

SIBS発泡体を用いた薄型ヒッププロテクタの開発

Development of Thin Hip Protector Using SIBS Foam

○ 小村倫生 (㈱カネカ) 柴谷未秋 (㈱カネカ)

Michio OMURA, Kaneka Corporation

Miaki SHIBAYA, Kaneka Corporation

Abstract: Hip protector to decrease impact force at fall was developed. The material used in this protector was SIBS (SIBSTAR, Kaneka Corporation) polymer foam that is thermoplastic elastomer. SIBS polymer shows good performance for impact absorption. Moreover, impact absorption property was improved by foaming SIBS polymer and by arranging shape. With this material and processing, thin, good air permeability and flexible hip protector was developed. Therefore, it is expected to increase compliance with hip protector using SIBS foam. Impact force applied on femoral neck during fall with SIBS pad was evaluated using computer simulations. Also, it was clarified that initial compliance of this protector was almost same as a commercialized one.

Key Words: Hip protector, SIBS foam, Impact absorption property

1 緒言

高齢者が寝たきりになる要因のひとつとして、転倒による骨折、特に大腿骨頸部骨折が知られている¹⁾。高齢者、特に高齢女性は骨粗しょう症などで骨がもろくなっており、若年者では骨折しないような軽いつまづきによる転倒によっても、骨折が生じるリスクが高い。大腿骨頸部骨折の発生率推定の調査では、1年間の大腿骨頸部骨折の発生数は1987年の53,200人から、高齢化を反映して2007年では148,100人と2倍以上に増加しており²⁾、医療費の増大や高齢者のQOLの観点からも、治療だけでなく、その発生を予防することは大きな意義がある。大腿骨頸部骨折予防に対してエビデンスがある介入法としては、骨密度を増加させる薬剤の投与と、保護具としてのヒッププロテクタがあげられる³⁾。ヒッププロテクタはいつ転倒するのか分からないほど転倒リスクが高い高齢者を適応とするため、終日使用が必要となる。ヒッププロテクタの効果は、その着用感によるものと言っても過言ではない。世界でも様々なヒッププロテクタが販売されており、転倒時の衝撃吸収性は十分なものが多いが、着用率が低いことが問題として知られている。また、ヒッププロテクタは下着またはそれに近い状態で着用するという性格上、汚染されることが懸念される。そのため、簡単に洗濯できることも望まれている。

ヒッププロテクタには、外力拡散型と外力吸収型の2つのタイプがある。外力拡散型のパッドは硬質樹脂で構成されることが多く、外力の加わる面積を増やすと同時に材料の持つ弾性による外力減衰を得るものであり、衝撃吸収性に優れている。しかし、硬質であるために装着感が悪い。そのため、装着感を改善する目的もあり、軟質樹脂で構成される外力吸収型では、パッド材料の変形により熱変換されて外力減衰が得られる。軟質であるために装着感が優れるものの、衝撃吸収性が低いため、パッドが厚くなることで多く、着用するとパッドの形状が分かり、外観が悪くなってしまう場合もある。

本研究では、衝撃吸収性を確保しながらも、装着感が良好であるものを目指し、薄型のヒッププロテクタを開発したので報告する。

2 材料の衝撃吸収性

2-1 材料

ヒッププロテクタの候補材料として、表1に示す材料を

用いた。これらの材料から、任意の厚さのφ30mmの円形状の試験片を打ち抜き、衝撃試験に用いた。

Table 1 Samples

Sample name	Density (kg/m ³)	Sample name	Density (kg/m ³)
MS	1030	SIBS 01	920
PIB	960	SIBS 01 Foam	600
XMAP 01	1120	SIBS 02	920
XMAP 02	1000	SIBS 02 Foam	600

2-2 衝撃試験方法

衝撃吸収性の評価方法は、衝撃試験機 (ACST-200、吉田精機株式会社製) を用い、重量8kgの錘を高さ100mmの位置から落下させた際の最大加速度を加速度変換機 (AS-500A、株式会社共和電業製) とデータ集録装置 (F99-6618、同) を用いて計測した。

2-3 結果と考察

図1に衝撃試験の結果である、最大加速度とサンプル厚さの関係を示す。サンプルの衝撃吸収性が高いと、最大加速度が小さくなり、衝撃吸収性が低いと最大加速度は大きくなる。全てのサンプルで、厚さが小さくなると最大加速度が高くなる、すなわち衝撃吸収性が小さくなる傾向にあることが明らかである。サンプルごとに近似曲線を描くと、XMAP、MS、SIBSの順に曲線が低加速度側となり、この順に衝撃吸収性が高くなるのがわかる。

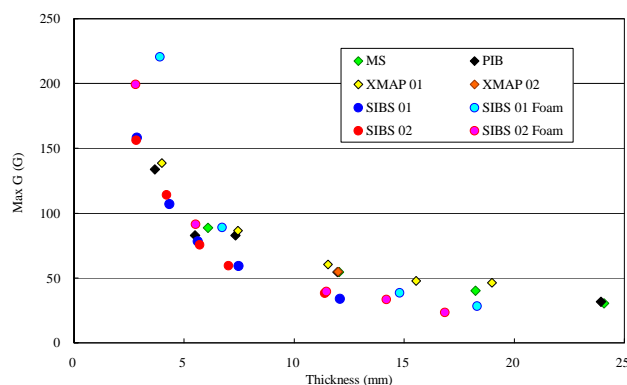


Fig. 1 Relationship between sample thickness and Max G of impact test

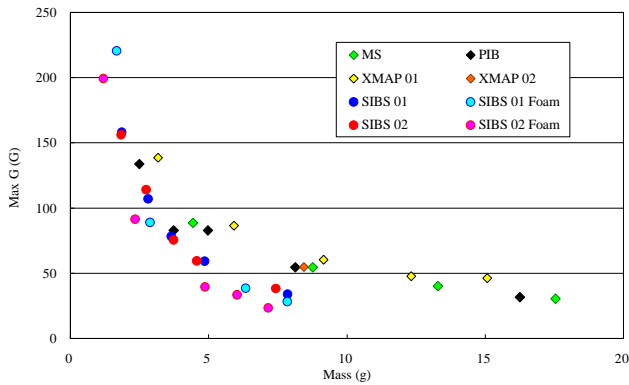


Fig. 2 Relationship between sample weight and Max G of impact test

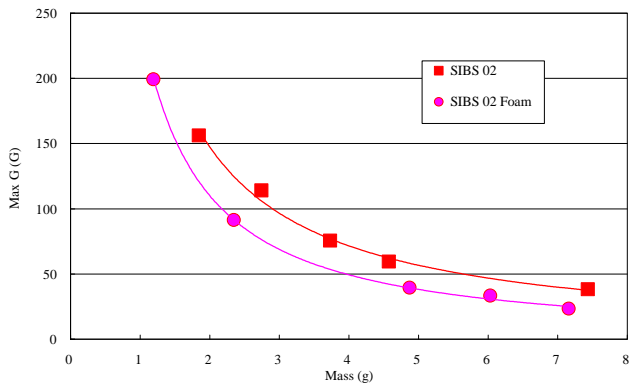


Fig. 3 Relationship between sample weight and Max G of SIBS 02 and SIBS 02 Foam

図2は、サンプル質量と最大加速度の関係を示した。SIBS 01 Foam と SIBS 02 Foam は発泡させているため、それぞれの発泡していないサンプルよりも質量が軽いことが特徴である。質量で比較すると、SIBS 02 Foam の衝撃吸収性が高いことが明らかとなった。

発泡させていることによる効果を確認するために、図2のグラフから、SIBS 02 と SIBS 02 Foam のみを抜粋し、図3に示した。発泡させることで、近似曲線が低加速度側となっており、同じ質量においても衝撃吸収性が高くなることがわかった。SIBS 02 Foam は、独立気泡発泡体であり、この気泡が衝撃吸収性を増加させたと考えられる。以上の結果から、軽量で衝撃吸収性の高い SIBS 02 Foam をヒッププロテクタに用いる衝撃吸収パッドの材料として採用した。なお、家庭用洗濯機で10回洗濯後の衝撃試験を行ったところ、衝撃吸収性の低下は確認できず、寸法変化もなかったことから、洗濯が可能であると考えられる。

3 ヒッププロテクタの形状

選定した SIBS 02 Foam の衝撃吸収パッドの効果を確認するために、人体モデルを用いたコンピュータシミュレーションを実施した⁴⁾。衝撃吸収パッドの材料パラメータは、SIBS 02 Foam を速度の異なる3条件にて圧縮試験を行い、そこから得られた応力-ひずみ曲線を用い、材料モデルとして組み込んで計算を行った。

得られた結果より、図4に記載の形状をヒッププロテクタパッドの形状とした。SIBS 02 Foam を用いた衝撃吸収パッドは、ヒッププロテクタの分類のうち、外力吸収型に位置づけられるが、薄さを保ったまま衝撃吸収性を確保するために、形状を工夫し、外力拡散型の特徴を持たせることとした。具体的には、大腿骨大転子部(骨突出部)に穴を

設けることで、直接大腿骨にかかる衝撃力を回りの軟組織部に拡散させることを目指した。パッドの形状は装着性の観点から楕円形状とし、大転子部の穴以外に、図4に示すような穴を設けた。これらの穴は、パッドにかかる衝撃力の荷重伝達経路を換えて衝撃吸収性の向上を目指すとともに、通気性を改善し、さらに軽量となるように工夫したものである。

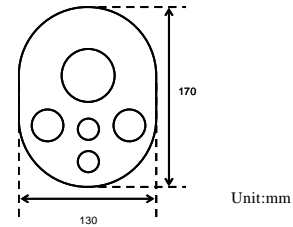


Fig. 4 Sample shapes of SIBS 02 Foam hip protector

4 装着感評価

材料の衝撃試験と、コンピュータシミュレーションの解析の結果得られた材料・形状で衝撃吸収パッドを作製した。このパッドを市販品のパンツの片側に取り付け、左右異なったパッドのパンツについて、実際の高齢者施設にて初期装着感評価を行った⁵⁾。その結果、初期装着感については左右(開発品と市販品)の間に統計的な差異はなかった。また、3日間の着用の最後に、左右のうち、どちらを好むかを聴取したところ、市販品1名、SIBS 02 Foam 5名、両方同じと答えたのは15名であった。それらの理由としては、「違和感が少なかった」、「サイズやフィット感が良かった」と答える対象者が多くを占めた。

以上の結果から、SIBS 02 Foam を衝撃吸収パッドとして用いたヒッププロテクタは、軟質パッドを用いた市販品と着用感において差がないことが明らかとなった。

5 結言

本研究では衝撃吸収性を確保しながらも、着用感が良好である薄型ヒッププロテクタを開発した。種々の材料の衝撃試験を行ったところ、SIBS を発泡させた SIBS 02 Foam が衝撃吸収性に優れていることが分かり、ヒッププロテクタに用いる衝撃吸収パッドの材料として選定した。また、コンピュータシミュレーションにより、SIBS 02 Foam を用い、形状を工夫することで衝撃吸収性に優れ、薄型のヒッププロテクタを開発することができた。更に、このプロテクタの初期着用感評価を実施したところ、軟質タイプの市販品と同等の着用感であることが分かった。

参考文献

- (1) Lauritzen JB, 林泰史, 折茂肇, ヒッププロテクターによる転倒・骨折の予防, Osteoporosis Japan, vol. 10, pp. 149-157, 2002
- (2) 折茂肇, 八重樫由美, 他, 第5回大腿骨近位部骨折全国頻度調査成績-2007年における新発患者数の推定と20年間の推移-, 日本医事新報, no. 4492, pp. 73-77, 2010
- (3) 原田敦, 運動器不安定症と今後の展開, 整形・災害外科, vol. 50, pp. 27-35, 2007
- (4) 水野陽介, 田中英一, 山本創太, 水野幸治, 原田敦, 柴谷未秋, 小村倫生, 大腿骨頸部骨折予防用ヒッププロテクタの形状・材料特性の生体力学的検討, 日本機械学会論文集 (6), pp.207-208, 2010
- (5) 原田敦, 薄型ヒッププロテクターの初期コンプライアンス試験, 転倒予防医学研究会第8回研究集会抄録集掲載予定