

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 竹内 千華子
学位 博士(歯学)
学位記番号 新大院博(歯)第456号
学位授与の日付 令和2年3月23日
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
博士論文名 **Effects of carbonated water on voluntary swallowing in healthy humans**
(健康者において炭酸水がもたらす随意嚥下運動への効果)

論文審査委員 主査 教授 山村 健介
副査 教授 井上 誠
副査 教授 小野 高裕

博士論文の要旨

【目的】

摂食嚥下障害のリハビリテーションにおける訓練に Thermal tactile stimulation, すなわち冷水を用いた触圧刺激や炭酸水を用いた直接訓練が多く紹介されている。これらは冷覚刺激や炭酸水がもつ何らかの化学刺激を頼りに、嚥下機能の改善を期待するものとして捉えられているが、そのメカニズムは必ずしも明らかにされていない。

本研究では、水、炭酸水、サイダーを対象として、自由摂取時の一口量、嚥下時舌骨上筋群、咬筋活動量、VAS を用いて口への含みやすさと飲み込みやすさの官能検査結果を比較して、溶液の違いがもたらす飲水行動の違いを観察することを試みた。本研究における仮説は、炭酸飲料は、炭酸ガスや pH に依存してその一口量は少なくなること、口への含みやすさや飲み込みやすさに影響すること、一口量に依存して筋活動量が変化する(飲水量と正の相関をもつ)というものである。

【方法】

29名の健康成人(男性11名、女性18名、平均年齢28歳)を対象として、いずれもアサヒホールディングス社の水(蒸留水)、炭酸水(ガス圧4.48 v/v, pH4.29-4.46)、サイダー(ガス圧3.90 v/v, pH3.58-3.66)を用い、温度を5℃、15℃、20℃に設定して50ccのコップからいずれかを自由に一口飲むよう指示した。最初と最後の試行のみ、20℃の水としてこれをコントロールとし、残りの試行順はランダム化した。

記録内容は各試行時の飲水量、筋活動量に加えて、それぞれの試行直後にVASを用いた官能評価とした。筋電図記録のために右側咬筋ならびに舌骨上筋群に表面電極を貼付し、嚥下時活動を記録した。解析時には筋電図波形を全波整流、移動平均後に嚥下時のエリアを計測した。官能検査項目は「口に含みやすかったか」「飲み込みやすかったか」として、前者は-50が最も含みやすく、50が最も含みにくい、後者は-50が最も飲み込みやすく、50が最も飲み込みにくいと評価した。

最初と最後に行った20℃の水嚥下時の飲水量と筋活動量の再現性を評価した後に、各パラメータの平均値比較を、溶液の違い(水、炭酸水、サイダー)および温度(5℃、15℃、20℃)の2要因による二元配置分散分析により行った。最後に各パラメータ間の相関を求めた。

【結果と考察】

最初の最後の試行時の飲水量、筋活動量の再現性は高く、級内相関はいずれも $0.8<$ であった。一口量は、炭酸水が水、サイダーに比べて有意に少なかった。一方温度による違いは認められなかった。「口に含みやすかった」「飲み込みやすかった」のVAS値は、いずれも水、サイダー、炭酸水の順であった。これに対して、筋活動量は予想に反して逆の値を示した。すなわち、咬

筋では水嚙下時が最も小さく炭酸水との間で有意差が認められ、舌骨上筋群においても水嚙下時が最も小さく、炭酸水、サイダーとの間で有意差が認められた。各パラメータ間の相関はいずれも有意であったが、一口量と筋活動量のみ相関が認められなかった。

一口量が少なく、口に含みにくい、飲みにくいと判断された炭酸水の刺激要素としては、pH、酸味刺激、炭酸ガスが考えられる。しかし、pHはサイダーが低かったのに対して、一口量、官能評価、筋電図の結果いずれもが炭酸水への影響が強かったことを考えると、pHや酸味刺激が結果の違いを生んだ原因とは考えにくい。一方で、炭酸水とサイダーの大きな違いのひとつである炭酸ガスが一口量や官能評価の結果を反映していることが考えられた。炭酸ガスの刺激である気泡による機械刺激に応答する末梢の受容機構は未だ不明である。また、一口量が少なかったにも関わらず筋活動量が大きかったことから、筋活動量の違いは飲水量に依存するものではなく、炭酸ガスの刺激という非日常的な口腔内への刺激がアラートとなって生体防衛的なものとして表出したものと予想された。実際、一口量と筋活動量の間にも有意な相関がなかったことは、量の違いは筋活動量に反映されるほどのものではなかったのであろう。

今回、温度の違いが影響しなかったのは、設定した温度差が小さいことが考えられた。温度感受性受容体である TRPA1、TRPM8 の閾値がそれぞれ 17°C、29°Cであることを考えると、温度差を大きくすることで温度の違いの効果を調べられるのではないかと思われたが、炭酸ガスの溶解度が 20°C を超えて大きく減少することも考慮しなければいけない。

臨床では、嚙下訓練の場面に炭酸水を用いることがあるが、炭酸ガスの刺激によって、飲水量を制限して筋活動量を増加させて嚙下時の運動を調整することは、訓練の安全性、運動負荷を上げる効果を考える上で理にかなっているものと思われ、炭酸水を用いた訓練に対する理論付けの一端になる期待がもたれた。

審査結果の要旨

摂食嚙下リハビリテーションにおいて、安全かつ効果的な直接訓練方法を行うことは非常に重要である。現場では冷水や炭酸水を用いた直接訓練が嚙下誘発に効果的な方法として紹介され、広く用いられている。冷水や炭酸水によってもたらされる温度刺激、炭酸の泡による機械的刺激や炭酸がもつ化学刺激などが、嚙下誘発を促進することが効果の基盤にあると考えられているが、そのメカニズムや実際の現場で起こっている事象については不明な点が多い。このような背景の中、申請者は水、炭酸水、サイダーを対象として、自由摂取時の一口量、嚙下時舌骨上筋群、咬筋活動量、VAS を用いて口への含みやすさと飲み込みやすさの官能検査結果を比較して、溶液の違いがもたらす飲水行動の違いを観察するという本研究を立案した。

実験は 29 名の健常成人で行った。温度を 5°C、15°C、20°C に設定した蒸留水、炭酸水（ガス圧 4.48 v/v、pH4.29-4.46）、サイダー（ガス圧 3.90 v/v、pH3.58-3.66）を一口ずつ最初と最後の試行のみ蒸留水とした他はランダムに自由摂取させ、その際の飲水量、右側咬筋ならびに舌骨上筋群から記録した表面筋電図、飲み込みやすさを指標とした VAS 官能評価を記録し、解析対象とした。その結果、申請者は①「口への含みやすさ」「飲み込みやすさ」は、いずれも水、サイダー、炭酸水の順であること、②一口量は、炭酸水が水、サイダーに比べて有意に少ないこと③嚙下時の筋活動は飲水量や VAS 値の逆で、炭酸水、サイダー、蒸留水の順であること（咬筋、舌骨上筋の両方で炭酸水と蒸留水間で有意差があり舌骨上筋においては蒸留水とサイダー間にも有意差がある）こと④溶液の温度は計測パラメータに影響を及ぼさないなどを明らかにした。これらの結果をもとに、申請者は、①炭酸水嚙下時には炭酸ガスによる口腔咽頭への刺激の内、pH や酸味などの化学刺激以外の要因、例えば気泡による刺激が一口量を減少させる要因であることを推察している。合わせて今後の詳細な研究が必要としながらも②飲水量と嚙下時筋活動は必ずしも相関しない、③温度刺激の有効性は本研究で設定した温度では現れないことなどを考察している。

今回の研究は、被験者の一口飲水量を規制しない実験で、立証できることが限定される反面、実際のリハの現場と近い状況が再現されている。その中で、炭酸水の嚙下では少ない飲水量で大きな嚙下関連筋の活動が誘起されることを見いだした。このことは炭酸ガスの刺激によって、飲水量を制限して筋活動量を増加させて嚙下時の運動を調整することは、訓練の安全性、

運動負荷を上げる効果を考える上で理にかなっているものと思われ、炭酸水を用いた訓練の有効性を科学的に支持するものである。以上の点から、摂食嚥下リハビリテーションの臨床への貢献度が極めて高いため、学位論文としての価値を認める。また、論文内容に関する試問に対しても十分な回答を得ることができたことから、博士（歯学）の学位を授与するにふさわしいと判断した。