

筋肉量の生活機能に与える影響

研究分担者 大淵 修一 東京都健康長寿医療センター研究所 在宅療養支援

研究協力者 河合 恒 東京都健康長寿医療センター研究所

研究趣旨

本分担研究は地域在住高齢者から施設入所の高齢者を横断的に調査し、筋肉量、握力、歩行速度の生活機能低下へ与える影響を明らかにすることを目的とした。

東京都板橋区の地域在住高齢者 791 名、秋田県横手市の介護保険サービス利用者 399 名の調査対象者の内、筋肉量、握力、歩行速度、体格指数が全て測定できたもの 861 名を分析対象とした。分析対象者は、男性 351 名、女性 510 名、平均年齢 74.7 ± 6.79 歳（男性 74.2 ± 6.72 歳、女性 75.1 ± 6.81 歳）であった。

多重ロジスティック回帰分析の結果、筋肉量の要介護認定の有無に関する独立した寄与は認められなかった ($p > 0.10$)。要介護認定の有無に独立して寄与した因子は通常歩行速度、握力でこの 2 因子に年齢を投入したモデルにおいて、要介護認定の判別は感度が 81.3%、特異度が 97.0%であった。また、共分散構造分析では、体格指数が筋肉量に影響を与え、それが握力に影響を与え、さらに握力が歩行速度に影響を与え、最終的に要介護認定に至るパスウェイが明らかとなった。このモデルの寄与率は 0.63 で良好な説明率と考えられた。

本分析の結果、筋肉量は、要介護認定の有無に代表される生活機能低下に直接影響しないと考えられた。また、筋肉量は握力に影響を与え、その握力が歩行速度に影響を与え、最終的に要介護認定の有無につながっていくと考えられた。すなわち、histological な変化が先行し、次いで physiological な変化、これが functional な変化を経由して生活機能低下へつながっていくと考えられた。

本分担研究により、筋肉量は生活機能低下に直接影響しないが、physiological な変化に影響を与え、functional な変化を経て生活機能に影響すると結論づけられた。

A. 研究目的

高齢化の進展に伴い、加齢による生活機能低下の解決が課題となっている。要介護の原因を見ると、転倒・骨折、関節疾患、高齢による衰弱と運動器の加齢が生活機能を低下させる原因として大きいことが分かる。運動器の老化を防ぐことが我が国の今後の国家的な課題と言える。

このような事から近年、サルコペニアに関わる研究が集中的に行われている。サルコペニアは元来、特異的な筋肉量の減少を引き起こす疾患の治療目的で筋肉量の減少を問題にしていたが、加齢に伴う生活機能低下への関心の広がりとともに虚弱高齢者の運動器の老化予防目的での問題へと概念が外挿されている。これに伴い従来の筋肉量に加えて、ダイナペニア、すなわち力量の減少、さらには運動機能の低下なども融合されてきている。European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) は筋肉量に加えて、筋力、さらには身体能力を統合した概念としてサルコペニアを定義し、筋肉量の他に握力、歩行速度等をその診断基準に加えている。このことは我が国を含むアジア諸国でも同じで Asian Working Group on Sarcopenia in Older People の議論においても同様の概念を採用し、カットオフポイントの設定基準が中心的な議論となっている。この意味では近年ではサルコペニアは frailty とほぼ同義語として使われるようになってきた。

確かに筋肉量と言った組織学的な (histological) 変化と力といった生理学的

な (physiological) 変化、さらに複雑なシステムとしての歩行機能といった機能的な (functional) 変化が必ずしも独立して変化するものではないが、もしこの概念が身体の虚弱に対して適用されるのであれば、それぞれの変化が虚弱のメインアウトカムである生活機能低下に対して、どれくらいの独立した影響を持つのかを議論する必要があるのではないか。さもないとメカニズムをベースにしてタンパク質を同化させる介入がすなわち虚弱を防ぐといった誤った解釈が生じてしまう。組織学的な変化が起こり -> 生理学的な変化が起こり -> 最終的に機能的な変化に至るというパスウェイが証明されない限り、筋肉量の変化を拡大解釈してしまう危険がある。

この様なパスウェイを証明して行くには、長期にわたる縦断研究や横断研究であっても健常者から心身の虚弱のリスクが高い者、要支援者、要介護者といった、パスウェイの構成要素を全て包含した調査が必要になる。しかし、これまでの研究では、研究者にとってのアクセス可能な対象の制約からか、研究毎に地域在住高齢者に限られていたり「施設入居者に限られていたり」でパスウェイの構成要素を全て含む調査は少ない。にもかかわらず、すなわち分断されたコホートの関連性が吟味されずに要介護状態へ至る統一概念としてサルコペニアが取り入れられようとしていることは問題である。

そこで本研究では、地域在住高齢者から

施設入所の高齢者までを横断的に 1) 筋肉量、2) 握力、3) 歩行速度を可能な限り統一して測定し、こうしたものが年齢や性の要素を調整したときに、要介護認定の有無に代表される生活機能の低下によってどれくらいの差となるのかを分析することにした。また、要介護認定の有無を従属変数に、握力、歩行速度、筋肉量指標の四肢 SMI を独立変数、性、年齢、体格指標 (BMI) を調整変数にした二項ロジスティック回帰分析を行い、どの独立変数の寄与影響がより強いのかを明らかにする。

B. 研究方法

1) 対象

T 都 I 区在住の高齢者 791 名、A 県 Y 市旧 O 町在住の介護保険サービス利用者 (介護老人保健施設、介護老人福祉施設、グループホームに居住) 399 名のうち、BMI、四肢 SMI、握力、歩行速度の測定が全て行えた 861 名 (男性 351 名、女性 510 名) を分析の対象とした。分析対象者の平均年齢は 74.7 ± 6.79 歳 (男性 74.2 ± 6.72 歳、女性 75.1 ± 6.81 歳) であった (表 1)。

表 1 分析対象者の平均年齢

	平均値	標準偏差	N
男性	74.2	6.72	351
女性	75.1	6.81	510
合計	74.7	6.79	861

2) 測定方法

四肢 SMI の測定には、地域在住高齢者で

は Inbody720 (Biospace 社、韓国) 介護保険サービス利用者では InbodyS10 (Biospace 社、韓国) を使用した。歩行速度は地域在住高齢者では 16m の歩行路の中間 10m にかかった時間によって求め、介護保険サービス利用者では 11m の歩行路の中間 5m にかかった時間によって求めた。握力は、立位がとれるものでは立位で、座位がとれるものは座位で、臥位しかとれないものは臥位で測定した。肘関節伸展位で実施中は最大の力を発揮できるよう声をかけた。

3) 統計解析

性差、要介護認定による差を比較するため対応のない t 検定を行った。さらに、要介護認定の有無を従属変数に、四肢 SMI 五分位、握力五分位、通常歩行速度五分位を独立変数に、BMI 五分位、5 歳刻み年齢、性を調整変数とした尤度比を用いた変数減少法による二項ロジスティック解析を行った。変数除去の基準は 0.10 とした。また、共分散構造分析も行った。

C. 結果

年齢と四肢 SMI の分布 (要介護認定を勘案して)

全てのコホートを統合して年齢を横軸、四肢 SMI を縦軸とした散布図を描くと地域在住高齢者、施設利用者ともに加齢により連続的に低下してくることが分かった (図 1)。

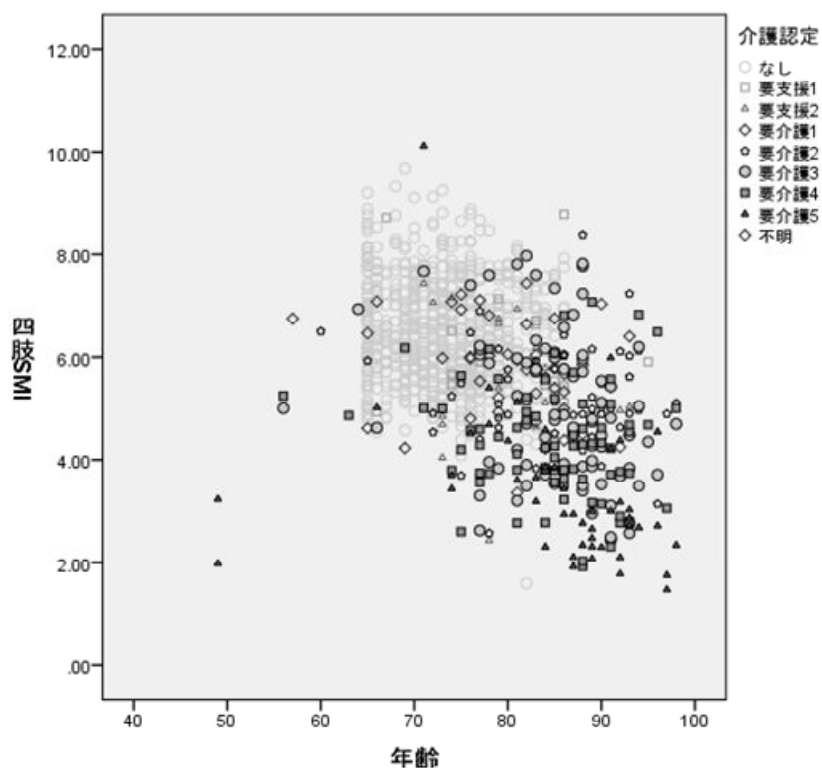


図1 年齢と四肢 SMI の関係（要介護認定別）

四肢 SMI の性による差

四肢 SMI は全年齢を合計した平均で
 1.72kg/m² の性差があることが分かった
 （表 2、図 2、 $p < 0.001$ ）

表 2 性・年齢区分別四肢 SMI の平均値と標準偏差

		5歳刻み年齢								
		65歳未満	65-69歳	70-74歳	75-79歳	80-84歳	85-89歳	90-95歳	95歳以上	全体
男性	平均値	6.73	7.45	7.29	7.06	6.77	6.41	5.53	5.11	7.04
	標準偏差	0.22	0.85	0.89	0.81	0.87	1.24	0.79	0.87	0.99
	有効な N	3	93	106	90	68	32	10	6	408
女性	平均値	3.95	5.94	5.89	5.54	5.02	4.47	4.25	3.32	5.32
	標準偏差	1.30	0.67	0.69	0.98	1.05	1.26	1.59	1.33	1.20
	有効な N	6	123	149	158	89	88	60	10	683
平均値の差		2.78	1.50	1.40	1.52	1.75	1.95	1.28	1.79	1.72

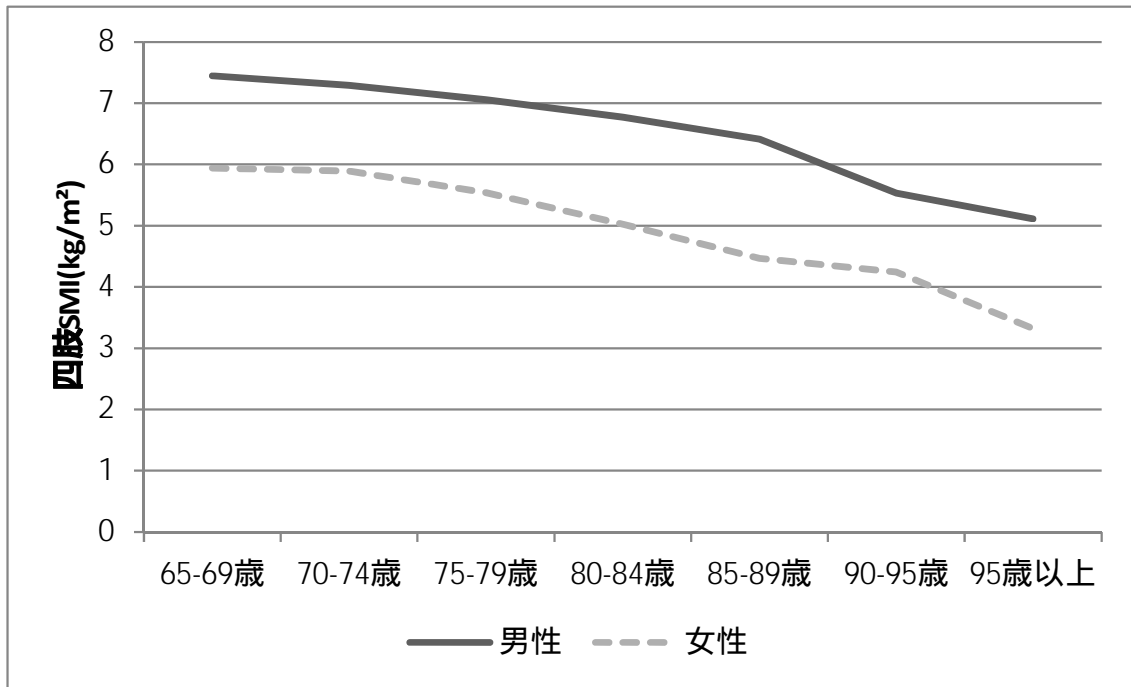


図 2 四肢 SMI の年齢による変化

四肢 SMI の要介護認定による差

四肢 SMI の要介護認定による差は男性で平均 1.22kg/m²、女性で平均 1.47kg/m²で、どちらも統計学的に有意な差であった (表 3、 $p < 0.01$)。

表 3 性・年齢区分別要介護認定有無における四肢 SMI の平均値と標準偏差

		5歳刻み年齢									
		65歳未満	65-69歳	70-74歳	75-79歳	80-84歳	85-89歳	90-95歳	95歳以上	合計	
なし	男性	平均値	7.49	7.37	7.17	6.97	6.95			7.28	
		標準偏差	0.80	0.71	0.72	0.63	0.85			0.75	
		有効な N	88	97	77	50	11			323	
	女性	平均値	5.99	5.96	5.81	5.50	5.68			5.88	
		標準偏差	0.63	0.59	0.71	0.89	0.48			0.68	
		有効な N	118	136	116	39	7			416	
あり	男性	平均値	6.73	6.69	6.50	6.20	6.05	6.13	5.53	5.11	6.06
		標準偏差	0.22	1.36	2.13	1.13	1.23	1.39	0.79	0.87	1.30
		有効な N	3	5	7	10	15	19	10	6	75
	女性	平均値	4.07	5.03	5.06	4.78	4.62	4.35	4.12	3.32	4.41
		標準偏差	1.41	0.62	1.17	1.26	1.02	1.27	1.26	1.33	1.25
		有効な N	5	4	12	38	49	79	59	10	256
平均値の差			0.80	0.86	0.97	0.92	0.82			1.22	
女性			0.96	0.90	1.02	0.88	1.34			1.47	

年齢と握力の関係（要介護認定を勘案して）

全てのコホートを統合して年齢を横軸、握力を縦軸とした散布図を描くと、地域在住高齢者、施設利用者ともに加齢により連続的に低下してくることが明らかとなった（図3）

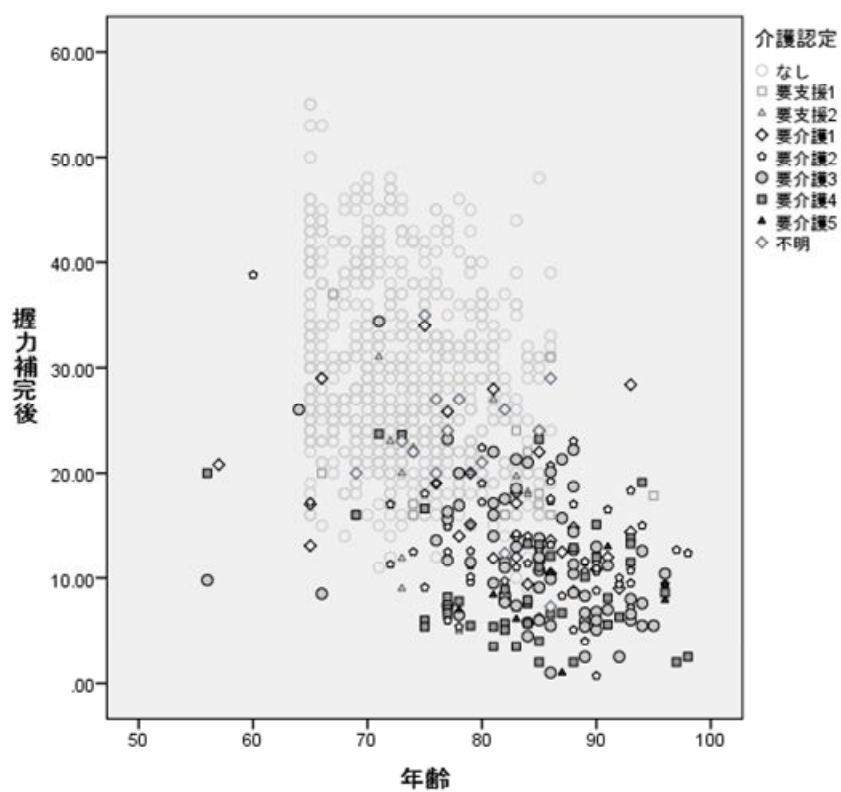


図3 年齢と握力の関係（要介護認定別）

握力の性による差

握力は全年齢を合計した平均で 13.66kg
 の性差があることが明らかとなった(表4、
 図4、 $p < 0.001$)。

表4 性・年齢区分別握力の平均値と標準偏差

		5歳刻み年齢							全体	
		65歳未満	65-69歳	70-74歳	75-79歳	80-84歳	85-89歳	90-95歳	95歳以上	
男性	平均値	28.53	37.60	34.48	30.80	26.43	20.28	13.58	6.63	30.96
	標準偏差	9.26	9.06	9.45	10.00	9.84	11.63	7.68	6.63	11.57
	有効なN	3	93	106	90	68	32	10	6	408
女性	平均値	4.97	24.12	22.95	19.15	14.68	7.87	5.27	5.88	17.30
	標準偏差	8.34	6.44	6.30	7.75	7.58	7.40	5.21	5.42	9.59
	有効なN	6	123	149	158	89	88	60	10	683
平均値の差		23.57	13.48	11.53	11.65	11.75	12.40	8.31	0.75	13.66

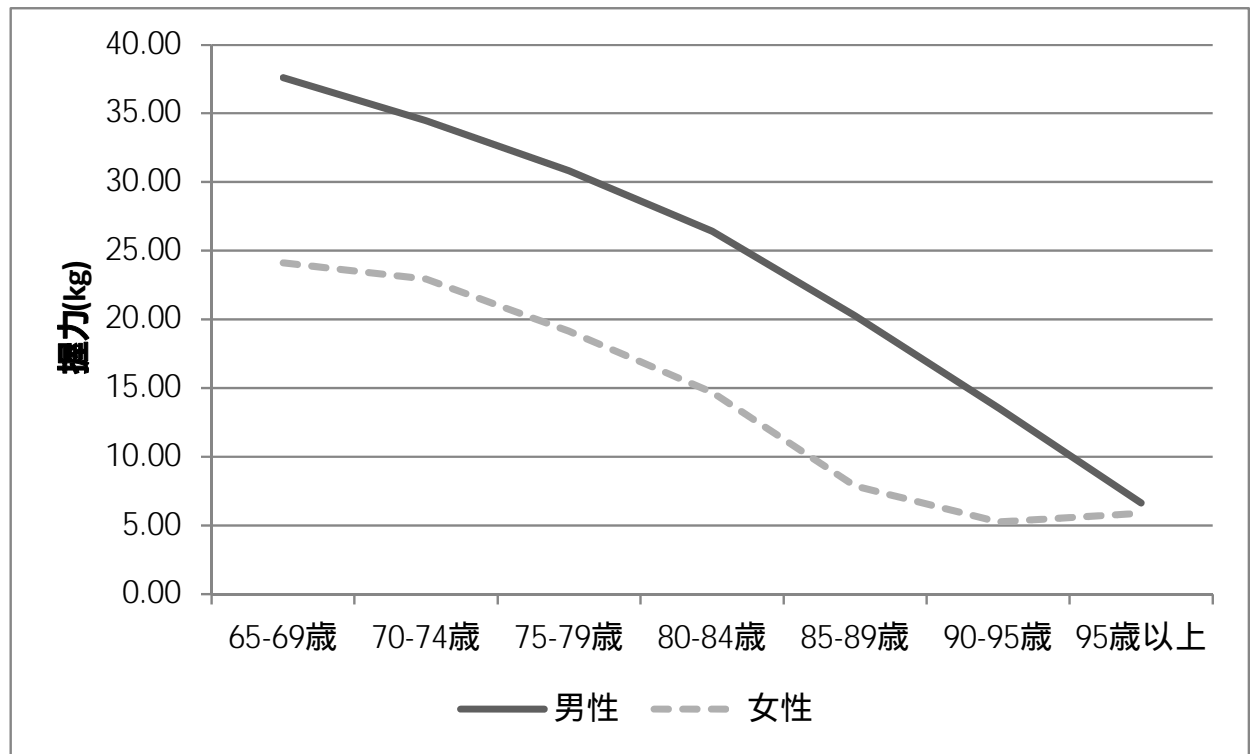


図4 握力の年齢による変化

握力の要介護認定による差

握力の要介護認定による差は男性で平均20.45kg、女性で平均14.87kgであり、どちらも有意な差を認めた(表5、 $p < 0.001$)。

表5 性・年齢区分別要介護認定有無における握力の平均値と標準

		5歳刻み年齢							合計		
		65歳未満	65-69歳	70-74歳	75-79歳	80-84歳	85-89歳	90-95歳		95歳以上	
なし	男性	平均値		38.66	35.88	33.09	30.94	29.82		35.00	
		標準偏差		7.50	7.89	7.53	5.28	11.65		7.99	
		有効な N		88	97	77	50	11		323	
	女性	平均値		24.44	23.76	21.97	19.85	18.57		23.00	
		標準偏差		6.32	5.50	6.05	4.31	2.94		5.95	
		有効な N		118	136	116	39	7		416	
あり	男性	平均値	28.53	19.02	18.53	13.84	12.84	14.44	13.58	6.63	14.55
		標準偏差	9.26	14.39	13.84	11.72	8.82	8.05	7.68	6.63	10.15
		有効な N	3	5	7	10	15	19	10	6	75
	女性	平均値	5.96	15.68	13.76	10.84	10.43	6.66	5.36	5.88	8.13
		標準偏差	8.92	4.98	7.95	5.78	7.04	6.55	5.21	5.42	6.78
		有効な N	5	4	12	38	49	79	59	10	256
平均値の差			19.64	17.35	19.25	18.10	15.38			20.45	
			8.77	10.00	11.13	9.41	11.91			14.87	

年齢と通常歩行速度の関係(要介護認定を勘案して)

全てのコホートを統合して年齢を横軸、通常歩行速度を縦軸とした散布図を描くと、地域在住高齢者と比較して施設利用者において歩行速度が低下してくることが明らかとなった(図5)。

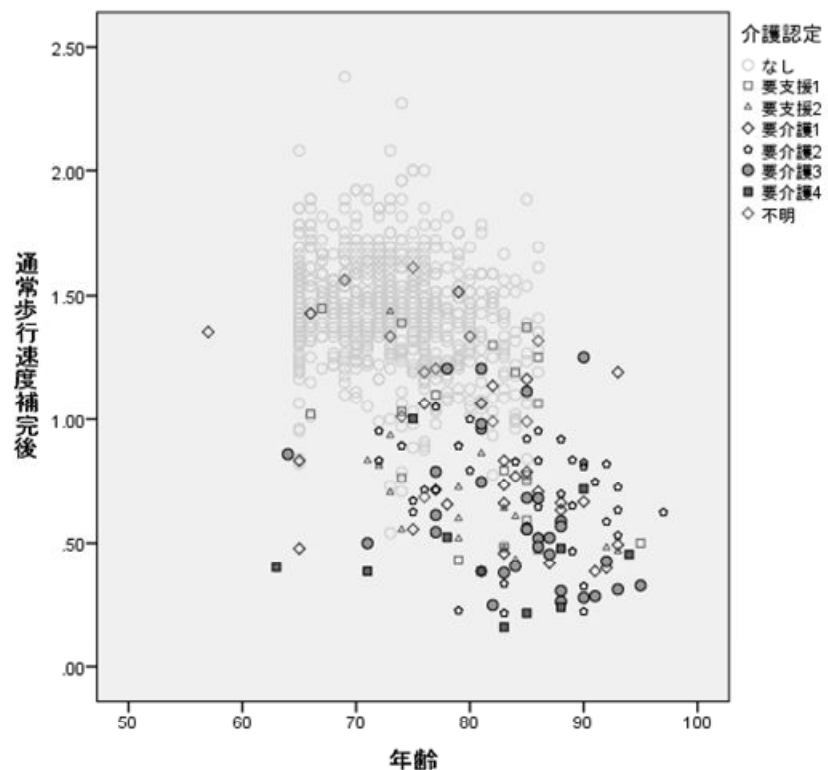


図5 年齢と通常歩行速度の関係(要介護認定別)

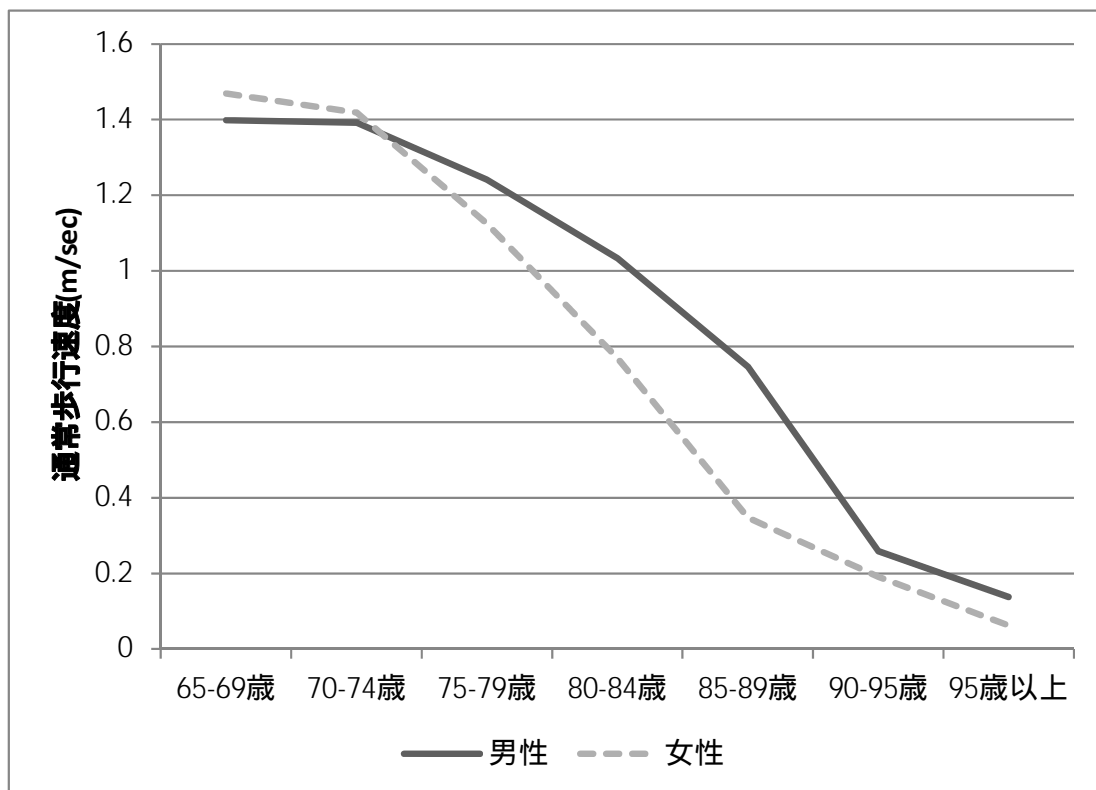
通常歩行速度の性による差

通常歩行速度は全年齢を合算した平均で
0.20m/秒の有意な差があることが明らかと
なった（表6、図6、 $p < 0.001$ ）。

表6 性・年齢区分別通常歩行速度の平均値と標準偏差

		5歳刻み年齢								
		65歳未満	65-69歳	70-74歳	75-79歳	80-84歳	85-89歳	90-95歳	95歳以上	全体
男性	平均値	0.74	1.40	1.39	1.24	1.03	0.75	0.26	0.14	1.20
	標準偏差	0.68	0.34	0.37	0.46	0.55	0.60	0.30	0.22	0.52
	有効な N	3	93	106	90	68	32	10	6	408
女性	平均値	0.07	1.47	1.42	1.12	0.77	0.35	0.19	0.06	1.00
	標準偏差	0.16	0.29	0.30	0.54	0.58	0.46	0.32	0.20	0.64
	有効な N	6	123	149	158	89	88	60	10	683
平均値の差		0.67	-0.07	-0.03	0.12	0.26	0.40	0.07	0.08	0.20

図6 通常歩行速度の年齢による変化



通常歩行速度の要介護認定による差

握力の要介護認定による差は男性で平均1.07m/秒、女性で平均1.14m/秒であり、どちらも統計学的に有意な差が認められた(表7、 $p < 0.001$)。

図6 通常歩行速度の年齢による変化

		5歳刻み年齢							合計		
		65歳未満	65-69歳	70-74歳	75-79歳	80-84歳	85-89歳	90-95歳		95歳以上	
なし	男性	平均値		1.44	1.47	1.38	1.28	1.40		1.41	
		標準偏差		0.26	0.24	0.26	0.34	0.23		0.28	
		有効な N		88	97	77	50	11		323	
	女性	平均値		1.51	1.47	1.38	1.28	1.25		1.43	
		標準偏差		0.20	0.21	0.27	0.24	0.25		0.24	
		有効な N		118	136	116	39	7		416	
あり	男性	平均値	0.74	0.74	0.35	0.26	0.28	0.34	0.26	0.14	0.33
		標準偏差	0.68	0.72	0.36	0.34	0.38	0.39	0.30	0.22	0.41
		有効な N	3	5	7	10	15	19	10	6	75
	女性	平均値	0.08	0.37	0.80	0.39	0.35	0.26	0.19	0.06	0.30
		標準偏差	0.18	0.49	0.45	0.45	0.42	0.37	0.33	0.20	0.40
		有効な N	5	4	12	38	49	79	59	10	256
平均値の差	男性		0.69	1.11	1.12	0.99	1.06			1.07	
	女性		1.13	0.68	0.99	0.93	0.99			1.14	

1) ロジスティック解析の結果

要介護認定の独立した因子として握力五分位、通常歩行速度五分位が抽出された(表8)。四肢 SMI 五分位は抽出されなかった。このモデルの Cox-Snell R^2 値、Nagelkerke R^2 値はそれぞれ 0.445、0.75 で、感度が 81.3%、特異度が 97.0% で、全体の正答率が 94.4% であった。

表8 ロジスティック解析の結果

	B	標準誤差	Wald	df	有意確率	Exp(B)	EXP(B) の 95% 信頼区間	
握力五分位	-1.041	0.163	40.840	1	0.000	0.353	0.257	0.486
通常歩行速度五分位	-1.959	0.244	64.716	1	0.000	0.141	0.087	0.227
5歳刻み年齢	0.380	0.130	8.579	1	0.003	1.463	1.134	1.886
定数	3.388	0.892	14.427	1	0.000	29.610		

2) 共分散構造分析の結果

体格指数 (BMI)、四肢 SMI、握力、通常歩行速度が相互に相関し、それぞれが要介護度の有無を説明するモデルを作成したところ、要介護認定の有無に対するこのモデルの寄与率が 0.59 であった。BMI と四肢 SMI、四肢 SMI と握力、握力と通常歩行速度の間にそれぞれ、0.53、0.74、0.52 と中等度から高度の相関を認めたと、それぞ

れの因子を隔てた相関は 0.31 未満と小さかった。要介護認定の有無への相関は BMI、四肢 SMI、握力、通常歩行速度がそれぞれ -0.01、0.04、-0.23、-0.64 と通常歩行速度が高度の相関、握力で軽度の相関を認めたが、BMI、四肢 SMI は要介護認定の有無と相関を認めなかった (図 7)。

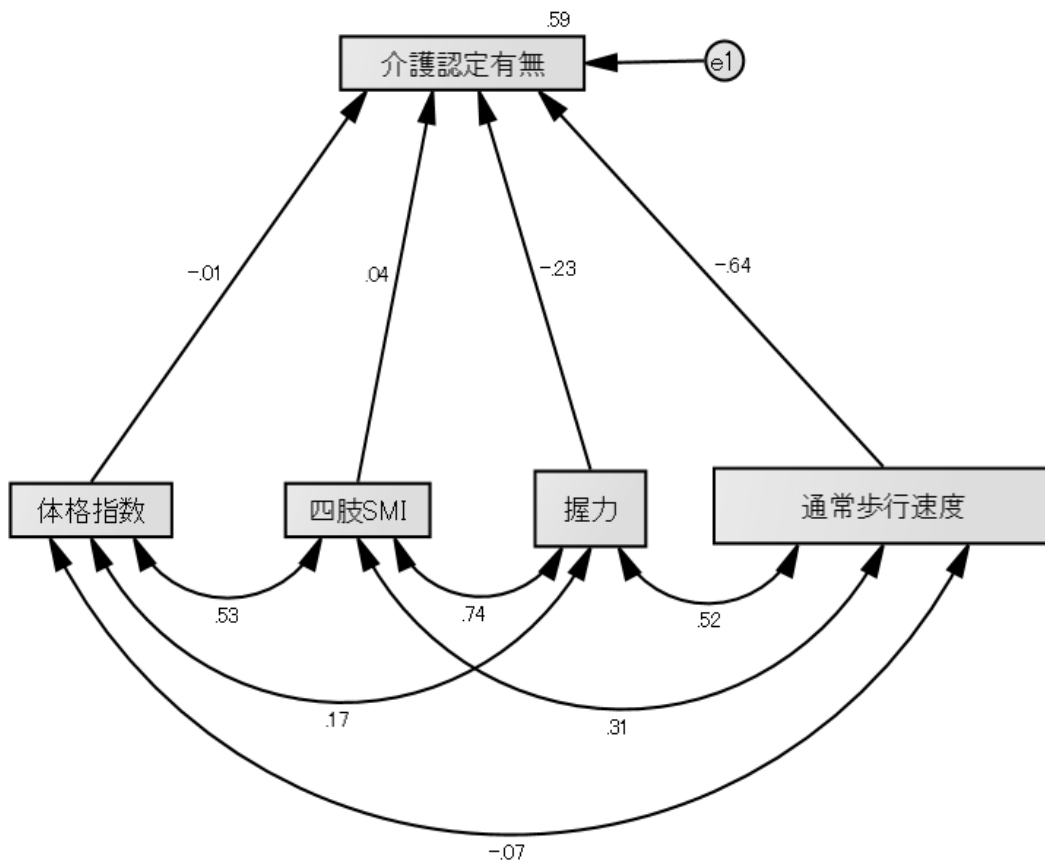


図 7 体格指数、四肢 SMI、握力、通常歩行速度が相互に相関するモデル

このような事から、直線的な因果モデルを作成したところ、寄与率 0.56 で先のモデルと同等の寄与率のモデルが作成できた（図 8）。

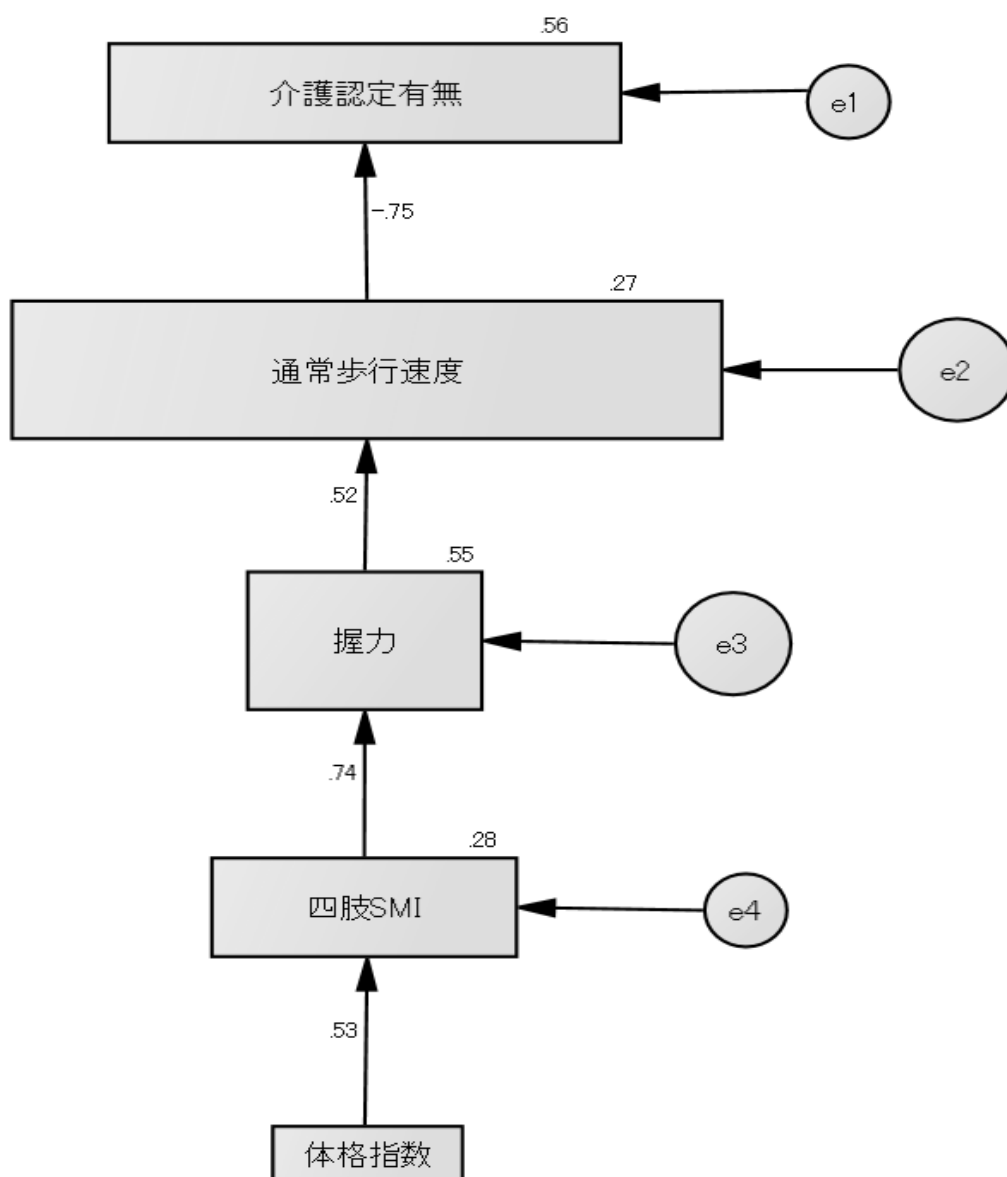


図 8 体格指数、四肢 SMI、握力、通常歩行速度の直線的な因果モデル

D. 考察

この研究では、元気高齢者、虚弱高齢者、要介護高齢者の全ての生活機能障害フェーズをもつ対象で筋肉量、力、運動機能を測定し、生活機能に対して筋肉量、力、運動機能がどの程度関与するのかを明らかにすることを目的として実施した。

四肢 SMI は要介護認定のあるなしで男性で 1.22 kg/m²、女性で 1.47 kg/m² でそれぞれ要介護認定のない対象群の標準偏差の 1.6 倍、2.1 倍の差であった。同様に、握力は男性で 20.5kg、女性で 14.9kg の差でそれぞれ要介護認定のない対象群の標準偏差の 2.55 倍、2.50 倍の差であった。通常歩行速度は男性で 1.07m/秒、女性で 1.14m/秒の差で、それぞれ要介護認定のない対象群の標準偏差の 3.8 倍、2.8 倍の差であった。このように要介護認定には通常歩行速度の影響が最も強いことが分かった。

多重ロジスティック解析によって、 $p < 0.10$ を基準に因子を減少させたところ、独立した因子として抽出されたのは、通常歩行速度と握力であり、四肢 SMI は抽出されなかった。このことは筋肉量の低下がすなわち要介護認定に代表される生活機能障害に影響するわけではなく、通常歩行速度や握力の媒介因子として影響を与えているのではないかと考えられた。そこで共分散構造分析により因子の関係性をモデル化したところ、四肢 SMI が握力に影響し、握力が歩行速度に影響し、歩行速度が要介護認定の有無に寄与すると推定された。このモデルの寄与率は 53% であり、要介護認定の有

無に関与する様々な要因の 53% をこうしたモデルで説明できると考えられた。

これまでのサルコペニアと frailty の議論は、こうした因子の関係性を検証することなく、メカニズムを基盤としてサルコペニアにダイナペニア、さらには functional decline を統合した概念として虚弱を定義していた。今回も行ったが、疫学的な調査で虚弱を説明変数に、筋肉量、力、歩行速度を投入すると、筋肉量の寄与が低いことから、虚弱の要因に筋肉量の低下を含める根拠に欠けていたが、本分析によって histological な変化 \rightarrow physiological な変化 \rightarrow functional な変化そして生活機能の低下に至るパスが明らかになり、機能的な低下の前駆症状としてのサルコペニアの影響が明らかとなった。

本研究は横断調査であり、真の因果関係を明らかにするには長期的な縦断研究が必要になる。縦断研究によっても本研究の結果が裏付けられれば、サルコペニアに端を発する生活機能障害発生メカニズムが明らかになると考えられる。

E. 結論

本研究により、筋肉量は生活機能低下に直接影響しないが、physiological な変化に影響を与え、functional な変化を経て生活機能に影響すると結論づけられた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1) 誌上発表

1. Shinya Ishii, Tomoki Tanaka, Koji Shibasaki, Yasuyoshi Ouchi, Takeshi Kikutani, Takashi Higashiguchi, Shuichi P. Obuchi, Kazuko Tanaka, Hiroshiko Hirano, Hisashi Kawai, Tesuo Tsuji, and Katsuya Iijima: Development of a simple screening test for sarcopenia in older adults, *Geriatrics and Gerontology International*, 2014 Feb;14 Suppl 1:93-101.
2. 大淵修一: 虚弱高齢者の運動指導 . 体育の科学 , 63(5) , 372-378 , 2013
3. Kojima N, Kim H, Saito K, Yoshida H, Yoshida Y, Hirano H, Obuchi S, Shimada H, Suzuki T: Association of knee-extension strength with instrumental activities of daily living in community-dwelling older adults. *Geriatr Gerontol Int* (in press)
4. 稲葉 康子, 大淵 修一, 新井 武志, 柴喜崇, 岡 浩一郎, 渡辺 修一郎, 木村 憲, 長澤 弘: 地域在住高齢者に対する運動介入が 1 年後の運動行動に与える影響 ランダム化比較試験. *日本老年医学会雑誌*. 50(6), 788-796, 2013.

2) 学会発表

1. 大淵修一: 歩行時の膝動揺性と JKOM 得点との関係. 第 48 回日本理学療法学術大会, 愛知, 2013.5.24-26

2. 新井武志, 大淵修一, 小島成実, 河合恒: 介護予防の 2 次予防事業参加者の身体機能と健康関連 QOL などの精神心理的評価との関連 .第 48 回日本理学療法学術大会, 愛知, 2013.5.24-26
3. 河合恒, 大淵修一, 光武誠吾, 吉田英世, 平野浩彦, 小島基永, 藤原佳典, 井原一成: 超音波画像による大腿前面筋エコー強度と運動器の機能低下リスクとの関係 .第 48 回日本理学療法学術大会, 愛知, 2013.5.24-26
4. 新井武志, 大淵修一, 小島成実, 河合恒: 運動器の機能向上プログラムが地域在住虚弱高齢者の精神心理面に及ぼす効果について. 第 72 回日本公衆衛生学会総会, 三重, 2013.10.23

H. 知的財産権の出願、登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし