

マウスガードの引抜き応力値は  
低温度変化に影響を受ける

日本大学歯学部歯科補綴学教室局部床義歯学講座  
専修医 大野 繁  
(指導：石上 友彦 教授，月村 直樹 准教授)

## 緒言

近年、スポーツ競技を行う人口の増加とスポーツ競技の多様化により歯の破折・脱臼、軟組織裂傷や顎骨骨折の受傷頻度は増加している<sup>1)</sup>。これらの外傷を予防するためにはマウスガード（mouthguard：以下MG）の装着が有効とされ<sup>1,2)</sup>、コンタクトスポーツの一部では義務化されている<sup>3)</sup>。一般に、MGの種類は作製方法と適合性により、スポーツ用品店などで入手できる既製のストックタイプMGと、使用者自身が温水中で軟化し口腔内に適合させるマウスフォームドタイプMG、そして歯科医師が口腔内を印象採得し、各個人に適合した形態・咬合を付与させるカスタムメイドタイプMGの3種に分けられているが、特にカスタムメイドタイプMGは、適合性および咬合の安定性が優れているため推奨されている<sup>4)</sup>。また、MGの材料として使用される頻度が高いものはエチレン酢酸ビニルの共重合体を主成分としたものと、同じ熱可塑性エラストマーで加工性に優れたポリオレフィン系エラストマーの2種類があり、ともに架橋構造を持たず、高温で可塑化され成形される<sup>4)</sup>。各材料の物理的性質については多く報告されており<sup>5-13)</sup>、外傷に対するMG装着による防護効果が認められ<sup>5)</sup>、その結果MGの装着は多くのスポーツ競技に浸透してきている。通常のスポート競技者からMGの着脱の困難性について指摘されることはまれであるが、冬期に行われるスキーやスノーボードなどのウィンタースポーツ競技者からは、競技後のMGの取り外しが困難であるとの指摘がある。過去の報告の多くは<sup>5-13)</sup>室温条件下における物理的性質を評価するにとどまり、低温条件下での評価報告はない。そこで、本研究はMGの低温環境下による影響について検討するために、使用頻度の高いエチレン酢酸ビニル系

材料である MG シート (BIOPLAST<sup>®</sup>, ショイデンタル : 以下 EV) およびポリオレフィン系軟質 MG 材料である MG シート (MG21<sup>®</sup>, シージーケー : 以下 M21) について種々の環境温度下における引抜き試験を行い, 比較検討した。

## 材料および方法

### 1. 材料

本研究に使用した試料は、現在カスタムメイド MG 作製時に最も繁用されている厚さ 4.0 mm の MG シートで、EV (Φ125mm) と、M21 (角型をΦ125mmに加工) の 2 種類である (第 1 図)。また、アンダーカット量 2mm の金型 (第 2 図) を引抜き試験用モデル (支台歯) として使用した。

### 2. 試料作製方法

支台歯の周囲 5 mm のスペースを有する専用の印象用トレーを用い、シリコーン系印象材を用いて通法に従い金型の印象採得を行い、超硬石膏で模型を作製後、支台歯の上面より 6.0 mm, 8.0 mm, 10.0 mm の位置で、全周のアンダーカット量がそれぞれ 0.4 mm, 0.8 mm, 1.2 mm となるようトリミングを行い石膏試料とした (第 3 図)。その後、アクリル円板にトリミングした石膏試料をシアノアクリレート系接着剤により接着させた。EV および M21 をそれぞれヒータープレス機 (MINISTAR S<sup>®</sup>, ショイデンタル) (第 4 図) を用い、MG 作製時と同様に 220 °C で 90 秒加熱、3 bar の条件下にて 4 分間加圧成形を行い、その後大気圧まで減圧し、24 時間放冷した。放冷後、超音波カッター (LABO SONIC CUTTER<sup>®</sup>, ナカニシ) にて切断し、ペーパーコーン (シャープ・ミニ, 大木化学工業) で規定アンダーカット量の位置で形態修正を行い、試料とした (第 5 図)。

### 3. 引抜き試験

引抜き試験の試料は加硫ゴム物理試験法 JIS K6251 に基づき、万能試験機 (EZ-test®，島津製作所) にてクロスヘッドスピード 500 mm/min の条件下にて、試料の温度条件を常温 (20 °C)、水道水の温度 (8.7 °C) および氷水の温度 (0 °C) とし、試験機台座周囲にボクシングを行い、摩擦による影響が出ないように金型にワセリンを一層塗布した状態で水中に 5 分間浸漬し、引抜き試験を行った (第 6 図)。試料数はアンダーカット量ごとにそれぞれ 15 個とし、試験から得られた計測値を平均して比較検討した。

#### 4. 統計処理

計測値は、Tukey-Kramer の多重比較検定 ( $p < 0.05$ ) で統計処理を行った。

## 結果

EV の常温、水道水および氷水の条件下（以下常温、水道水、氷水）における引抜き応力値は、アンダーカット 0.4 mm（以下 0.4 mm）の場合では、9.5（±0.9）N、10.7（±0.2）N および 12.3（±0.4）N、アンダーカット 0.8 mm（以下 0.8 mm）の場合では、13.0（±0.8）N、12.9（±0.7）N および 16.2（±0.8）N、アンダーカット 1.2 mm（以下 1.2 mm）の場合では、15.2（±1.7）N、15.2（±1.4）N、および 23.6（±3.4）N であった。常温と水道水での測定結果に有意差は認められなかったが、氷水は常温、水道水に対し有意に高い値を示した（第 7 図，第 1 表）。

M21 の同条件下における引抜き応力値は、0.4 mm の場合では、9.3（±1.0）N、9.8（±0.3）N および 12.0（±0.4）N、0.8 mm の場合では、14.7（±0.7）N、14.5（±0.4）N および 17.9（±0.8）N、1.2 mm の場合では、16.0（±2.7）N、16.5（±1.0）N、および 23.5（±1.1）N であった。EV と同様に常温と水道水での測定結果に有意差は認められなかったが、氷水は常温、水道水に対し有意に高い値を示した（第 8 図，第 1 表）。

## 考察

### 1. 実験方法について

今回規定した 3 つのアンダーカットの値は、日本人男子中切歯歯冠厚と歯頸厚の差を参考とした<sup>14)</sup>。MG 材の加圧成形はメーカー指示に基づき、通法に従って行ったが、成形後の変形を防止するため、24 時間放冷を行った。測定時の温度設定は実際の口腔内温度を想定していないが、JIS Z 8703 に規定される常温下の水温 20 °C、東京都 12 月の平均水道水温 8.7 °C、各種冬期競技中の低温環境として氷水温 0 °C とし、それぞれの試料を水中に浸漬し試験を行った。

### 2. 結果について

同一アンダーカット量での温度変化における影響については、EV と M21 の引抜き応力値はそれぞれ氷水で最も大きく、常温、水道水で小さくなり、氷水と他者では有意差が認められた。常温と水道水の計測値に有意な差は認められなかった。そこで、0.4 mm, 0.8 mm および 1.2 mm の常温、水道水の低い方の引抜き応力平均値と、氷水における引抜き応力平均値の差は、EV では平均 2.8 N, 3.3 N および 8.4 N であり、M21 では平均 2.7 N, 3.4 N, および 7.5 N であった。よって、今回の環境温度差による MG 引抜きのための力には差があり、EV, M21 とともに 0.4 mm, 0.8 mm の場合では常温、水道水と氷水との応力値間の差は約 3.0 N であり、1.2 mm の場合では約 8.0 N であった。本実験は 1 歯の MG の計測値であり、実際の口腔内を想定した場合、低温条件下では MG を口腔内から外すためにはさ

らに過大な力を要すると考えられ、その対応策として MG を取り外す前に水道水等を口に含み MG の温度を変化させ取り外す方法が考えられる。一般に熱可塑性エラストマーは環境温度が下がると硬くなるとされているが<sup>15)</sup>、EV、M21 とともに同様の傾向を示した今回の結果からそれが検証できた。

一方、同一温度条件下において、アンダーカット量が増加した時のそれぞれの応力値は大きくなる。MG を外すために要する力は、氷水環境下では 0.4 mm、0.8 mm 間において約 5 N、0.4 mm、1.2 mm 間において約 11 N の差となり、これにより温度変化における影響と同様に、他のアンダーカット量の場合に比べ 1.2 mm の場合、MG を口腔内から外すためには過大な力を要すると考えられる。

氷水環境下での EV、M21 の 0.4 mm の応力値は常温環境下での 1.2 mm より低い。常温環境下 1.2 mm の MG 着脱時に問題がないことから、ウィンタースポーツにおいて問題なく MG を使用するためにはアンダーカットは 0.4 mm 程度に設定しなければならない。従って実際にウィンタースポーツ用の MG 製作時において、歯のアンダーカット量が大きい場合は、作業模型をブロックアウトして製作することが望ましいと考えられる。



## 結論

今回の実験で、MG の引抜き応力値は冷温度変化による影響が大きいことが分かった。そのため、ウィンタースポーツにおける MG は、アンダーカット量 0.4 mm 程度で作製し、口腔内温度を上昇させることにより取り外しやすくなると示唆された。

## 文献

- 1) 石島 勉, 平井敏博(1994)マウスガードの役割と効果. 日歯医師会誌 47, 41-46.
- 2) Quarrie,K , Gianotti,S , ChalmersD ( 2006 ) An evaluation of mouthguard requirements and dental injuries in New Zealand rugby union, Br.J.Sports Med 39, 650-651.
- 3) 大山喬史, 上野俊明 (1998) スポーツマウスガードハンドブック. 医学情報社, 東京, 14-28.
- 4) 関東ラグビーフットボール協会メディカルソサエティ歯科委員会編 (1998) ラグビー用マウスガード製作法. 関東ラグビーフットボール協会, 東京, 7-14 .
- 5) 大山喬史 河野一郎 安井利一 (2007) スポーツ歯科臨床マニュアル. 日本スポーツ歯科医学会, 東京, 61-67.
- 6) 山本鉄雄 (1989) 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.
- 7) 石島 勉, 月村雅史, 山口敏樹, 越野 寿, 平井敏博, 平沼謙二 (1992) 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. 日補綴歯会誌 36, 361-366.
- 8) 小林文隆 (1992) 緩衝材の衝撃緩衝能に関する研究 第1報 板状試料の衝撃吸収能. 日補綴歯会誌 36, 1004-1015.

- 9) 前田守隆 (1994) マウスプロテクターに関する研究ーポリオレフィン系材の物性についてー, 日補綴歯会誌 38, 372-382.
- 10) 弘 卓三, 富岡 徹, 石井哲次, 小林文隆, 山本鉄雄 (1997) スポーツ用 H 型マウスガードの特性の検討ー衝撃吸収能・呼吸機能からの検討ー. 体力科学 46, 297-304.
- 11) 森井秀男 (1998) マウスプロテクターに関する研究ー歯に対する衝撃吸収能についてー. 日大歯学 72, 331-338.
- 12) 飯沼光男, 柿原秀年, 長谷川信乃, 杉本勘太, 田村康夫 (2003) マウスガードの衝撃吸収効果について. スポーツ歯学 6, 16-20.
- 13) 月村直樹, 武田友孝, 小川 透, 中島一憲, 内藤 薫, 黒川勝英, 島田 淳, 石上恵一, 富田貴志, 石上友彦 (2004) マウスガードの衝撃吸収について. 日大歯学 78, 115-120.
- 14) 藤田恒太郎 (1949) 日本人の永久歯の大きさについて. 解剖学雑誌 24.
- 15) 森 勝朗, 宮田 寛, 下里伸治, 近藤 聡, 山川 浩 (2005) 新規アラミド系熱可塑性エラストマーの構造と物性, TOSOH Research & Technology Review 49, 15-20.

## 付図説明

第1図：MG材シート

左：M21 右：EV

第2図：金型

左：金型 右：金型の寸法

第3図：石膏試料

上：アンダーカット量の規定方法

左下：トリミング前の石膏試料

右下：高さ10mmにトリミング後の石膏試料

第4図：ヒータープレス機（MINISTAR S<sup>®</sup>，ショイデンタル）

第5図：試料

左：石膏試料の亚克力板への接着

右：作製したMG試料

第6図：万能試験機（EZ-test<sup>®</sup>，島津製作所）

左：台座をワックスにてボクシング

右：水中での引抜き試験のシェーマ

第7図：EVの引抜き応力値グラフ

第8図：M21の引抜き応力値グラフ

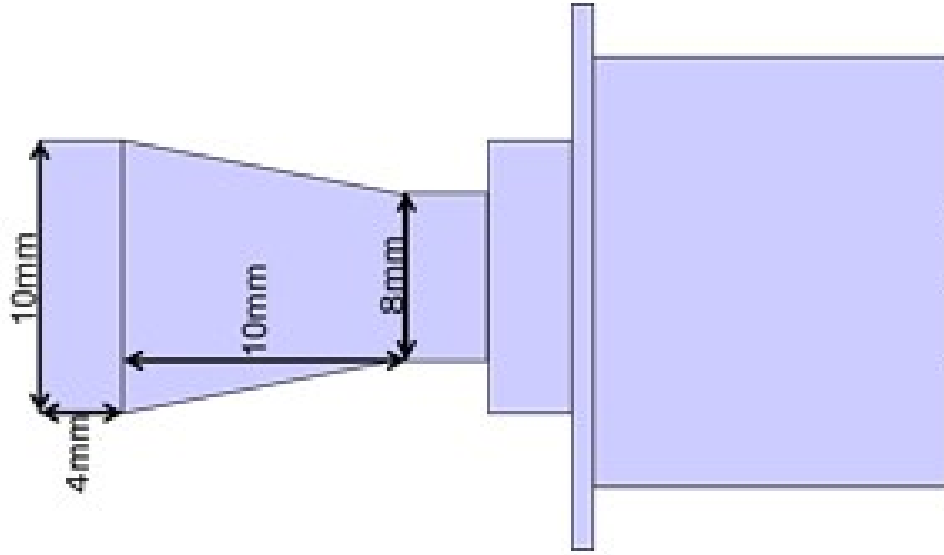
第1表：EVとM21の引抜き応力値



第1図

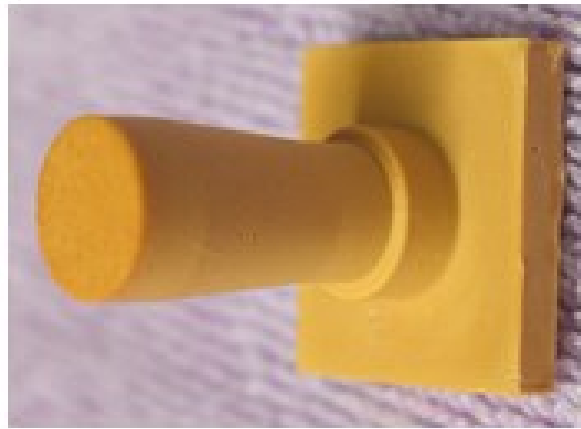
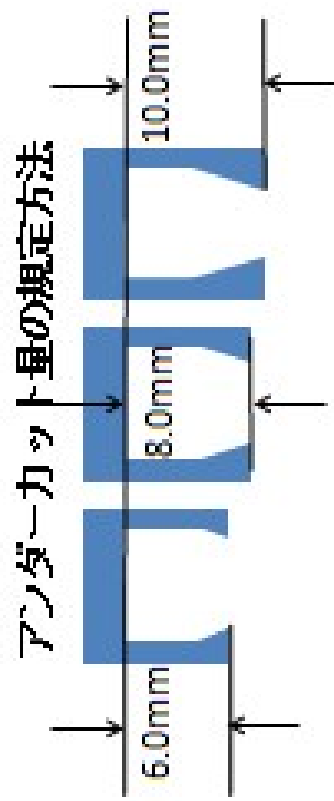


金型

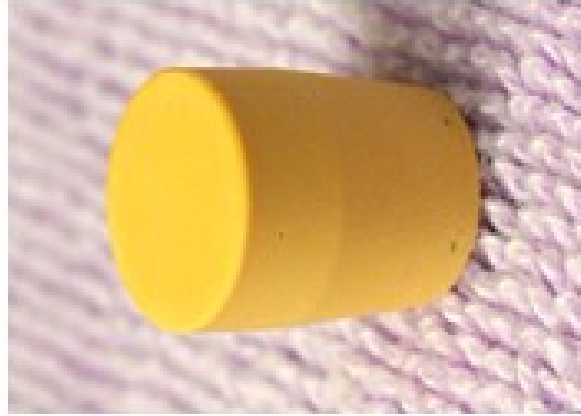


金型寸法

第2図



トリミング前の石膏試料



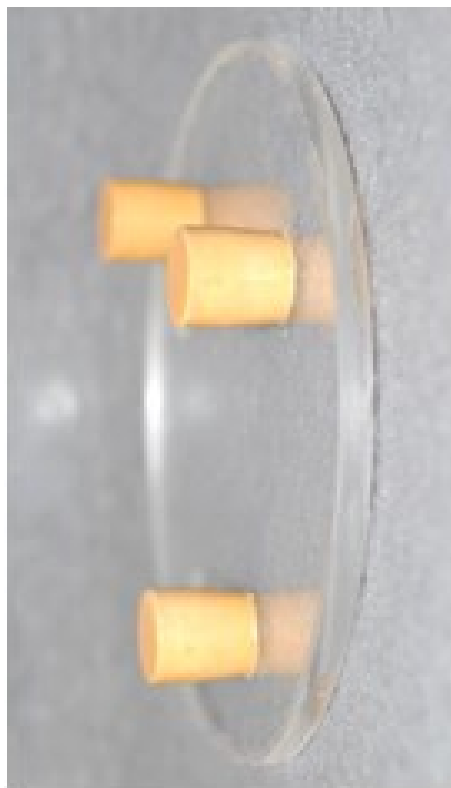
高さ10m mlにトリミング  
後の石膏試料

第3図



第4図



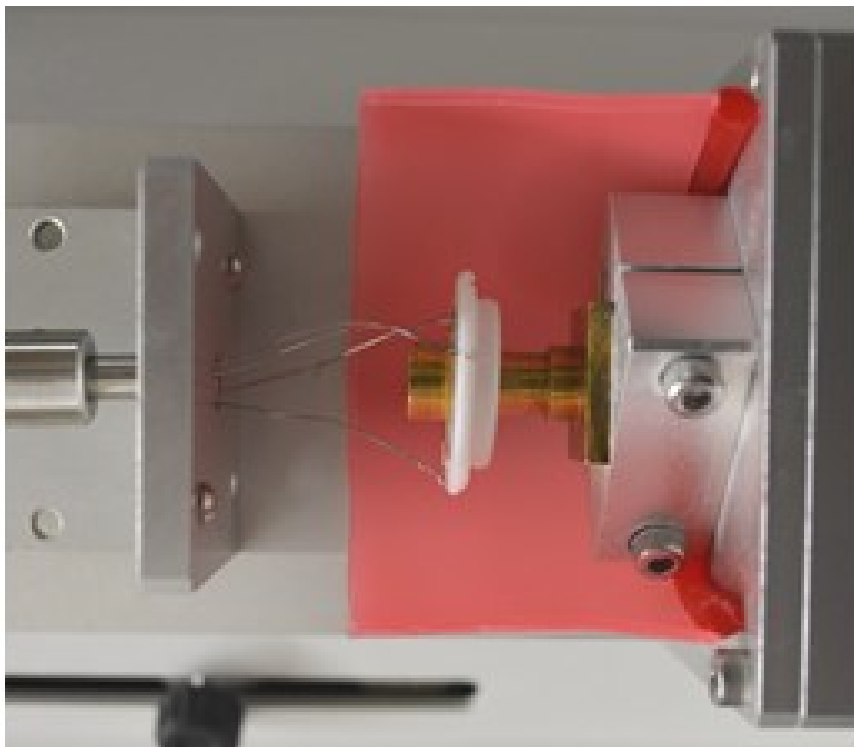


石膏試料をアクリル円板へ接着

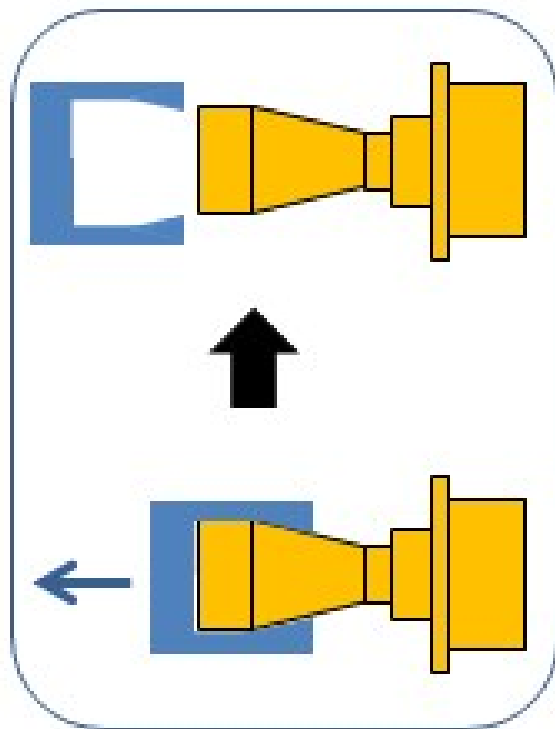


完成MG試料

## 第5図

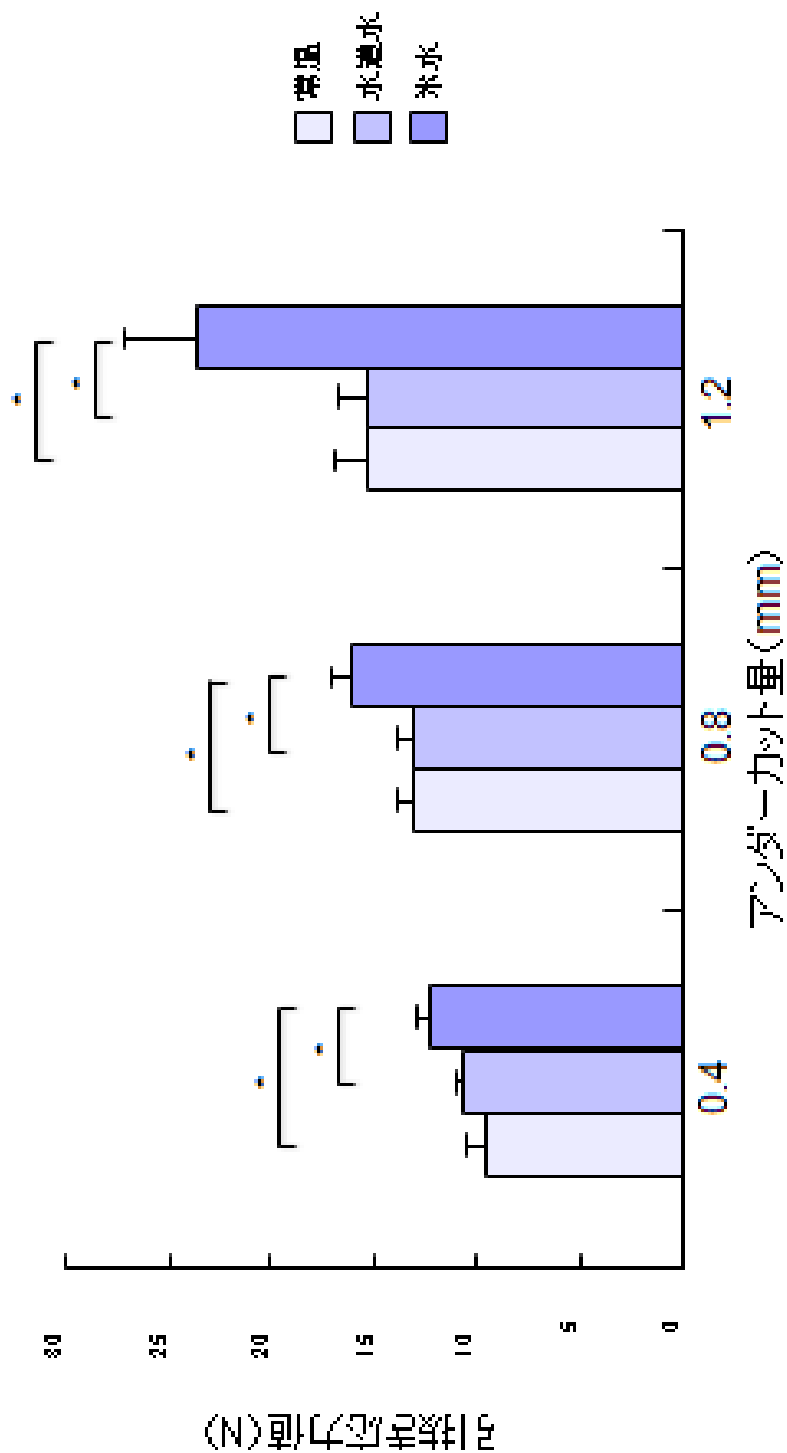


台座をボックスにてボクシングダ



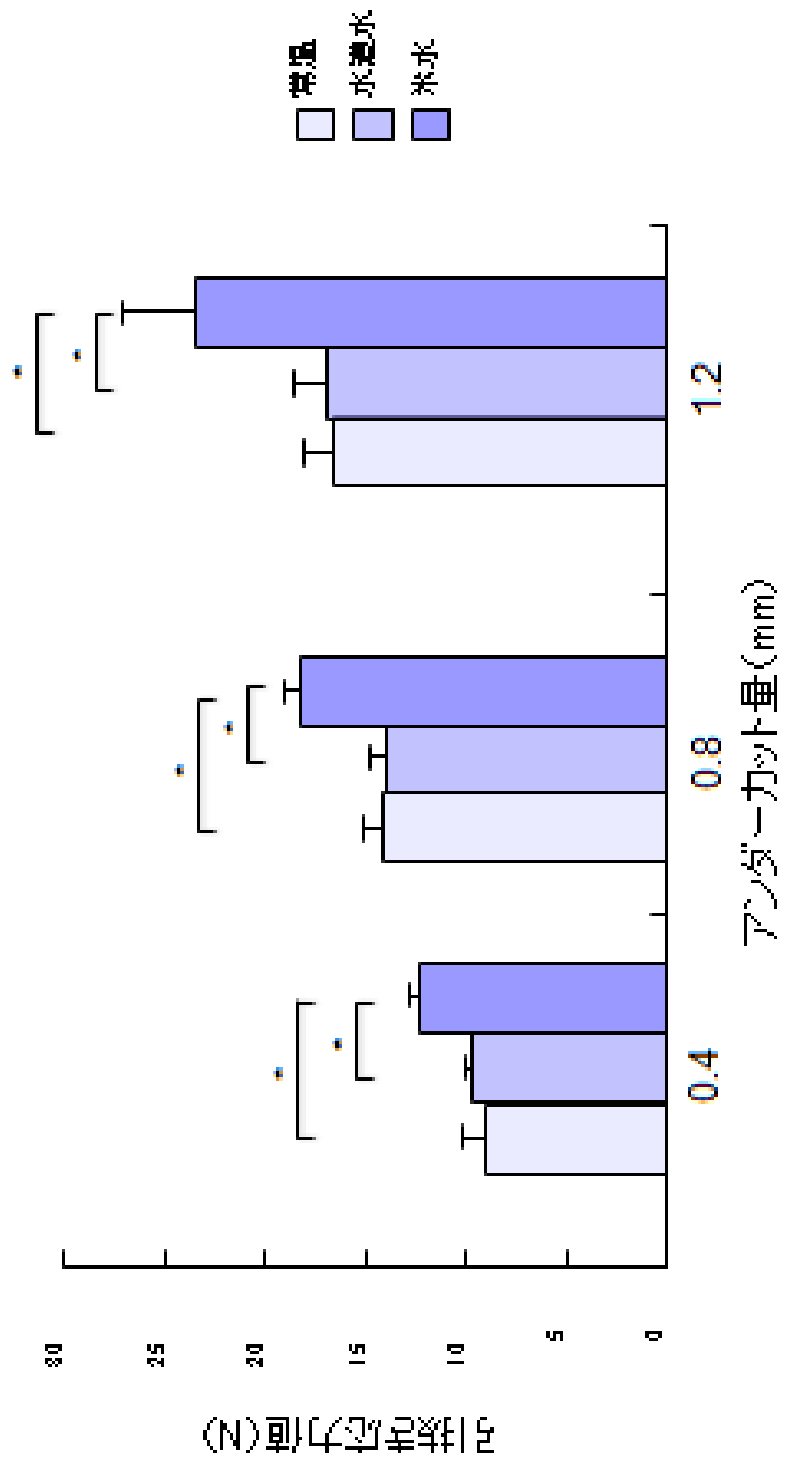
水中で引き抜き試験

第6図



EVの引抜き応力値(\*:  $p < 0.05$ )

第7図



M21の引抜き応力値 (\*:  $p < 0.05$ )

第8図

		0.4	0.8	1.2 (mm)
	常温	9.5	13.0	15.2
EV	水道水	10.7	12.9	15.2
	氷水	12.3	16.2	23.6
	常温	9.3	14.7	16.0
M21	水道水	9.8	14.5	16.5
	氷水	12.0	17.9	23.5 (N)

第1表