

平成 30 年度 8020 公募研究報告書報告書(採択番号：18-2-08)

研究課題：高齢者の転倒リスクに寄与する口腔因子の検索 -四肢の筋・骨と口腔機能との関連性-

研究者名：長谷川陽子<sup>1, 2</sup>、櫻本亜弓<sup>2</sup>、辻翔太郎<sup>3</sup>、永井宏達<sup>4</sup>、玉岡丈二<sup>2</sup>、澤田隆<sup>5</sup>、岸本裕充<sup>2</sup>、小野高裕<sup>1</sup>、新村健<sup>6</sup>

所属：

1. 新潟大学大学院医歯学総合研究科包括歯科補綴学分野
2. 兵庫医科大学歯科口腔外科学講座
3. 兵庫医科大学整形外科学講座
4. 兵庫医療大学リハビリテーション学部理学療法学科
5. 兵庫県歯科医師会
6. 兵庫医科大学内科学総合診療科

## 背景

転倒は、高齢者の最も深刻で医療費がかかるイベントのひとつである。高齢者における筋力の低下は、バランスや歩行などの日常生活動作能力の低下を招き健康寿命が短縮するばかりか、QOLが低下し豊かな老後生活を過ごす妨げになることが知られている。また、加齢に伴い骨密度は低下し、特に女性は閉経後にエストロゲンの生成量が減るため、骨密度の低下が急激に進むことが知られている。骨密度が低下した状態での転倒は容易な骨折に繋がり、高齢者の健康寿命を低下させる。65歳以上の3人に1人は、少なくとも毎年1回の転倒を経験し、これらの転倒の10-15%は重傷に関連していたとの報告や(1, 2)、アメリカでは65歳以上の救急外来受診の主要因が転倒で、事故死の70%が転倒に関連していること(3)、また、一度転倒した高齢者は再転倒するリスクが高いことが報告されており、転倒を防ぐことは社会的にも医療コスト的にも重要である(4)。

高齢者の転倒の原因は、身体機能の低下に起因すると考えられているが、身体機能の低下には口腔機能の低下と関連することが知られている。我々は、丹波篠山圏で実施されている自立した高齢者を対象としたコホート調査“FESTA study”(Frail Elderly in the Sasayama-Tamba Area study)に携わっており、この調査結果を元に、転倒リスクや身体虚弱化(フレイル)と口腔機能との関連について解析を行い、その成果について論文および学会発表を行ってきた(5-7)。前年度は、8020研究事業の助成を受け(研究課題名：口腔機能低下は高齢者の転倒リスクを高めるのか?)、高齢者の転倒リスクと口腔機能に関して引き続き調査を行い、歯の喪失を防ぎ、咬合力を健全に保つことが、転倒リスクを軽減している可能性を示唆した(7)。

FESTA studyでは、歩行速度や体幹バランスなどの身体機能の評価に加え、骨密度の測定および骨格筋量の測定を調査対象者全員に実施している。そして、口腔機能の指標のひとつである咬合力は、骨格筋の筋力や歩行速度と関連していると報告されている(7)。また我々の調査結果より、身体機能と歯数・咬合力とは有意な相関を認めており(5, 7)、骨密度と口腔機能に何らかの関連があることは予想される。一方で、口腔機能と骨密度との関連性についての検討は十分ではなく、未だ不明な点が多い。

そこで本申請課題は、丹波篠山圏在住の65歳以上の高齢者に対して、転倒にかかわる身体機能/骨格筋/骨密度と口腔機能との関連性について統計学的に明らかにし、特に骨密度と口腔機能因子との関連について注目して解析を行った。

## 方法

### 1) 研究対象

2015年6月～2018年12月に開催された兵庫県丹波篠山市在住の自立した高齢者(介護保険未使用または要介護Iより軽度)を対象とした医科歯科合同学術調査に参加した65歳以上の高齢者853名(男性281名、女性572名、年齢 $73.4 \pm 5.9$ 歳, mean $\pm$ SD)とした。被験者の除外基準は、口腔機能検査実施に同意が得られなかった人、ペースメーカー挿入により体組成計測ができなかった人、とした。対象者には検査の目的と方法を説明し、あらかじめ文書で同意を得た。本調査実施にあたり、予め兵庫医科大学倫理委員会の承認を得た(倫ひ0342)。篠山市は、兵庫県山間部に位置する人口42,696人(平成28年9月末)の市である。主な産業は農業で、65歳以上の高齢者が31.4%(平成27年9月末)を

占めており、住民の高齢化が著しい。

対象者への学術研究調査参加募集は、地元新聞の折り込み広告や、兵庫医科大学ささやま医療センターのポスター広報を通じて行い、参加者自らが調査申し込みを行った。

## 2-2) 骨格筋および骨密度の評価

### 2-2-1) 骨格筋の評価

骨格筋の評価は、体成分分析装置(Inody770, インボディ・ジャパン)を用いて bio-electrical impedance analysis (BIA) 法によるインピーダンス分析を行い、四肢の骨格筋量の指標として Skeletal Muscle Mass Index (以下, SMI) (8)を算出した。また測定した身長体重より Body mass index (以下, BMI)を算出した。

### 2-2-1) 骨密度の評価

骨密度は超音波骨密度測定装置 (CM-200、古野電気)を用いて、右踵骨の骨密度を計測し、踵骨内の超音波伝播速度 (Speed of Sound、以下 SOS、m/s) と、若年例の SOS と比較したときの値 (以下 YAM、%) を求めた。また骨粗鬆症の診断基準より YAM 値が $\leq 80$ の対象者を骨量減少、 $\leq 70$ を骨粗鬆症、それ以外を正常群に分類した(9)。

なお骨密度の評価は、問診により骨粗鬆症治療中と答えた者、骨粗鬆症治療薬を内服中の者を除外して行った。

### 2-2-3) 身体機能評価

転倒に関連する身体機能について調査を行った。

歩行速度テストは「いつも歩いている速さで歩いてください」と伝え施行し、通常歩行速度 (m/sec) (以下、歩行速度)を解析対象とした。なお、歩行開始時と歩行終了時の加速と減速を考慮し、測定区間 (10m) の 1m 手前から測定区間の 1m 奥までの計 7m を歩行区間とした(10)。

膝伸展筋力測定は、徒手筋力計(モービィ、酒井医療社製)を用いた。測定は、対象者を端坐位、膝関節 90 度屈曲位とし、測定時に殿部が治療台から浮かないように留意した。測定は利き足で 2 回行い、その最大トルク値を評価した。解析には、得られたトルク値を体重で除した値を用いた ( $N \cdot m/kg$ ) (11)。

開眼片脚立位保持時間(以下、片脚立位)は、両手を腰に当て、利き足を床から離れた瞬間から測定開始し、手が腰から離れる、足の位置がずれる、支持足以外の体の一部が床に触れる、いずれかまでにかかる時間 (sec) を評価した(12)。

## 2) 口腔機能評価

対象者は、リクライニング可能な介護椅子に腰掛け、十分な明るさを持つ人工照明下で口腔内診査を行い、残存歯数、咬合力および咬合支持状態、咀嚼能力、舌圧に関するデータを評価した。

残存歯数(以下、歯数)は、残根も含めた歯数で、智歯も含む数とした。

咬合力は、左右第一大臼歯相当部の最大咬合力を咬合力計(Occlusal Force-Meter GM10; 長野計器)を使用して左右側それぞれ計測し(13)、それらの和を評価対象とした。第一大臼歯が喪失している場

合は、第 1 大臼歯に最も近い位置で測定し、測定部を上下歯牙で把持出来る状態を条件とした。義歯を使用している対象者は、義歯使用下で計測を行った。また咬合力の左右側のバランス（以下、咬合バランス）を以下の式から求めた。

$$\text{咬合バランス (\%)} = (|\text{咬合力の左右差}| / \text{咬合力の左右和}) \times 100$$

咀嚼能力は、咀嚼能力測定用グミゼリーを用い、30 回自由咀嚼した後に吐出してもらい、10 段階スケール(0-9: min-max)のスコア法で評価した(14)。舌圧は、JMS 舌圧測定器を用いて最大舌圧を 2 回計測し、最大値を採用した(15)。咬合支持の評価は残存歯の状態より、Eichner 分類(16)に基づき臼歯部 4 か所の臼歯部で咬合している A 群、1 か所から 3 ヶ所の臼歯部で咬合している B 群、全てに咬合支持域のない C 群として 3 群に分類し、解析を行った。

### 3) 統計学的分析

本研究のデータすべてについて、正規性及び等分散性について検定を行ったのち、ノンパラメトリック法を選択した。口腔機能と身体機能および骨密度との関連性を検討するため、Spearman の相関係数を用いて検討した。2 群間の比較には、Mann-Whitney' s U-test または  $\chi^2$  test を用いて評価した。また 3 群間の比較は、フリードマン検定と多重比較 (Mann-Whitney' s U-test、P 値をボンフェローニ法で調整) をもちいた。解析は、対象者全体および性別毎にそれぞれ行い、有意水準はすべて 5% に設定した。

## 結果

### 1) 対象者の概要について

対象者 853 名のうち、女性の割合が有意に多かった。また骨格筋力と関連があるとされる、SMI、膝伸展筋力、咬合力については男性が女性より有意に高値を示した (**Table 1**)。

骨密度に関連する因子について、骨粗鬆症の既往がある対象者 99 名を除外して解析を行った結果、SOS、YAM とともに女性が男性より有意に低値を示し、女性の約 8 割が骨粗鬆症または骨量減少の状態であった。一方男性は骨粗鬆症または骨量減少の状態の対象者が 58% であり、転倒により骨折などで重症化するリスクは女性が高いことが示唆された (**Table 2**)。

運動機能と骨密度との相関について、咬合のバランスを除いて運動機能と口腔機能との間に有意な相関関係が認められたが、強い相関は認めなかった。咬合力/咀嚼能力と膝伸展筋力は他の項目と比較すると相関係数が大きい傾向を示した。

### 2) 口腔機能と運動機能との関連について (**Table 3**)

口腔機能と SMI および BMI との相関について検討した結果、強い相関を認める因子は無かったが、男性において舌圧と四肢骨格筋の指標である SMI との相関係数が 0.31 であり、他の因子と比較して高値を示した。

口腔機能と運動機能との関連について、咬合力と膝伸展筋力との間には有意な相関を認め、他の口腔機能因子と比較して運動機能と高い相関を示した。他の口腔機能因子は身体機能とやや弱い相関を

認めた。咬合バランスは片脚立位との有意な相関を認め、咬合バランスの左右不均等が体幹のバランスに影響している可能性が示唆された。

咬合支持と運動機能との関連を検討した結果、アイヒナーC群は他2群の対象者と比較して有意に歩行速度が遅く、膝伸展筋力が低く、片脚立位時間が短かった(**Figure1**)。すなわち、咬合支持は運動機能と関連していることが示された。

## 2) 口腔機能と骨密度との関連について

口腔機能と骨密度との関連について検討した結果、強い相関をみとめる項目は無かったが、男性における咬合力とSOS/YAMの間には弱い有意な相関を認めた(**Table 4**)。一方で、YAM値により骨粗鬆症の分類をした結果、咬合力/咀嚼能力/舌圧において、正常と骨量低下との間に有意差をみとめ、骨密度と顎口腔筋が関連する口腔機能との間に関連性がある可能性が示唆された。

## 考察

本研究の結果から、口腔機能と転倒に関する運動機能とは関連があり、骨密度との関連も弱いながら認めた。また、女性は男性より骨密度が低く、転倒時の障害が重症化することが推察出来た。

転倒には下肢筋力低下が危険因子に挙げられていること(17)や片脚立位時間が短い場合転倒しやすいこと(18)が知られている。歩行速度の低下は、転倒などの高齢者における有害事象の最も強い危険因子の一つとされ、身体的虚弱の識別において最も有用なものの一つであるとされている(19, 20)。女性は男性よりも転倒しやすく、転倒関連の怪我を経験することが報告されている女性は(21, 22)、歩行変動(ステップのばらつき)が男性いため転倒しやすいとの報告があるが(23)、高齢者の女性は閉経後骨粗鬆症が進み、転倒により骨折が生じるとADLやQOLの低下がすすみやすいため、高齢女性への転倒予防に関する取り組みは特に必要だと考えられる。

また本研究の結果から、咬合バランスが不良であると片脚立位時間が短縮し体幹のバランスも不良であることが示された。咬合バランスについて、著者らは以前の調査からも片脚立位と咬合バランスとの相関を報告した(24)。Kimuraらは、歯科治療介入により片脚立位時間の延長を認めたと報告している(25)、Ringhofらは、咬合制御により通常姿勢を安定させること、片脚立位も安定することを示している(26)。またKimuraらは、義歯装着下での咬合支持状態が、TUG test, one-leg standing balanceと関連していたと報告している(25)。

すなわち、咬合バランスを制御することは体幹および下肢筋力バランスにも影響し、転倒リスク軽減に繋がるため、咬合力の左右差が著しい高齢者は口腔機能を整え、転倒リスクを軽減させる必要性が推察された。

## 結論

本研究の結果から、高齢者の転倒を予防し運動機能の低下、特に筋力低下をふせぐだけでなく咀嚼能力や咬合力を健全に保つこと、左右の咬合バランスが悪い場合は歯科加療が有効である可能性が示唆された。また、高齢女性は特に骨密度が低く、転倒時の怪我が重症化に繋がりやすいと予想され、転倒予防のためにも口腔機能の向上を目指すことは、高齢者にとって有効な転倒予防である可能性が

示唆された。

#### 謝辞

稿を終えるにあたり，本研究の実施に対してご配慮をいただきました FESTA (Frail Elderly in Sasayama-Tamba Area) 研究チーム[敬称略] (芳川浩男，下村壯治，楠博，和田陽介，辻翔太郎，玉城香代子，佐野恭子，伊藤斉子，前田初男，天野学および兵庫医科大学ささやま医療センター職員) の皆様にお礼申し上げます。また，研究の実施にあたり御協力いただいた，兵庫医科大学歯科口腔外科学講座の皆様，白水雅子様にご感謝申し上げます。

## 文献

1. Sturnieks DL, St George R, Lord SR. Balance disorders in the elderly. *Neurophysiol Clin*. 2008;38(6):467-78.
2. Blake AJ, Morgan K, Bendall MJ, Dallosso H, Ebrahim SB, Arie TH, et al. Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. *Age Ageing*. 1988;17(6):365-72.
3. Fuller GF. Falls in the elderly. *Am Fam Physician*. 2000;61(7):2159-68, 73-4.
4. 島田裕之. フレイルの予防とリハビリテーション: 医歯薬出版, 東京, ; 2015. 21-9 p.
5. Hasegawa Y, Sakuramoto A, Sugita H, Hasegawa K, Horii N, Sawada T, et al. Relationship between oral environment and frailty among older adults dwelling in a rural Japanese community: a cross-sectional observational study. *BMC Oral Health*. 2019;19(1):23.
6. Tamaki K, Kusunoki H, Tsuji S, Wada Y, Nagai K, Itoh M, et al. The Relationship between Dietary Habits and Frailty in Rural Japanese Community-Dwelling Older Adults: Cross-Sectional Observation Study Using a Brief Self-Administered Dietary History Questionnaire. *Nutrients*. 2018;10(12).
7. 長谷川 陽子, 堀井 宣秀, 櫻本 亜弓, 杉田 英之, 小野 高裕, 澤田 隆, et al. 丹波圏域在住高齢者における転倒リスクと口腔機能との関連性. *老年歯科医学*. 2018;32(4):468-76.
8. Srikanthan P, Karlamangla AS. Relative Muscle Mass Is Inversely Associated with Insulin Resistance and Prediabetes. Findings from The Third National Health and Nutrition Examination Survey. *J Clin Endocrinol Metab*. 2011;96(9):2898-903.
9. 折茂肇, 林泰史, 福永仁夫, 曾根照喜, 藤原佐枝子, 白木正孝, et al. 原発性骨粗鬆症の診断基準(2000 年度改訂版). *日本骨代謝学会雑誌= Japanese journal of bone metabolism*. 2001;18(3):76-82.
10. Lopopolo RB, Greco M, Sullivan D, Craik RL, Mangione KK. Effect of therapeutic exercise on gait speed in community-dwelling elderly people: a meta-analysis. *Physical therapy*. 2006;86(4):520-40.
11. Wang CY, Olson SL, Protas EJ. Test-retest strength reliability: hand-held dynamometry in community-dwelling elderly fallers. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2002;83(6):811-5.
12. 文部科学省. 新体力テスト有意義な活用のために,(2000). ぎょうせい.
13. Iinuma T, Arai Y, Fukumoto M, Takayama M, Abe Y, Asakura K, et al. Maximum occlusal force and physical performance in the oldest old: the Tokyo oldest old survey on total health. *J Am Geriatr Soc*. 2012;60.
14. Nokubi T, Yoshimuta Y, Nokubi F, Yasui S, Kusunoki C, Ono T, et al. Validity and reliability of a visual scoring method for masticatory ability using test gummy jelly. *Gerodontology*. 2013;30(1):76-82.
15. Utanohara Y, Hayashi R, Yoshikawa M, Yoshida M, Tsuga K, Akagawa Y. Standard values of maximum tongue pressure taken using newly developed disposable tongue pressure measurement device. *Dysphagia*. 2008;23(3):286-90.
16. Eichner K. Renewed examination of the group classification of partially edentulous arches by Eichner and application advices for studies on morbidity statistics. *Stomatologie der DDR*. 1990;40(8):321-5.
17. Horak FB, Shupert CL, Mirka A. Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiol*

Aging. 1989;10(6):727-38.

18. Vellas BJ, Wayne SJ, Romero L, Baumgartner RN, Rubenstein LZ, Garry PJ. One-Leg Balance Is an Important Predictor of Injurious Falls in Older Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1997;45(6):735-8.
19. Gill TM, McGloin JM, Gahbauer EA, Shepard DM, Bianco LM. Two recruitment strategies for a clinical trial of physically frail community - living older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2001;49(8):1039-45.
20. Rothman MD, Leo - Summers L, Gill TM. Prognostic significance of potential frailty criteria. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2008;56(12):2211-6.
21. Stevens JA, Mack KA, Paulozzi LJ, Ballesteros MF. Self-reported falls and fall-related injuries among persons aged  $\geq 65$  years--United States, 2006. *J Safety Res*. 2008;39(3):345-9.
22. Deandrea S, Lucenteforte E, Bravi F, Foschi R, La Vecchia C, Negri E. Risk factors for falls in community-dwelling older people: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology*. 2010;21(5):658-68.
23. Johansson J, Nordstrom A, Nordstrom P. Greater Fall Risk in Elderly Women Than in Men Is Associated With Increased Gait Variability During Multitasking. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2016;17(6):535-40.
24. Hasegawa Y, Horii N, Sakuramoto A, Sugita H, Ono T, Sawada T, et al. Relationship between Accidental Fall Risk and Oral Function in Elderly Living in the Tamba Area. *Ronen Shika Igaku*. 2018;32(4):468-76.
25. Kimura M, Watanabe M, Tanimoto Y, Kusabiraki T, Komiyama M, Hayashida I, et al. Occlusal support including that from artificial teeth as an indicator for health promotion among community-dwelling elderly in Japan. *Geriatrics & Gerontology International*. 2013;13(3):539-46.
26. Ringhof S, Stein T, Potthast W, Schindler HJ, Hellmann D. Force-controlled biting alters postural control in bipedal and unipedal stance. *Journal of oral rehabilitation*. 2015;42(3):173-84.

## 図表の脚注

図 1 : 咬合支持と運動機能との関連性

赤線 : 統計学的有意差有り ( $P < 0.05$ )

Friedman's test と多重比較 (Mann-Whitney U test、P 値を Bonferroni 法で調整)