

車いすの自動ブレーキシステムの臨床的安全性評価

Clinical safety evaluation of the automatic braking system of the wheelchair

- 高橋未生子 (東京工科大) 山内大亮 (桐蔭横浜大) 渡邊早貴 (桐蔭横浜大)
 廣勢健二 (東京工科大) 渡邊剛 (東和精機工業所) 辻毅一 (桐蔭横浜大)
 石河睦生 (桐蔭横浜大) 下村美文 (東京工科大) 川島徳道 (IPU・環太平洋大)

Mioko TAKAHASHI, Tokyo University of Technology, Taisuke YAMAUCHI, Toin University of Yokohama
 Saki WATANABE, Toin University of Yokohama, Kenji HIROSE, Tokyo University of Technology
 Takeshi WATANABE, Towa Seiki Industrial place, Kiichi TSUJI, Toin University of Yokohama
 Mutsuo ISHIKAWA, Toin University of Yokohama, Mifumi SHIMOMURA, Tokyo University of Technology
 Norimichi KAWASHIMA, International Pacific University

Abstract: There is a report that the accident happened by a tumble of patient from a wheelchair seat in a geriatric care. It accounted for 3/4 of the entire accident in a wheelchair by falling from seat. The reason is that is due to a forget a brakeage of the wheelchair in the midst of user standing. Therefore, automatic braking system some have been developed so far in order to prevent such accidents. However, they are expensive installation is complicated. In this study, the mounting is easier than conventional products, we have developed an inexpensive system with a simple structure. To evaluate the clinical safety of this system, it was determined whether the prototype automatic brake is operating reliably in excluding weights on the seat of wheelchair.

Key Word: Wheelchair, Automatic braking system

1. はじめに

1-1 背景

車いす事故は、さまざまな要因により起こる。その中でも最も多いのが転倒・転落による事故である。その要因として、車いすの備え付けのブレーキをかけ忘れて、車いすから立ち上がってしまった際に後ろに体重がかかり転倒してしまうということが多く報告されている⁽¹⁾。

このような事故を減らすために、大手・中小企業はさまざまな形状の自動ブレーキシステムを作成し、販売している。しかし、それらの自動ブレーキシステムにはそれぞれ問題点がある。

そこで本研究では、構造がシンプルで安全な自動ブレーキシステムを開発した。

1-2 自動ブレーキシステムの問題点と要求事項

現在販売されている自動ブレーキシステムの問題点を解決するためには、大きく分けて下記の5つの要求事項が挙げられる。

①電気機構を未使用

高齢者の使用者において失禁は切り離せない問題であり、その際には車いすを丸洗いしなくてはならない。しかし、電気機構を使用すると洗浄が困難になる。

②メンテナンスフリー

現在販売されている自動ブレーキシステムの一部は、座面の荷重を検知して、自転車のブレーキのようにワイヤーによりそれをブレーキ部に伝えるというシステムを採用している。しかし、ワイヤーは長期に渡り使用すると調節が必要になる。このため、メンテナンスが少ない、あるいは無くても良いものが望ましい。

③後付けが容易

現在販売されている自動ブレーキシステムの多くは、ホイールの交換や車いすごとの買い替えが必要であるため、その分費用もかかる。したがって、市販されている車いすに「付属のシステムを装着するだけ」が望ましい。

④目立たない・無音

高齢者は私たちが考えている以上に敏感に物事を察知する。見た目が大きな自動ブレーキシステムや、ブレーキがかかる際に音をするシステムは高齢者の不安を煽り、車いす自体へ恐怖心を抱いてしまう。したがって、システムは小さく、無音なものが良い。

⑤安価

利用者または介護者にとって介護用品の価格は、大きな経済負担となる。そのため、安価で丈夫なシステムが望まれる。

これらの要求事項を解決するために、本研究では新たに自動ブレーキシステムを開発した。

1-3 本研究で使用する自動ブレーキシステム

本研究で使用する自動ブレーキシステムを Fig.1 に示す。この自動ブレーキシステムは、車いすの座面の下に取り付けて使用する。実際に車いすに取り付けたときのシステムを Fig.2 に示す。

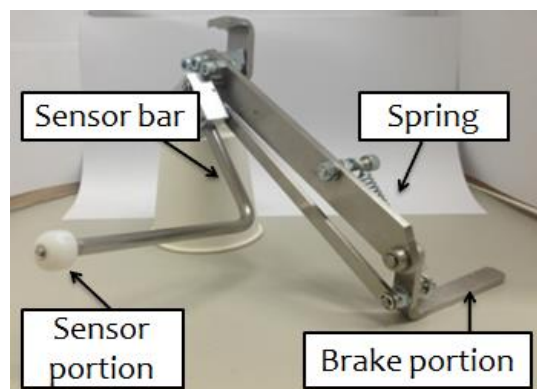


Fig.1 Automatic braking system

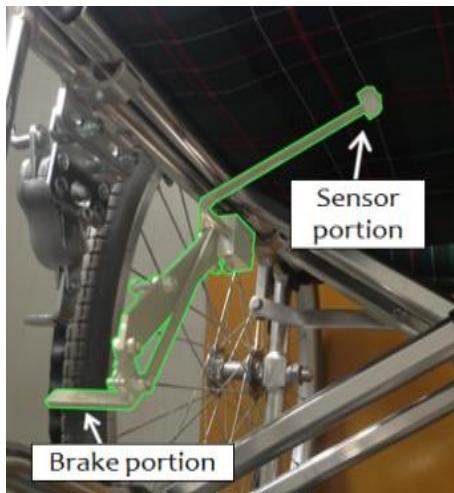


Fig.2 Attachment of a braking system

車いすに着座したときに座面下にあるセンサーバーが下がって、ブレーキが解除される構造になっている。そして、利用者が起立した際にセンサー部にかかる重みが無くなりバネが戻る。そのバネの力により、ブレーキ部がタイヤに食い込みブレーキが作動する⁽²⁾。

この自動ブレーキシステムの特徴は、まず電気機構を使用していないため、丸洗いが可能であることである。構造は単純なのでメンテナンスが不要で後付けも容易に行うことができる。また、システムの取り付け位置が座面の下なので目立たなく、ブレーキ部の接触はタイヤなので、ブレーキ作動時も静かである。そして、市販されているものより、はるかに安価である。

本研究では、この自動ブレーキシステムをさまざまな条件で作動させ、ブレーキ力を測定し、臨床的安全性の評価を行った。

2. 実験方法

2-1 ブレーキ解除荷重とは

本研究に使用する自動ブレーキシステムは、体重を引き金として動作する。ブレーキを解除するには、ある一定の荷重が座面にかからなくてはならない。そこで、本研究では、自動ブレーキシステムのブレーキが安全に解除される荷重を「ブレーキ解除荷重」と定義した。

Fig.3は、ブレーキ解除荷重の測定方法である。車いすの座面に砂袋を0~10 kgまで1 kg間隔で増加させ、その車いすをデジタルフォースゲージで牽引し、最大静止摩擦力 [kgf] を測定した。そして、最大静止摩擦力が1 kg以下になったときの荷重を「ブレーキ解除荷重」とした。

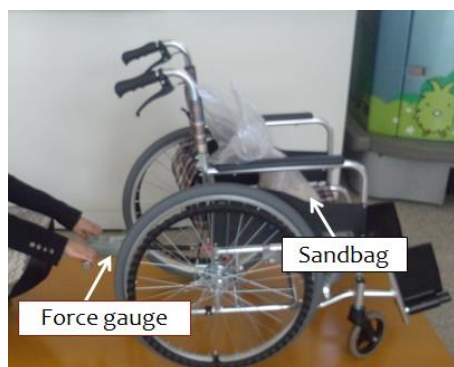


Fig.3 Measuring method

2-2 空気圧別のブレーキ解除荷重の測定

車いすのタイヤの空気圧は、JIS規格では「特に規定がない場合は300 kPaに設定」としている⁽³⁾。また、車いすを製作・販売している松永製作所では「最適空気圧250~300 kPa」と規定している⁽⁴⁾。

そこで本実験では、300 kPa未満の空気圧が低下した状態でも自動ブレーキシステムが正常に働くのかをブレーキ解除荷重の測定により評価した。具体的には、車いすのタイヤの空気圧を最大の300 kPaから50 kPa間隔で減少させていき、ブレーキ解除荷重を測定した。

2-3 センサーバーの位置別のブレーキ解除荷重の測定

本自動ブレーキシステムのセンサーバーは、車いすに着座した時にその荷重を検知する部分である。自動ブレーキシステムを取り付ける際には、センサーバーは座面に軽く触れる程度と規定している⁽²⁾。

そこで本実験では、このセンサーバーの位置を変化させたときに自動ブレーキシステムに与える影響をブレーキ解除荷重の測定により評価した。具体的には、センサーバーが座面に触れている位置を0 mmとし、そこから2 mm間隔でセンサーバーを座面から離していった際のブレーキ解除荷重を測定した。測定方法の模式図をFig.4に示す。

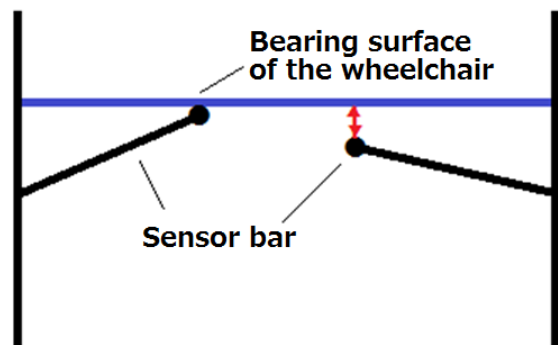


Fig.4 Schematic view of the method for measurement

3. 実験結果

3-1 空気圧がブレーキ解除荷重に与える影響

空気圧300 kPa~100 kPaの間で最大静止摩擦力を測定した結果をFig.5に示す。縦軸が最大静止摩擦力 [kgf] で、横軸が座面に乗せた砂袋の重さ [kg] である。さらにそれぞれの空気圧でのブレーキ解除荷重をFig.6に示す。

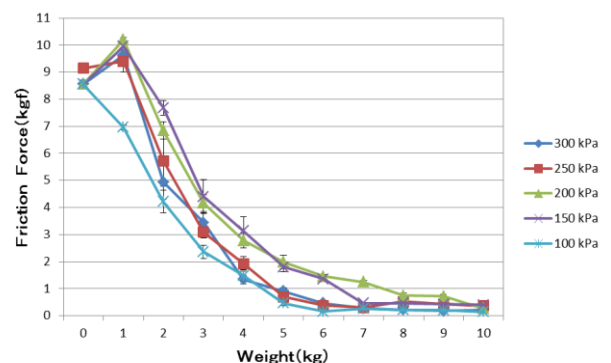


Fig.5 The maximum static friction force in which pneumatics differs

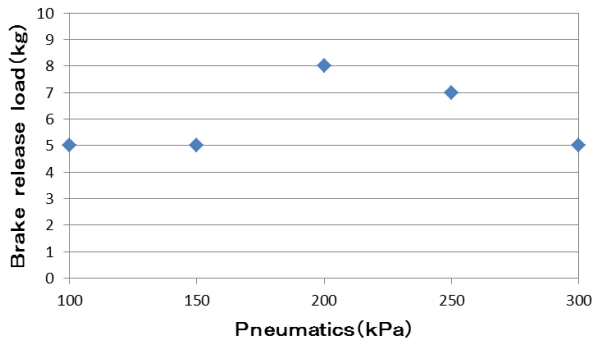


Fig.6 Brake release load from which pneumatics differs

Fig.5 からわかるように、空気圧を減少させても、最大静止摩擦力は、砂袋の重さ（荷重）を増加していくにつれて減少していくことがわかった。そして Fig.6 のブレーキ解除荷重から、空気圧が適圧以下の 200 kPa~100 kPa でも 6.5 ±0.5 kg の範囲となり、ばらつきが小さかった。

このことから、本自動ブレーキシステムは、空気圧が抜けた状態（100 kPa）であっても、座面に 8 kg 以上の荷重（体重）がかかれば、ブレーキが安全に解除されるということがわかった。

このことから臨床的には、体重の軽い高齢者や幼児が使用する場合にタイヤの空気圧が抜けていたとしても、ブレーキの解除が正確に行われることが明らかとなった。

3-2 センサーバーの位置がブレーキ解除荷重に与える影響

センサーバーと座面の位置を 0 mm~6 mm の範囲で最大静止摩擦力を測定した結果を Fig.7 に示した。縦軸が最大静止摩擦力[kgf]で、横軸が座面に乗せた砂袋の重さ[kg]である。

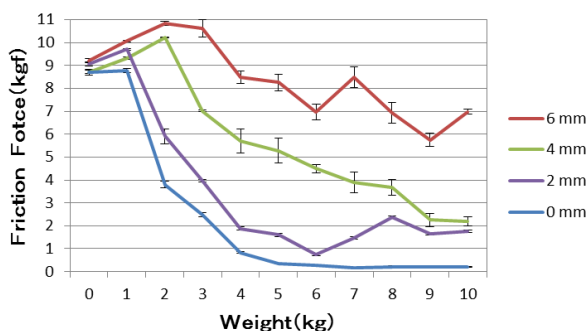


Fig.7 The maximum static friction force in which the angles of a sensor bar differ

Fig.7 からセンサーバーと座面との距離が広がるにつれて最大静止摩擦力が増加していることがわかった。また、本実験を行った 6 mm 以上にセンサーバーと座面との距離を広げると、体重 70 kg の人が乗ってもブレーキ部がタイヤに接触してしまい、正確にブレーキが解除されなかった。そのため、これ以上の測定は行わなかった。

また、ブレーキ解除荷重は、最大静止摩擦力が 1 kg 以下となったのは 0 mm と 2 mm の場合のみであり、今回は測定を 10 kg までしか行わなかったため、4 mm と 6 mm の場合は最大静止摩擦力が一番低い値をブレーキ解除荷重とした。4 mm と 6 mm の場合では、最大静止摩擦力の減少があ

まり見られなかっただけでなく、標準誤差も最大で 0.5 kgf と大きく見られた (n=5)。このことから 4 mm 以上の場合には、ブレーキ解除が安定して行われるには、座面により重い荷重がかかる必要があると考えられる。

また、2 mm の場合にも砂袋の重さ（荷重）が 6 kg の時点で、いったん、最大静止摩擦力が 1 kg 以下となったため、6 kg をブレーキ解除荷重としたが、6 kg 以降も最大静止摩擦力が上昇傾向となった。このことから、2 mm でも安定しているとは明確には示せなかった。

したがって、ブレーキ解除を正確に行うためには、センサーバーと座面との距離が 0 mm になるように取り付けることが望ましいということがわかった。

臨床的には、座面からセンサーバーを離して取り付けてしまった場合、体重の軽い人が乗ると、ブレーキ解除が正確に行われられない可能性があることが明らかとなった。

4. まとめ

今回の実験では、ブレーキが安全に解除される荷重であるブレーキ解除荷重の測定を中心として本自動ブレーキシステムの評価を行った。

空気圧別のブレーキ解除荷重の測定においては、空気圧が抜けた状態であっても、ブレーキが正確に解除されることがわかった。

また、センサーバーの位置別のブレーキ解除荷重の測定においては、センサーバーを座面から離すにつれて、ブレーキ解除が正確に行われなくなるということがわかった。

5. 今後の予定

車いすの乗り降りは日常生活において、スロープや坂道などで行うことも想定される。そこで傾斜における自動ブレーキシステムのブレーキ力およびブレーキ解除荷重の測定を行う。

公共施設などのスロープの場合は傾斜角度が 4 度未満が良いとされており、この角度は車いすで無理なく自走できる角度である⁽⁵⁾。したがって、4 度前後の角度では、利用者一人でブレーキを使用する可能性が考えられる。そのため、0 度から角度を増加させた際のブレーキ力およびブレーキ解除荷重の変化を調べる予定である。

また、傾斜角度 10 度は、介護者が利用者の乗った車いすを上昇・下降できる角度である。この角度については、自動ブレーキシステムが取り付けられていることにより、走行に影響がないか明らかにしていく。

そして、この自動ブレーキシステムの更なる問題点を見つけるとともに、改良点を考案し、より臨床現場での使用に適したものにす。

参考文献

- (1) 独立行政法人 国民生活センター 消費者被害注意情報, No.37, pp1-2, 2001.11
- (2) 山内大亮, てこの原理を用いた車いす用自動ブレーキシステムの開発, pp.12-18,41,43-44,59, 2012
- (3) JIS T 9201:2006, 手動車いす, pp.8-9, 2006
- (4) 株式会社 松永製作所 スチール CM シリーズ 取扱説明書, p.28, 2004.12
- (5) 株式会社 イーストアイ 福祉介護用品カタログ, Vol.31, p.18, 2012.9
- (6) 日本機械学会誌, Vol.115, No.1126, p.50, 2012.9
- (7) 地域リハ 認知症者の在宅生活を支える福祉機器, Vol.7, No.10, pp.839-841,854-857, 2012.10