

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 15 日現在

機関番号：21501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500480

研究課題名（和文） 下肢の関節を守るための重量物の運搬方法

研究課題名（英文） How to carry heavy loads to protect the lower limb joints.

研究代表者

神先 秀人 (KANZAKI HIDETO)

山形県立保健医療大学・保健医療学部・教授

研究者番号：10381352

研究成果の概要（和文）：「両肩で背負う」、「前方にて両手で抱える」、「右手でさげる」、「右肩にかける」の4種の運搬方法における下肢や脊柱の関節へ加わる負荷を、筋活動ならびに運動力学的分析により比較した。片手で持つ方法では、対側の股関節のみではなく、対側脊柱や同側膝関節へ大きな負荷が加わること、両手で抱える方法では、体重の20%の負荷で、両側の脊柱起立筋に、無負荷時の約2倍の筋活動を生じさせ、脊柱に大きな負荷が加わることが示唆された。

研究成果の概要（英文）： The purpose of this study is to examine the effects of carrying position on the kinetic parameters and muscle activities of the spine and lower limb during walking. The four carrying positions were “holding a bag on his back,” “holding a bag anterior to the chest with both hands,” “holding a bag in their right hand” and “holding a bag on their right shoulder”. It was suggested that when the bag was held in the hand, an excessive load might be added to the spine and the hip joint of the opposite side and the knee joint of the same side. When the bag is held anterior to the chest with both hands, an excessive load might be added on the spine and hip joints of both sides.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	400,000	120,000	520,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：運搬、運搬姿勢、関節負荷、筋活動、歩行分析

## 1. 研究開始当初の背景

買い物や旅行などにおいて重い荷物を運搬する際には、脊椎や下肢の関節に体重の数倍もの大きな力が加わる。そして、その力の大きさや加わる部位は荷物の持ち方によって大きく変わる。局所に集中した負荷が長期間続くことは、関節破壊や変形をもたらす可

能性を高める。特に下肢関節に障害のある患者や人工関節などの手術を受けた患者にとって、関節への過度の負荷は症状の進行や人工関節の寿命に悪影響を及ぼす。また、通学や職業など、長期間にわたって同じ姿勢で重い荷物を運び続けることは、脊柱や特定の関節へ過剰な負荷をもたし、痛みや変形の原因

となり得る。したがって、荷物の運搬時における関節負荷の軽減のための適切な生活指導は非常に重要と考えられる。

種々の動作や運動時に股関節にどの程度の負荷が加わるかを、生体内で直接測定した報告では、低い椅子からの立ち上がり時には歩行時の約3倍、階段を昇る際には約2倍の最大負荷圧が加わることを示している。これらの負荷圧は、ジョギングやジャンプの時より高い値を示した。また最大努力の筋収縮では歩行時と変わらない程度の最大圧を示した。これらのことから、日常生活において大きな上下の重心移動を伴う動作時には、股関節に非常に大きな負荷圧が加わることを、また股関節周囲筋の最大収縮を促すような運動時にも同様の負荷が加わることが推測される。

重量物の運搬方法に関する研究に関しては、片脚立位にて上肢に重量物を負荷した時の中殿筋の筋活動を測定することで、股関節荷重の大きさを示唆した報告がみられる。この研究から上肢への負荷が同側の中殿筋の活動量を減少させるとともに、対側の活動量を大きく増加させ、同側股関節への負荷の軽減と対側股関節への負荷の増大が生じることが示されている。

運動力学的観点から一側上肢への重錘負荷が下肢の関節へ及ぼす影響について検証した我々の研究においても、重錘を持たない側では両脚支持期に筋活動が増し、股関節への負荷も増大すること、逆に持つ側では筋活動が低下し、関節負荷も軽減されることが示唆された。

このように荷物運搬時に股関節へ加わる負荷に関する研究や荷物を持ち上げる際に腰椎に加わる負荷に関する研究はみられるが、その他の関節に関する研究や種々の運搬方法を比較した研究は散見される程度である。臨床において、多くの患者に対して関節保護を目的とした正しい指導方法を提供するためには、その根拠を明らかにすることが非常に重要と考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、荷物の運搬方法の違いによる歩行中の脊椎や下肢関節への影響を、重心移動、下肢関節モーメント等の運動力学的分析や下肢・体幹の筋活動の筋電図学的分析により、関節に負担の少ない持ち運び方を提示することである。

## 3. 研究の方法

対象は、整形外科疾患や中枢神経疾患の既往のない健康成人22名(男性11名、女性11名、平均年齢23.0歳(20-32歳)、身長165.0±9.2cm、体重59.0±10.2kg、BMI21.0±2.2)である。

本研究は山形県立保健医療大学の倫理委員会の承認を得て行った。

## (1)各運搬動作における下肢・体幹の筋活動と運動学・運動力学的特徴

各対象者に、床反力計および3次元動作解析装置を備えた約6mの歩行路上を、無負荷での歩行および体重の20%に相当する重量物を運搬する課題歩行を行なわせた。運搬方法は、「両肩で背負う(後方)」、「前方にて両手で抱える(前方)」、「右手でさげる(右手)」、「右肩にかける(右肩)」の4種とした(図1)。

歩行中の各対象者の運動学・力学的パラメータを収集するとともに、左右の脊柱起立筋(第3腰椎レベル)、中殿筋、外側広筋の計6筋の筋活動を筋電計にて測定した。歩行は裸足にて行ない、重量物には本を収容して重さを調節した3ウェイバッグを用いた。



図1 4種の運搬方法

A: 無負荷(対照), B: 両肩で背負う, C: 両手で抱える, D: 右肩に掛ける, E: 右手でさげる

## (2)各運搬方法による立位姿勢の特徴

各運搬方法における立位の静的アライメントを脊柱形状計測分析器(スパイナルマウス: Index社製)を用いて測定し、胸椎後弯角・腰椎前弯角・仙骨傾斜角を求めた。但し、両肩で背負う方法は、スパイナルマウスの使用が困難なため省略した。胸椎後弯角は、第1胸椎(Th1)から第12胸椎(Th12)までの弯曲であり、腰椎前弯角は、第12胸椎(Th12)から第1仙椎(S1)までの腰部全体の弯曲で、仙骨傾斜角は、仙骨によって描かれる背中表面の輪郭線が直線に対して作る角度である。(図2)



図2 脊柱弯曲角

1. 胸椎後弯角(Th1 ~ Th12 までの背部脊柱全体の弯曲)
2. 腰椎前弯角(Th12 ~ S1 までの腰部脊柱全体の弯曲)
3. 仙骨傾斜角(仙骨によって描かれる背中表面の輪郭線が鉛直線に対して作る角度)

白田ら: スパイナルマウスを用いた青年期の立位姿勢の評価. Yamanashi Nursing Journal 5, 2007より引用。

#### 4. 研究成果

##### (1) 持ち方による姿勢の変化

図3は、体重の20%の重さのバッグを種々の方法を用いて運搬歩行した時の左立脚中期の姿勢を、スティックピクチャーを用いて矢状面上に表した画像である。無負荷の歩行(A)と比較して、両肩で背負ったとき(B)や片手で下げたとき(E)には体幹が前屈位に、前方で抱えたとき(C)には伸展位に傾く。図4は同じ姿勢を前額面から観察したものである。無負荷の歩行(A)と比較して、肩に掛けたとき(D)や片手で下げたとき(E)にはバッグと反対方向に体幹が傾く。これらの歩行中の姿勢変化は、基底面の中心に重心線を移動させるための動きと捉えることができる。

しかし、右手に保持した場合には、左立脚期に体幹が左側に傾かず、右の立脚期に右側(バッグ側)に顕著に傾く例(F)も半数近くにみられた。バッグと上体が同側に傾いているにもかかわらず平衡が保たれるのは、骨盤を内側に移動させる(股関節を外転させる)ことで、全体の重心位置が外側に行き過ぎないように調節しているものと考えられる。

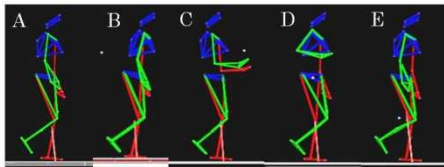


図3 種々の方法で持ち歩いた際の矢状面上の姿勢

A: 無負荷(対照), B: 両肩で背負う, C: 両手で抱える, D: 右肩に掛ける, E: 右手でさげる。黒い点はバッグの外側面の中心に貼付したマーカーの位置を示す。

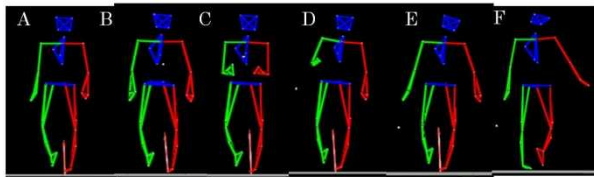


図4 種々の方法で持ち歩いた際の前額面上の姿勢

A: 無負荷(快適速度), B: 両肩で背負う, C: 前方で抱える, D: 右肩で掛ける, E, F: 右手で下げる運搬方法, A~Eは左立脚期, Fは右立脚期, 黒い点はバッグの外側面の中心に貼付したマーカーの位置を示す。

##### (2) 持ち方による筋活動の変化

無負荷時には、全ての筋群で筋活動が約10% MVC (8.3-12.8%MVC) を示した。

両肩で背負う方法では、無負荷時と比較して、全ての筋活動において有意な変化は認められなかった。前方で持つ方法では、両側の脊柱起立筋と中殿筋が無負荷と比較して有意な増加を示した。特に、脊柱起立筋は他の運搬方法と比較して最も大きな活動を示し、

無負荷時の2倍以上の筋活動を示した。右手でさげる方法では、左の脊柱起立筋と中殿筋の筋活動が無負荷と比較して約2倍、右の外側広筋が約1.5倍の有意な筋活動の増大を示した。右肩にかける方法では、左の中殿筋の活動が無負荷と比較して約40%の有意な増加を示した。さらに、右の外側広筋の活動が無負荷と比べて約35%、左の外側広筋が約25%の有意な増加を示した(図5)。

左の脊柱起立筋では、右手に下げる方法と右肩にかける方法のときに、左足の接踵期後の両脚支持期に筋活動が最大に達した。他の筋群では、無負荷と同様の時期に最大筋活動を示した。

今回の研究結果から、股関節のみならず、同側の膝関節伸筋活動が有意に増加することが分かった。また、両手で抱える方法や片手でさげて運搬する方法は、両側または対側の脊柱起立筋の活動を大きく増大させ、当該関節に大きな負荷が加わることが示唆された。結果の要約を表1に示した。

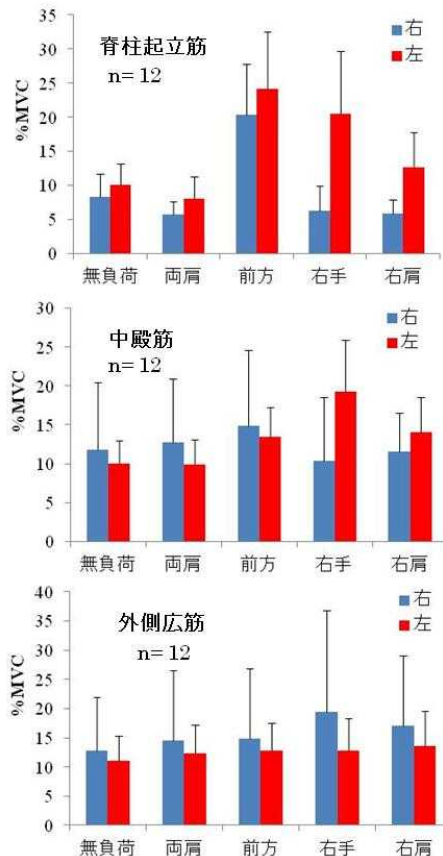


図5 種々の運搬方法における体幹と下肢の筋活動

表1 種々の運搬方法における筋活動の特徴と推測される関節への影響（体重の20%負荷）

運搬方法	主な筋活動の変化	推測される関節への負荷
前方で抱える	両側の脊柱起立筋, 中殿筋の活動増大	腰椎や股関節への負荷の増大
一側の手でさげる	荷物と反対側の脊柱起立筋, 中殿筋, 同側の外側広筋の筋活動が増大	対側股関節, 同側膝関節への負荷の増大, 腰椎部への左右不均衡な負荷
一側の肩に掛ける	荷物と反対側の中殿筋, 両側の外側広筋の筋活動が増大	対側股関節, 両側膝関節への負荷の増大
両肩で背負う	無負荷時と比べて有意な増加はなし	体幹や下肢への負荷は少ない

(3) 持ち方による運動学・力学的パラメータの変化

速度因子に関しては、各運搬方法および無負荷時の中で明らかな差はみられなかった。重心移動においては、側方および上下重心移動幅とも前方で抱える方法が、最も大きな値を示した。しかし、一歩行周期中の仕事量および単位距離・体重当たりの仕事量(体重1kgを1m進めるために必要な仕事量)に関しては、右肩に掛ける方法が最も大きく、次いで右手で下げる方法が高い値を示した。これらのことから、前方で持つ方法では、大きな重心移動を伴うこと、一側の肩にかけて持つ方法や片手で持つ方法では、非対称な動きとなり、運動エネルギーと位置エネルギーのエネルギー交換が阻害されることが示唆された。

但し、これらのパラメータに関しては、5名10試行のデータから得られた結果であり、今後残りの15名の解析作業を終えた後に、改めて統計学的検定を行い、得られた知見を発表していく予定である。

(4) 各運搬方法による立位姿勢の特徴

矢状面での静的アライメントの結果を表2に示した。前方に持つことで無負荷時と比較して仙骨傾斜角の直立化(後傾増大)と胸椎後弯角の増大がみられた。後方に関しては測定が不可能であったが、おそらく前方に抱えた場合と逆の運動をすることが推測される。

前額面に関しては、男性では右肩に掛けた場合に仙骨の側方傾斜角が、無負荷時と比較して右方向へ傾き、女性では右手にさげた場合に左に傾くという結果が得られた。

静的立位と歩行では、単脚支持期の有無、静的と動的との違いがあるが、前方および後方での持ち方が骨盤や胸椎の矢状面上の動きに、肩または右手で保持した場合には、前額面上の骨盤の側方傾斜に影響を及ぼすことが示唆された。また、荷物を抱えた際の脊柱の傾きには上肢を含めた筋力の影響を受けることも推測された。

表2 荷物を保持した時の静的立位の変化 (n=22) \*:p<0.05

	持ち方	無	右手	右肩	前
仙骨傾斜角	男性	6.45±2.7	7.27±3.0	7.27±4.5	2.55±3.4*
	女性	14.8±5.3	14.7±5.5	13.4±6.2	8.5±5.2*
胸椎後弯角	男性	35.7±5.7	38.4±7.5	39.7±8.4	42.1±8.3*
	女性	34.8±4.7	36.5±5.5	38.6±5.1	40.0±6.6*
腰椎前弯角	男性	16.1±5.1	16.5±5.2	16.5±6.8	17.1±6.3
	女性	25.1±6.6	25.2±4.9	24.9±5.4	25.0±4.7

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計3件)

1) Kanzaki H, Suzuki S, Sasaki K, Minamisawa T, Nagase T, Akatuka S, Takahashi T, Makabe H, Ihashi K: Effects of carrying position on the muscle activities of the spine and lower limb during walking. 16th International Congress of the World Confederation for Physical Therapy, 23th June 2011, RAI CONVENTION CENTER, (アムステルダム/オランダ)

2) 鈴木伸弥, 神先秀人, 真壁寿, 高橋俊章, 南澤忠儀, 赤塚清矢, 永瀬外希子, 有賀一朗, 石川恵利奈, 菅亜紀奈, 小林佳雄, 佐々木和宏, 伊橋光二: 重量物の運搬方法の違いによる体幹および下肢筋活動への影響, 第45回日本理学療法学会大会, 2010年5月28日, 県民文化ホール未来会館(岐阜市).

3) 佐々木和宏, 神先秀人, 真壁寿, 高橋俊章, 南澤忠儀, 赤塚清矢, 永瀬外希子, 有

賀一朗, 石川恵利奈, 菅亜紀奈, 小林佳雄,  
伊橋光二: 運搬方法の運動力学的分析 - 下肢  
関節負荷の影響について-, 第45回日本理  
療法学会大会, 2010年5月28日, 岐阜メモ  
リアルセンター (岐阜市).

[図書] (計0件)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

神先 秀人 (KANZAKI HIDETO)  
山形県立保健医療大学・保健医療学部・  
教授  
研究者番号: 10381352

### (2) 研究分担者

### (3) 連携研究者

伊橋 光二 (IHASHI KOUJI)  
山形県立保健医療大学・保健医療学部・  
教授  
研究者番号: 40160014  
真壁 寿 (MAKABE HITOSHI)  
山形県立保健医療大学・保健医療学部・  
教授  
研究者番号: 60363743  
高橋 俊章 (TAKAHASHI TOSHIAKI)  
山形県立保健医療大学・保健医療学部・  
准教授  
研究者番号: 50464508  
南澤 忠儀 (MINAMISAWA TADAYOSHI)  
山形県立保健医療大学・保健医療学部・  
講師  
研究者番号: 40347208  
赤塚 清矢 (AKATUKA SEIYA)  
山形県立保健医療大学・保健医療学部・  
助教  
研究者番号: 70363744  
永瀬 外希子 (NAGASE TOKIKO)  
山形県立保健医療大学・保健医療学部・  
助教  
研究者番号: 10404865  
三和 真人 (MIWA MAKOTO)  
山形県立保健医療大学・保健医療学部・  
教授(2010年3月まで)  
千葉県立保健医療大学・リハビリテーショ  
ン学科・教授(2010年4月以降)  
研究者番号: 50336450

### (4) 研究協力者

鈴木 伸弥 (SUZUKI SHINYA)  
東京学芸大学大学院連合学校教育学研究  
科

佐々木 和宏 (SASAKI KAZUHIRO)  
初台リハビリテーション病院