

歯ブラシに関する実験結果

【子供が転倒した時に掛かる力の検証】

- 歯ブラシが突き刺さるかどうかについては、AとCは全て鶏肉に刺さり、頸部（ネック）が曲がる構造のB1のみが、鶏肉に刺さらなかった。
- 歯ブラシが鶏肉に刺さる時には、鶏肉の下の部材にぶつかった後、90度曲がるように、ヘッドが横にずれる動きが見られた。このように90度曲がり、ヘッドが横にずれることで、衝撃が吸収されているが、稀にヘッドが横にずれず、90度曲がらずに、大きな荷重値となる場合が見られた。
- 弱い力で歯ブラシが曲がる構造を持つ製品や、歯ブラシの一部に衝撃吸収性能を持つ材質を取り入れている製品では、歯ブラシが曲がったり、一部の材質がつぶれたりすることによって、突き刺さるリスクを低減できる可能性が高まっていると考えられる。
- 立位からの転倒時の荷重値は、座位からの転倒時の荷重値の約1～2倍となっており、立位からの転倒の方が、歯ブラシが口腔内に突き刺さるリスクが高い。
- 子供が口にくわえる可能性のある日用品を想定した試験片（直径3mm、5mm、7mm）による実験では、全て鶏肉に刺さった。直径が太い試験片ほど荷重値が大きく、また、直径が細い試験片ほど、鶏肉にかかる応力は高い値となった。細いものほど突き刺さる危険性が高いことが示唆された。
- 子供が口にくわえる可能性のある日用品を想定した試験片は、直線状の形状をしているため、手持ち（ハンドル）部とネック部に角度がついている構造の歯ブラシに比べ、曲げ剛性（曲げ変形のしにくさ）が高く、荷重値が大きい。

【誤飲チェッカーによる歯ブラシの安全対策の検証】

- 安全具やリング形の持ち手により、喉の奥に入らない安全対策を施した、歯ブラシの多くは、誤飲チェッカーの底に歯ブラシの先端が届かず、喉突き防止の対策が有効に機能することが確認された。
- 安全具付きや、コブ付などの喉突き防止の安全対策を施した歯ブラシの中には、安全具のプレートを含めて、口腔内に入ってしまう可能性のあるものや、対策が機能したとしても、喉を突く可能性のあるものがみられたことから、喉突き防止対策には、子供の口腔に関するサイズを考慮した設計が必要である。

【まとめ】

- 実験結果から以下の対策が有効であることがわかった。
 - ①歯ブラシ自体に衝撃吸収性能を持たせて、喉突きが発生したとしても重篤な傷害を負わないようにする対策

- ②歯ブラシ自体を口腔内奥に入りにくくすることで、喉突きが発生しないようにする
対策
- ③立位からの転倒は、座位からの転倒よりも、歯ブラシによる荷重値が1～2倍高い
ため、保護者が子供に座らせて歯ブラシを使うように啓発すること
- ④歯ブラシ以外の棒状の日用品で、子供が口に入れる危険性があるものについても、
口に入れて立ったり、歩くことは、喉突き事故による傷害の原因となるので、歯ブ
ラシと同様に、座って使用するよう啓発すること

- 上記の対策は、単体ではなく複合的に実施することで、よりリスクを低減させるこ
とが可能である。

1. 目的

子供の歯ブラシに関する事故発生状況を模擬した実験などを行い、問題点と課題を整理する。

2. 調査実施機関

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

3. 実験の内容

(1) 子供が転倒した時に掛かる力の検証

歯ブラシをくわえたまま子供が転倒した時、口腔内にどのくらいの力が加わるかを、試験機を使った実験で測定する。

(ア) 実験方法

落下試験機を用いて、歯ブラシに条件に合わせた荷重を掛け、歯ブラシの下に設置した口腔内の模した鶏肉（胸肉）に、歯ブラシが刺さるかを観察し、その際に荷重を計測する。落下の条件は、実際の転倒状況において最も強度が大きい場合を想定し、歯ブラシが鶏肉に対し、垂直方向に落下する条件で行った。

また、歯ブラシ以外の棒状の日用品でも同様の危険性があることから、太さの異なる試験片を用いて、同様の実験を行い、太さによる危険性の違いを明らかにする。

(イ) 実験条件

- ・年齢：1，3歳
- ・転倒状況：立位からの転倒、座位からの転倒
- ・試料：子供用歯ブラシ7種類

※D については、製品ではなく、試験片での実験で参考値であるため、最も事故の頻度が多い、1歳の立位からの転倒の条件でのみで実験を実施する。

	商品	商品の種類	備考
A	通常のマテリアルの子供用の歯ブラシ (材質：ポリプロピレン、飽和ポリエステル樹脂)	【3種類】 A1、A2、A3	植毛されている歯ブラシ (JISの対象商品)
B	頸部(ネック)が曲がる子供用の歯ブラシ (材質：EPDM)	【1種類】 B1	
C	先端が柔らかい素材の子供用の歯ブラシ (材質：先端のマテリアルがやわらかい(ゴム弾性をもつもの))	【3種類】 C1、C2、C3	ゴム弾性をもつ素材を成形した歯ブラシ(JISの対象商品ではない)
D	子供が口にくわえる可能性のある日用品	太さの違うABS樹脂の試験片3種類(直径3mm、5mm、7mm)で実験する。その結果と幼児用フォーク、しつけ箸など子供が口にくわえる可能性のある日用品の先端の太さと比較する。	

(2) 誤飲チェッカーによる歯ブラシの安全対策の検証

誤飲チェッカーを使用し、歯ブラシが口腔内を傷つけたり、刺したりする可能性を評価する。

(ア) 実験方法

3歳児の口腔の大きさを模した誤飲チェッカー（一般社団法人 日本家族計画協会）を用いて、喉突きの危険性や安全対策の有効性について検証する。

(イ) 実験条件

- ・試料：子供用歯ブラシ 41 種類

4. 実験結果

(1) 子供が転倒した時に掛かる力の検証

①歯ブラシの実験（A、B、C）

実験条件である年齢や転倒状況を想定した試験条件を決定した。落下試験機で歯ブラシに衝撃を与える錘は、1歳児と3歳児の頭部の質量とした。具体的には、国際標準となっている自動車の安全性評価にも使われるダミー人形に採用されている1歳児：2.64kg、3歳児：2.72kgを採用した。

転倒速度については、産業技術総合研究所で整備した0～3歳の転倒時の頭部の速度に関するデータベース（転倒DB）を用いて決定した。立位からの転倒については、転倒DBから年齢ごとの転倒速度（転倒時の頭部速度の最大値）を抽出すると、転倒の仕方にバラつきが多く、年齢（身長差）による相関性はなかった。今回は、よりリスクが高い場合も検討するために、転倒DBに含まれる転倒速度の80パーセンタイル値¹2.08m/sとし、その速度を再現可能な落下高さ22.1cmとした。座位からの転倒については、転倒DBには座位からの転倒に関するデータがないため、立位からの転倒速度から推算した。座位の転倒速度は、座高そのものではなく身体の重心バランスによる影響が大きいと考えられるため身長と座高の比率を元に、座位からの転倒速度を決定した。1歳児は1.33m/s、3歳児は1.22m/sとなり、それぞれ速度を再現する落下高さとして、1歳児は9.0cm、3歳児は7.6cmとした。

以上の条件について整理した表を以下に示す。

	1歳児	3歳児
平均身長	738 mm	921 mm
頭部質量	2.64 kg	2.72 kg
平均座高	472 mm	542 mm
立位転倒速度	2.08 m/s (22.1cm)	2.08 m/s (22.1cm)
座位転倒速度	1.33 m/s (9.0cm)	1.22 m/s (7.6cm)

¹ 80パーセンタイル値：データを小さい順に並べたとき、初めから数えて全体の80%に位置する値

歯ブラシは手持ち部分を治具内に収め、手持ち部に衝撃吸収する仕組みを持つ歯ブラシもあるため、治具内では軸方向に動くことが可能なように固定した。

実験を実施した結果を、以下に示す。

1 歳児を想定した実験結果

		A1	A2	A3	B1	C1	C2	C3
座位からの転倒	荷重値(N) 1回目	267.62	454.61	351.59	241.30	486.52	759.18	235.70
	○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×	○	×	×	×
	荷重値(N) 2回目	183.08	277.69	275.45	259.22	436.13	346.00	252.50
	○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×	○	×	×	×
	荷重値(N) 3回目	228.98	263.70	285.53	212.19	428.86	451.81	185.87
	○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×	○	×	×	×
	荷重値の 平均値(N)	226.56	332.00	304.19	237.57	450.50	518.99	224.69

		A1	A2	A3	B1	C1	C2	C3
立位からの転倒	荷重値(N) 1回目	426.62	485.40	384.07	394.70	767.57	456.29	419.90
	○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×	○	×	×	×
	荷重値(N) 2回目	619.21	504.44	437.81	204.35	916.50	402.54	807.32
	○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×	○	×	×	×
	荷重値(N) 3回目	415.98	667.36	409.26	371.75	431.10	592.34	257.54
	○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×	○	×	×	×
	荷重値の 平均値(N)	487.27	552.40	410.38	323.60	705.06	483.72	494.92

3歳児を想定した実験結果

		A1	A2	A3	B1	C1	C2	C3
座位からの転倒	荷重値(N) 1回目	220.03	251.94	176.36	178.60	294.49	271.53	146.12
	○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×	○	×	×	×
	荷重値(N) 2回目	190.35	272.65	290.01	199.87	276.01	290.57	241.86
	○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×	○	×	×	×
	荷重値(N) 3回目	177.48	395.82	332.00	252.50	368.39	381.83	173.00
	○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×	○	×	×	×
	荷重値の 平均値(N)	195.95	306.81	266.12	210.32	312.96	314.64	186.99

		A1	A2	A3	B1	C1	C2	C3
立位からの転倒	荷重値(N) 1回目	490.44	497.72	374.55	289.45	836.44	468.61	499.96
	○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×	○	×	×	×
	荷重値(N) 2回目	726.70	536.91	307.37	297.29	901.38	525.15	383.51
	○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×	○	×	×	×
	荷重値(N) 3回目	890.74	614.73	316.32	218.20	729.50	599.05	548.11
	○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×	○	×	×	×
	荷重値の 平均値(N)	702.63	549.79	332.75	268.31	822.44	530.94	477.19

実験結果のうち、荷重値の平均値のみを抜粋して、以下にまとめる。

1 歳児を想定した実験結果

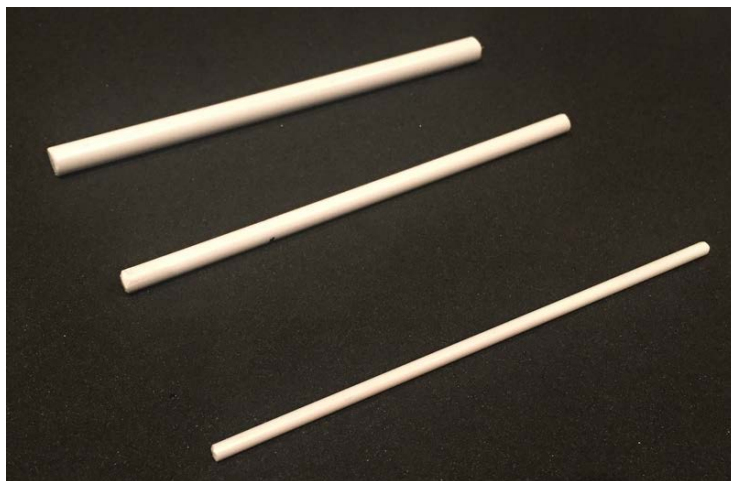
No	座位からの転倒時の荷重値の平均値(N)	立位からの転倒時の荷重値の平均値(N)
A1	226.56	487.27
A2	332.00	552.40
A3	304.19	410.38
B1	237.57	323.60
C1	450.50	705.06
C2	518.99	483.72
C3	224.69	494.92

3 歳児を想定した実験結果

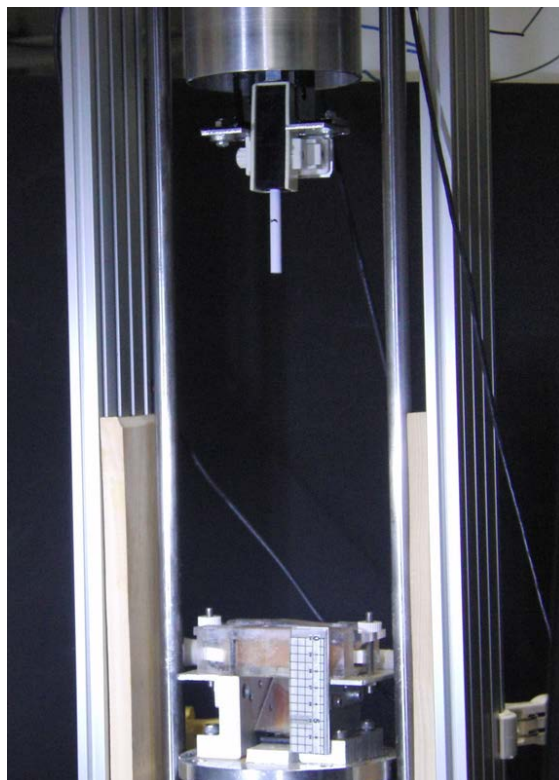
No	座位からの転倒時の荷重値の平均値(N)	立位からの転倒時の荷重値の平均値(N)
A1	195.95	702.63
A2	306.81	549.79
A3	266.12	332.75
B1	210.32	268.31
C1	312.96	822.44
C2	314.64	530.94
C3	186.99	477.19

②子供が加える可能性のある日用品を想定した試験片での実験 (D)

試験片を用いた実験では、ABS樹脂の丸棒を使用し、太さは直径3mm、5mm、7mmの3種類とした。試験片は落下試験機に治具を用いて固定し、固定治具から試験片が50mm露出した状態になるようにした。



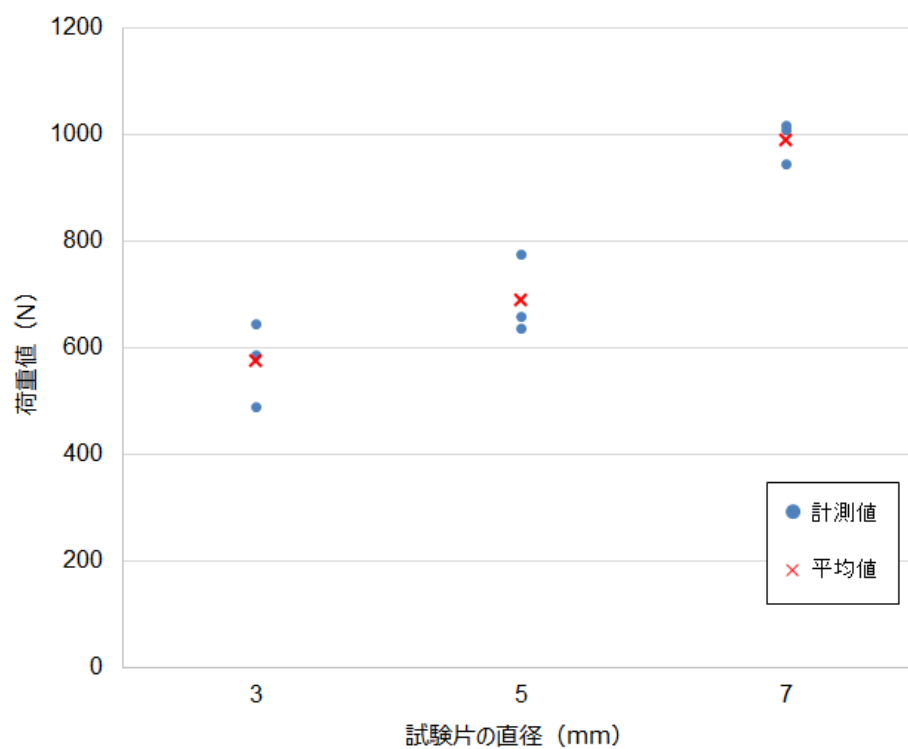
試験片：ABS樹脂（下から順に直径3mm、5mm、7mm）



落下試験機に取り付けた様子

1歳の立位からの転倒の条件で実験した結果を以下に示す。

	試験片の直径(mm)		
	3	5	7
1回目 荷重値(N)	587.30	775.97	1009.44
○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×
2回目 荷重値(N)	491.56	659.52	1018.39
○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×
3回目 荷重値(N)	646.64	636.57	946.17
○:刺さらなかった ×:刺さった	×	×	×
荷重の 平均値	575.17	690.69	991.33



(2) 誤飲チェッカーによる歯ブラシの安全対策の検証

口を開けた状態でも、喉突きを防止する対策が有効に機能するかを検証するために、誤飲チェッカーに対して、各歯ブラシを挿入し、誤飲チェッカーの底（喉の奥）に届くかを確認した。

また、口をある程度閉じている場合に機能することを想定した喉突き防止対策（こぶが設置された歯ブラシや掴む位置が明示的に示されている歯ブラシなど）が有効に機能するかを検証するために、対策部分を誤飲チェッカーの淵に引っ掛けた状態で、誤飲チェッカーの底まで届くかを確認した。

No	分類	対象年齢	口を開けた状態での喉突き防止策の検証 (誤飲チェッカーの底に届かない (○) 届く (×))	口を閉じた状態での喉突き防止策の検証 (誤飲チェッカーの底に届かない (○) 届く (×))
1	通常	0～3	×	
2	通常	1～6	×	
3	通常	1.5～3.0	×	
4	通常	1.5～5	×	
5	通常	3～5	×	
6	通常	6～12	×	
7	通常	6～12	×	
8	通常	子供用	×	
9	通常	—	×	
10	通常	—	×	
11	通常	—	×	
12	コブ付	1～	×	○
13	コブ付	1～1.5	×	○
14	コブ付	1～5	×	×
15	コブ付	1.5～5	×	×
16	コブ付	1.5～5	×	○
17	コブ付	2～4	×	×
18	コブ付	3～8	×	×
19	コブ付	4～6	×	×
20	コブ付	6～12	×	×

21	コブ付	6~12	×	×
22	コブ付	6~12	×	×
23	曲がる	0~3	×	
24	曲がる	3~6	×	
25	安全具付	0~	○	
26	安全具付	0~2	○	
27	安全具付	0.5~	○	
28	安全具付	0.5~ 0.7	○	
29	安全具付	0.7~	○	
30	安全具付	0.7~1	×	
31	安全具付	1~	○	
32	安全具付	3~6	×	
33	安全具付	—	×	
34	安全具付	—	○	
35	安全具付	—	○	
36	持ち手リ ング	0.25~	○	
37	持ち手リ ング	0.5~3	○	
38	持ち手リ ング	0.5~ 1.5	○	
39	仕上げ	0~	×	
40	仕上げ	0~3	×	
41	仕上げ	0.5~	×	

5. 考察

(1) 子供が転倒した時に掛かる力の検証

(1) 子供が転倒した時に掛かる力の検証

①歯ブラシの実験 (A、B、C)

歯ブラシ A と C では、全てが鶏肉に突き刺さった。歯ブラシが鶏肉に刺さる時には、鶏肉の下の部材にぶつかった後、90度曲がるように、ヘッドが横にずれる動きが見られた。このように90度曲がり、ヘッドが横にずれることで、衝撃が吸収されているが、稀にヘッドが横にずれず、90度曲がらずに、大きな荷重値となる場合が見られた。

弱い力でネックが曲がる構造の B1 のみが、鶏肉に刺さらなかった。B1 は、歯ブラシが鶏肉に接触し、曲がり切った後、歯ブラシが鶏肉をさらに押し込むため、鶏肉に刺さった歯ブラシと同程度の荷重が計測される場合があるが、曲がり切った状態では歯ブラシと鶏肉との接触面積が広い状態となっており、応力は小さくなっていることから、突き刺さることがないことが分かる。

長さが短く、先端部の一部に柔らかい素材が使用されている歯ブラシ C1, C2, C3 の結果を比較すると、今回の実験のほとんどの条件で C3 が最も荷重値が低い値となった。これは、C3 はブラシ部だけでなくハンドル部の一部にも弾性材料が使用されており、その部分で衝撃を吸収しているため、C1 や C2 よりも荷重値が低い値となったと考えられる。

歯ブラシの形状、構造、材質によって、条件は様々であるが、弱い力で歯ブラシが曲がる構造を持つ製品や歯ブラシの一部に衝撃吸収性能を持つ材質を取り入れている製品では、歯ブラシが曲がったり、一部の材質がつぶれたりすることによって、突き刺さるリスクを低減できる可能性が高まっていると考えられる。

同じ歯ブラシでの立位からの転倒と座位からの転倒による荷重値を比較してみると、立位からの転倒時の荷重値は、座位からの転倒時の荷重値の約1~2倍となっており、立位からの転倒の方が、歯ブラシが口腔内に突き刺さるリスクが高いことが分かる。この結果から、子供を座らせて歯を磨くようにすることは、歯ブラシによる突き刺しのリスクを低減する効果があることが分かった。しかしながら、鶏肉との接触時に歯ブラシが湾曲せず、強い荷重値が生じる場合があるため、必ずしも座位であれば安全というわけでないことも分かった。

このことから、啓発だけで歯ブラシによる喉突きによる傷害を予防することは難しく、歯ブラシ自体の設計によるリスク低減も重要であると考えられる。

②子供がくわえる可能性のある日用品を想定した試験片での実験 (D)

全ての試験片が鶏肉に刺さった。試験片の直径が大きくなるにつれて、荷重値も大きくなる、という正比例の関係が見られた。

直径7mmの試験片では、歯ブラシの実験の結果も含めて比較しても、最大の荷重値

であった。試験片は直線状の形状をしているため、曲げ剛性（曲げ変形のしにくさ）が高く、試験片自体が曲がることによって吸収される衝撃が小さいため、荷重値が大きくなったと考えられる。歯ブラシは、手持ち（ハンドル）部とネック部に角度がついている、といった構造から、衝撃が加わった際に曲がりやすくなっており、結果として鶏肉に掛かる荷重値が、直線形状よりも小さくなっていると考えられる。

試験片の断面全体が鶏肉に接触している状態で、荷重の平均値が掛かっているとすると、その際に生じる応力（単位面積あたりに掛かる力）は、荷重値を円の面積で割ることで算出できる。応力を算出した結果を以下に示す。結果から、試験片の直径が小さい方が応力は高く、より刺さりやすい結果となった。

	試験片の直径(mm)		
	3	5	7
荷重の平均値 (N)	575.17	690.69	991.33
面積 (mm ²)	7.07	19.63	38.48
応力 (MPa)	81.37	35.18	25.76

各試験片のサイズと類似したサイズを持ち、日常生活で子供が口に入れる可能性があり、刺傷事故の危険性があるものはそれぞれ以下の通りである。

- ・ 直径 3mm：箸の先端やフォークの先端など
- ・ 直径 5mm：割り箸の先端など
- ・ 直径 7mm：ストロー付きコップのストローなど

(2) 誤飲チェッカーによる歯ブラシの安全対策の検証

口を開けた状態でも、喉突きを防止する対策が有効に機能するかの検証結果から、口から奥に入りづらいように、歯ブラシに円状のプレートが設置されているもので、一部の歯ブラシでは、プレートのサイズが、3歳児が口を開けた際のサイズである半径39mm（誤飲チェッカーの開口部の大きさ）よりも小さく、口腔内にプレートも含めて入ってしまう歯ブラシ（No. 32, 33）があることが確認された。また、プレート部から歯ブラシの先端までの長さが、3歳児の口から喉の奥までの長さである51mm（誤飲チェッカーの開口部から底までの長さ）以上あり、プレート部で口に引っかかったとしても、喉の奥まで届いてしまう歯ブラシ（No. 30）があることが確認された。（※No. 30は、誤飲チェッカーの底にギリギリ届く長さであり、リスクが非常に高い、というわ

けでない。)

口をある程度閉じている場合に機能することを想定した喉突き防止対策が有効に機能するかの検証結果から、対策部から歯ブラシ先端までの長さが3歳児の口から喉の奥までの長さである51mm（誤飲チェッカーの開口部から底までの長さ）以上あり、対策が機能したとしても、喉の奥を突いてしまう可能性がある歯ブラシ（No. 14, 15, 17,18, 19, 20, 21,22）があることが分かった。

以上のことから、歯ブラシの喉突き防止の対策には、子供の口腔に関するサイズを考慮した設計を行うことが重要であることが分かった。

6. まとめ

実験の結果から、歯ブラシ及び歯ブラシ以外の棒状の日用品による喉突き事故を予防するための対策としては、以下の点が有効であることが分かった。

- ① 歯ブラシ自体に衝撃吸収性能を持たせて、喉突きが発生したとしても重篤な傷害を負わないようにする対策
 - ② 歯ブラシ自体を口腔内奥に入りにくくすることで、喉突きが発生しないようにする対策
 - ③ 立位からの転倒は、座位からの転倒よりも、歯ブラシによる荷重値が1~2倍高いため、保護者が子供に座らせて歯ブラシを使うように啓発すること
 - ④ 歯ブラシ以外の棒状の日用品で、子供が口に入れる危険性があるものについても、口に入れて立ったり、歩くことは、喉突き事故による傷害の原因となるので、歯ブラシと同様に、座って使用するよう啓発すること
- ① の対策では、衝撃吸収性能を持たせる構造や材質は様々考えられるが、現状ではあらゆる状況に置いて衝撃吸収性能が確実に機能する構造や材質は明らかとなっていないため、他の対策と組み合わせることで予防効果がさらに向上すると考えられる。
 - ② の対策では、対策部のサイズや対策部から歯ブラシ先端までの長さを、子供の口腔内の大きさを反映して設計することで、予防効果が向上すると考えられる。また、対策部が、口部に引っかかることで奥に入ることを防ぐため、転倒時などには口部に大きな衝撃がかかる可能性があるため、その状況を想定した構造や材質とすることが望まれる。
 - ③ の対策は、従来から実施されているものであるが、事故の発生数が顕著に減少するといった予防効果は確認されていない。今回の検証で、立位からの転倒による衝撃と、座位からの転倒による衝撃の違いが定量的に示されたため、これらのデータを反映した啓発を行う。
 - ④ の対策は、力を掛けても曲がりにくく、喉突き事故が発生した場合に接触する面積が小さいほど（接触する部分が鋭利なほど）、リスクが高いことを啓発する必要がある。歯ブラシ、箸、ストロー、フォークのように普段口に入れるものは当然であるが、口

に入れる製品でなくても子供は口に入れる可能性があるので、同様に啓発していく必要がある。

上記の対策を単体ではなく、複合的に実施することで、リスクをより低減可能である。