原著論文

マウスガード材料の衝撃吸収に関する研究

— 温度条件, ショア硬度が衝撃吸収に及ぼす影響 —

富田 貴志* 月村 直樹*** 大野 繁* 梅川 義忠*
澤野 宗如* 藤本 俊輝* 高村 昌明* 馬嶋 藍子*
片倉 祐輔* 蔵田 明美* 大山 哲生*** 石上 友彦***

Shock Absorption of Mouthguard Materials

— Influence of Temperature Conditions and Shore Hardness on Shock Absorption —

Tomita Takashi*, Tsukimura Naoki***, Ohno Shigeru*, Umekawa Yoshitada*,
Sawano Muneyuki*, Fujimoto Toshiki*, Takamura Masaaki*, Majima Aiko*,
Katakura Yuusuke*, Kurata Akemi*, Ohyama Tetsuo*** and Ishigami Tomohiko***

歯科補綴学的意義

マウスガード (MG) はスポーツ活動時における外傷予防を主な目的としスポーツ選手に使用されている。MG にはさまざまな弾性材料が使用されているが、より外傷予防効果の高い MG の開発が求められる。本研究は室温条件および口腔内を想定した温度条件における衝撃吸収ならびにショア硬度を測定した。温度条件の相違が弾性材料の衝撃吸収に及ぼす影響を比較検討し、さらにショア硬度と衝撃吸収の関係について検討した。

抄 録

目的：温度変化に対するマウスガード材料の物理的性質の変化を考慮するため、室温条件（25℃）ならびに口腔内を想定した温度条件（37℃）において、現在市販されている MG 材料とその他の弾性材料の、衝撃吸収試験ならびにショア硬度測定を行った。さらに材料のショア硬度と衝撃吸収の関係について比較検討した。

方法：衝撃吸収試験には自製落下衝撃試験装置を用い、試料の厚さは 3mm とした。荷重条件は、φ 10mm (4.0g), 15mm (13.7g), 20mm (32.6g) の 3 種の鉄球を高さ 60cm から落下させ、全材料間の衝撃吸収を最大衝撃力で比較した。ショア硬度は JIS 規格に基づき測定した。両試験ともに、室温条件（25℃）ならびに口腔内を想定した温度条件（37℃）において行った。

結果：温度条件の違いにより、同一材料において異なる最大衝撃力を示した。弾性変形の範囲内で吸収できる衝撃力の場合には、最大衝撃力とショア硬度の間に強い相関が確認された。口腔内を想定した 37℃ の温度条件で、今回用いた最大の荷重条件では、テッシュコンディショナーと FD ソフトは現在市販されている MG 材料に比べ、高い衝撃吸収を示した。

結論：MG 材料の温度特性や研究の際の温度条件に配慮する必要がある。弾性変形による衝撃吸収を示す材料では、最大衝撃力とショア硬度間の相関が明らかとなった。現在市販されている MG 材料に比べ、高い衝撃吸収を示す材料が存在した。

和文キーワード

マウスガード材料, 衝撃吸収, 口腔内温度, ショア硬度, スポーツ歯学

* 日本大学歯学部補綴学教室局部床義歯学講座

** 日本大学歯学部総合歯学研究所顎口腔機能研究部門

* Department of Removable Partial Denture Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry

** Division of Oral and Craniomaxillofacial Research Dental Research Center, Nihon University School of Dentistry

受付：2005 年 6 月 29 日 / 受理：2005 年 10 月 26 日

Received on June 29, 2005 / Accepted on October 26, 2005

I. 緒 言

近年、幅広い年齢層においてスポーツが盛んに行われるようになり、その競技種目の範囲も広がっている。その中でスポーツ活動中の顎口腔領域における外傷も増加しており¹⁾、コンタクトスポーツを中心にさまざまなスポーツ選手が主に外傷予防の観点からマウスガード（以後、MG と略す）を使用している。現在、使用されている MG はスポーツ用品店などで入手できるマウスフォームタイプを代表とする既製品と、歯科医師が製作し調整するカスタムメイド MG に大別される。現在 MG 装着を規則として義務化している種目は少なく、義務化している種目においても安価で、入手しやすい既製品を使用している選手が多い。そこで、装着感がよく外傷予防効果の高いカスタムメイド MG の使用を啓発する活動が歯科医師により継続的に行われているが、その普及率はいまだ高いとはいえない現状である²⁾。

そこでより外傷予防効果の高い MG の研究開発を行い、使用価値の重要性を啓発する必要がある、それが装着率の向上につながるものと思われる。

著者らが今後行っていく研究は、現在市販されている MG 材料、もしくは、現在考えられている MG の構造や設計を含んだ製作方法に比べ、より外傷予防効果の高い MG を研究開発することを一連の目的としている。

現在市販されている MG 材料の材質は大半のものがエチレン酢酸ビニルの共重合体（EVA）を主成分としたものに限られているが、工業界における弾性材料にはこれらの MG 材料に比べ衝撃吸収の良いとされるものが存在する。それら弾性材料を MG に応用することが可能となれば、外傷予防効果の向上につながるものと思われる。そこで、試験材料にこのような工業界の材料を追加し実験を行った。

一方、MG 材料には温度の違いにより、硬度や弾性率などの物理的性質に変化を示すものも存在する。しかし、過去の報告の多くは^{3~11)}室温条件下における衝撃吸収を評価するにとどまっており、実際のスポーツ活動時における口腔内を想定した温度条件下での報告を行ったものは少なく、口腔内を想定した温度条件下で評価を行った研究においても¹²⁾、2種の材料間を

比較しているにすぎない。また、硬度や弾性率などの物理的性質と衝撃吸収の関係を評価した報告もみられない。

そこで本実験は、一連の研究目的の中での第1報として、弾性材料の温度変化による物理的性質の変化を考慮するため、室温条件（25℃）ならびに口腔内を想定した温度条件（37℃）において、現在市販されている MG 材料にその他の弾性材料を加え、衝撃吸収試験を行い比較検討した。

また、今まで慣例的に考えられており、過去に実験的な報告がなされていない、軟らかい材料がより衝撃を吸収するということが正しいかを証明するため、ショア硬度を用いて各弾性材料の硬さを測定し、材料のショア硬度と衝撃吸収の相関関係についても比較検討した。

II. 研究方法

1. 実験試料

本研究に使用した材料および略号を表1に示す。試料は、既存の MG 材料はいずれもシート材料であり、厚さ 3mm シートを 40mm 四方とした。なお、IG は厚さ 4mm のシートを 3mm に調整後使用した。その他弾性材料のうちシート材料は既存の材料と同様に作製した。その他弾性材料のうち弾性裏層用材料は厚さ 3mm、40mm 四方の鋳型を用い成型した。

工業界で用いられている弾性材料である SG は、MG 材料に比べ粘弾性が大きい。工業界では靴のソールなどに用いられている。PEB は硬度が数種類存在し、2533 は最も硬度が低いもので、弾性は MG 材料に近い。カテーテルなどの医療用としても使用されている。DIP は衝撃吸収素材として一般に広く市販されている材料である。主成分は JUS と同様であるが、構造は発泡体を呈している。

2. 実験装置

本実験に使用した自製衝撃試験装置構成機器、温度管理用機器、ショア硬度測定機器を表2に示す。

1) 自製落下衝撃試験装置

衝撃吸収試験には自製落下衝撃試験装置を使用した（図1）。本装置の構成は最下段に引張圧縮両用型小型ロードセルを設置し、その上に試料をのせるアルミ

表 1 Material used in this study
実験材料

List of elastic materials			
Mouthguard materials	Basic constituent	Manufacturer	Code
ERKOFLEX	Ethylene-vinyl acetate copolymer	ERKODENT	EF
MG21 (Hard)	Ethylene-propylene copolymer (Molteno [®])	MOLTEN MEDICAL	21H
MG21 (Soft)			21S
JUSTOUCH	Polystyrene-polyisoprene-polystyrene triblock copolymer (HYBRAR [®])	KURARAY MEDICAL	JUS
IMPACTGURAD	Polyolefin-polystyrene block copolymer	GC	IG
Other elastic materials	Basic constituent	Manufacturer	Code
PEBAX 2533	Polyether-amide block copolymer	ATOFINA	PEB
SUPER GEL	Polyethylene based copolymer	KIHARASANGYO	SG
DIPOLGY shock absorption foam	Polystyrene-polyisoprene-polystyrene triblock copolymer and others	CCI	DIP
Resilient lining materials	Basic constituent	Manufacturer	Code
PHYSIO LINER	PMMA, Methacrylate and others	NISSIN	PL
FD SOFT	PMMA and others	KAMEMIZU CHEM.IND.	FD
TISSUE CONDITIONER	Methacrylate and others	GC	TC

表 2 Equipments used in this study
実験使用機器

Equipment component list of impact machine		
Equipments for measurement	Type	Manufacturer
Load Cell	LUR-A-1KNSA1	KYOWA ELECTRONIC INSTRUMENTS
Dynamic Strain Amplifier	DPM-612B	KYOWA ELECTRONIC INSTRUMENTS
A/D converter	AD12-8(PM)	CONTEC
Equipments for analysis	Type	Manufacturer
Personal Computer	VersaPro VA86J	NEC
Analysis software	Analysis system of impact absorption	AMISYSTEMS
Equipments for thermal management	Type	Manufacturer
Temperature controller	THC-15	THREE HIGH
Temperature sensor	TH-8162	THREE HIGH
Electric heater		THREE HIGH
Noncontact type radiation thermometer	UT-01S	DAI-ICHI SHOJI
Equipments for shore hardness measurement	Type	Manufacturer
Type A durometer	GS-719G	TECLOCK
Type E durometer	GS-721G	TECLOCK

合金板（測定台）を固定した。最上段には水平的位置を調整するジグを配置した。このジグに鉄球を一定の位置に保持するためのガイドを付与した電磁石を設置

図 1 Self-made drop impact machine
自製落下衝撃試験装置

した。測定台と電磁石間の距離（高さ）は 60cm とし、鉄球の落下位置をロードセルの中心と一致するように調整後固定した。

2) 測定用機器

本実験では衝撃力（N）を単位とし、鉄球が加える衝撃力をロードセルにより電氣的出力に変換し測定した。ロードセルで得られた出力を動歪み測定器を用い増幅した。

3) 解析用機器

動歪み測定器により得られたデータを A / D コンバータを介してパーソナルコンピュータに転送した。

図2 Measurement point of shore hardness
ショア硬度測定点

ピュータ上で衝撃波形解析システムを使用し、衝撃波最大ピーク値（最大衝撃力）を測定した。

4) 温度管理用機器

37℃における衝撃吸収試験では、測定台の全面を断熱材により保温し、測定台上に発泡スチロールにより遮蔽した空間を設けた。この空間を温度センサーによりモニターし、温度センサーと連携した温度コントローラにより制御されたヒーターで加温し温度管理を行った。さらに鉄球落下直前に試料表面温度を非接触式放射温度計により測定し、試料表面温度が37℃であることを確認した。

5) ショア硬度測定用機器

ショア硬度測定には、JIS K 6253に準拠したゴム・プラスチック硬度計を使用した。

3. 実験方法

1) 衝撃吸収試験

自製落下衝撃試験装置を使用し、得られた最大衝撃力を評価した。荷重条件はφ10mm（4.0g. 以後、鉄球1と略す）、φ15mm（13.7g. 以後、鉄球2と略す）、φ20mm（32.6g. 以後、鉄球3と略す）の鉄球を使用し、3条件とした。各荷重条件につき4枚の試料を使用した。すなわち、1枚の試料につき鉄球を1回落下させ計4回行った。4回の最大衝撃力の平均値を荷重条件ごとに、材料間で比較した。

2) ショア硬度測定

前述の硬度計を使用し、ショア硬度を25℃および37℃の各温度条件において測定した。試料サイズは衝撃吸収試験と同じものを使用した。測定は全て加硫ゴムおよび熱可塑性ゴムの硬さ試験方法¹³⁾を参考に行

った。測定点は1枚の試料につき5点とし（図2）、2枚の試料を重ね、厚さ6mmで行った。各温度条件につき3枚の試料を使用し、合計15回測定した。なおJIS K 6253に基づき、ショアA硬度が20未満の値を示したのものについては、ショアE硬度を測定し、その試料のショア硬度とした。

3) 統計解析

衝撃吸収試験の統計処理は、各材料の得られた平均値を温度条件別に各荷重条件で、一元配置分散分析を行い、その後Tukeyの多重比較検定を危険率5%にて行った。また材料ごとに温度条件間の比較するためt検定を行った。

また、衝撃吸収と硬度の関係は、荷重条件ごとにショアA硬度と両温度条件における最大衝撃力を、Spearmanの順位相関係数（ ρ ）を用いて評価した。

III. 結 果

1. 25℃における衝撃吸収試験について

一元配置分散分析の結果、全ての荷重条件において有意な差が確認された。鉄球1における全材料の最大衝撃力の平均値は70.6Nであり、DIPが最も低い27.7Nを示し、PLが最も高い118.1Nを示した。鉄球2における全材料の最大衝撃力の平均値は220.7Nであり、DIPの58.2Nに続き、TCが139.1Nと低い値を示した。最も高い値を示したものはSGの395.6Nであり、次いでPLの335.1N、JUSの302.1Nであった。なお、試験後のSG試験片には、永久変形による圧痕が肉眼的に観察された。鉄球3における全材料の最大衝撃力の平均値は443.6Nであり、DIPが最も低い155.2Nを示し、SGが最も高い896.8Nを示した（図3、表3）。

2. 37℃における衝撃吸収試験について

一元配置分散分析の結果、全ての荷重条件において有意な差が確認された。鉄球1における全材料の最大衝撃力の平均値は66.0Nであり、DIPが最も低い20.4Nを示し、PLが最も高い85.9Nを示した。鉄球2における全材料の最大衝撃力の平均値は206.8Nであり、DIPが最小の67.5Nを示し、次いでTCが138.8N、FDが151.5Nを示した。最も高い値を示したものはSGの347.1Nであり、次いでPLの283.3N

表 3 Turkey multiple comparison authorization (25℃)
多重比較検定結果 (25℃)

25℃	B										
	EF	21H	21S	JUS	IG	SG	PEB	DIP	PL	FD	TC
EF	—			△□		△□		●▲■	○△□		●▲■
21H		—		△□		△□		●▲■	○△□	●■	●▲■
21S			—	△□		△□		●▲■	○△□		●▲■
JUS	▲■	▲■	▲■	—	▲■	△□	▲■	●▲■	○	●▲■	●▲■
IG				△□	—	△□		●▲■	○△□		▲■
A SG	▲■	▲■	▲■	▲■	▲■	—	▲■	●▲■	○▲■	●▲■	●▲■
PEB				△□		△□	—	●▲■	○△□	■	●▲■
DIP	○△□	○△□	○△□	○△□	○△□	○△□	○△□	—	○△□	○△□	○△□
PL	●▲■	●▲■	●▲■	●	●▲■	●△□	●▲■	●▲■	—	●▲■	●▲■
FD		○□		○△□		○△□	□	●▲■	○△□	—	▲■
TC	○△□	○△□	○△□	○△□	△□	○△□	○△□	●▲■	○△□	△□	—

White: A shows significantly lower than B. Black : A shows significantly higher than B.

○● : Steel Ball : φ10mm, △▲ : Steel Ball : φ15mm, □■ : Steel Ball : φ20mm

白 : AがBに比較して有意に低い. 黒 : AがBに比較して有意に高い

○● : 鉄球 1, △▲ : 鉄球 2, □■ : 鉄球 3

図 3 Transition of maximum impact force (25℃)
最大衝撃力の推移 (25℃)

図 4 Transition of maximum impact force (37℃)
最大衝撃力の推移 (37℃)

表 4 Tukey multiple comparison authorization (37℃)
多重比較検定結果 (37℃)

37℃	B										
	EF	21H	21S	JUS	IG	SG	PEB	DIP	PL	FD	TC
EF	—			●△□		●△□		●▲	○△□	●▲■	●▲■
21H		—	●▲	●△□	●▲	●△□		●▲	○△□	●▲■	●▲■
21S		○△	—	△□		●△□		●▲	○△□	●▲	●▲■
JUS	○▲■	○▲■	▲■	—	▲■	△□	○▲■	●▲■	○△	●▲■	●▲■
IG		○△		△□	—	●△□		●▲	○△□	●▲■	●▲■
A SG	○▲■	○▲■	○▲■	▲■	○▲■	—	○▲■	●▲■	○▲■	●▲■	●▲■
PEB				●△□		●△□	—	●▲	○△□	●▲■	●▲■
DIP	○△	○△	○△	○△□	○△	○△□	○△	—	○△□	○△□	○△□
PL	●▲■	●▲■	●▲■	●▲	●▲■	●△□	●▲■	●▲■	—	●▲■	●▲■
FD	○△□	○△□	○△	○△□	○△□	○△□	○△□	●▲□	○△□	—	
TC	○△□	○△□	○△□	○△□	○△□	○△□	○△□	●▲□	○△□		—

White: A shows significantly lower than B. Black : A shows significantly higher than B.

○● : Steel Ball : φ10mm, △▲ : Steel Ball : φ15mm, □■ : Steel Ball : φ20mm

白 : AがBに比較して有意に低い. 黒 : AがBに比較して有意に高い

○● : 鉄球 1, △▲ : 鉄球 2, □■ : 鉄球 3

図5 Comparison between temperature conditions
(Steel Ball : ϕ 10mm)
温度条件間の比較 (鉄球 1)

図7 Comparison between temperature conditions
(Steel Ball : ϕ 20mm)
温度条件間の比較 (鉄球 3)

図6 Comparison between temperature conditions
(Steel Ball : ϕ 15mm)
温度条件間の比較 (鉄球 2)

図8 Shore hardness measurement results
ショア硬度測定結果

であった。

なお、試験後の SG 試験片には、永久変形による圧痕が肉眼的に観察された。鉄球 3 における全材料の最大衝撃力の平均値は 442.1N であり、TC が 291.0N、FD が 309.4N と最も低い値を示し、SG が 887.2N と最も高い値を示した (図 4、表 4)。

3. 温度条件間の比較について

同一材料の両温度条件間の、最大衝撃力を比較した (図 5～7)。鉄球 1 では SG、DIP、PL は 25℃ が高く、PEB は 37℃ が高い結果を示した。鉄球 2 では JUS、SG、PL、FD は 25℃ が高く、DIP は 37℃ が高い結果を示した。鉄球 3 では 21 S、JUS、PEB、PL、FD は 25℃ が高く、DIP は 37℃ が高い結果を示した。DIP および PL は全ての荷重条件において、JUS、SG、PEB および FD は 2つの荷重条件において、両温度条件間の結果に有意な差がみられた。

4. ショア硬度測定

ショア硬度の測定結果は、全ての材料において 25℃ に比べ 37℃ の結果が低い値を示す傾向がみられた。SG と DIP はショア A 硬度が 20 未満の値を示したため、ショア E 硬度を測定した (図 8)。

5. 衝撃吸収とショア硬度の関係

SG および DIP はショア A 硬度を測定できなかったため、統計をかける際は、ショア A 硬度測定値を 0.0 として行った。また、鉄球 2 と鉄球 3 での試験後の SG 試験片には永久変形による圧痕が肉眼的に確認されたため、鉄球 2 と鉄球 3 の結果からは除外した。

各材料の最大衝撃力とショア硬度の相関関係を、荷重条件ごとに Spearman の相関係数 (ρ) を用いて有意水準 1% で比較した結果、鉄球 1 では相関係数が 0.545 であり両者の間に強い相関が認められた (図 9)。

図 9 Distribution chart (Steel Ball : ϕ 10mm)
最大衝撃力とショア A 硬度の相関関係 (鉄球 1)

図 10 Distribution chart (Steel Ball : ϕ 15mm)
最大衝撃力とショア A 硬度の相関関係 (鉄球 2)

鉄球 2 でも相関係数は 0.594 であり強い相関が認められた (図 10)。鉄球 3 では相関係数が 0.402 であり比較的強い相関が確認された (図 11)。

IV. 考 察

1. 自製落下衝撃試験装置について

衝撃特性に関する規格化された試験方法には、アイゾットやシャルピーなどの試験機を用いた方法や落球衝撃試験などが報告されている^{14,15)}。しかし、これらは材料の衝撃強さを評価する方法であり、衝撃吸収を評価するものではない。落球衝撃試験の利点は振動や摩擦による誤差がなく、試験片の調整も容易であり、実際の製品の衝撃強さと最も近似する結果を示すといわれている^{16,17)}。そこで今回の衝撃吸収試験には落球衝撃試験を採用し、引張圧縮両用型小型ロードセルを用いることにより、力学的な解析を可能にした。

2. 実験試料について

MG の厚さに関する規定は部位によっても異なり、現在のところ確立されていないが 2mm 以上は必要であるとされている⁸⁾。また、現在販売されている MG 用シート材料は、成型による厚さの減少を考慮し、3mm 以上のものが多い。このような理由から今回は厚さを 3mm に規定した。

3. 荷重条件について

実際に歯や口腔周囲組織に外傷を及ぼす衝撃力は加衝物の重量や硬さ、速度や加速度、衝撃時の角度、衝撃される部位などの多くの因子により影響を受けるた

図 11 Distribution chart (Steel Ball : ϕ 20mm)
最大衝撃力とショア A 硬度の相関関係 (鉄球 3)

め測定することは不可能であり、したがって臨床的な状況を想定することは困難であると思われる。そのような実情から、研究者ごとに加える衝撃力は異なっており、どの衝撃力が妥当であるかは現在のところ検討されていない。

そこで今回は本実験装置を使用し、試料の厚さ 3mm の条件で研究を行ううえで、どの程度の衝撃力を試料に加えるかを検討するため、 ϕ 10mm (4.0g)、 ϕ 15mm (13.7g)、 ϕ 20mm (32.6g) の鉄球を使用した。荷重条件の設定に関しては、今後の実験方法により、さらに検討を加える必要があると考えられる。

4. 最大衝撃力の計測について

衝撃吸収を目的とした材料に求められる要素は、衝撃波形の第一波をいかに減少させ、衝撃による影響の程度を軽減できるかということである。波形減衰時間等も少しは影響すると思われるが、MG の最大の目的である外傷予防効果を評価するには、衝撃波形の最大ピーク値 (最大衝撃力) を評価することが適当であ

と考えた。今回の結果では最大衝撃力が大きな値を示すほど、衝撃吸収は小さいことになる。

5. 結果について

1) 衝撃吸収試験について

温度条件の違いが同一材料の結果に及ぼす影響は、材料によって異なっていた。今回実験に使用した材料は分子構造の異なる線状高分子を主成分とする。これら高分子材料は温度が上昇するにつれ、可塑性が増し変形しやすくなるものと思われる。これは各材料により異なるが、このことはショア硬度測定の結果が高い温度の際に低下する傾向を示したことからも推察される。

このことから今後の実験では弾性材料の温度特性を踏まえ、口腔内を想定した温度条件下での実験を行う必要性があると思われる。

また、荷重条件の変化により、最大衝撃力の変化する割合は材料により異なる傾向を示した(図3, 4)。

さらに、今回使用した弾性裏層用材料のうち、TCならびにFDは37℃温度条件下において、各荷重条件で一部を除きほかの材料と比較して良い結果を示したことから、今後MGに応用する検討価値があると考えられた。しかし、DIPは25℃の温度条件下では、全ての材料に比べよい結果を示したものの、DIPの温度条件間の比較における、鉄球2および鉄球3の荷重条件では37℃の最大衝撃力が高い値を示した。さらに37℃、鉄球3荷重条件ではTCおよびFDに比べ最大衝撃力が高い値を示した。

このことから、MGを製作するにあたり口腔内を想定した温度条件を考慮に入れるならば、TCやFDがよりMG材料としての衝撃吸収には適しているものと考えられた。

2) 衝撃吸収とショア硬度の関係

弾性変形による衝撃吸収を示す材料に関しては、全ての荷重条件において、ショア硬度と最大衝撃力に強い相関が確認された。つまりショア硬度が増加すると最大衝撃力も増加することが判明した。一方、SGのようなショア硬度が低い材料では、弾性変形による吸収の限界を超え、材料自体が永久変形を起こし、最大衝撃力が高くなる結果を示した。

このことから適度なショア硬度を有していないと、材料自体が破壊してしまい、衝撃を吸収する以前に衝

撃力が直接、口腔諸組織に影響を及ぼすことが考えられた。

また、今回の結果からどの程度のショア硬度を有しているものがMGに適当なのかを言及することは難しいが、衝撃力により永久変形を起こさない範囲で、よりショア硬度が低いものが適当なのではないかと考えられた。すなわち、慣例的に考えられていた軟らかいものがより衝撃を吸収するということは、弾性変形内だけに対応するものであり、材料の破壊が生じる際には適応できないことが確認された。

V. 結 論

MGの最大の目的は外傷予防効果であると考えられる。そのためにはMGの衝撃に対する材質的な要件が重要となる。今回、温度変化に対するMG材料の物理的性質の変化を考慮し、室温条件(25℃)ならびに口腔内を想定した温度条件(37℃)において、現在市販されているMG材料とその他の弾性材料の、衝撃吸収試験ならびにショア硬度測定を行った。さらに材料のショア硬度と衝撃吸収の関係について比較検討した結果、以下の結論を得た。

1. 温度条件の違いにより、同一材料において異なる最大衝撃力を示した。よって、材料を選択する際には材料の温度特性を考慮に入れ、口腔内を想定した温度条件下での結果を参考にする必要があると思われた。

2. 弾性変形の範囲内で吸収できる衝撃力の場合には、最大衝撃力とショア硬度の間に強い相関が確認された。

3. 口腔内を想定した37℃の温度条件下で、今回用いた最大の荷重条件では、テッシュコンディショナーとFDソフトは現在市販されているMG材料に比べ、高い衝撃吸収を示した。

この研究の一部は平成16年度日本大学歯学部総合歯学研究
所研究費<一般研究費B>、および平成16年度大学院整備重
点化経費により行われた。

文 献

- 1) 大山喬史, 石上恵一, 石島 勉ほか. スポーツ歯学の臨床 9-11, 57-68, 158-166, 東京: 医学情報社, 1998.
- 2) 前田芳信, 安井利一, 米畑有理. マウスガード製作マニ

- ュアルスポーツ歯学への誘い—35, 東京: クインテッセンス出版, 2001.
- 3) 山本鉄雄. マウスプロテクターの機能に関する研究 第1報 衝撃吸収試験からの考察. 鶴見歯学 15: 335-342, 1989.
- 4) 石島 勉, 月村雅史, 山口敏樹ほか. カスタムメイド・マウスガード材料に関する基礎的研究 第2報 衝撃吸収能について. 補綴誌 36: 361-366, 1992.
- 5) 小林文隆. 緩衝材の衝撃吸収能に関する研究 第1報 板状試料の衝撃吸収能. 補綴誌 36: 1004-1015, 1992.
- 6) 河野文昭, 永尾 寛, 野田正純ほか. 軟質裏層材の衝撃吸収に関する研究 第1報 板状試料の衝撃吸収能. 補綴誌 37: 1172-1179, 1993.
- 7) 前田守隆. マウスプロテクターに関する研究—ポリオレフィン系材の物性について—. 補綴誌 38: 372-382, 1994.
- 8) 弘 卓三, 富岡 徹, 石井哲次ほか. スポーツ用 H 型マウスガードの特性の検討—衝撃吸収能・呼吸機能からの検討—. 体力科学 46: 297-304, 1997.
- 9) 森井秀男. マウスプロテクターに関する研究—歯に対する衝撃吸収能について—. 日大歯学 72: 331-338, 1998.
- 10) 飯沼光生, 柿原秀年, 長谷川信乃ほか. マウスガードの衝撃吸収効果. スポーツ歯学 6: 16-20, 2003.
- 11) 月村直樹, 武田友孝, 小川 透ほか. マウスガードの衝撃吸収能について. 日大歯学 78: 115-120, 2004.
- 12) 根来武史, 後藤滋巳. 新素材マウスガードシートの特性とカスタムメイド・マウスガードの製作方法. QDT 28 (8): 85-91, 2003.
- 13) 日本工業標準調査会. JIS K 6253, 加硫ゴム及び熱可塑性ゴムの硬さ試験方法, 東京: 日本規格協会, 1997.
- 14) 日本工業標準調査会. JIS K 7110, プラスチック—アイゾット衝撃強さの試験方法, 東京: 日本規格協会, 1999.
- 15) 日本工業標準調査会. JIS K 7111, プラスチック—シャルピー衝撃強さの試験方法, 東京: 日本規格協会, 1996.
- 16) 高分子学会. 高分子化学講座 14 巻, 高分子材料試験法 88-98, 東京: 地人書館, 1982.
- 17) 成沢郁夫: 高分子材料強度学 221-239, 東京: オーム社, 1982.

著者連絡先: 富田 貴志

〒 101-8310 東京都千代田区神田駿河台 1-8-13

TEL: 03-3219-8144

FAX: 03-3219-8350

E-mail: tomita-t@dent.nihon-u.ac.jp

Shock Absorption of Mouthguard Materials

— Influence of Temperature Conditions and Shore Hardness on Shock Absorption —

Tomita Takashi *, Tsukimura Naoki * · **, Ohno Shigeru *, Umekawa Yoshitada *,
Sawano Muneyuki *, Fujimoto Toshiki *, Takamura Masaaki *, Majima Aiko *,
Katakura Yuusuke *, Kurata Akemi *, Ohyama Tetsuo * · ** and Ishigami Tomohiko * · **

* Department of Removable Partial Denture Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry

** Division of Oral and Craniomaxillofacial Research Dental Research Center,

Nihon University School of Dentistry

J Jpn Prosthodont Soc 50 : 200-209, 2006

ABSTRACT

Purpose : To consider changes in the physical properties of mouthguard materials with the change of temperature, shock-absorbing examination and Shore hardness measurement of existing MG materials and other elastic materials were carried out.

Methods : Both examinations were done under two temperature conditions: at room temperature (25°C) and simulated intraoral temperature (37°C) . In addition, a comparative study of the relation between Shore hardness and shock absorption of the materials was made. A self-made drop impact machine was used for the shock-absorbing examination. The thickness of a sample was assumed to be 3 mm. The loading was applied by dropping 3 kinds of steel ball, ϕ 10 mm (4.0 g), ϕ 15 mm (13.7 g), and ϕ 20 mm (32.6 g) from a height of 60 cm. The shock absorption of all materials was compared by the maximum impact force. Shore hardness was measured based on the JIS standard.

Results : The shock absorption of each material showed a different tendency depending on the loading condition. Furthermore, the shock absorption of the same material showed different results depending on the temperature condition. Shore hardness measurements tended to show low values with the condition of 37°C for all materials.

Conclusion : From the relation between shock absorption and Shore hardness, it was confirmed that there is a correlation between hardness and the maximum impact force in the materials that showed shock absorption by elastic deformation. Some materials showed high shock absorption compared with existing MG materials.

Key words

mouthguard materials, shock absorption, temperature condition of intraoral, shore hardness, sports dentistry