

地域在住高齢者のサルコペニアの発症に影響する近隣居住環境要因の特定 — 3年間の前向きコホート研究 —

奥山 健太* 安部 孝文* 矢野 彰三**

NEIGHBORHOOD ENVIRONMENT AND RISK OF SARCOPENIA AMONG RURAL OLDER ADULTS: 3 YEARS LONGITUDINAL STUDY

Kenta Okuyama, Takafumi Abe, and Shozo Yano

Key words: neighborhood environment, sarcopenia, SMI, grip strength, older adults.

緒 言

加齢に伴い筋肉量、身体機能が低下し、日常生活に支障をきたす状態はサルコペニアと定義される⁵⁾。超高齢化社会に突入している我が国において、個人が介護を必要とせず健康に生涯を過ごすためには、サルコペニアに陥るリスクを地域・ポピュレーションレベルで予防することが重要である。これまでの研究から、年齢、性別、運動習慣などの個人的要因に加え、高齢者が居住する近隣の環境要因が重要であることが示唆されている⁹⁾。例えば公共交通機関へのアクセスや、治安の良さなどが、高齢者の身体機能に影響を及ぼすことが報告されており、居住環境の改善が高齢者の身体機能維持につながることを期待される¹⁾。しかし先行研究のほとんどが横断的研究であり、かつサルコペニアおよび近隣環境要因を客観的実測値によって評価した研究は皆無である。更に、一般的に地方地域住民のほうが慢性的健康障害のリスクが高く、人口高齢化も深刻であるなか、エビデンスは都市部に限られる。そこで本研究では、高齢

化率が約35%を超え、特徴的な地域環境を有する日本の中山間地域を対象に、地理情報システム(GIS)により客観的に評価した近隣環境要因と、筋肉量、筋力の実測値に基づくサルコペニアのリスクとの関連を3年間の縦断コホート研究により検証した。サルコペニアの発症リスクの検証を計画していたが、3年間のサルコペニアの発症数が解析に不十分であったため、筋肉量、握力値の経年変化をアウトカムとした。

方 法

A. 研究デザイン

本研究は島根大学が島根県3市町と共同で実施している島根コホート研究を用いた、3年間の縦断コホート研究である。島根コホート研究は生活習慣病の予知予防を目指して、診療情報、生活習慣、身体機能検査、居住地特性などに関する調査を1年に1回の市町自治体の特定健康診断に併せて行っている。本研究では、四肢筋肉量と握力の測定を開始した2016年から2019年までの調査データを活用した。本研究は、島根大学医学部医の倫

* 島根大学地域包括ケア教育研究センター Center for Community-based Healthcare Research and Education, Shimane University, Matsue, Japan.
** 島根大学医学部臨床検査医学講座 Department of Laboratory Medicine, Shimane University, Matsue, Japan.

理委員会の承認を得て行われた（研究等管理番号：20180420-2）。

B. 対象者

島根県雲南市、隠岐の島町、邑南町の60歳以上の高齢者で、2016年の調査に参加し、生体インピーダンス法による体組成および握力を測定した者で、2017～2019年の3年間の調査のいずれかにも参加した者を対象とした。

C. 調査項目

1. サルコペニアリスクの評価

男女別のアジア人のサルコペニア基準に従い、四肢筋肉量を体重の2乗で除した skeletal muscle mass index (SMI) 値が、男性： $< 7.0 \text{ kg/m}^2$ 、女性： $< 5.7 \text{ kg/m}^2$ かつ最大握力値が、男性： $< 26 \text{ kg}$ 、女性： $< 18 \text{ kg}$ であった場合をサルコペニアとした³⁾。四肢筋肉量は生体インピーダンス法に基づく体組成計により測定した（MC-780A, Tanita Corporation）。最大握力値は左右2回ずつ試行したうちの最大値を用いた。定義に基づくサルコペニアの発生数が少なかったため、解析ではSMI値、最大握力値それぞれ連続値の経年変化を検証した。四肢筋肉量および握力の低下は高齢者の死因や重篤慢性疾患などに重要な決定因子であるとして報告されている⁶⁾。

2. 近隣環境要因の評価

対象者それぞれの居住地点から、実際の道路網に則した1000 m 圏域における平均傾斜角度、バス停密度、交差点密度、世帯密度を算出した。平均傾斜角度は近隣の勾配を示す指標であり、高齢者の身体活動や体重などとの関連が報告されている⁸⁾。算出した数値はそれぞれ中央値で2分化（High, Low）し、SMI値、最大握力値の経年変化への影響を解析した。すべての数値の算出には地理情報システムソフトウェア ArcGIS Pro 2.0（Esri Japan Corporation）を用いた。

3. 潜在的交絡因子

近隣環境要因とSMI値および握力との交絡となりうる年齢、居住地域、喫煙、飲酒、身体活動習慣、心疾患、脳血管疾患を自記式質問票により把握した。計画上解析に含める予定であった食事の状況については、筋肉量、筋力への影響が考えられている蛋白質摂取量に相当するデータが対象

年度では得られなかった。骨折状況は筋肉量、筋力の減少により起こりうるアウトカムと報告されていることから、交絡因子として解析に含めなかった⁴⁾。

D. 統計解析

対象者のベースライン時点での特徴を男女別にそれぞれの統計量（頻度、割合）で示した。ベースライン時点でのサルコペニアの数、経年的に新規発生したサルコペニアの数を男女別調査年度別に示した。経年的なSMI値と最大握力値の変化を男女年齢別の平均値、標準偏差で示した。近隣環境要因が及ぼすSMI値、最大握力値への影響は、線形混合成長モデルにより検証した。線形混合成長モデルは本研究のように個人のデータが繰り返し測定されている際、個人内の変動を変量効果として推定するとともに、目的変数の時間的変化に及ぼす説明変数の固定効果を推定するモデルである¹⁰⁾。変量効果として個人の切片および傾きを含めるかについては赤池情報基準（AIC）によって判定し、最終的に切片と傾き両方を変量効果として推定したモデルをすべての解析に使用した。解析にはオープンソース統計開発環境 R 3.6.1 を使用し、統計学的有意水準は5%とした。

結 果

A. 解析対象者の特徴

ベースライン時点でSMI値が欠損していた43名、最大握力値が欠損していた13名、データの解像度が原因で平均傾斜角度が算出できなかった30名を除外し、2526名（男性：1013名、女性：1513名）が最終解析対象となった（表1）。

B. サルコペニアの数

ベースライン時点でサルコペニアを有していたのは男性で16名、女性で56名であった（表2）。1年ごとの新規発生のサルコペニアの数は男女ともに < 15 と少なく、最終年度での累積数は男性で35名、女性で90名であった。

C. SMI値と最大握力値の経年変化

男性、女性ともに、SMI値と最大握力値の平均値は全体（年齢別）でみると大きな変化はみられなかった（表3）。

表 1. ベースライン時点の対象者の特徴
Table 1. Characteristics of study subjects at baseline.

	Male	Female
n	1013	1513
Age = 60-75/76+ (%)	712/301 (70.3/29.7)	1073/440 (70.9/29.1)
City (%)		
Unnan	492 (48.6)	625 (41.3)
Oki	261 (25.8)	512 (33.8)
Ohnan	260 (25.7)	376 (24.9)
Smoke = Yes/No (%)	159/854 (15.7/84.3)	13/1500 (0.9/99.1)
Drink (%)		
Yes	532 (52.5)	133 (8.8)
Occasionally	183 (18.1)	280 (18.5)
No	298 (29.4)	1100 (72.7)
Physical activity = Yes/No (%)	524/489 (51.7/48.3)	760/753 (50.2/49.8)
Stroke = Yes/No (%)	65/948 (6.4/93.6)	45/1468 (3.0/97.0)
Cardio vascular disease = Yes/No (%)	109/904 (10.8/89.2)	114/1399 (7.5/92.5)

表 2. ベースライン時点でのサルコペニア数と新規発生数
Table 2. Number of sarcopenia at baseline and new cases until 2019.

	Cases at baseline		New cases for each year		Total
	2016	2017	2018	2019	
Male	16	5	8	6	35
Female	56	11	9	14	90

表 3. SMI と最大握力値の性別、年齢別平均値の推移
Table 3. SMI and grip strength by gender and age category across 4 waves.

		n	Age 60-75 years		Age >= 76 years	
			SMI mean (SD)	Grip strength mean (SD)	SMI mean (SD)	Grip strength mean (SD)
Male	2016	1013	7.7(1.0)	37.5(5.7)	7.4(0.8)	33.0(5.8)
	2017	666	7.8(1.0)	37.0(5.7)	7.3(0.8)	33.0(5.5)
	2018	447	7.6(0.9)	37.1(5.9)	7.3(0.9)	32.8(5.0)
	2019	498	7.7(1.0)	37.2(5.6)	7.3(0.9)	33.3(5.2)
Female	2016	1513	6.3(0.7)	23.9(3.7)	6.1(0.8)	21.0(3.7)
	2017	1030	6.3(0.7)	24.5(3.9)	6.0(0.7)	21.3(3.9)
	2018	660	6.2(0.7)	24.1(3.8)	6.0(0.8)	21.5(4.0)
	2019	762	6.3(0.7)	23.9(3.7)	6.0(0.7)	21.4(3.8)

SMI; skeletal muscle mass index.

D. 近隣環境要因と SMI 値、握力の関係

男性において、年度（時間）のみを投入した成長モデルでは SMI 値、最大握力値ともに 1 年ごとに有意に減少する傾向がみられた（表 4）。近隣環境要因および潜在的交絡因子を含めたモデルでは、SMI 値がベースラインから 3 年間で平均し

てバス停密度が高い地域で有意に低いこと、握力が平均傾斜角度の高い地域で有意に高いことが示された。しかし、SMI 値、握力いずれの経年変化に有意な影響を与える近隣環境要因は確認されなかった（Year*Land slope 以下太字項目）。女性においては、男性と同様に、年度のみを投入した成

表 4. 近隣環境要因と SMI、最大握力値の変化との関連：男性
Table 4. Association between neighbourhood environment and change of SMI, grip strength for men.

Fixed effect	SMI		Grip strength	
	Model 1 β (95%CI)	Model 2 β (95%CI)	Model 1 β (95%CI)	Model 2 β (95%CI)
Year	-0.05(-0.06, -0.04)	-0.04(-0.08, 0.003)	-0.41(-0.49, -0.32)	-0.37(-0.64, -0.11)
Land slope*		0.0004(-0.17, 0.17)		1.17(0.16, 2.19)
Bus stop density*		-0.20(-0.36, -0.05)		-0.16(-1.10, 0.78)
Intersection density*		0.12(-0.06, 0.30)		-0.08(-1.18, 1.03)
Residential density*		-0.01(-0.19, 0.16)		0.67(-0.41, 1.74)
Age(\leq 76 vs 60-75)		-0.14(-0.25, -0.04)		-1.90(-2.55, -1.26)
City(Oki vs Unnan)		0.19(0.01, 0.37)		2.28(1.20, 3.37)
City(Ohnan vs Unnan)		0.25(0.10, 0.39)		1.02(0.13, 1.91)
Smoke(No vs Yes)		0.07(-0.05, 0.18)		0.27(-0.44, 0.98)
Drink(Occasionally vs Yes)		-0.06(-0.13, 0.01)		-0.74(-1.19, -0.28)
Drink(No vs Yes)		-0.04(-0.13, 0.04)		-1.24(-1.77, -0.72)
Physical activity(No vs Yes)		0.002(-0.04, 0.05)		-0.09(-0.39, 0.20)
CVD(No vs Yes)		-0.05(-0.15, 0.06)		0.13(-0.52, 0.78)
Stroke(No vs Yes)		-0.07(-0.21, 0.07)		0.56(-0.31, 1.43)
Year* Land slope		-0.001(-0.04, 0.04)		0.10(-0.15, 0.35)
Year* Bus stop density		0.02(-0.02, 0.06)		-0.13(-0.36, 0.11)
Year* Intersection density		-0.01(-0.05, 0.04)		0.27(-0.001, 0.55)
Year* Residential density		-0.01(-0.06, 0.03)		-0.02(-0.29, 0.24)
Log Likelihood	-2141.77	-1922.03	-6833.32	-5766.59
Akaike Inf. Crit.	4295.54	3890.06	13678.64	11579.17

Bolded $P < 0.05$. *All parameters for environmental variables is High vs Low(ref). SMI; skeletal muscle mass index. CVD; cardiovascular disease. Model 1: Unconditional time only growth model. Model 2: Conditional growth model by environmental variables adjusting for all potential confounding variables.

長モデルで SMI 値、最大握力値ともに 1 年ごとに有意に減少する傾向がみられた (表 5)。SMI 値に有意に影響を及ぼす近隣環境要因は確認されなかった。握力については、ベースラインから 3 年間で平均してバス停密度が高い地域で有意に低いことが示された。更に握力の経年変化に対して、世帯密度の高い地域は低い地域と比べ 1 年当たりの減少が緩やかであることが示された。

考 察

本研究は、中山間地域在住高齢者のサルコペニアのリスクに対する客観的に評価した近隣環境要因の影響を検証した。本研究の結果から、中山間地域に在住する高齢者の筋肉量、握力の実測値の 3 年間の経年的変化に対する近隣環境要因の影響は限定的である可能性が示された。その理由として本研究の対象者においては、サルコペニア (筋

量・筋力の低下) の発生数が少なかったことから、追跡期間が短かったことが考えられる。高齢者の身体機能が低下しサルコペニアのリスクが高まるのは、長期間を要することが報告されている⁷⁾。本研究の対象者は、自主的に集団健診に参加する対象者のため、重大な疾患に罹患したり、運動機能が低下した場合は受診を見送り追跡が困難になる場合も考えられる。以上より、近隣環境要因が及ぼす筋量・筋力の変化およびサルコペニア発症への影響を検証するためには、より長期の追跡を地域全体の大規模サンプルにより行うことに加え、死亡・入院・要介護などのイベントを考慮した解析が必要である。一方で、世帯密度の高い地域の高齢女性は世帯密度が低い地域と比べ、握力の経年的減少が緩やかであることが示された。高い世帯密度は高齢者の身体活動の促進や、メンタルヘルスの向上に寄与すると先行研究でも報告があり、

表 5. 近隣環境要因と SMI、最大握力値の変化との関連：女性

Table 5. Association between neighbourhood environment and change of SMI, grip strength for female.

Fixed effect	SMI		Grip strength	
	Model 1 β (95%CI)	Model 2 β (95%CI)	Model 1 β (95%CI)	Model 2 β (95%CI)
Year	-0.03 (-0.03, -0.02)	-0.04 (-0.06, -0.01)	-0.21 (-0.26, -0.16)	-0.14(-0.29, 0.001)
Land slope*		-0.05(-0.16, 0.05)		-0.24(-0.79, 0.32)
Bus stop density*		-0.07(-0.18, 0.03)		-0.70 (-1.25, -0.14)
Intersection density*		-0.03(-0.15, 0.09)		-0.17(-0.80, 0.46)
Residential density*		0.01(-0.10, 0.13)		0.15(-0.45, 0.76)
Age (<=76 vs 60-75)		-0.07(-0.15, 0.001)		-1.07 (-1.46, -0.69)
City (Oki vs Unnan)		0.15 (0.05, 0.26)		0.60 (0.04, 1.16)
City (Ohnan vs Unnan)		0.17 (0.08, 0.26)		0.31(-0.19, 0.81)
Smoke (No vs Yes)		-0.001(-0.24, 0.24)		-0.51(-1.74, 0.72)
Drink (Occasionally vs Yes)		0.03(-0.06, 0.12)		-0.14(-0.61, 0.33)
Drink (No vs Yes)		0.05(-0.04, 0.14)		-0.30(-0.79, 0.18)
Physical activity (No vs Yes)		0.03 (0.0003, 0.07)		-0.12(-0.30, 0.05)
CVD (No vs Yes)		0.02(-0.08, 0.13)		0.42(-0.11, 0.95)
Stroke (No vs Yes)		-0.09(-0.24, 0.06)		0.75(-0.04, 1.55)
Year*Land slope		0.01(-0.02, 0.04)		-0.05(-0.18, 0.09)
Year*Bus stop density		0.02(-0.01, 0.05)		0.01(-0.13, 0.15)
Year*Intersection density		0.01(-0.03, 0.04)		-0.12(-0.28, 0.04)
Year*Residential density		-0.003(-0.03, 0.03)		0.18 (0.02, 0.33)
Log Likelihood	-2750.51	-2308.44	-9140.61	-7307.12
Akaike Inf. Crit.	5513.01	4662.87	18293.23	14660.24

Bolded $P < 0.05$. *All parameters for environmental variables is High vs Low(ref). SMI; skeletal muscle mass index. CVD; cardiovascular disease. Model 1: Unconditional time only growth model. Model 2: Conditional growth model by environmental variables adjusting for all potential confounding variables.

本研究の結果と一致する²⁾。ただし本研究の結果のみからその関連性のメカニズムは説明することはできず、政策介入につながるエビデンスとしては不足している。更に、地域の世帯密度を変革することは難しいことを考慮すると、今後の検証では出店場所・数などの環境に変化のある商業施設等に注目する必要がある。特に本研究では高齢者の筋肉量や筋力の決定因子として重要な食事に関する環境は含まれていなかったため、スーパーやコンビニなどの食環境についても今後検証していく必要がある。

総 括

中山間地域の近隣環境要因は、いずれも高齢者のサルコペニアのリスクに対する影響は限定的であったことが示された。今後はより長期にわたり、比較的可変可能な環境要因の影響を考慮したうえ

で検証していく必要がある。

謝 辞

本研究に多大な時間と労力を割いてくださった住民の皆様、過去 10 年以上にわたり当センターと共同で調査を実施して下さった市町自治体の関係者の皆様、調査の実施およびデータの整理にご尽力いただいた当センター関係者の皆様に深く感謝申し上げます。最後に、本研究を助成していただいた公益財団法人明治安田厚生事業団に心より御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Balfour JL, et al. (2002): Neighborhood environment and loss of physical function in older adults: evidence from the Alameda County Study. *Am J Epidemiol*, **155**(6), 507-515.
- 2) Barnett DW, et al. (2017): Built environmental correlates of older adults' total physical activity and walking: a systematic review and meta-analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act*, **14**(1), 103.

- 3) Chen LK, et al. (2014): Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*, **15**(2), 95-101.
- 4) Cruz-Jentoft AJ, et al. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*, **39**(4), 412-423.
- 5) Cruz-Jentoft AJ, et al. (2019): Sarcopenia. *Lancet*, **393** (10191): 2636-2646.
- 6) Gale CR, et al. (2007): Grip strength, body composition, and mortality. *Int J Epidemiol*, **36**(1), 228-235.
- 7) Granic A, et al. (2016): Grip strength decline and its determinants in the very old: longitudinal findings from the Newcastle 85+ Study. *PLoS ONE*, **11**(9), e0163183.
- 8) Hanibuchi T, et al. (2011): Neighborhood built environment and physical activity of Japanese older adults: results from the Aichi Gerontological Evaluation Study (AGES). *BMC Public Health*, **11**(1), 657.
- 9) Loh VHY, et al. (2018): Neighborhood disadvantage and physical function: the contributions of neighborhood-level perceptions of safety from crime and walking for recreation. *J Phys Act Health*, **15**(8), 553-563.
- 10) Singer JD, et al. (2003): *Applied longitudinal data analysis: modeling change and event occurrence*. Oxford University Press, New York.