

■ 原著

マーチング演奏が体幹運動と体幹・下肢の筋活動に 及ぼす影響

—トランペットならびにマーチングユーフォニアムによる検討—

The effects of performing in a marching band on trunk movements and trunk-lower extremity muscle activities: An investigation of trumpet and marching euphonium performance

三谷保弘¹⁾

Yasuhiro MITANI¹⁾

1) 関西福祉科学大学 保健医療学部リハビリテーション学科
〒582-0026 大阪府柏原市旭ヶ丘 3-11-1
TEL 072-978-0088 FAX 072-978-0377
E-mail: mitani@tamateyama.ac.jp

1) Department of Rehabilitation Sciences, Faculty of Allied Health, Kansai University of Welfare Sciences
3-11-1 Asahigaoka, Kashiwara, Osaka, 582-0026, Japan, TEL +81-72-978-0088

保健医療学雑誌 7 (2): 54-60, 2016. 受付日 2016年 7月 12日 受理日 2016年 8月 29日
JAHS 7(2): 54-60, 2016. Submitted Jul. 12, 2016. Accepted Aug. 29, 2016.

ABSTRACT:

The purpose of this study was to investigate how performing in a marching band affects the performers' trunk movements and trunk-lower extremity muscle activities. The subjects were 10 female university students. The students performed using a trumpet and marching euphonium while walking on a treadmill, and their trunk movements and trunk-lower extremity muscle activities were measured. Results revealed that the maximum posterior tilt angle of the upper trunk increased significantly while the subjects performed compared with their natural gaits. The maximum anterior tilt angle, rotation angle, and lateral tilt angle of the upper trunk decreased significantly while the subjects performed compared with their natural gaits. In addition, the muscle activity in the trapezius, lumbar paraspinal muscle, rectus femoris, biceps femoris, and gastrocnemius increased significantly. The results suggest that performing these instruments in a marching band context increases physical stress on the trunk and lower extremities.

Key words: trunk, lower extremity, motion analysis

要旨：

本研究の目的は、マーチング演奏が体幹運動と体幹・下肢の筋活動に及ぼす影響について検討することである。10名の女子大学生を対象とし、トランペットならびにマーチングユーフォニアムを用いたマーチング演奏時の体幹運動と体幹・下肢の筋活動を測定した。トランペットならびにマーチングユーフォニアムを用いたマーチング演奏では、いずれも自然歩行に比べて上部体幹の最大後傾角の増大と、上部体幹の最大前傾角、左右傾斜可動範囲、左右回旋可動範囲の減少が認められた。また、僧帽筋、腰部傍脊柱筋、大腿直筋、大腿二頭筋、腓腹筋の筋活動の増大が認められた。これらの楽器を用いたマーチング演奏では、体幹・下肢の力学的負荷が増大することが示唆された。

キーワード： 体幹, 下肢, 動作解析

はじめに

マーチング演奏は行進をしながら各種楽器を演奏することであり、学校の部活動としても広く行われている。マーチング演奏は演奏技術のみならず全体の動きの美しさと一体感が必要であり、楽器演奏の練習は勿論のこと、隊形変換（フォーメーション）の練習にも多くの時間を費やしている。

マーチング演奏は身体各部の筋骨格系に大きな負荷を与え、整形外科的症候を引き起こすことが知られている。高等学校のマーチング演奏者を対象とした身体症状に関するアンケート調査では、41.7%の者が整形外科的症候を有しており、なかでも肩甲帯や腰部に症状を有する者が多いと報告されている¹⁾。マーチング演奏に用いられる楽器には様々な種類があるが、なかでも重い楽器を構えることにより僧帽筋や腰部傍脊柱筋などの筋活動が増大し²⁾、これが整形外科的症候を引き起こす要因になると考えられる。また、楽器演奏に加えて行進を行うことで、さらに大きな筋活動が生じると考えられる。マーチング演奏では足並みの統一感と美しさを表現するために膝を曲げずに歩く“ストレートレッグ”という歩行様式が取り入れられることが多い。一般的に、自然歩行における立脚期の膝関節屈曲は足部接地時の衝撃緩衝と重心点の垂直移動幅を減少させ、遊脚期の膝関節屈曲はつま先のつまずきを防いでいる³⁾。これらは効率的な歩行を行ううえで重要な役割を果たしており、ストレートレッグでの歩行様式は自然歩行に比べてエネルギー効率が悪く、筋骨格系に与える物理的負荷を増大させると考えられる。

このように、マーチング演奏者に引き起こされる整形外科的症候は、楽器を構えることとストレ

ートレッグによる歩行様式が影響していると考えられるが、マーチング演奏時の身体運動や筋活動について十分な検討がなされておらず、マーチング演奏が筋骨格系に及ぼす影響は明らかでない。そこで今回、トランペットとマーチングユーフォニアムを用いたマーチング演奏時の体幹運動と体幹・下肢の筋活動を測定し、マーチング演奏において楽器を構えることとストレートレッグでの歩行様式が筋骨格系に与える影響について検討した。なお、マーチングバンドは主に管楽器と打楽器により編成されるが、演奏する楽器により身体に加わる負荷が異なると考えられる。今回、トランペットとマーチングユーフォニアムを選んだ理由は、マーチングバンドにおいて代表的な管楽器であることと、演奏姿勢が共通しており楽器の形状と重さが筋骨格系に及ぼす影響について検討することができると考えたからである。

方法

対象は、健常な女子大学生10名(平均年齢20.5±1.3歳、平均身長159.6±6.2cm、平均体重55.1±7.2kg)とした。対象者全員がマーチング演奏の経験者であったが、なかにはトランペットとマーチングユーフォニアムの演奏経験がなかった者もいたことから、測定前にそれらの楽器を用いたマーチング演奏について高等学校吹奏楽部の指導者から十分な指導を受けた。対象者には本研究の目的と内容を十分に説明し、研究参加の同意を得た。本研究の実施については、四條畷学園大学倫理委員会の承認を得た(承認番号23-2)。

対象者は、トレッドミル(Biodex Gait Training System, Biodex medical systems社製)上にて自然歩行、楽器を持たないストレートレッグ歩行(SL-gait)、トランペットの演奏姿勢を保持した

ストレートレッグ歩行 (Tp-gait)、マーチングユーフォニアムの演奏姿勢を保持したストレートレッグ歩行 (Euph-gait) を行った (Fig. 1)。なお、SL-gaitは腕の振りを許容した。また、Tp-gait、Euph-gait において各楽器を構える際は床に対して平行に保持するように指示した。今回使用した楽器の重さは、トランペットが 1.16 kg、マーチングユーフォニアムが 3.18 kg であった。トレッドミルの速度は 4.6km/h とし、120bpm に設定したメトロノームの音に合わせて各歩行を行わせた。なお、歩行速度とテンポは曲調やフォーメーションにより様々であるが、マーチングバンドにおける行進の基本練習では 120~132bpm のテンポ、55~65cm の歩幅 (女子) にて行うことが推奨されていることから⁴⁾、これらを基に今回の歩行速度とテンポを設定した。

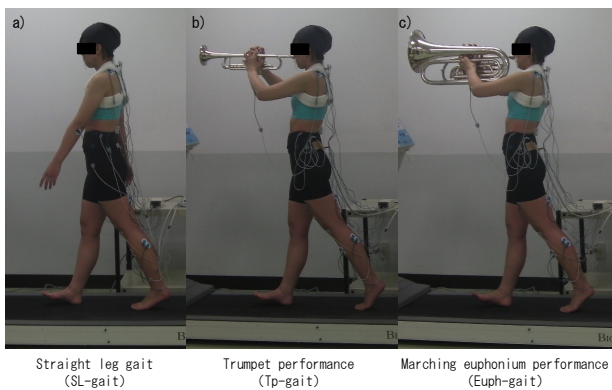


Fig. 1 SL-gait (a), Tp-gait (b), Euph-gait (c) and natural gait were performed on a treadmill.

各歩行時の体幹運動と体幹・下肢の筋活動を測定した。測定の順番は、自然歩行、SL-gait、Tp-gait、Euph-gait の順とした。動作時の体幹運動は、三次元動作解析装置 (CMS-HS, Zebris 社製) を用いて測定した。サンプリング周波数は 100Hz とした。対象者の第 1 胸椎、第 2 仙椎部に角度算出用のアタッチメントを貼付し、それぞれ上部体幹と骨盤の角度変化の指標とした。なお、このアタッチメントには 3 つの小型マーカが貼付されており、これらのマーカ位置をリアルタイムに空間座標化しパーソナルコンピュータにて処理することで、アタッチメントの角度を算出することができる。得られたデータは動作解析ソフト (Win-Date, Zebris 社製) にて処理した。測定項目は、上部体幹ならびに骨盤の 1 歩行周期における最大前傾角、最大後傾角、前後傾斜可動範囲、

左右傾斜可動範囲、左右回旋可動範囲とした。また、変位算出用の小型マーカを頭部 (外後頭隆起) と骨盤 (第 1 仙椎部) に貼付し、それぞれの左右移動範囲、上下移動範囲を測定した。なお、測定は 10 歩行周期にわたり行い、中央の 3 歩行周期の平均値を求めた。

筋活動の測定には表面筋電計 (Myosystem1200, Noraxon 社製) を使用した。被験筋は、左側の僧帽筋上部線維、腰部傍脊柱筋、大殿筋、大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋外側頭とした。今回使用した楽器は、左手で楽器を支持し右手で演奏するため、本研究では支持側である左側を測定対象とした。なお、全ての対象者は右利きであり、利き手による影響がないことを確認した。皮膚抵抗が 10Ω 以下になるように皮膚処理を十分に行った後、各筋の筋腹に筋線維の走行に沿って電極 (Blue Sensor P-00-S, Ambu 社製) を貼付した。アース電極は左肘頭に貼付した。電極間距離は 25mm とした。サンプリング周波数は 1,000Hz とし、10 歩行周期にわたり計測した。得られたデータは、筋電図解析ソフト (Myoresearch, Noraxon 社製) にて全波整流処理を行った後、中央の 3 歩行周期の平均振幅を求めた。各筋の平均振幅は、3 秒間の最大随意収縮時の平均振幅を 100% として正規化した。

統計解析は、Freadman 検定を行いその後の多重比較には Steel-Dwass 法による検定を行った。いずれも有意水準は 5% 未満とした。統計解析には、R (version 2.8.1) を使用した。

結果

結果を Table 1~3 に示す。

上部体幹の最大前傾角、左右傾斜可動範囲、左右回旋可動範囲は、自然歩行ならびに SL-gait に比べて Tp-gait と Euph-gait に有意な減少が認められた。上部体幹の最大後傾角は、自然歩行ならびに SL-gait に比べて Tp-gait と Euph-gait に有意な増大が認められた。上部体幹の前後傾斜可動範囲は、自然歩行に比べて SL-gait に有意な増大が認められた。骨盤の左右回旋可動範囲は、自然歩行に比べて Euph-gait に有意な増大が認められた。骨盤の前後傾斜可動範囲は、自然歩行に比べて SL-gait、Tp-gait、Euph-gait に有意な増大が認められた。骨盤の最大前傾角、最大後傾角、左

右傾斜可動範囲は各歩行との間に有意差が認められなかった。

頭部ならびに骨盤の上下移動幅は、自然歩行に比べて SL-gait、Tp-gait、Euph-gait に有意な増大が認められた。頭部ならびに骨盤の左右移動幅は、各歩行との間に有意差が認められなかった。

僧帽筋上部線維の筋活動は、自然歩行ならびに SL-gait に比べて Tp-gait と Euph-gait に有意な

増大が認められた。腰部傍脊柱筋の筋活動は、自然歩行に比べて Tp-gait と Euph-gait に有意な増大が認められた。大殿筋の筋活動は、自然歩行に比べて Euph-gait に有意な増大が認められた。大腿直筋、大腿二頭筋、腓腹筋外側頭の筋活動は、自然歩行に比べて SL-gait、Tp-gait、Euph-gait に有意な増大が認められた。前脛骨筋の筋活動は、各歩行との間に有意差が認められなかった。

Table 1 The angles of the upper trunk and pelvis

		natural gait	SL-gait	Tp-gait	Euph-gait	
Upper trunk	Maximum anterior tilt angle	3.9±3.8	4.9±4.3	-8.4±5.5	-11.5±8.6	b), d), f), h)
	Maximum posterior tilt angle	-0.8±3.6	-0.9±4.3	12.0±6.0	15.2±9.1	c), d), g), h)
	Anterior-posterior tilt angle	3.2±0.6	4.0±0.5	3.6±0.9	3.7±1.1	a)
	Lateral tilt angle	4.1±0.9	5.0±1.3	2.6±0.5	2.8±0.6	b), e), f), h)
	Rotation angle	6.9±2.9	7.2±2.1	4.4±1.0	4.3±1.7	c), e), g), i)
Pelvis	Maximum anterior tilt angle	3.2±3.7	7.3±2.7	5.9±4.1	6.5±4.1	
	Maximum posterior tilt angle	-0.9±3.4	-4.2±2.5	-2.7±4.2	-3.1±3.8	
	Anterior-posterior tilt angle	2.3±0.6	3.1±0.6	3.2±0.6	3.3±0.9	a), c), e)
	Lateral tilt angle	6.2±1.2	5.6±1.6	5.2±1.4	5.6±1.5	
	Rotation angle	9.2±4.8	13.7±3.7	13.5±4.4	14.4±2.9	e)

Mean±SD, Unit: degree

- a) Significant difference between the natural gait and the SL-gait ($p < 0.05$)
- b) Significant difference between the natural gait and the Tp-gait ($p < 0.01$)
- c) Significant difference between the natural gait and the Euph-gait ($p < 0.05$)
- d) Significant difference between the natural gait and the Euph-gait ($p < 0.01$)
- e) Significant difference between the natural gait and the Euph-gait ($p < 0.05$)
- f) Significant difference between the SL-gait and the Tp-gait ($p < 0.01$)
- g) Significant difference between the SL-gait and the Tp-gait ($p < 0.05$)
- h) Significant difference between the SL-gait and the Euph-gait ($p < 0.01$)
- i) Significant difference between the SL-gait and the Euph-gait ($p < 0.05$)

Table 2 The vertical and lateral movement distances of the head and pelvis

		natural gait	SL-gait	Tp-gait	Euph-gait	
Head	vertical movement distance	18.9±7.3	34.5±10.0	32.4±9.3	34.3±9.9	a), b), c)
	lateral movement distance	20.4±8.7	24.8±5.9	27.0±3.4	27.2±7.5	
Pelvis	vertical movement distance	26.1±24.7	35.6±10.0	32.4±9.5	33.3±9.0	a), b), c)
	lateral movement distance	40.7±12.0	42.8±10.4	45.4±11.3	46.3±11.5	

Mean±SD, Unit: mm

- a) Significant difference between the natural gait and the SL-gait ($p < 0.05$)
- b) Significant difference between the natural gait and the Tp-gait ($p < 0.05$)
- c) Significant difference between the natural gait and the Euph-gait ($p < 0.05$)

Table 3 The muscle activities

	natural gait	SL-gait	Tp-gait	Euph-gait	
Upper fibers of the trapezius	5.8±2.7	7.0±3.5	21.3±13.5	33.4±19.7	d), e), g), h)
Lumbar paraspinal muscles	15.6±8.4	31.2±14.3	44.0±21.4	48.6±23.8	d), e)
Gluteus maximus	23.1±12.5	36.9±13.8	42.6±18.6	48.6±23.6	f)
Rectus femoris	21.3±13.8	57.6±25.2	62.9±49.8	65.4±36.9	b), d), e)
Biceps femoris	16.4±5.0	42.2±21.5	47.3±26.2	51.3±23.2	a), c), e)
Tibial anterior	27.3±18.7	59.8±41.9	57.9±42.9	60.9±41.5	
Lateral head of the gastrocnemius	25.3±7.2	42.5±11.4	41.9±12.4	42.4±12.8	b), d), f)

Mean±SD, Unit: %

a) Significant difference between the natural gait and the SL-gait ($p < 0.01$)

b) Significant difference between the natural gait and the SL-gait ($p < 0.05$)

c) Significant difference between the natural gait and the Tp-gait ($p < 0.01$)

d) Significant difference between the natural gait and the Tp-gait ($p < 0.05$)

e) Significant difference between the natural gait and the Euph-gait ($p < 0.01$)

f) Significant difference between the natural gait and the Euph-gait ($p < 0.05$)

g) Significant difference between the SL-gait and the Tp-gait ($p < 0.05$)

h) Significant difference between the SL-gait and the Euph-gait ($p < 0.01$)

考察

上部体幹の最大前傾角は、自然歩行ならびに SL-gait に比べて Tp-gait と Euph-gait に有意な減少が認められた。また、上部体幹の最大後傾角は自然歩行ならびに SL-gait に比べて Tp-gait と Euph-gait に有意な増大が認められた。ただし、いずれも自然歩行と SL-gait との間に有意差が認められなかったことから、楽器を構えることがこれらの角度変化に影響を及ぼしたと考えられた。楽器と身体との合成重心位置は、楽器を顔の正面で構えることにより前方に変位するが、体幹を後傾することでできる限り一定の位置に保持するための姿勢制御方略であると考えられた。ただし、上部体幹の最大後傾角の増大は、腰椎前弯角を増大させる。腰椎前弯角の増大は腰椎の前方組織に引っ張り力を生じさせ、椎間関節に圧迫力を生じさせるとされている⁵⁾。立位での腰椎前弯角の増大は慢性腰痛の発生に関係するとされており⁶⁾、トランペットならびにマーチングユーフォニアムの演奏姿勢を長時間保持することは、腰痛を引き起こす要因になると考えられた。なお、上部体幹の前後傾斜可動範囲は自然歩行に比べて SL-gait に有意な増大が認められ、骨盤の前後傾斜可動範囲は自然歩行に比べて SL-gait、Tp-gait、Euph-gait に有意な増大が認められた。ただし、SL-gait、Tp-gait、Euph-gait のそれぞれの間に

有意差が認められなかったことから、ストレートレッグでの歩行様式がこれらの角度変化に影響を及ぼしたと考えられた。自然歩行では前遊脚期に膝関節と股関節が屈曲し始め遊脚期に備えるが⁸⁾、ストレートレッグでの歩行様式では前遊脚期に膝関節の屈曲が生じないため股関節の伸展角度が増大し、それに伴い骨盤の前傾角が増大したことによるものと考えられた。ただし、いずれも平均値では1°以内の小さな差であった。

上部体幹の左右傾斜可動範囲と左右回旋可動範囲は、自然歩行ならびに SL-gait に比べて Tp-gait と Euph-gait に有意な減少が認められた。ただし、いずれも自然歩行と SL-gait との間に有意差が認められず、楽器を構えることがこれらの角度変化に影響を及ぼしたと考えられた。自然歩行で生じる体幹の回旋は、体幹上部と体幹下部が逆回旋することで角運動量を打ち消し合い平衡を保持するためのものである⁷⁾。しかし、マーチング演奏では構えた楽器が動かないように上部体幹をできる限り固定し、その可動範囲を能動的に減少させていると推察される。腰部傍脊柱筋の筋活動は自然歩行に比べて Tp-gait と Euph-gait に有意な増大が認められており、これは顔の正面で楽器を構えること、また能動的に体幹の回旋や側屈を減少させたことによるものと考えられた。腰部傍脊柱筋の筋活動が増大することで腰部に対する物理的負荷が増大することが示唆された。

なお、腰部傍脊柱筋の筋活動についても自然歩行と SL-gait との間に有意差が認められず、楽器を構えることが筋活動の変化に影響を及ぼしたと考えられた。

頭部ならびに骨盤の上下移動幅は、自然歩行に比べて SL-gait、Tp-gait、Euph-gait に有意な増大が認められた。ただし、SL-gait、Tp-gait、Euph-gait のそれぞれの間には有意差が認められず、頭部ならびに骨盤の上下移動幅は、楽器の構えではなく SL-gait が影響したと考えられた。自然歩行の立脚期における膝関節屈曲の役割は、重心点の垂直移動幅を減少し効率的な歩行を獲得することである^{3,8)}。したがって、SL-gait は身体の垂直移動幅が増大し歩行のエネルギー効率が低下するため、身体各部の筋に加わる負荷が増大すると考えられた。実際、大腿直筋、大腿二頭筋、腓腹筋の筋活動は、自然歩行と SL-gait、自然歩行と Tp-gait、自然歩行と Euph-gait との間に有意差が認められ、SL-gait、Tp-gait、Euph-gait のそれぞれの間には有意差が認められなかったことから、SL-gait がこれらの筋活動の変化に影響を及ぼしたと考えられた。

僧帽筋上部線維の筋活動は自然歩行ならびに SL-gait に比べて Tp-gait と Euph-gait に有意な増大が認められた。ただし、自然歩行と SL-gait との間に有意差が認められなかったことから、楽器を構えることがこれらの筋活動に影響を及ぼしたと考えられた。トランペットならびにマーチングユーフォニアムを構える際には肩関節の屈曲・外転が生じ、それに伴い肩甲骨の上方回旋や挙上が生じる。僧帽筋上部線維の筋活動は、これら楽器の演奏姿勢を保持するために増大したと考えられた。

これらのことから、マーチング演奏において楽器を構えることが上部体幹の運動と腰部傍脊柱筋ならびに僧帽筋上部線維の筋活動に影響を与え、ストレートレッグによる歩行様式が身体の上移動と大腿直筋、大腿二頭筋、腓腹筋の筋活動に影響を与えたことが示唆された。また、いずれの測定項目においても、Tp-gait と Euph-gait との間に有意差が認められず、楽器の形状と重さが筋骨格系に及ぼす影響は明らかにならなかった。ただし、トランペットとマーチングユーフォニアムの立位における演奏姿勢と体幹の筋活動を検討した先行研究²⁾によると、トランペットに比べ

てマーチングユーフォニアムの演奏姿勢では体幹前傾角が減少し、僧帽筋上部線維の筋活動が増大したと報告している。また、頸部傍脊柱筋、僧帽筋上部線維、腰部傍脊柱筋の筋活動は、安静立位とトランペットの演奏姿勢との間に有意差が認められなかったものの、安静立位に比べてマーチングユーフォニアムの演奏姿勢に有意な増大が認められたと報告している。本研究の限界として、対象者が 10 名と少数であったため得られた結果を一般化し難いこと、また、対象者のなかには過去にトランペットとマーチングユーフォニアムの演奏経験がなかった者も含まれており、楽器演奏歴による影響を除外することができなかったことが挙げられる。これらが先行研究と異なる結果を生じさせた要因の一つであると考えられた。ただし、楽器が重くなることで上部体幹の最大前傾角の減少ならびに僧帽筋上部線維と腰部傍脊柱筋の筋活動が増大する傾向がうかがえたことから、対象者を増やし、楽器演奏歴などを考慮に入れた対象者の抽出を行うことで、マーチング演奏が筋骨格系に及ぼす影響についてさらに有用な知見が得られると考えられる。

結語

1. 10 名の女子大学生を対象とし、自然歩行、ストレートレッグ歩行、トランペットならびにマーチングユーフォニアムを構えたストレートレッグ歩行を行わせ、体幹運動と体幹・下肢の筋活動について検討した。
2. 楽器を構えることにより上部体幹の最大後傾角の増大、最大前傾角、左右傾斜可動範囲、左右回旋可動範囲の減少が認められた。また、僧帽筋上部線維と腰部傍脊柱筋の筋活動の増大が認められた。
3. ストレートレッグ歩行により頭部ならびに骨盤の上下移動幅の増大が認められた。また、大腿直筋、大腿二頭筋、腓腹筋外側頭の筋活動の増大が認められた。
4. 楽器を構えることが体幹運動と体幹の筋活動に影響を及ぼし、ストレートレッグ歩行が下肢の筋活動に影響を及ぼしたと考えられた。

文献

- 1) 長谷川昌士, 河井秀夫, 西脇健司・他: 高校吹奏楽部所属学生の楽器練習における身体症状の発生状況 -演奏楽器別での症状特性について-. 四條畷学園大学リハビリテーション学部紀要 6 : 13-17, 2010.
- 2) Mitani Y, Kitagawa T, Matsugi A, et al.: Effect of posture during trumpet and marching euphonium performance on the trunk and lower limb musculoskeletal system. *J Phys Sci.* 25: 1115-1117, 2013.
- 3) 中村隆一, 齋藤 宏: 基礎運動学. 医歯薬出版株式会社, 東京, 第4版, 315-317, 1992.
- 4) 広岡徹也: マーチング・フォーメーション. 株式会社エー・ティー・エヌ, 東京, 10-29, 1992.
- 5) Hartsell HD, Tata CE: A retrospective survey of music related musculoskeletal problems occurring in undergraduate music students. *Physiotherapy Canada* 43: 13-18, 1991.
- 6) Kapandji AI: The physiology of the joints, Volume3: The spinal column, pelvic girdle and head. Edinburgh, Churchill Livingstone, 6th ed, 92-93, 2008.
- 7) Elftman H: The function of the arms in walking. *Human biology* 11: 529-535, 1939.
- 8) Perry J: Gait analysis. SLACK Inc., USA, 19-129, 1992.