

筋質を取り入れた 新しいサルコペニア診断・腎予後指標： 有効筋肉指数（EMI）の提案

鳥取大学医学部附属病院
腎臓内科、高次集中治療部
助教 前ゆかり

2025年12月9日

概要

- **慢性腎臓病 (CKD)患者**は増加しており、**約2000万人**と推計され、CKD=**成人の5人に1人**が罹患する国民病である
- CKDが進行すると末期腎不全に至り、透析療法が必要となる。国内の透析患者数は34万人を超える
- 特に高齢者におけるCKDの進展が著しく、**進行抑制戦略の確立が急務**
- CKD患者の**15%~40%**に**サルコペニア**がみられ、**CKD重症化**や**臨床転帰不良**と関連する
- **従来のサルコペニア診断**は骨格筋量・握力・歩行速度に基づくが、**筋力低下の原因となる筋質低下は評価できない**
- 生体インピーダンス法で測定される**Phase angle**は**筋質指標**として有用で、**筋肉量とは独立して身体機能・腎予後**と関連

- CKD患者の**身体機能改善・重症化予防介入**には、**筋肉量と筋質の両方**に着目することが重要

本研究では

- 筋肉量と筋質を統合した『**有効筋肉指数 (EMI)**』を開発した
- 従来のサルコペニア診断では得られない**筋質を含めた判定ができる**
- EMIにより、**サルコペニアの可能性判定**と**CKD患者の腎予後予測**を高精度に実施可能
- **簡便かつ短時間で測定可能**で、臨床や健康診断での活用が期待できる

慢性腎臓病 (CKD)

慢性腎臓病は、腎臓本来の働きが
徐々に悪くなっていく状態

原因

- 加齢
- 肥満
- 高血圧
- 糖尿病
- 脂質異常症
- 高尿酸血症
- 腎炎
- 多発性嚢胞腎
- 腎・泌尿器系癌
など

尿の異常がある

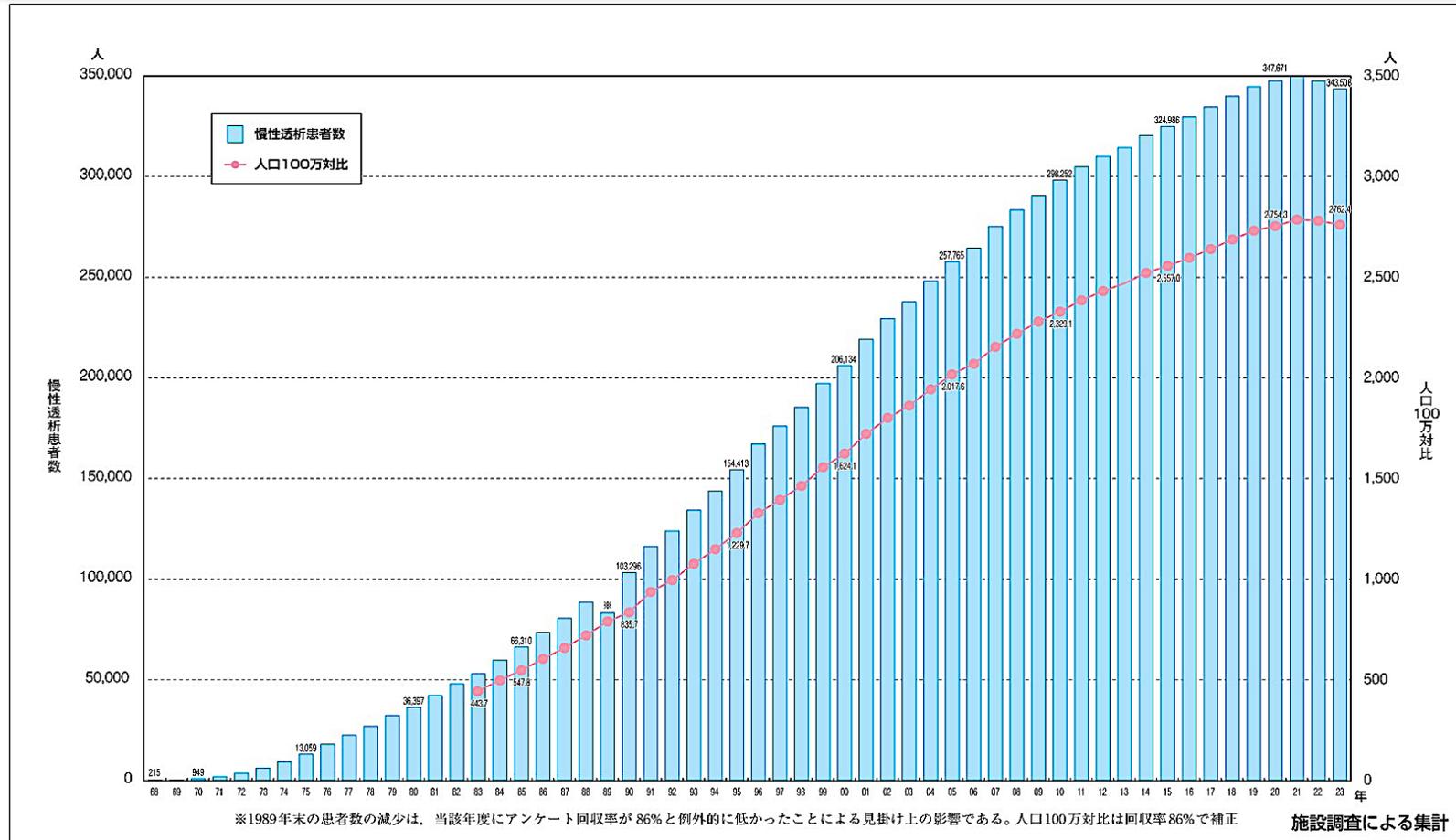
eGFR (腎機能の指標)
60未満

いずれか、または両方が3ヵ月以上続く状態なら、
慢性腎臓病 CKDと診断します



本邦のCKD患者数は**1330万人**(2012年)→**2000万人**(2024年)と推計され**増加**
成人の5人に1人が罹患する国民病、末期腎不全では**透析**が必要

背景：CKD患者数・医療費



一般社団法人日本透析医学会「わが国の慢性透析療法の現況（2023年12月31日現在）」

- ✓ 日本の透析患者数：34万人超
- ✓ 透析患者の年間医療費：約500万円／人
- ✓ 透析医療費総額：年間約1.65兆円
- ✓ 日本の国民医療費全体に占める割合：約3.7%

背景：CKDの行政対策

◆全体目標

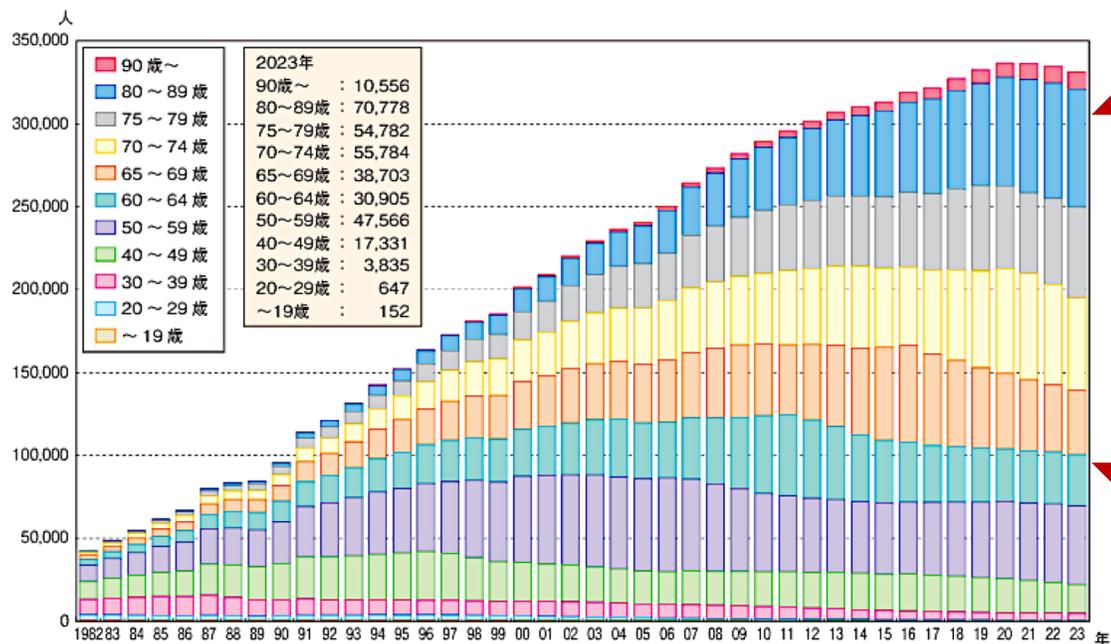
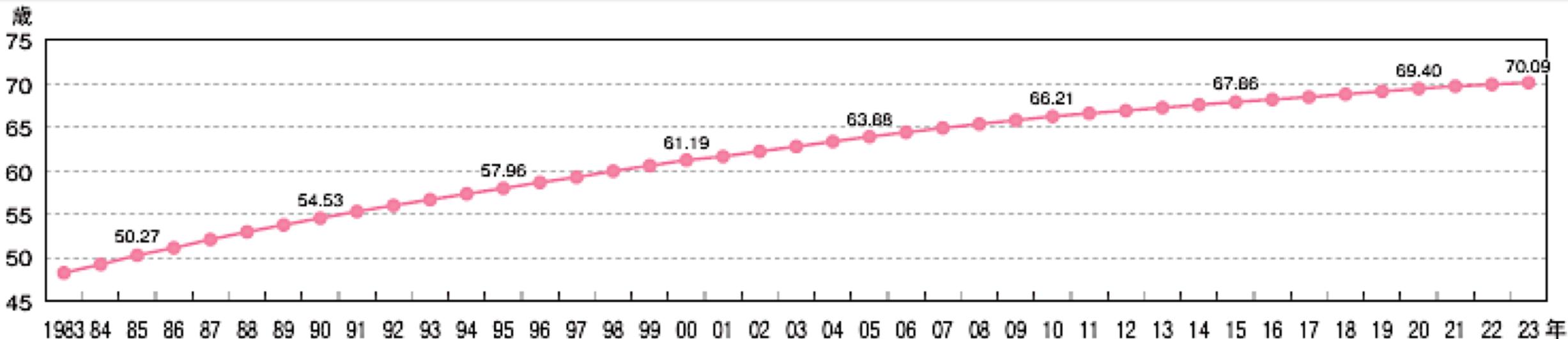
自覚症状の少ない慢性腎臓病（CKD）を早期に発見・診断し、適切な治療を迅速に開始・継続することで

CKD重症化予防を実現するとともに、CKD患者（透析患者及び腎移植患者を含む）の**QOLの維持向上**を目指す。

◆達成すべき成果目標

- ①地方公共団体は、他の行政機関、企業、学校、家庭等の多くの関係者と連携し、腎疾患の原因となる生活習慣病対策や、糖尿病性腎症重症化予防プログラムの活用等も含め、地域の実情に応じて、腎疾患対策を推進する。
- ②かかりつけ医、メディカルスタッフ、腎臓専門医療機関等が他職種で連携し、CKD患者が早期に適切な診療を受けられる体制を地域規模で整備する。
- ③ **2028年までに、年間新規導入透析患者数を、35,000人以下に減らす。**
(2016年の年間新規導入透析患者数は約39,000人)

背景：CKDは高齢者が多い



➤ 慢性透析患者の平均年齢は上昇している

➤ 慢性透析患者の2/3は65歳以上

背景：高齢CKD患者の管理

高齢CKD患者の特徴

- 加齢による腎機能低下
- **サルコペニア**/認知機能低下のリスク増大
- 多疾患併存状態 → 常用薬増加

高齢CKD患者での注意例

- **eGFRの解釈**
- **たんぱく質制限の緩和** など

筋肉量や**筋質**の低下に伴ってCr産生量が低下し見かけ上、腎機能（eGFR）が良くなり
過大評価される

Mae Y. NDT supplement. 2024.

CKD患者の治療方針決定に**サルコペニアの有無**が非常に重要

背景：サルコペニア患者でのCKD栄養療法

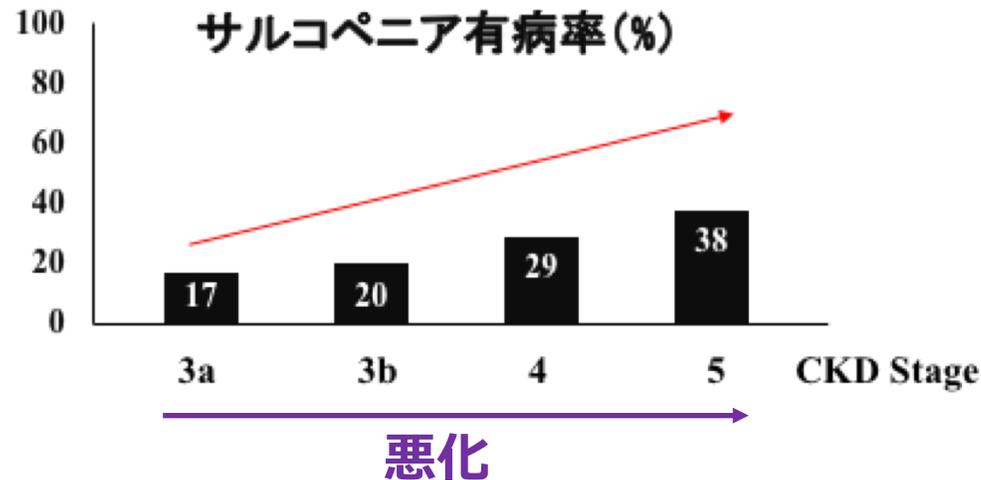
サルコペニア有病率	CKDステージ	たんぱく質 (g/kgBW/日)	サルコペニアを合併したCKDにおけるたんぱく質の考え方 (上限の目安)
	G1	過剰な摂取を避ける	過剰な摂取を避ける (1.5g/kgBW/日)
	G2		
17%	G3a	0.8 ~ 1.0	G3には、たんぱく質制限を緩和するCKDと、優先するCKDが混在する (緩和するCKD：1.3g/kgBW/日、優先するCKD：該当ステージ推奨量の上限)
20%	G3b	0.6 ~ 0.8	
29%	G4		
38%	G5		たんぱく質制限を優先するが病態により緩和する (緩和する場合：0.8g/kgBW/日)

➤サルコペニア合併患者ではたんぱく質制限緩和を考慮する

背景：CKDとサルコペニア

サルコペニア：進行性かつ全身性の骨格筋障害であり、
骨格筋量の加齢に伴う低下と**筋力**及び/または**身体機能**の低下

- **CKD**における主要な合併症（頻度15-40%）であり、**骨折・入院・死亡のリスク**増加と関連
- CKD患者で**介護が必要となる**原因の約**40%**を占める
- 腎機能低下のリスク因子：**末期腎不全への進行リスクは約2倍に増加**



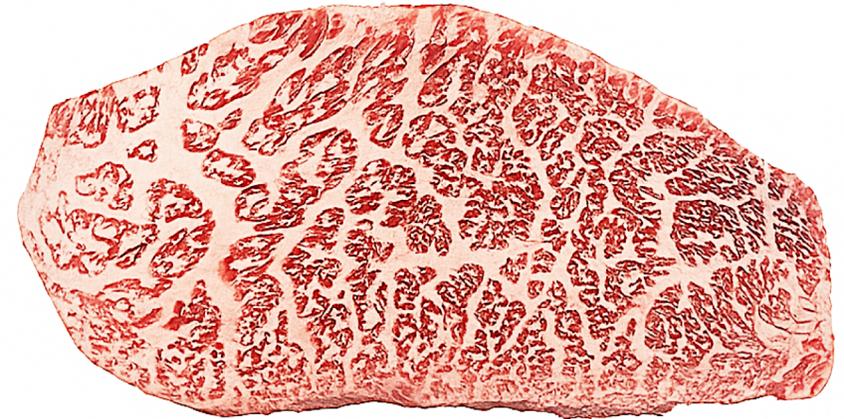
背景：筋質と筋力

筋肉量が保たれていても、必ずしも筋力が保たれるわけではない

筋線維が詰まっている
脂肪少なめ



筋線維よりも
脂肪多め



➤ 筋肉の中に入り込んだ脂肪が原因

背景：CKDとサルコペニア

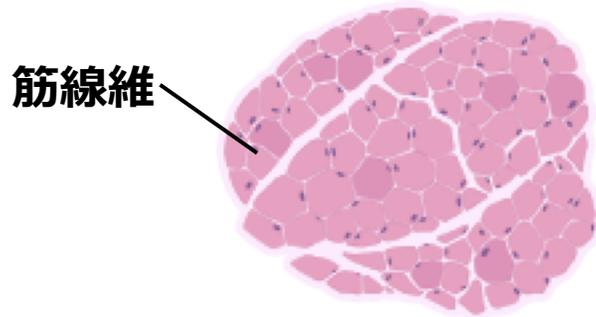
サルコペニア：進行性かつ全身性の骨格筋障害であり、
骨格筋量の加齢に伴う低下と**筋力**及び/または**身体機能**の低下

➤ サルコペニア評価において**筋肉量**とは別の**筋線維密度**や**細胞状態**を反映する「**筋質**」が注目されはじめた

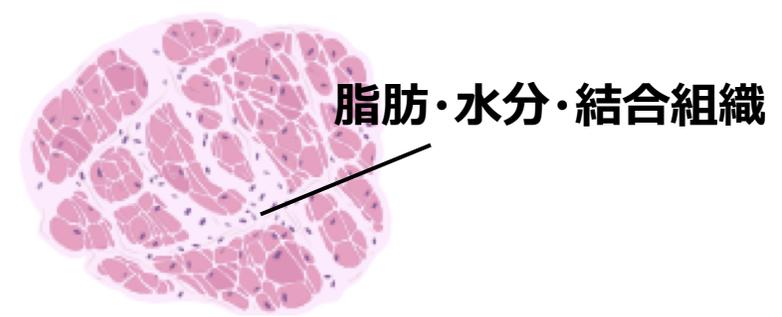
- ・身体機能・筋力の低下
- ・腎予後の悪化

筋肉量とは独立して**Phase angle (PhA*)**低下と関連
* PhAはBIA法から算出される**筋質指標**、低値ほど筋質悪化

筋線維が密 = 筋質良



筋線維が疎 = 筋質悪



筋肉量の低下のみならず**筋線維の萎縮・筋線維数の減少**
筋線維間脂肪量の増加も**サルコペニアの特徴**

背景：サルコペニア診断基準

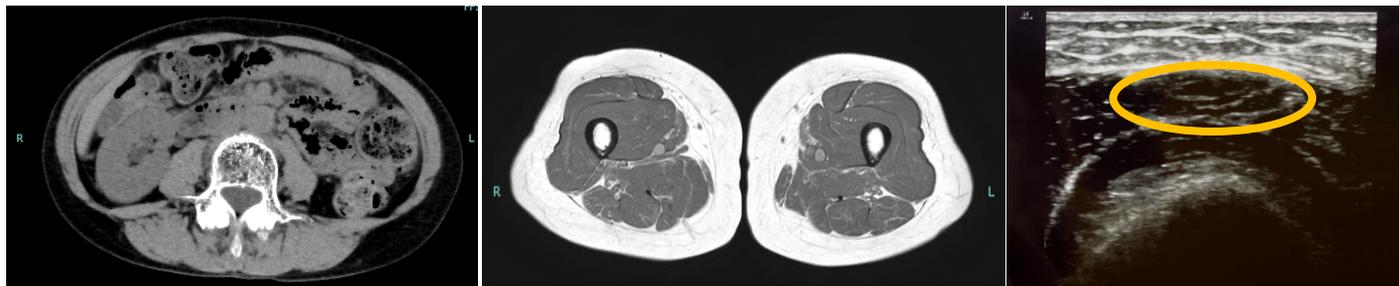
測定項目		EWGSOP 2	AWGS2019
筋力	握力	男性 < 27kg 女性 < 16kg	男性 < 28kg 女性 < 18kg
	椅子立ち上がり テスト	> 15 s	> 12 s
筋肉量	SMI	男性 < 7.0 kg/m ² 女性 < 5.5 kgm ²	DXA : 男性 < 7.0 kg/m ² 女性 < 5.4 kgm ²
			BIA : 男性 < 7.0 kg/m ² 女性 < 5.7 kgm ²
身体 機能	6m歩行	≦ 0.8 m/s	≦ 1.0 m/s
	SPPB	≦ 8 score	≦ 9 score

➤ 現行のサルコペニア診断基準には「**筋質**」が含まれていない

背景：筋質評価のモダリティ

	CT	MRI	超音波検査	BIA
平易	X	X	△	○
コスト	X	X	△	○
信頼性	◎	◎	△	○
侵襲性	X	◎	◎	◎
測定スキル	○	○	△	◎

脂肪組織含有量などを画像処理し数値化

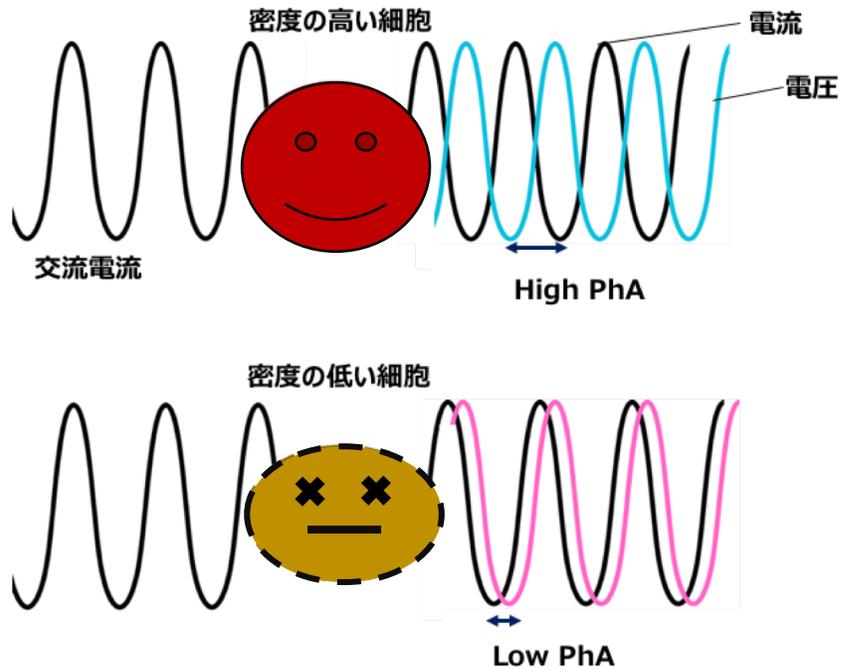


Phase angle



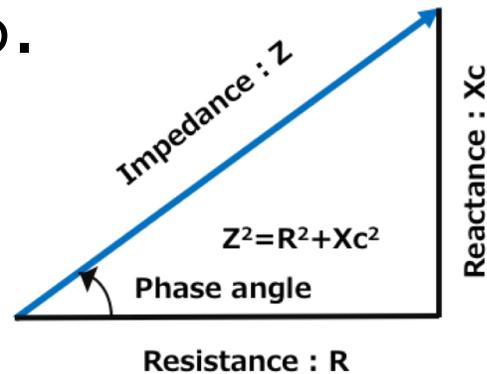
背景：筋質評価のモダリティ

生体インピーダンス（BIA）法で測定される**Phase angle**（位相角，**PhA**）が**筋質**を反映し，サルコペニアの検出にも有用と注目されている。



PhA：

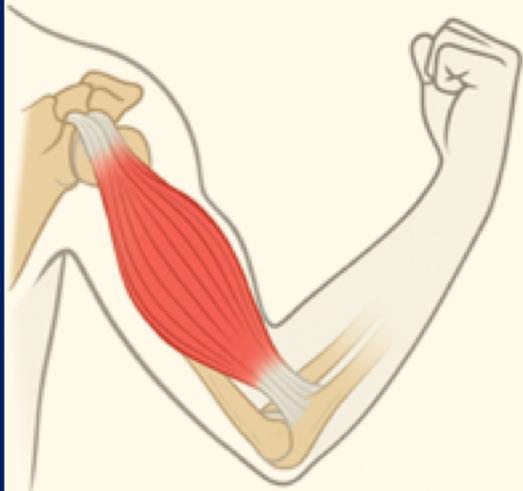
交流が人体を流れた際，細胞膜はコンデンサーとして機能し，その結果交流の流れに遅れが生じ，遅れにより，電流と電圧の間に位相差が生じる．交流電流は正弦波を描くため，time shiftは角度として測定できる．



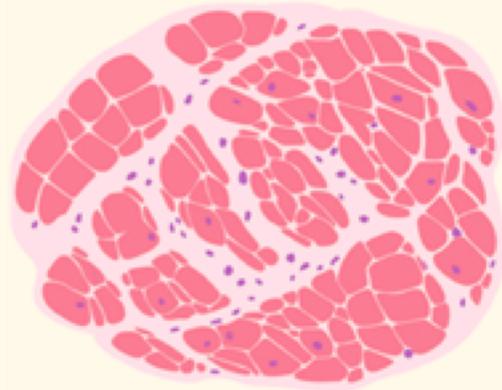
$$\text{Phase angle} = \text{Arctangent} \cdot \frac{\text{reactance}}{\text{resistance}} \cdot 180/\pi$$

背景：有効筋肉指数 (EMI)

四肢骨格筋量 (ASM) × Phase angle (PhA)



筋肉量



筋質

有効筋肉指数 (EMI)

- CKD患者の**身体機能改善・重症化予防介入**には、**筋肉量と筋質の両方**に着目することが重要
- **四肢骨格筋量**とBIA法で測定される**Phase angle** (位相角, PhA)の**積**から算出する

『有効筋肉指数 (EMI)』を考案

検証

◆ EMI = 四肢骨格筋量 (ASM) × Phase angle (PhA)

➤ EMIでサルコペニア診断が可能か？

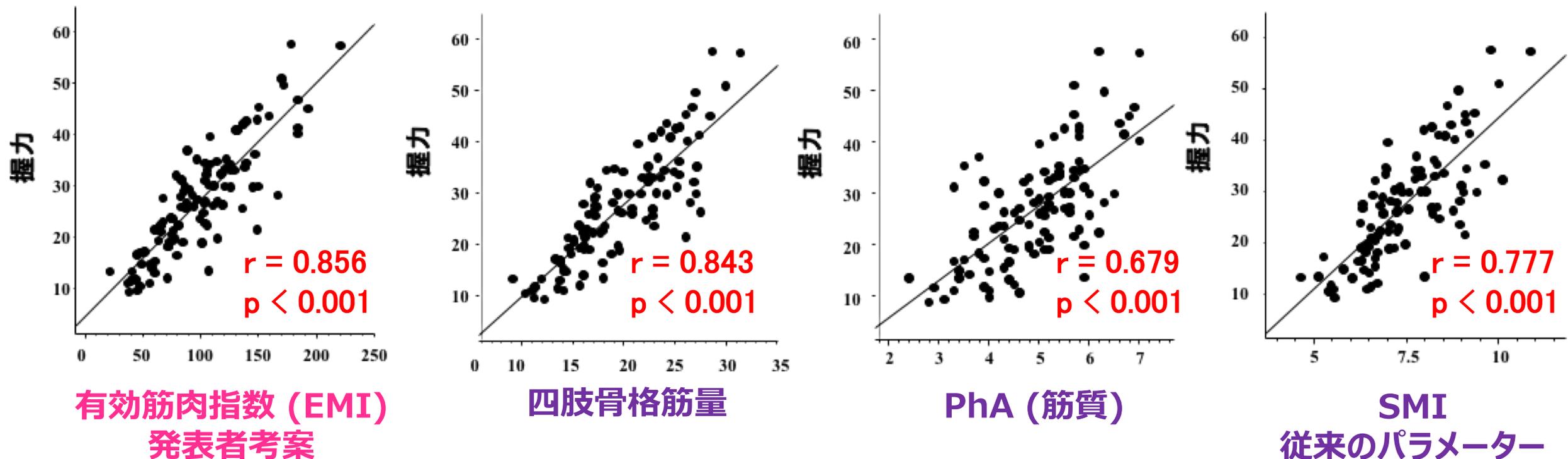
- 筋力 (握力)と年齢, eGFR, BMI, 従来の骨格筋マーカー (SMI=骨格筋指数, ASM, PhA), EMIとの相関
- 筋力に影響を与える因子を決定するために, 年齢, 性別, eGFR, BMI, SMI, EMIを説明変数として多重線形回帰分析を施行
- EMIのサルコペニア診断能力をROC解析, カットオフ値の決定

➤ EMIは腎予後を予測できるか？

- カットオフ値で低EMI群, 高EMI群に分け Kaplan-Meier 分析で腎予後を比較
- 低EMIが腎予後に及ぼす影響を, 年齢・性別・eGFR・BMIで調整した多変量Cox比例ハザード解析で検討

結果

Fig1. 握力に対する相関分析



➤ EMIは最も強く握力と相関を認めた

結果

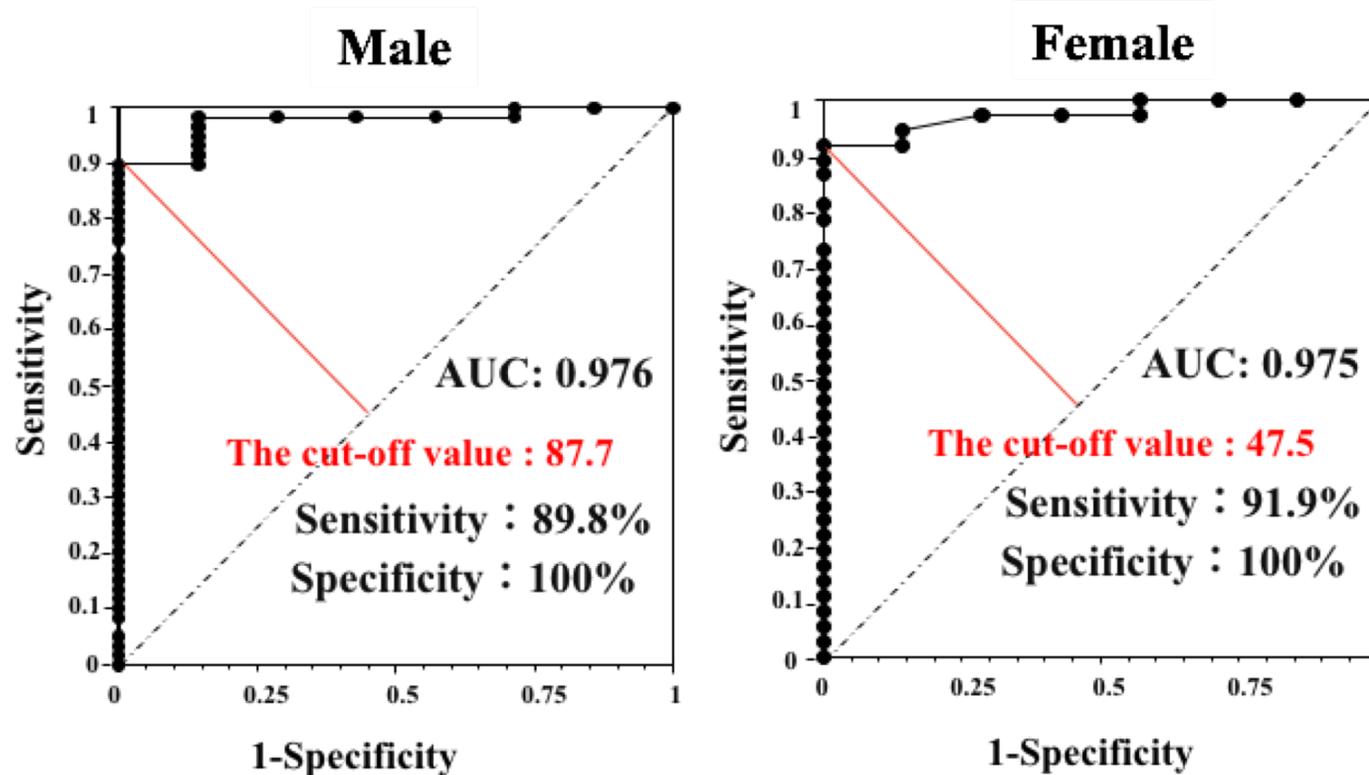
Table1. 握力に対する相関分析

Parameter	Univariate		Multivariate	
	r	p value	Std β	p value
年齢	- 0.501	< 0.001	- 0.059	0.398
性別			0.196	0.004
eGFR	0.331	< 0.001	0.056	0.378
BMI	0.361	< 0.001	- 0.017	0.799
SMI	0.777	< 0.001	0.160	0.252
四肢骨格筋量	0.843	< 0.001		
PhA	0.679	< 0.001		
EMI	0.856	< 0.001	0.554	< 0.001

- 年齢、性別、eGFR、BMI、SMI、及びEMIを説明変数とした多重線形回帰分析から**EMIは独立して握力に影響を与える**

結果

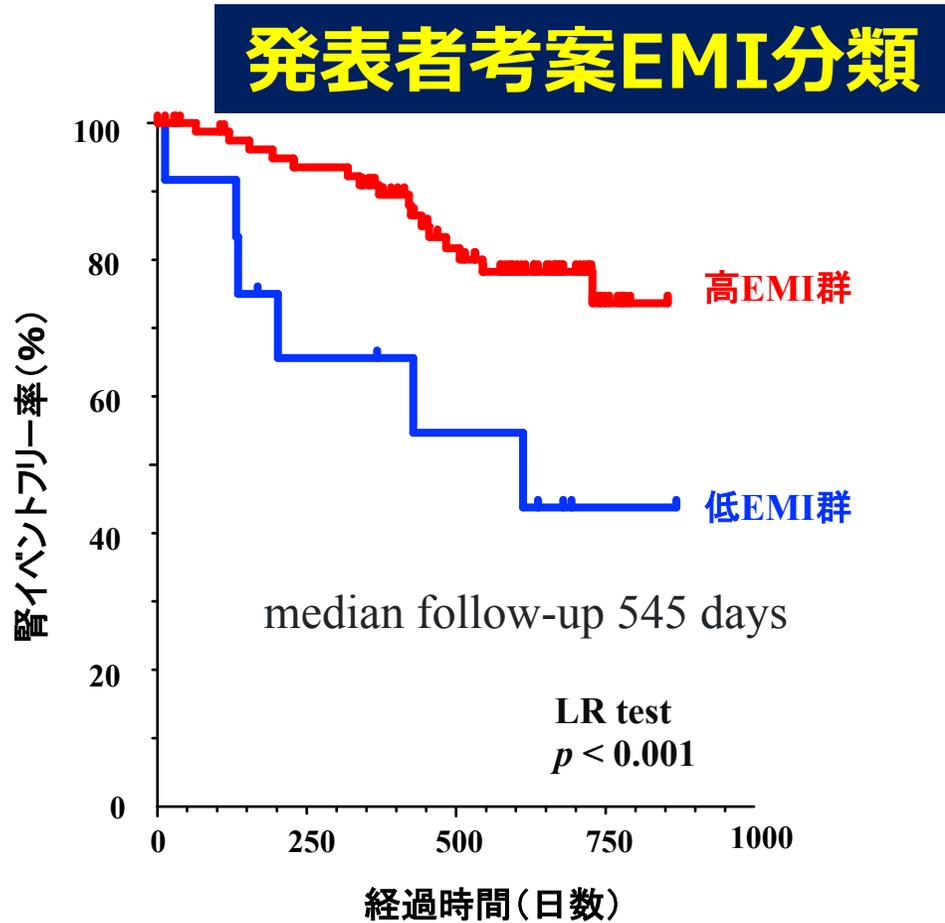
Fig2.サルコペニア診断に対するEMIのROC解析



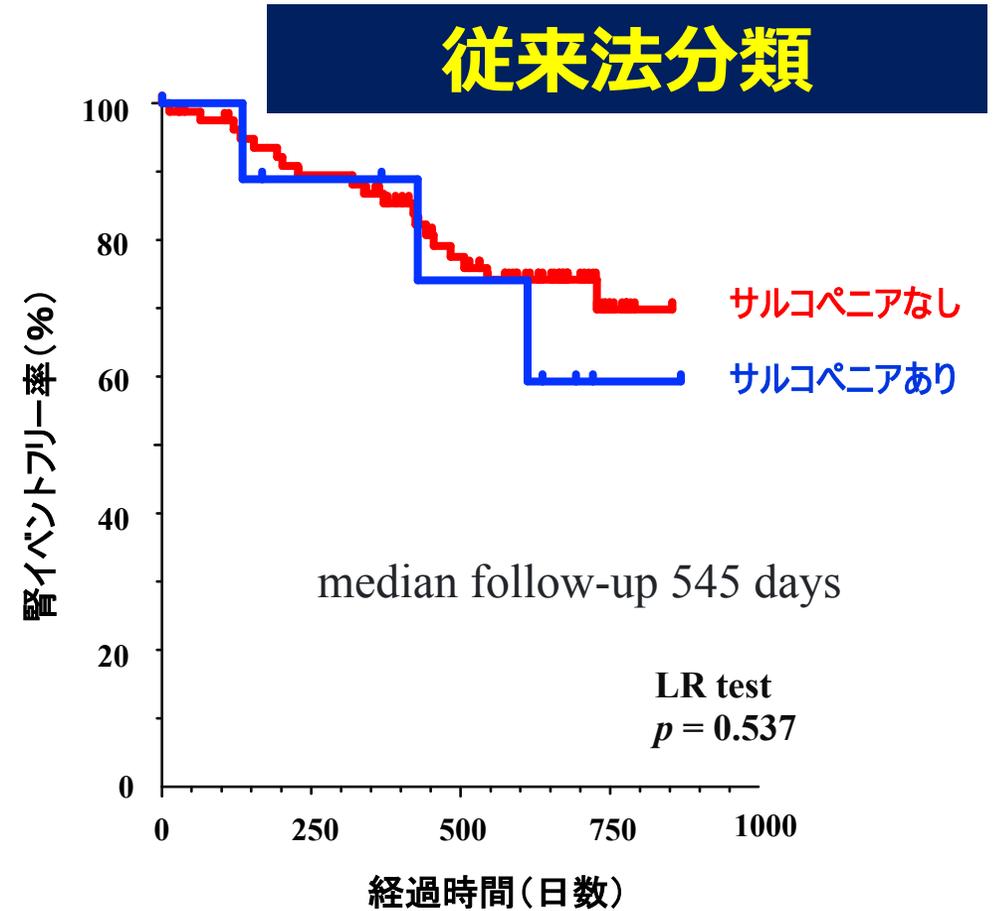
➤ EMIは優れたサルコペニア診断能力有するバイオマーカー

結果

Fig3. 腎予後に対するKaplan-Meier解析



※腎イベント:eGFRの30%以上の低下または透析導入



➤ EMIは従来法よりも鋭敏に腎予後を予測

結果

Table2. 腎予後に対するCox hazard解析

Parameter	HR (95% CI)	p value
年齢	1.01 (0.97–1.05)	0.789
性別	1.76 (0.69–4.47)	0.237
eGFR	0.91 (0.87–0.95)	< 0.001
BMI	0.99 (0.89–1.12)	0.924
High EMI	Ref.	—
Low EMI	3.64 (1.10–12.04)	0.035

- **低EMI**は年齢・性別・eGFR・BMIで調整しても腎予後不良の独立した予測因子

本発明の特徴・従来法との比較

- 筋肉の質と量を同時に見える化した指標は本発明が初めて
- サルコペニア判定において高い感度・特異度を実証
- 慢性腎臓病患者の腎予後予測は従来法よりも鋭敏で応用可能
- 既存のBIA装置のデータを利用可能 **(追加デバイス不要)**
- 簡便・非侵襲的・短時間で測定可能 **(診療・健診に適用可能)**

想定される用途

- **高齢者におけるサルコペニアの早期診断と介入支援**
→医療・介護のPDCA化に貢献
- **慢性腎臓病患者の予後予測・治療方針決定や栄養管理への活用**
→腎予後の予測精度の向上，重症化予防の効率化
- **健康診断(や臨床研究)での筋肉機能評価指標としての利用**
→市町村・企業健診でサルコペニア健診としての統合評価へ
- **家庭用デバイス・ヘルスケアアプリへの応用**
→個々の筋肉の状態に合わせた運動や食事メニューを提案

実用化に向けた課題

➤ サルコペニアの診断に有用なカットオフ値

CKD患者では概ね良好だが、非CKD患者や若者での検証は未
介入研究での有効性の検証は未
介入研究も含め多施設共同研究も視野に入れる必要あり

本技術に関する知的財産権

発明の名称 : 有効筋肉指数

出願番号 : 特願2025-040297

出願人 : 国立大学法人鳥取大学

発明者 : 前ゆかり、高田知朗

お問い合わせ先

**国立大学法人鳥取大学
研究推進機構**

T E L 0857-31-5546

F A X 0857-31-5571

e-mail sangakucd@ml.cjrd.tottori-u.ac.jp