

氏 名	いとう たろう 伊東 太郎
学位(専攻分野)	博 士 ( 学 術 )
学 位 記 番 号	博 乙 第 1 2 9 号
学位授与の日付	平成 16 年 7 月 26 日
学位授与の要件	学位規程第 3 条第 4 項該当
学 位 論 文 題 目	The relationship between anticipatory postural adjustments and motor performance in a standing position in humans (ヒトの立位姿勢からの運動開始における先行随伴性姿勢調節と主運動成果との関係)
審 査 委 員	(主査) 教授 山下謙智 教授 清原壽一 教授 遠藤泰久

## 論文内容の要旨

立位における関節運動は、それ自身姿勢と平衡を乱す源である。意図した関節運動が急速な場合、その運動が開始する以前に代償的活動が発現し、その活動を先行随伴活動(APA)と呼んでいる。この現象の解析は、立位随意運動における事前活動の機能的役割、意図した運動の成果との関係、および多関節運動における準備および開始に関する中枢状況を、非侵襲的かつ定量的に測定できる点で注目されている。本論文は、序章および終章の外、2,3,4,5の4つの章から成っている。

2章では、立位からのつま先立ちにおいて、前後方向のAPAの最大振幅と見越し時間の両要素が増加すると運動成果も有意に増加する。これらのことから、前後方向におけるAPAの機能的役割の一つは主運動の発現しやすい位置に身体重心位置を前もって移動すること、もう一つは主運動の成果を増大させることであろう。

3章では、安静立位から意図した運動開始時の重心位置と歩幅を厳密に規定して、一步踏みだし運動を行い、運動脚の離地から接地までの身体重心の移動距離が一定になるよう実験設定をした。これまで先行随伴活動の最大振幅と見越し時間両方とも主運動速度が増大すると増加するとされてきたが、今回身体重心の移動距離を一定にした結果、見越し時間に有意な差はなかったが、最大振幅は速度が高いときに増大することが明らかにされ、先行随伴活動の最大振幅は主運動速度に、見越し時間は身体重心の移動距離に応じて決定されるということが明らかになった。特に見越し時間が身体重心の移動距離に応じて決定されるという点は新たな知見として評価できる。

4章では、全力の一步踏みだし動作開始時の重心位置を変化させることで、主運動開始時の姿勢調節の必要度の変化が、ステップ速度に及ぼす影響を検討した。後傾位から一步踏みだしを開始する方が、安静立位や前傾位からよりも、ステップ最大速度は増加し、主運動開始前の姿勢調節が主運動開始後の主運動成果に貢献していることを指摘した。

5章では、立位からの一步踏みだし動作において、運動脚の踵離地に先行して出現する左右方向の先行随伴姿勢活動(ML-APA)と前方速度との関係を検討した。第2-4章の結果とは逆に、一步踏みだし動作におけるML-APAの振幅、すなわち支持脚側へのCMの移動速度および移動距離は、主運動速度が低下すると増大した。運動脚離地から接地までのステップ時間は支持脚だけで

の身体支持の時間を示すが、これは主運動速度が遅くなるほど長くなった。外乱で誘発するステップ動作では、swing phase は支持脚だけの身体時間を示し、長くなるほど lateral instability を生じやすくなると報告されている。これらの結果からステップ時間が長くなるほど lateral instability が生じやすく、それをより大きい左右方向の APA で補うものと考えられた。このように、意図した前方速度から lateral instability が見積もられ、それに応じて主運動開始に先行して左右方向の APA の大きさが決定されることが示唆された。第 5 章から APA は、主運動で生じるであろう姿勢の崩れを前もって補償する機能を再確認することができた。

また 2、3、5 章ならびに終章において、今回の APA と主運動成果との密接な関連を示すデータから、姿勢調節と主運動それぞれに関与する中枢制御の機能的関連を示唆しており、現在動物実験や神経機能損傷者のデータからしか垣間見えない中枢の様相を非侵襲的な手段から示唆できたことは画期的であるといえる。

以上の APA に関する知見は、パフォーマンスを増大させるためのトレーニング方法を再考させるだけでなく、高齢者の転倒問題への対策を講じる処方につながると考えられる。

## 論文審査の結果の要旨

立位で行う多関節運動の成果は、複数かつ多様な要因で構成されている。立位随意運動における見越し活動と呼ぶ(先行随事前活動とも APA とも呼ぶ)現象の解析は、その課題解決に重要な役割を果たす。

本論文では、2～5 章において、一步踏み出し開始時の前後方向の先行随伴性姿勢調節と主運動の動作時間との関係、前後方向の先行随伴性姿勢調節と前方推進速度との関係、左右方向の先行随伴性姿勢調節と前方推進速度との関係、そして、立位つま先立ち開始時の先行随伴性姿勢調節と上方移動速度との関係の成果について論述している。

本論文の研究成果の特徴の一つは、主運動開始時の重心位置と歩幅を厳密に規定して、一步踏みだし動作の際、運動脚の離地から接地までの身体重心の移動距離が一定になるよう実験条件を設定した点である。そのことが、先行随伴活動の振幅は主運動速度に、見越し時間は身体重心の移動距離に応じて決定するという知見を導き出すきっかけとなった。

もう一つは、主運動の運動成果への影響に着目した点である。特に、前方移動速度という運動成果に左右方向の APA が関与するという知見は新規で、今後の研究の進展が期待される。さらには、意図した運動が開始する際の重心位置が意図した運動の成果に影響を及ぼすという知見も興味がある。

このように伊東太郎氏は、先行随伴活動の出現様相、意図した運動の成果に及ぼす影響に関する多量の資料を提供した。さらに、APA の出現様相と中枢神経信号経過との相互関係に言及した点、および姿勢調節障害の変化に伴う APA の出現様相の変化に関する指摘は、身体運動に関する広範囲で基本的な臨床的貢献をも期待させる。

本論文は以下に述べる 6 編の、レフェリー制のある学術論文と、2 編の投稿中の論文に基づいたものである。

1. 花野俊昭、伊東太郎、東隆史。筋電図による Human locomotion の動作解析-ホッピング動作中の上下肢・躯幹の連動-、ランニング学研究 3 号 20～30(1991)。

2. 金尚憲、川辺秀喜、寺田光世、伊東太郎、山下謙智、相対的筋放電量からみた上水平支持、日本体操研究会会誌 6 号 69～75(1998)。
3. T.Ito,T.Azuma,N.Yamashita, Anticipatory control related to the upward propulsive force during the rising and tiptoe from an upright standing position,European Journal of Applied Physiology,92:186-195,2004)
4. T.Ito,N.Yamashita,T.Azuma, The anticipatory and executive EMG activities in the rapid stepping action from a standing position,In:M.Yosizawa(Eds.)Medical and Gymnastics Sciences,Co Ltd.Fukui,Japan,pp1-9(in press)
5. T.Ito,T.Azuma, N.Yamashita, Anticipatory control in the initiation of a single step under biomechanical constraints in humans.Neuroscience Letters,352-3;207-210,2003.
6. 伊東太郎、山下謙智、東隆史、各種動作時間での一歩踏み出し動作における見越し活動の様式について、「身体運動のバイオメカニクス」第 13 回日本バイオメカニクス学会大会論集 167～172 頁 筑波大学体育科学系発刊(1997)。
7. T.Ito,T.Azuma,N.Yamashita, Effects of changing the initial leaning posture on the forward velocity in step initiation from the standing position, International Journal of Sports Medicine(in submitted)
8. T.Ito, T.Azuma, N.Yamashita, Enhancement of the anticipatory postural adjustment in the frontal plane with the reduction of the forward propulsive velocity of step institution, European Journal of Applied Physiology(in submitted)