

図4 かたさ

表1 かたさ

	こんにゃくA		こんにゃくB		一般品	
	室温	冷	室温	冷	室温	冷
平均値	86083	109990	97592	136823	35810	42203
標準偏差	9544	16962	2880	11344	2318	2768
P値	0.014		0.0001		0.004	

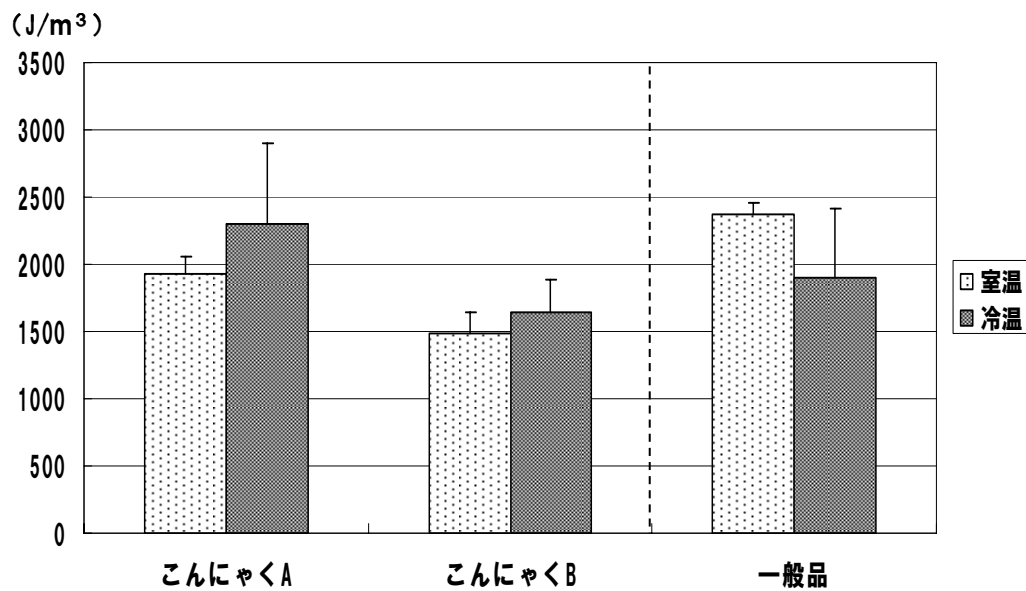


図5 付着エネルギー

表2 付着エネルギー

	こんにゃくA		こんにゃくB		一般品	
	室温	冷	室温	冷	室温	冷
平均値	1925	2305	1487	1690	2368	1902
標準偏差	136.8	592.7	160.6	188.2	87.47	508.11
P値	0.126		0.1		0.077	

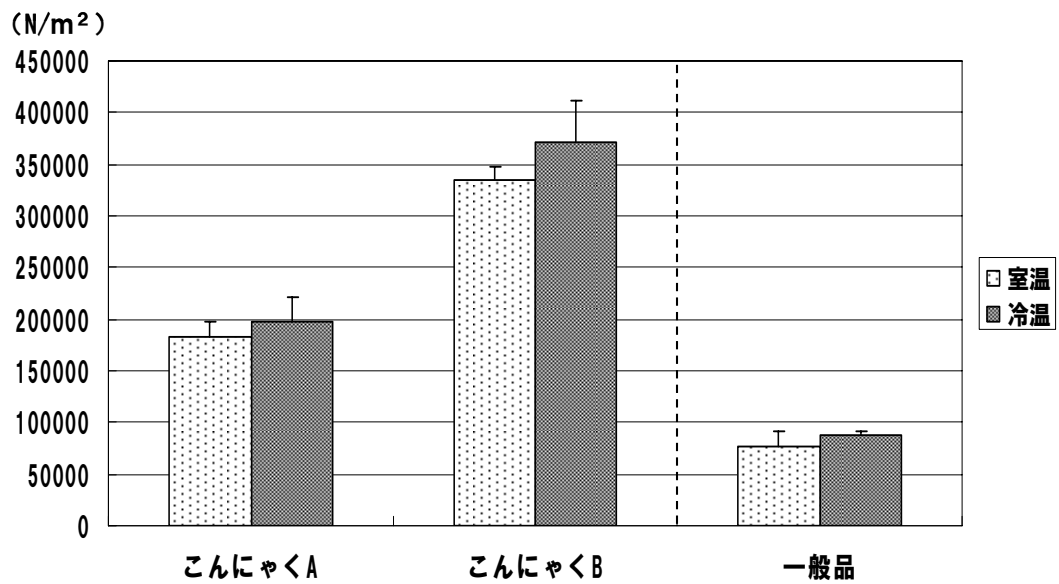


図6 破断応力

表3 破断応力

	こんにゃくA		こんにゃくB		一般品	
	室温	冷	室温	冷	室温	冷
平均値	182501	197211	335191	370789	76197	87671
標準偏差	15331	23803	11978	41502	14862	3756
P値	0.27		0.1		0.13	

厚生労働科学研究費補助金

分担研究報告

食品による窒息の現状把握と原因分析

ヒト側の要因の検討：嚥下造影による嚥下（窒息）状態の解明に関する研究

分担研究者 才藤栄一 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座

研究協力者 横山通夫 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座

金森大輔 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座

馬場 尊 藤田保健衛生大学衛生学部リハビリテーション学科

岡田澄子 藤田保健衛生大学衛生学部リハビリテーション学科

尾崎研一郎 東京医科歯科大学大学院口腔老化制御学分野

**研究要旨：**窒息死亡の原因は食物による窒息が半数近くを占めている。窒息死亡は高齢者に多く、嚥下障害に起因すると推察されているが、これまでは単にリスクの高い食品の種類が挙げられているだけで、窒息を起こしやすい食物物性や摂食様式の分析は未だなされていなかった。窒息の原因におけるヒト側の要因を分析すべく、若年成人を対象に、液体命令嚥下、コンビーフ咀嚼嚥下（CB咀嚼嚥下）、およびコンビーフを咀嚼せずに丸飲み（CB命令嚥下）を嚥下課題として、食塊の下咽頭通過時間、Pharyngeal Reaction Time (PRT)、嚥下反射に伴う舌骨挙上時間、食塊通過時の食道入口部最大前後径を検討した。CB命令嚥下の施行でPRTは液体命令嚥下より有意に時間が延長し、食道入口部最大前後径はCB咀嚼嚥下、および液体命令嚥下よりも長かった。また、下咽頭通過時間と舌骨挙上時間は各群の間で有意差を認めなかった。これらの結果より咀嚼を要する固形物が破碎処理の不十分な状態で嚥下されると、咽頭クリアランスが不良で構造物運動の代償が不十分となり、窒息のリスクが高まることが推察された。

**A 研究目的**

厚生労働省の人口動態調査によると、不

慮の窒息による死亡は年々増加し、平成

17年では人工10万人あたり9,319名であ

り、男性の70歳以上と女性の80歳以上では不慮の事故死因の第1位である。

窒息死亡の原因は食物による窒息が半数近くを占めている。窒息死亡は高齢者に多く、嚥下障害に起因すると推察されている。窒息しやすい食物の代表は餅であり、こんにゃく、肉塊、パンなど咀嚼を要する固形物が原因で窒息が生じることが報告されている。

これまでは単にリスクの高い食品の種類が挙げられているだけで、窒息を起こしやすい食物物性や摂食様式の分析は未だなされていない。そこで、我々は窒息の原因におけるヒト側の要因を分析すべく、若年成人を対象に食品の種類、嚥下様式を変化させたときの嚥下動態について検討した。

## B 方法

### 1. 対象および方法

摂食・嚥下障害を引き起こすような神経疾患や咽頭・喉頭疾患が無く、通常の食事形態にて食事を摂取している健常成人6人（男性5人、女性1人、平均年齢 $27.5 \pm 1.6$ 歳）を対象とした。

嚥下様式は50% w/vバリウム液10mlの命令嚥下（液体命令嚥下）と、バリウム含有コンビーフ8gを咀嚼させた嚥下（CB咀嚼嚥下）、バリウム含有コンビーフ8gを咀嚼せ

ずに丸飲み（CB命令嚥下）の3種を設定した。

嚥下の指示は口頭で与え、液体命令嚥下の施行では、バリウム液10mlをシリンジにより被験者の口腔底に注入したのち、指示により一息に嚥下させた。CB咀嚼嚥下においてはコンビーフを被験者の口腔内に投与し自由に食させた。CB命令嚥下においてはコンビーフを被験者の口腔内に投与したのち、「コンビーフを咀嚼しないで口にとどめておいてください」という指示を与え、一息に嚥下させた。

VFシステムはX線透視撮影台（PBW-30A, 東芝）、ビデオタイマー（VTG-33, 朋栄）、デジタルビデオ（WV-D9000, SONY）、カラービデオモニター（OEV-143, OLYMPUS）、マイクロホンミキサー（MX-50, SONY）、マイクロホン（ECM-R100, SONY）、VF検査用車椅子（VF-MT-1, 東名ブレース）の構成であった。

被験者の体位はVF検査用車椅子上での自然な端座位とし頭部の固定は行わなかった。施行回数はそれぞれの嚥下様式につき各2施行ずつ、1被験者で計6施行、不鮮明で解析に適さなかった1施行を除外したため総計11施行であった。

30フレーム毎秒で録画されたVF動画を、パーソナルコンピュータ（iMac, Apple）を用いビデオ編集ソフトウェア（iMovie,

Apple) を応用して繰り返しスロー再生、静止再生、リバース再生などを行い解析した。

測定項目は、食塊の下咽頭通過時間、Pharyngeal Reaction Time (PRT)、嚥下反射に伴う舌骨挙上時間、食塊通過時の食道入口部最大前後径とした。

食塊の下咽頭通過時間は食塊先端が喉頭蓋下縁を越えてから食塊後端が食道入口部を過ぎるまでとして、ビデオタイマーにより時間を計測した。

嚥下反射開始時点は咽頭期嚥下運動に先立って、舌骨が上先方へ急峻な挙上を開始した時点と定義した。PRTは、嚥下反射開始時点から食塊後端が食道入口部を通過するまでとして計測した。

舌骨挙上時間は舌骨が上先方へ急峻な挙上を開始した時点から最大挙上位に達した後、下降を開始するまでとして計測した。

食道入口部最大前後径は、録画した嚥下造影画像より、食塊通過に伴って食道入口部が最も開大したフレームを静止画として取り出し、画像編集ソフト (Photoshop CS, Adobe) を用いて食道入口部の前後径を測定した。

また、各嚥下様式における被験物の物性の測定を3回行い、その平均を求めた。すなわち、50% w/vバリウム液、バリウム含有コンビーフ、および10秒間咀嚼したのち

のバリウム含有コンビーフにおける破断強度、凝集性、付着性を測定した。咀嚼時間の10秒間は、本実験におけるバリウム含有コンビーフ8gの平均咀嚼時間より決定した。

本研究の計画は、藤田保健衛生大学医学部倫理審査委員会により承認を受けた。

## 2. 統計解析

統計学的検定は、各嚥下様式間の差の検討にANOVAを、post hocにTukeyの多重比較を用いた。有意水準を5%未満とした。すべての統計学的解析でSPSS version 11.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)を使用した。

## C 結果

### 1. 下咽頭通過時間について

下咽頭通過時間はそれぞれ、液体命令嚥下で $0.47 \pm 0.12$ 秒、CB咀嚼嚥下で $0.44 \pm 0.04$ 秒、CB命令嚥下で $0.47 \pm 0.06$ 秒であった。各嚥下様式の間で統計学的に有意な差を認めなかった ( $F=0.69$ ,  $P=0.51$ ) (図1)。

### 2. Pharyngeal Reaction Time (PRT)について

PRTはそれぞれ、液体命令嚥下で $0.50 \pm 0.07$ 秒、CB咀嚼嚥下で $0.58 \pm 0.07$ 秒、CB命令嚥下で $0.63 \pm 0.10$ 秒であった (図1)。CB命令嚥下のPRTは液体命令嚥下のそれとの間で有意差を認めた ( $P=0.003$ )。

### 3. 舌骨挙上時間について

舌骨挙上時間はそれぞれ、液体命令嚥下で  $0.49 \pm 0.04$  秒、CB 咀嚼嚥下で  $0.52 \pm 0.07$  秒、CB 命令嚥下で  $0.52 \pm 0.05$  秒であった。各嚥下様式の間で統計学的に有意な差を認めなかった ( $F=1.44$ ,  $P=0.25$ ) (図 2)。

#### 4. 食道入口部最大前後径について

食道入口部最大前後径はそれぞれ、液体命令嚥下で  $9.2 \pm 2.0$ mm, CB 咀嚼嚥下で  $8.4 \pm 1.9$ mm, CB 命令嚥下で  $11.6 \pm 3.1$ mm であった (図 2)。CB 命令嚥下の食道入口部最大前後径は CB 咀嚼嚥下のそれより有意に長く、また、液体命令嚥下のそれより長い傾向を認めた ( $p=0.06$ )。

#### 5. 各被験物の物性について

50% w/v バリウム液の破断強度は  $219\text{N/m}^2$ 、付着性は  $19\text{J/m}^3$ 、凝集性は 0.76 であった。次に、バリウム含有コンビーフでの破断強度は  $15963\text{N/m}^2$ 、付着性は  $2556\text{J/m}^3$ 、凝集性は 0.58 であった。そして、10 秒間咀嚼したのちのバリウム含有コンビーフの破断強度は  $9053\text{N/m}^2$ 、付着性は  $1757\text{J/m}^3$ 、凝集性は 0.64 であった。

### D 考察

CB 命令嚥下の施行で PRT は液体命令嚥下より有意に時間が延長し、食道入口部最大前後径は CB 咀嚼嚥下、および液体命令嚥下よりも長かった。また、下咽頭通過時間と舌骨挙上時間は各群の間で有意差を

認めなかった。

PRT ならびに食道入口部最大前後径は咽頭クリアランスの指標になると考えられる。そして、下咽頭通過時間と舌骨挙上時間は咽頭期嚥下運動に伴う構造物の運動の指標にあたる。

したがって、咀嚼を要する固形物が破碎処理の不十分な状態で咽頭進行すると、そのような固形物では咽頭クリアランスが不良で構造物運動の代償が不十分となり、窒息のリスクが高まることが推察された。

窒息の病態に関して、咽頭腔および喉頭に食塊が詰まる状況を考えると、窒息に対する防御機構として咳嗽による喀出や呼気による吐出をはじめとする呼吸機能は重要である。したがって、今後は嚥下動態に伴う呼吸状態の検討が必要と考える。

### E 結論

健常成人を対象に食品や嚥下様式を変化させた嚥下課題を実施し、窒息のヒト側に要因を検討した。咀嚼を要する固形物が破碎処理の不十分な状態で咽頭進行すると、そのような固形物では咽頭クリアランスが不良で構造物運動の代償が不十分となり、窒息のリスクが高まることが推察された。今後は窒息の防御機構として嚥下動態に伴う呼吸状態の検討が必要と考えられた。

## F 健康危険情報

なし

## G 研究発表

### 1) 論文発表

1. Saitoh E, Shibata S, Matsuo K, Baba M, Fujii W, Palmer JB: Chewing and food consistency: effects on bolus transport and swallow initiation. *Dysphagia*, 22 (2) :100-107, 2007.
2. 才藤栄一: 摂食・嚥下障害のリハビリテーション. *日本医師会雑誌*, 136 (5) : 869-873, 2007.
3. 横山通夫, 加賀谷斉, 才藤栄一, 藤井航: 高齢者の嚥下障害. *総合臨床*, 57 (1) :138-139, 2008.

## H 知的財産権の出願・登録状況

なし

## I 参考文献

1. 藤谷順子: 窒息. *臨床栄養*, 111 (4) : 471-473, 2007.
2. 河野朗久, 中山雅弘, 的場梁次: 小児の窒息とその予防. *小児科診療*, 59 (10) :1594-1600, 1996.
3. 徳田佳生, 木佐俊郎, 永田智子, 原順子: 窒息・誤嚥性肺炎および嚥下障害徴候症例における摂食・嚥下能力の比較検討. *日摂食嚥下リハ会誌*, 9 (2) : 159-165, 2005.

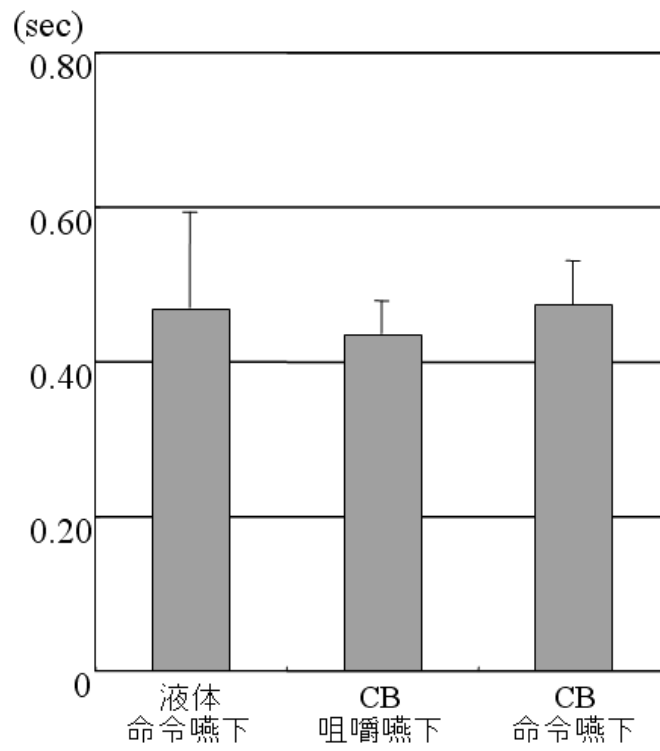
### 別表参照

図1 下咽頭通過時間とPRT

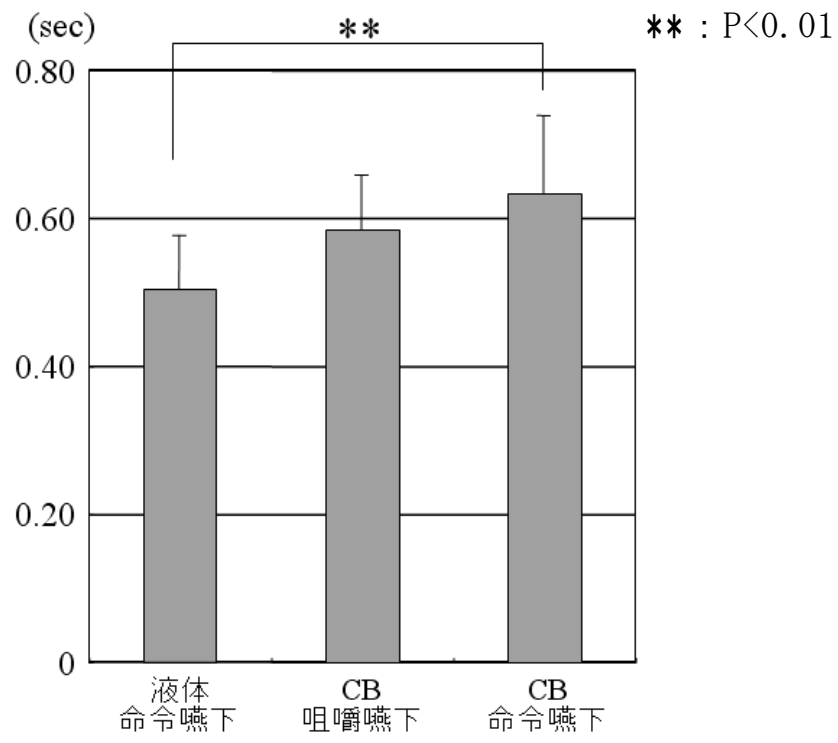
図2 舌骨挙上時間と食道入り口部最大前後径



別表



下咽頭通過時間



PRT (嚥下反射から食塊後端UES通過まで)

図1 下咽頭通過時間とPRT

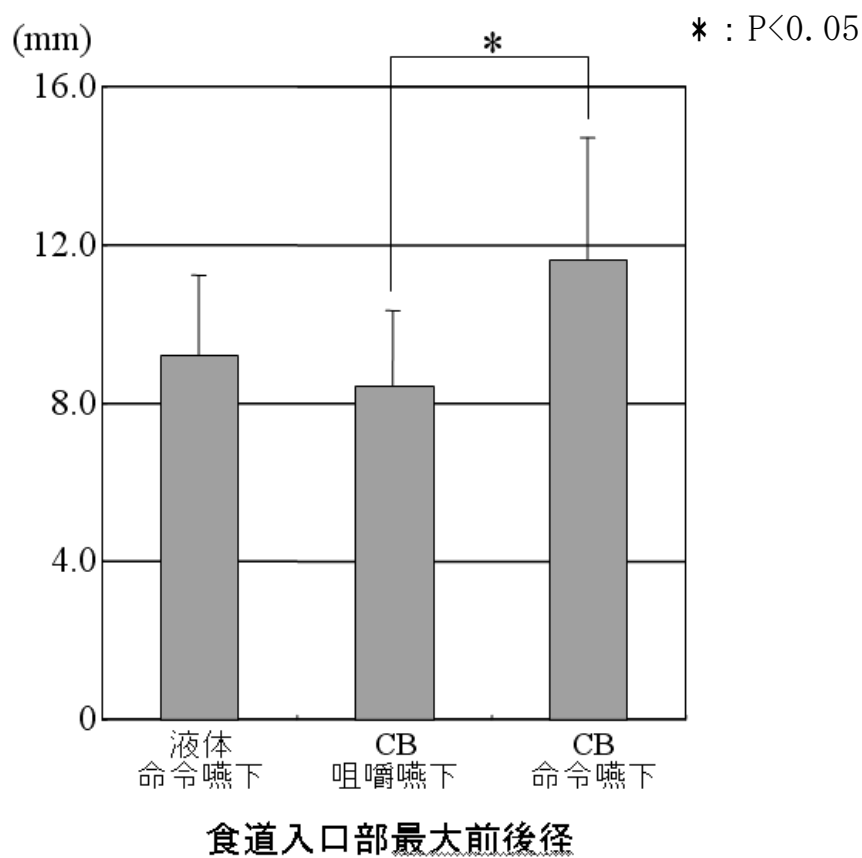
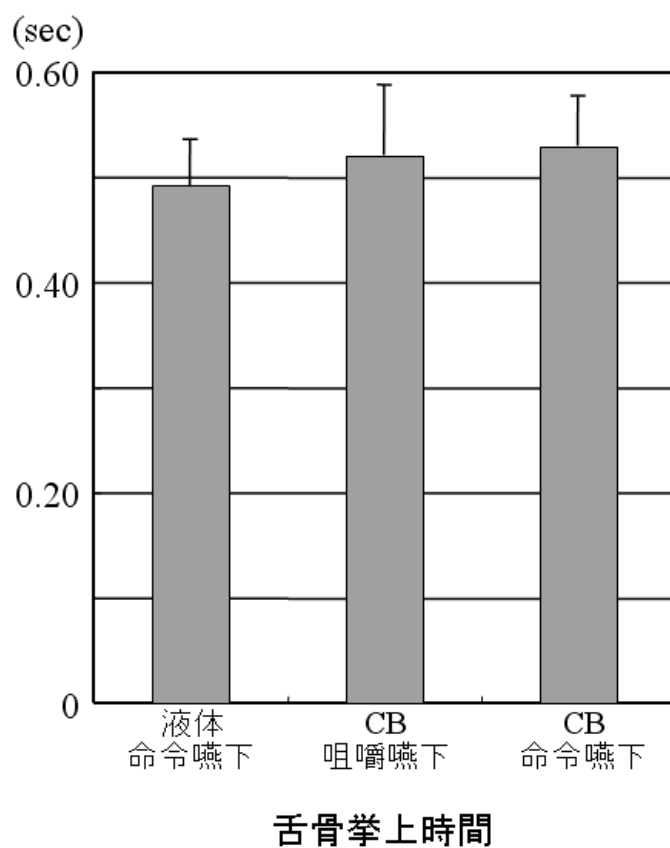


図2 舌骨挙上時間と食道入口部最大前後径

厚生労働科学研究費補助金

分担研究報告書

食品による窒息の現状把握と原因分析

CT画像の三次元造形による中咽頭部の形状評価

主任研究者 向井 美恵 昭和大学歯学部口腔衛生学教室

研究協力者 石川健太郎 昭和大学歯学部口腔衛生学教室

弘中 祥司 昭和大学歯学部口腔衛生学教室

山中 麻美 昭和大学歯学部口腔衛生学教室

#### 研究要旨：

食品による窒息のヒト側のリスク要因として、咽頭・喉頭部のエアウェイを歯顎顔面用コーンビーム X 線 CT 装置および三次元造形システムを用いて、立体構築後に評価することにより、エアウェイの最狭部の位置や同部位の断面、最狭部位の三次元形態の特徴などについての視覚的に容易に評価可能であった。同システムで幼児と成人、老人を比較したところ窒息のリスク部位である中咽頭部の長さが幼児は成人に比較してかなり短く、老人は喉頭下垂のために長くなっているエアウェイの状態が視覚的に直接比較可能であり、窒息の原因となっている食品の形態とヒト側のリスクとしてのエアウェイの形態を関連させて検討するのに有用であることがわかった。

#### A 目的

食品による窒息事故のヒト側のリスク要因として、食品が停留しやすいと推察される中咽頭・下咽頭の形態をエアウェイとして直接的な模型とし

て造形して、形態の特徴のみならず最狭部の位置や断面積を知ることは窒息の原因分析を行う上で重要である。しかし、窒息事故の頻度が高い小児期と高齢期は、咽頭腔の形態の加齢変化

が大きい時期にあたる。そこで、窒息の原因を分析するヒト側の要因として、この時期の咽頭腔の形状を客観的に評価する方法と加齢による形態変化の分析方法を考案することを目的に本研究を行った。

## B 方法

医科用X線 CT 装置(GE 横河メディカル HiSpeed9XI、以下 CT)および歯顎顔面用コーンビーム X 線 CT 装置(日立メディコ製 CB MercuRay、以下 CBCT)の2つの装置にて撮影を行った。撮影条件は臨床にて一般的に使用される条件を用い、画像は三次元造形システム(米国 Z 社製三次元造形機 Z510、Materialise 社製三次元画像処理ソフトウェア mimics, Magics)にて咽頭・喉頭部の立体構築を行った<sup>1)</sup>。構築された3D画像からエアウェイの描出精度及び4歳の幼児、20歳代の成人、70歳代の高齢者についてエアウェイの三次元造形モデルを制作し、立体的な咽頭腔の形態評価についてその可能性を検討した。

## C 結果と考察

エアウェイの描出精度では、軟組織である咽頭部については CT と比較して CBCT においてその表出精度が優れ

ており、立体構築後の形態評価に適していた(研究を継続して第14回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会発表予定)。

また、CT や CBCT は通常、骨や軟組織などの実質の形態学的特徴を評価するものであるが、虚像である咽頭・喉頭部のエアウェイを実像として立体構築し、三次元造形システムによりモデルを製作した。窒息の場合であるエアウェイの実態モデルからは側貌断面の薄さと前額断面の幅の広さ、および咽頭腔のエアウェイの最狭部の位置、同部位の断面、最狭部位の三次元形態の特徴、中咽頭前壁の細かな凹凸程度などについての視覚的に容易に評価可能であった(図1)。

幼児と成人、高齢者を中咽頭、下咽頭に分けて比較した(図2, 3, 4)。窒息のリスク部位である中咽頭の長さは、ともに幼児はかなり短く幅も狭く、咽頭前壁の凹凸も複雑で強い傾向が伺えた。これに対して高齢者の中咽頭は成人に比較して加齢による喉頭下垂のために長くなっており<sup>2)</sup>、幼児と高齢者では窒息の原因となる食品の物性や形などが異なることも推察された<sup>3)</sup>。

しかしながら、咽頭腔の最狭部の位置や断面の形態特徴などについては

未だ明らかにできていない。今後、このシステムを使って窒息のヒト側の要因であるエアウェイの特徴について、窒息の好発年齢である小児期と高齢期について解析を行う予定である。

#### D 参考文献

- 1) 曾根由美子ほか：歯顎顔面用コーンビームエックス線CTを用いた摂食・嚥下器官の3次元的评价。喉頭蓋の形態とその成長変化，小児歯科学雑誌，45（3）377-383，2007.
- 2) 金子巧：嚥下における舌骨運動のX線学的解析—男女差及び年齢変化について，日耳鼻誌，95：974-987，1992.
- 3) 横山美加ほか：X線ビデオ透視画像による嚥下動態の解析—第三報；喉頭蓋の形態と誤嚥の危険との関連—，口科誌，50：223-226，2001.

#### E 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

#### F 知的財産権の取得状況

1. 特許取得  
なし

2. 実用新案登録  
なし

#### 別表参照

- 図1 エアウェイの描出
- 図2 エアウェイの年齢比較（側面）
- 図3 エアウェイの年齢比較（喉頭蓋側）
- 図4 エアウェイの年齢比較（咽頭後壁側）