表1 単一注意要求課題と同時二重注意要求課題における立位姿勢動揺成績 (Mean±SD)

	単一注意要求課題		同時二重注意要求課題		
	静止立位	SCR 提示 SCR 応答	SPK 提示 SPK 応答	SCR-SPK 提示 SCR 応答	SCR-SPK 提示 SPK 応答
SPL (cm)	113.75 ± 35.30	103.08 ± 20.50	103.63 ± 29.34	108.49 ± 30.41	106.39 ± 27.06
SDX (cm)	0.64 ± 0.15	0.50 ± 0.13**	0.50 ± 0.10**	0.52 ± 0.12*	0.53 ± 0.12*
SDY (cm)	0.70 ± 0.31	0.59 ± 0.25	0.49 ± 0.18	0.62 ± 0.31	0.53 ± 0.20
AoE (cm ²)	14.50 ± 6.61	10.33 ± 5.36	8.51 ± 3.52*	11.62 ± 7.46	9.85 ± 4.68

** p<0.01, * p<0.05 単一注意要求課題に対して有意差を認めたことを示す

SCR提示・SCR応答 (p<0.01), SPK提示・SPK応答 (p<0.01), SCR-SPK提示・SCR応答 (p<0.05), SCR-SPK提示・SPK応答 (p<0.05) の各条件で、静止立位に比較して有意な抑制が認められ、さらに、同時二重注意要求課題遂行中のAoEにはSPK提示・SPK応答条件 (p<0.05) に有意な減少が認められた (表1)。

IV. 考 察

今回の実験結果において注目に値するのは、単一注意が要求される静止立位に対して、同時二重注意が要求される課題遂行時のSDXおよびAoEが有意に減少したという事実である。Norman, D.A., and Bobrow, D.G.は、注意を資源依存 (resource-limited) とデータ依存 (data-limited) の2処理型に分類している¹⁵⁾。この2処理型を、選択的注意研究の一環として実施された両耳分離聴の実験¹⁶⁾で説明するならば、言語情報を検出する場合、一方の耳による聴取精度を上げると、反対側の耳による聴取精度は低下する。つまり、利用可能な資源としての注意には限界があり、一方の情報に多くの注意が配分されると、別の情報に対する注意は低下する (資源依存型処理)。今回の課題である視覚性または聴覚性提示による引き算に対して応答するという課題では、この資源依存型処理にもとづく処理が要求される。

一方、閾値以上の音刺激の検出などでは、資源としての注意はほとんど不必要であるため、両耳間干渉は出現しないのに加えて、必要以上の注意資源を投入しても処理は促進されない。こうした情報の質に依存する処理はデータ依存型処理として分類される。ある課題の遂行が、学習によって自動的にになると、その課題の遂行には注意の資源が不必要になり、その処理はデータ依存型となる。また、自動化された動作に注意を向けることは、かえって円滑な動作の遂行困難を招き、その結果として

不適切な反応選択がなされるなどの負の側面を持つ¹⁷⁾。

今回対象とした健常成人にとって、立位姿勢調節は無意識的に遂行される自動化された調節動作、つまり、データ依存型処理によるものである。したがって、静止立位の際、被験者はほぼ自動化されたパフォーマンスに対して注意を集中させた結果として、立位姿勢調節能力の低下、つまりはSDXおよびAoEの増加を招いたと考えられる。それに対して、引き算課題遂行時には、この課題に注意の資源が多く分配され、立位姿勢調節という自動化レベルのパフォーマンスに対する注意資源配分が減少し、より無意識的なものへと変化した結果、適切な反応選択により効率的な姿勢調節が遂行され、SDXおよびAoEの減少を招いたのではないかと考えられる。

本実験では、SCR提示・SCR応答課題とSCR-SPK提示・SCR応答課題、およびSPK提示・SPK応答課題とSCR-SPK提示・SPK応答課題の間における立位姿勢動揺に有意な差は認められなかった。この事実については、カクテルパーティー効果としてよく知られている、特定の刺激の情報のみを取り込み、不必要な情報を取り込まない注意機能である選択的注意¹⁸⁾による解釈が可能であると思われる。つまり、同期させて提示した引き算課題のうち、SCR-SPK提示・SCR応答課題は視覚入力による引き算課題に、またSCR-SPK提示・SPK応答課題では聴覚入力による引き算課題に、被験者はそれぞれ選択的注意を向けることができたと考えられる。したがって、被験者にとってはSCR提示・SCR応答課題とSCR-SPK提示・SCR応答課題、およびSPK提示・SPK応答課題とSCR-SPK提示・SPK応答課題は、結果的に類似した注意要求課題となってしまうため、これらの課題間には有意差が認められなかったと考えられる。

以上のことから、視覚性および聴覚性提示による引き算を伴う同時二重要求課題が立位姿勢調節時における動揺の抑制に対して有効に作用することが示唆され

る。しかしながら、立位姿勢調節には筋骨格系、神経筋系、感覚系、さらには認知的な要素が互いに密接に関与すると同時に、注意、動機、意志などの高次情報処理過程も立位姿勢調節に影響を及ぼす¹⁹⁾。注意は様々な認知機能の前提条件であり、注意が向かなければ認知は成立しないのに加えて、ある特定の認知機能が適切に機能するためには、注意の適切かつ効率的な動員が必要である。日常生活においてわれわれが認知すべき対象は無数であるとともに、注意による認知ターゲットの選択が要求される。さらに注意機能は、広く社会的生活を営むための様々な行為に介在し、それらを統合する役割も担う²⁰⁾。今回の実験結果から、立位姿勢調節というパフォーマンスに影響をおよぼす課題が存在することが示唆された。このことは、注意機能とパフォーマンスは密接な関係にあることを意味しており、注意機能が障害されれば、パフォーマンスに何らかの影響を与えることが容易に推測できる。したがって今後は、脳の特定領域に器質的な損傷を有する患者などを対象としてさらに検討を重ねることにより、認知機能や注意機能などの障害がどのような形でパフォーマンスに影響を及ぼすのかということについての詳細な解明を試みたい。

引用文献

- Andersson G, Hagman J, Talianzadeh R, et al.: Effect of cognitive load on postural control. *Brain*, 2002, **58**: 135-139.
- Woollacott M, Shumway-Cook A: Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area research. *Gait and Posture*, 2002, **16**: 1-14.
- Lajoie Y, Teasdale N, Bard C, et al.: Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Exp Brain Res*, 1993, **97**: 139-144.
- Teasdale N, Bard C, LaRue J, et al.: On the cognitive penetrability of posture control. *Expl Aging Res*, 1993, **19**: 1-13.
- Maylor EA, Wing AM: Age differences in postural stability are increased by additional cognitive demands. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 1996, **51**: P143-P154.
- Shumway-Cook A, Woollacott M, Kerns KA, et al.: The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 1997, **52**: M232-M240.
- Camicioli R, Howieson D, Lehman S, et al.: Talking while walking: the effect of a dual task in aging and Alzheimer's disease. *Neurology*, 1997, **48**: 955-958.
- Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y: "Stops walking when talking" as a prediction of falls in elderly people. *Lancet*, 1997, **349**: 617.
- Andersson G, Yardley L, Luxon L: A dual-task study of interference between mental activity and control of balance. *Am J Otolaryngol*, 1998, **19**: 632-637.
- Yardley L, Gardner M, Leadbetter A, et al.: Effect of articulatory and mental tasks on postural control. *NeuroReport*, 1999, **10**: 215-219.
- Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J: Age-related changes of postural control: effect of cognitive tasks. *Gerontology*, 2001, **47**: 189-194.
- Rankin JK, Woollacott MH, Shumway-Cook A, et al.: Cognitive influence on postural stability: a neuromuscular analysis in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2000, **55**: M112-M119.
- Shumway-Cook A, Woollacott M: Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2000, **55**: M10-M16.
- Ebersbach G, Dimitrijevic MR, Poewe W: Influence of concurrent tasks on gait: a dual-task approach. *Percept Mot Skills*, 1995, **81**: 107-113.
- Norman DA, Bobrow DG: On data-limited and resource-limited processes. *Cognit Psychol*, 1975, **7**: 44-64.
- Cherry EC: Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *J Acoust Soc Am*, 1953, **25**: 975-979.
- 松田岩男, 杉原 隆 (編著): 新版 運動心理学入門. 大修館書店, 東京, 1998, pp122-127.
- 八木昭宏: 知覚と認知 (現代心理学シリーズ6). 培風館, 東京, 2000, pp72-83.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH (著), 田中 繁, 高橋 明 (監訳): モーターコントロール運動制御の理論と臨床応用. 医歯薬出版, 東京, 1999, pp117-141.
- 加藤元一郎: 注意の概念—その機能と構造. 理学療法ジャーナル, 2003, **37**: 1023-1028.