

原 著

目の錯覚により動作は変わるのか

–縦および横縞の障害物またぎ動作での検討–

小栢進也[†], 岩田 晃, 淵岡 聡

大阪府立大学 総合リハビリテーション学部 理学療法学科
583-8555 大阪府羽曳野市はびきの3丁目7番30号

受付: 2011年11月1日, 受理: 2011年11月9日

Are the human movements affected by the visual illusion? : The analysis of movement to cross obstacles with vertical or transverse stripes

Shinya OGAYA, Akira IWATA, and Satoshi FUCHIOKA

Department of Physical Therapy, Faculty of Comprehensive Rehabilitation, Osaka Prefecture University, 3-7-30, Habikino, Habikino-city, Osaka, 583-8555, Japan.

Received 1 November 2011; accepted 9 November 2011

Purpose: This study aimed to assess the effects of visual illusions of height on obstacle crossing movements.

Methods: The subjects comprised healthy adults aged 20–27 years. Two 20-cm obstacles with vertical or transverse stripes were used to create the Helmholtz illusion. The subjects were instructed to cross the obstacle during which the height of the heel and toe was measured.

Results: The toe and heel height of the trailing limb was significantly higher while crossing the vertically striped obstacle than that while crossing the transversely striped obstacle. However, no significant difference was noted for the leading limb in this regard.

Conclusions: Human locomotion is affected by visual illusions. The findings of this study imply that steps that create a visual illusion may cause people to stumble.

Key words: 錯視; 障害物; またぎ動作; 足尖高

1 始めに

人が周囲環境に合わせて動作を行うには、視覚情報が重要であるとされている。階段を上る、物をまたぐといった動作は、まず視覚的に段差を確認し、段差の高さに合わせて足を上げることによって動作を行うことができる。しかし、視覚情報は周囲の明るさ、対象物の色、模様などに影響を受け、対象物が実際の大きさよりも小さくまたは大きく見える錯視を生じることがある。仮に、錯視によって誤認識した段差に合わせてまたぎ動作が行われるならば、段差に引っかかり転倒の危険性につながる可能性がある。

錯視と身体運動に関する過去の研究によると、指で物

をつまむ動作では錯視影響を受けず、実際の大きさに合わせて指を開いて対象物をつまむことができるとされている^{1,2)}。このようにつまみ動作など動作遂行時には錯視の影響を受けないのに対し、対象物へリーチするような運動初期段階では錯視の影響を受けると報告されている³⁾。つまり、運動初期での運動計画段階では錯視の影響を受けているのに対し、運動中の運動制御段階では錯視の影響を受けないと考えられている。

上肢運動の多くは指先と対象物の位置関係を視覚で認識して細かな運動を制御するため、フィードバック制御が重要とされている。一方、下肢運動では足元を見て運動をすることは少ないため、視覚情報は比較的フィードフォワード制御に用いられる⁴⁾。このように視覚情報は上肢と下肢で使われ方が異なるため、錯視と下肢運動

[†]連絡著者 E-mail: ogaya@rehab.osakafu-u.ac.jp

の関係が上肢運動と異なる可能性がある。錯視と身体運動の関係を検討した過去の研究は上肢運動での報告が多いが、下肢運動は少なく、錯視と移動動作の関係は明らかではない。

生活環境の整備により転倒を予防することは理学療法士にとって重要な課題である。段差に関しては、段差を解消する、テープを貼り目立つようにするなどの工夫がされているが、これまで模様や形状といった対象物のデザイン性を重視し、かつ転倒に配慮した研究報告はない。本研究では日常で頻繁に目にする縞模様にて錯視を作り出し、見た目の高さが異なる障害物をまたぐ動作にて、運動が変化するのかを検討した。

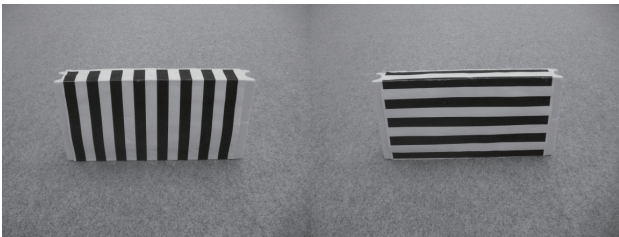
2 対象と方法

2.1 対象

下肢および視覚に障害を有さない健常成人22名（男性11名、女性11名、年齢 21.2 ± 1.5 歳）を対象とした。対象者には本研究の内容について十分説明を行い、同意のもとで測定を行った。なお本研究は大阪府立大学総合リハビリテーション学部研究倫理委員会の承認を受けて行った。

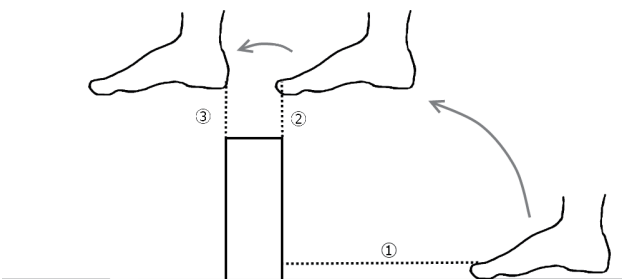
2.2 方法

測定には3次元動作解析装置VICON（Oxford



障害物 左: 縦ストライプ, 右: 横ストライプ

Fig. 1 障害物



① 踏切前の左足足尖から障害物までの距離（踏切前距離）

② 障害物前縁を超える際の足尖高（前縁足尖高）

③ 障害物後縁を超える際の踵部高（後縁踵部高）

Fig. 2 解析項目

metrics製)を用いた。被験者は裸足となり、両足部の足尖（第二中足骨頭）、踵部（踵骨隆起上端）に反射マーカーを張り付けた。データはサンプリング周波数100Hzでコンピュータに取り込んだ。障害物は高さ20cm、横幅40cm、奥行5cmとし、側面と上面は縦ストライプまたは横ストライプの2種類の模様を用意した（Fig. 1）。ストライプ幅は2.3cmとし、黒白を等間隔に配列した。なお、被験者には事前に障害物の模様は異なるが高さが同じであることを伝えた。

被験者は障害物5m手前から歩行を始め、右足から障害物をまたぐように指示した。縦ストライプ、横ストライプの測定順序はランダムとした。なお、右足で障害物を跨げなかった、または障害物直前で歩幅を大きく変えたとき被験者が答えた場合には再測定とした。測定前には縦横ストライプの計2回練習試行を行った。

2.3 データ解析

解析項目は踏切前の左足足尖から障害物までの距離（踏切前距離）、障害物前縁を超える際の足尖高（前縁足尖高）、障害物後縁を超える際の踵部高（後縁踵部高）とした（Fig. 2）。前縁足尖高および後縁踵部高は左右とも求めた。なお、予備実験より足が合わなかったと答えた試行はすべて踏切前距離が50cmを超えていたため、踏切前距離が50cmを超えた試行は障害物に足を合わせられなかったと判断し、それ以降の解析から除外した。

統計は縦ストライプ条件と横ストライプ条件の足部位置を比較するために、対応のあるt検定を用いた。有意水準は5%未満とした。

3 結果

1名の被験者で踏切前距離が50cmを超えていたため、解析は残りの21名（男性10名、女性11名、年齢 21.2 ± 1.5 歳）で行った。

結果をTable 1に示す。踏切前距離は縦ストライプ

Table 1 実験結果

	測定距離 (cm)		
	縦ストライプ条件	横ストライプ条件	
踏切前距離	27.4±8.8	26.1±9.0	
右	前縁足尖高	5.1±2.9	4.9±2.6
	後縁踵部高	3.3±3.8	3.6±4.5
左	前縁足尖高	6.6±5.3	5.3±5.0 *
	後縁踵部高	22.4±5.6	20.3±5.6 *

* $p < 0.05$

27.4±8.8cm, 横ストライプ26.1±9.0cmで有意差を認めなかった。また、右足の前縁足尖高は縦ストライプ5.1±2.9cm, 横ストライプ4.9±2.6cm, 右足の後縁踵部高は縦ストライプ3.3±3.8cm, 横ストライプ3.6±4.5cmとどちらも有意差を認めなかった。一方、左足の前縁足尖高は縦ストライプ6.6±5.3cm, 横ストライプ5.3±5.0cm, 左足の後縁踵部高は縦ストライプ22.4±5.6cm, 横ストライプ20.3±5.6cmと両項目とも縦ストライプ条件で有意に高い値を示した。

4 考察

本研究での縦および横ストライプはヘルムホルツの図形と言われ、縦に線が入った図形は縦長に、横に線が入った図形は横長に見えるとされている。本研究の結果より、障害物をまたぐ際の足の高さの差は左足で認められ、錯視による見た目の高さと同様に縦ストライプ条件で横ストライプ条件よりも高くなった。障害物の高さが同じであると認識しているにもかかわらず、後からまたぐ足は錯視の影響を受けることがわかった。

上肢動作とは異なり、本研究のような下肢で行う障害物またぎ動作では錯視の影響が運動に現れることが分かった。錯視と運動の関係はplanning - controlモデルが提唱されている。これによると、動作前の運動企画(planning)段階では錯視の影響を受けるが、動作中の運動修正(control)段階では錯視の影響を受けないとされる⁹⁾。運動企画段階では周囲との比較から対象物の大きさを認識するのにに対し、運動修正段階では周囲との比較ではなく対象物自体の大きさ、形、位置が認識されることで実際の状況に合わせた運動が成されるとされる⁹⁾。歩行などの移動動作では足元に注視することは少なく、動作中に修正する機会は上肢と比べると比較的少ない。以上より下肢動作で錯視の影響がみられた原因としては、運動修正段階で適切に修正できなかったためと思われる。

しかし、錯視の影響は先にまたぐ右足には見られず、後からまたぐ左足のみが生じた。障害物をまたぐ際に視覚情報を遮断した研究によると、障害物の1歩前で視覚を遮断しても足の高さは変わらなかったのに対し、4歩手前で視覚を遮断すると先にまたぐ足が高くなり、後からまたぐ足の高さは変わらなかったとされる⁹⁾。つまり、先にまたぐ足は数歩手前の歩行中で調節されるのに対し、後からまたぐ足はそれよりも前に運動が決められていることを意味している⁹⁾。本研究では先にまたぐ足である右足は数歩手前で実際の高さに修正することが可

能であったため、動作に錯視の影響が現れなかったと考えられる。一方、後からまたぐ左足は動作中に修正することができずに錯視の影響を受けて縦ストライプで高く、横ストライプで低く足を上げたと考えられる。視覚情報とその処理過程の違いによって先にまたぐ足と後からまたぐ足で錯視の影響が異なると考えられる。

一方、Rheaらは黒い障害物の輪郭に発光テープを貼って実際より高く見える障害物をまたぐ動作を調べ、先にまたぐ足でも錯視の影響を受けると、我々の結果とは異なる報告をしている。彼らは錯視の影響を強く出すため、暗室で行っており、自身の身体が見えない状況下で測定している。このように身体と障害物との位置関係を認識できなければ先にまたぐ足でも運動を修正できない可能性がある。結果の不一致は実験環境で違いであり、適切な明るさがなければ視覚的なフィードバックがあっても先にまたぐ足も錯視の影響を受けると推測される。

本研究は縦・横ストライプ条件の比較を行ったが、模様がなく錯視が生じない障害物では実験を行っていない。このため横ストライプで実際より低く見積もったのか、縦ストライプで高く見積もったのかに関しては明らかではなく、今後の検討が必要である。また、今回は20cmの障害物を用いたが、高さを変えても同じように錯視の影響を受けるかの検討が必要である。

障害物に引っ掛かることは転倒の要因となる。本研究より錯視を生じさせるような色彩の段差では後ろの足が引っ掛かる可能性がある。転倒は先に上げる足が引っ掛かることに着目されることが多いが、Rietdykらは20cmの段差をまたぐ動作を行い、障害物と足が接触した試行の中で91.6%が後ろの足であったと報告している⁹⁾。このように後ろの足が段差で引っ掛かり、転倒に至る可能性も十分検討する必要があると考える。

5 結論

錯視による運動の変化を検討するため、健康若年者を対象として縦および横ストライプの障害物をまたぐ際の足の高さを比較した。その結果、後からまたぐ足に錯視の影響が現れ、縦ストライプ条件が横ストライプ条件よりも高く足を上げていることが分かった。障害物またぎ動作は錯視の影響を受けるため、生活環境を整備する際には段差周辺の模様にも注意を払う必要があると思われる。

文献

- 1) Pavani F, Boscaqli I, Benvenuti F, et al. (1999) Are perception and action affected differently by the Titchener circles illusion? *Exp Brain Res*, 127: 95-101.
- 2) Aqlioti S, DeSouza JF, Goodale MA (1995) Size-contrast illusions deceive the eye but not the hand. *Curr Biol*, 5:679-685.
- 3) Glover S (2002) Visual illusions affect planning but not control. *Trends Cogn Sci*, 6:288-292.
- 4) Patla AE (1997) Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. *Gait Posture*, 5:54-69.
- 5) Glover S, Dixon P (2002) Dynamic effects of the Ebbinghaus illusion in grasping : support for a planning/control model of action. *Percept Psychophys*, 64:266-278.
- 6) Mohagheghi AA, Moraes S, Patla AE (2004) The effects of distant and on-line visual information on the control of approach phase and step over an obstacle during locomotion. *Exp Brain Res*, 155: 459-468.
- 7) Rhea CK, Rietdyk S, Haddad JM (2010) Locomotor adaptation versus perceptual adaptation when stepping over obstacle with a height illusion. *PLoS One*, 12:e11544, doi :10.1371 /journal. pone. 0011544, < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2902523/> > [accessed 21 October 2011].
- 8) Rietdyk S, Rhea CK (2011) The effect of the visual characteristics of obstacles on risk of tripping and gait parameters during locomotion. *Ophthalmic Physiol Opt*, 31:302-310.