〈原 著〉

腎機能低下は特定高齢者の身体機能に影響するか —推算糸球体濾過量 (eGFR) に基づく検討

奥野 純子 戸村 成男 柳 久子
金 美芝 大蔵 倫博 田中喜代次

要 約 目的：転倒は介護を要する主要な要因であり，血清ビタミン D 不足や腎機能低下と関連があると報告されている．わが国における要介護予備群である特定高齢者の腎機能低下と体力との関連についてはほとんど知られていない．そこで，推算糸球体濾過量 (estimated Glomerular Filtration Rate: eGFR) から求めた腎機能とビタミン D・身体機能との関連を検討することを目的とした．**方法：**平成 18 年 6 月から平成 20 年 1 月までの介護予防運動教室に参加した茨城県 Y 町と S 市 (いずれも北緯 36 度) に在住の 65 歳以上の特定高齢者 109 名 (平均年齢 75.8 ± 5.2 歳) を対象とした横断研究である．質問紙による面接調査，血液検査 (血清 intact parathyroid hormone, 25-hydroxyvitamin D, 1,25-dihydroxyvitamin D, クレアチニン) を実施した．eGFR (ml/min/1.73 m^2) は改定 MDRD (Modification of Diet in Renal Disease) 簡易式を用いて算出した．体力測定項目は Timed Up & Go, 5 m 通常歩行, 長座体前屈, ファンクショナルリーチ (FR), 開眼片足立ち, タンデムバランス, 握力である．**結果：**過去 1 年間の転倒歴有り 59.6%, つまづき歴有り 75.2% であった．平均 eGFR は $68.0 \pm 14.1 \text{ ml/min}$, 約 30% が $\text{eGFR} < 60 \text{ ml/min}$ であった．eGFR は年齢, iPTH と有意な負の相関を, 1,25 (OH) $_2$ D, タンデムバランスと有意な正の相関を示した． $\text{eGFR} \geq 60 \text{ ml/min}$ 群は $\text{eGFR} < 60 \text{ ml/min}$ 群に比べ, FR・開眼片足立ち・タンデムバランスが有意に優れていた．重回帰分析の結果, 開眼片足立ちに 1,25(OH) $_2$ D, FR とタンデムバランスに eGFR が関連していた (それぞれ β : 0.28, 0.19, 0.29)．**結論：**eGFR とバランス機能は関連があることが示唆された．バランス能力を考慮する際, 腎機能の把握も重要である．

Key words: 特定高齢者, バランス能力, 推算糸球体濾過量 (eGFR), ビタミン D, 介護予防

(日老医誌 2009; 46: 63-70)

緒 言

介護が必要となった主要な原因は転倒・骨折・関節疾患で約 27% を占めている．わが国では，過去 15 年間に股関節の骨折は約 2.2 倍増加しており，約 80% は転倒によるもので¹⁾，これらを予防することが要介護化予防として重要である．

高齢者の多くは，低栄養，日照不足などによりビタミン D の栄養状態を示す血清中の 25-hydroxyvitamin D $_3$ [以下 25 (OH) D] の不足・欠乏がみられる²⁾．さらに，腎機能低下により 25(OH)D から 1,25-dihydroxyvitamin D $_3$ [以下 1,25 (OH) $_2$ D] への活性化が傷害され，ビタミン D 不足の状態になりやすい．ビタミン D 不足は，骨

粗鬆症³⁾の危険因子であるが，高齢者のふらつき²⁾，転倒⁴⁾，筋力の低下⁵⁾⁶⁾と関連があり，筋力低下は高齢者の転倒の主要な危険因子である⁷⁾．ビタミン D 製剤の補充は，転倒・骨折を予防するという報告がある⁴⁾一方，効果が見られないという報告もあり⁸⁾，ビタミン D の評価は一定ではない．

慢性腎臓病 (chronic kidney disease: 以下 CKD) は，脳・心血管疾患の危険因子であり，末期腎不全の予備軍として注目されている．2006 年の我が国の推算糸球体濾過量 (estimated Glomerular Filtration Rate: eGFR) $< 60 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ (CKD ステージ 3 以上) の推定患者数は 1,926 万人 (成人人口の 18.7%) で⁹⁾，米国よりはるかに多い¹⁰⁾．

また，腎機能低下は転倒と関連があることが報告されている¹¹⁾が，日本において腎機能とふらつき・転倒・体力との関連についての研究は少なく，特に特定高齢者を対象にした研究はみあたらない．

J. Okuno, S. Tomura, H. Yanagi, M. Kim, T. Okura, K. Tanaka: 筑波大学大学院人間総合科学研究科
受付日: 2008. 6. 9, 採用日: 2008. 10. 1

そこで、本研究は特定高齢者を対象に腎機能低下の状況を把握し、腎機能レベルと体力との関連を検討することを目的とした。

対象と方法

1. 対象者

平成17年から実施されている軽度要介護者・特定高齢者を対象とした介護予防教室の効果を検証する研究²⁾の一環であり、本研究は、平成18年6月～平成20年1月に開催された介護予防運動教室に参加した茨城県Y町とS市の地域在住の65歳以上の特定高齢者125名を対象とした横断研究である。

平成17年度のY町とS市の人口は、それぞれ24,361人、36,895人で、高齢化率は両市町とも約20%、北緯36度に位置し東京から約60km離れた隣接した農村地帯にある。本研究の対象者である特定高齢者とは、介護保険非該当者で特定高齢者の選択基準である基本チェックリストの「運動器の機能」に関する5項目のうち3項目以上該当した者で、医師が運動教室参加を承諾した高齢者である。採血拒否や採血時に不参加のため血液データが無い16名を除外した109名を解析対象とした。ビタミンD製剤の服用者はおらず、MMSE平均得点は25.3点でこちらの指示が理解できない者はいなかった。

2. 調査項目

先の論文²⁾に準じて質問紙による面接調査、体力測定、血液検査を実施した。簡単に調査項目を示す。年齢、性、自己申告による疾患の有無、血圧、上腕周囲長 (cm)、上腕三頭筋皮下脂肪厚 (mm)、外出頻度、過去1年間の転倒歴、過去1年間のふらつき・つまづき歴、「開眼片足で1秒以上立位可能」の自己評価、認知機能 (MMSE¹²⁾)、「閉じこもり」(「週1回未満」)¹³⁾、高次生活機能 (老研式活動能力指標¹⁴⁾) などである。「開眼片足で1秒以上立位保持可」については、「つかまらないでできる」から「できない」の3択とし自己申告とした。

体力測定項目として、移動能力: Timed Up & Go (以下TUG) と5m通常歩行、柔軟性: 長座体前屈、バランス能力: FR・開眼片足立ち、筋力: 握力を測定し、バランス能力の指標としてタンデムバランス¹⁵⁾を追加した。これらのテストは2回実施し平均値を用いた。開眼片足立ち、握力は左右の平均値を用いた。タンデムバランス¹⁵⁾は、両手を腰にあてて片足を一足分前に出し、前足のかかとと後ろ足のつま先をつけて直線上に立った状態で出来るだけ長く立ち続け、下肢のみで姿勢の維持が不可能になった時点でバランスが崩れたとした。左右の足を入れ替え1回づつ計測し平均値を求めた。TUG・5

m歩行は数値が小さいほど能力が高いことを示す。

採血は、平成18年～平成20年の1月・6月・8月・10月・11月に実施し、軽い朝食を済ませた10:30から12:30の間にいった。血液検査項目は、血清 intact PTH (以下 iPTH)、25(OH)D、アルブミン、クレアチニン、カルシウム、リンを測定し、1,25(OH)₂Dを追加した。1,25(OH)₂Dは、「1,25(OH)₂D RIA Kit (IDS社)」を用いて測定し、測定再現性は inter assay 4.5～10.9%、intra assay 7.2～8.4% である。

腎機能の評価として推算糸球体濾過量 (eGFR) を求めた。eGFRは、性、年齢、血清クレアチニン濃度より、改訂MDRD (Modification of Diet in Renal Disease) 簡易式を用いて算出した。男性は $eGFR (ml/min/1.73 m^2: \text{以下 } ml/min) = 0.741 \times 175 \times \text{Age}^{-0.203} \times \text{Cre}^{-1.154}$ で算定し、女性はこれに0.742¹⁰⁾をかけた。10 ml/min間隔で8群に分類し分布状況を検討し、8群間で iPTH、25(OH)D、1,25(OH)₂D濃度を比較検討した。さらに、CKDステージ3以上 (eGFR < 60 ml/min) は心血管イベントや入院の危険性が高くなる¹⁰⁾ことから eGFRを60 ml/min以上と未満の2群に分けて比較検討した。

筋肉量が極端に少ない者を検証するため、上腕筋面積 (cm²) = [上腕周囲長 (cm) - π × 上腕三頭筋皮下脂肪厚 (mm) / 10]² / 4 π を求め、日本人の新身体計測基準値 (JARD2001) より各年代の (平均値 - 1SD) と比較した。

25(OH)D濃度不足の閾値の一致した見解は無く、最近では75 nmol/L付近が適しているという報告もあるが¹⁶⁾、本研究では岡野ら¹⁷⁾と同様、iPTH濃度に有意な差が見られた50 nmol/L ($P = 0.008$)²⁾を25(OH)D濃度不足の閾値とした。

1,25(OH)₂D濃度閾値の報告はなく (基準値: 20～60 pg/ml)、全対象者の第1四分位数 (42 pg/ml) を用いて2群に分け比較した。

血清アルブミン値が4 g/dl以下の場合、補正カルシウム値を求めた [補正Ca値 (mg/dl) = 実測Ca値 (mg/dl) + {4 - 血清アルブミン値 (g/dl)}¹⁰⁾]。

本研究は、筑波大学・人間総合科学研究科倫理委員会の承認 (承認番号87) を得て実施した。また、対象者には本研究の概要を書面と口頭で調査の目的を説明した上で書面にて本人の同意を得た。

3. 解析方法

数値は平均値 ± SD で表示した。連続変数の比較は t 検定、正規分布していない場合は Mann-Whitney の U 検定、カテゴリー変数の比較は χ^2 検定を行い、相関は Spearman の順位相関係数を用いた。また、体力に関連

図1 eGFR の分布 (ml/min/1.73 m²)

* $P < 0.05$ by ANOVA

図2 eGFR レベルと iPTH, 25 (OH) D, 1,25 (OH)₂D 濃度

する要因について、体力測定値を従属変数とし、年齢・性・eGFR (60 ml/min 以上 対 60 ml/min 未満)・iPTH・1,25 (OH)₂D・25 (OH) D (50 nmol/L 以上 対 50 nmol/L 未満) を説明変数としてステップワイズ法による重回帰分析を行い求めた。以上の統計解析には SPSS 12.0J for Windows を用い、危険率は 5% 未満とした。

結 果

男性 28 名 (25.7%), 平均年齢 (±SD) 75.8 ± 5.2 歳, 過去 1 年間の転倒歴有り 59.6%, 過去 1 年間のふらつき・つまづき歴有り 75.2%, 外出回数が週 1 回未満の者

は 9.2% であった (表 1)。上腕筋面積が JARD2001 による各年代の (平均値 - 1SD) より少ない者はいなかった。eGFR を 10 ml/min 間隔で分類し図 1 に示した。eGFR < 30 ml/min の者はおらず、30 ml/min ≤ eGFR < 60 ml/min の者は 29.4% であった。eGFR < 50 ml/min が 9 名と少ないため、eGFR < 50 ml/min をまとめて 6 群間で iPTH, 25 (OH) D, 1,25 (OH)₂D 濃度を比較した (図 2)。iPTH と 25 (OH) D 濃度は eGFR のレベルにより差はみられなかったが、1,25 (OH)₂D 濃度は eGFR ≥ 90 ml/min の場合、eGFR < 50 ml/min の場合に比し有意に高い値であった ($P < 0.05$)。

表1 対象者の特性と、eGFR < 60 ml/min/1.73 m² 群と eGFR ≥ 60 ml/min/1.73 m² 群の特性の比較

	全対象者	1) eGFR < 60 ml/min/1.73 m ²	2) eGFR ≥ 60 ml/min/1.73 m ²	1) vs 2)
N	109	32 (29.4%)	77 (70.6%)	
年齢, 歳	75.8 ± 5.2 (65 ~ 90)	76.9 ± 5.1	75.4 ± 5.2	ns
男	28 (25.7%)	8 (25.0%)	20 (26.0%)	ns
開眼片足で1秒以上立位保持可	70 (64.2%)	15 (46.9%)	55 (72.4%)	*
過去1年間に転倒歴有り	65 (59.6%)	18 (56.3%)	47 (61.0%)	ns
過去1年間につまづき歴有り	82 (75.2%)	22 (68.8%)	60 (77.9%)	ns
生活機能総得点 ≥ 11 点	59 (54.1%)	16 (50%)	43 (55.8%)	ns
閉じこもり (週1回未満)	10 (9.2%)	6 (18.8%)	4 (5.3%)	*
高血圧	60 (55.0%)	19 (59.4%)	40 (52.6%)	ns
心疾患	13 (11.9%)	6 (18.8%)	7 (9.3%)	ns
骨粗鬆症	9 (8.3%)	1 (3.1%)	8 (10.7%)	ns
変形性関節症	23 (21.1%)	8 (25.0%)	15 (19.7%)	ns
腰痛	25 (22.9%)	11 (34.4%)	14 (18.4%)	†
糖尿病	10 (9.2%)	3 (9.4%)	7 (9.2%)	ns
<血液検査>				
eGFR, ml/min/1.73 m ²	68.0 ± 14.1 (33.9 ~ 100.9)	51.8 ± 7.0 (33.9 ~ 59.4)	74.8 ± 10.5 (60.3 ~ 100.9)	**
25(OH)D, nmol/L	58.9 ± 13.6 (27.5 ~ 95.0)	58.0 ± 15.5 (27.5 ~ 87.5)	59.3 ± 12.9 (30.0 ~ 95.0)	ns
25(OH)D < 50 nmol/L	26 (23.9%)	11 (34.4%)	15 (19.5%)	†
25(OH)D < 75 nmol/L	95 (87.2%)	27 (84.4%)	68 (88.3%)	ns
intact PTH, pg/ml	41.0 ± 17.0 (10.0 ~ 107.0)	46.4 ± 21.6 (20.0 ~ 107.0)	38.7 ± 14.2 (10.0 ~ 81.0)	†
1,25(OH) ₂ D, pg/ml	51.9 ± 15.1 (21.0 ~ 103.0)	48.9 ± 18.3 (21.0 ~ 103.0)	53.0 ± 13.6 (28.0 ~ 89.0)	ns
1,25(OH) ₂ D < 42 pg/ml	24 (22.0%)	10 (35.7%)	14 (18.9%)	†
カルシウム, mg/dl	9.2 ± 0.4	9.3 ± 0.5	9.2 ± 0.4	ns
リン, mg/dl	3.5 ± 0.5	3.4 ± 0.5	3.5 ± 0.5	ns
<体力測定>				
Timed Up & Go, 秒	12.0 ± 5.3	13.6 ± 7.3	11.3 ± 4.0	ns
5 m 通常歩行, 秒	6.6 ± 3.0	7.5 ± 4.3	6.2 ± 2.2	ns
長座体前屈, cm	30.6 ± 10.3	29.5 ± 12.1	31.1 ± 9.5	ns
フンクショナルリーチ, cm	23.4 ± 7.0	20.8 ± 8.0	24.4 ± 6.2	*
開眼片脚立ち, 秒	11.1 ± 14.1	8.2 ± 12.4	12.2 ± 14.6	*
タンデムバランス, 秒	20.2 ± 10.0	15.7 ± 9.8	22.0 ± 9.5	**
握力, kg	20.1 ± 5.9	20.3 ± 6.3	20.1 ± 5.7	ns

数値は平均値 ± SD, N(%), † $P < 0.1$, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, ns : not significant

eGFR : estimated Gromerular Filtration Rate, 25(OH)D : 25-hydroxyvitamin D, 1,25(OH)₂D : 1,25-dihydroxyvitamin D

PTH : parathyroid hormone

eGFR < 60 ml/min 群は eGFR ≥ 60 ml/min 群に比し、「開眼片足で1秒以上立位保持不可」と回答した者、外出回数が「週1回未満の者」が有意に高い割合であり、腰痛の罹患者の割合が高い傾向を示した。また、開眼片足立ち、FR、タンデムバランスが有意に劣っていた。両群間で血清 25 (OH) D、1,25 (OH)₂D 濃度に有意差はみられなかったが、25(OH)D < 50 nmol/L、1,25(OH)₂D < 42 pg/ml の割合は eGFR < 60 ml/min 群に高い傾向であった (表1)。

eGFR は年齢、血清クレアチニン値、iPTH 値と有意な負の相関を示し、タンデムバランスと有意な正の相関を示した。eGFR は血清 25 (OH) D 濃度とは関連が見られなかったが、1,25 (OH)₂D 濃度と有意な正の相関を示した (表2)。また、25 (OH) D 濃度と 1,25 (OH)₂D

濃度とは有意な正の相関を示した ($r = 0.51$, $P < 0.0001$)。

iPTH と身体機能は関連はみられなかったが、25(OH)D 濃度は握力 ($r = 0.202$, $P = 0.035$)・開眼片足立ち ($r = 0.242$, $P = 0.012$) と、1,25 (OH)₂D 濃度は開眼片足立ち ($r = 0.208$, $P = 0.038$) と関連がみられた。重回帰分析により体力測定に影響する要因を検討した結果、開眼片足立ちには 1,25 (OH)₂D ($\beta : 0.28$)、FR およびタンデムバランスには eGFR (それぞれ $\beta : 0.19$, 0.29) が関連していた (表3)。

考 察

転倒は介護が必要となる要因の第3位であり、転倒を予防することは介護予防にとって重要な課題である。最

近, 腎機能と転倒との関連が報告されており¹¹⁾, 転倒に影響するバランス能力や筋力などの身体機能と腎機能との関連を検討することは介護予防に大切と思われる。

CKD は,「尿蛋白陽性などの腎疾患の存在を示す所見」,もしくは「腎機能低下(糸球体濾過量(GFR)が60 ml/min/1.73 m²未満)が3カ月以上続く状態と定義される。わが国では,65歳以上の高齢男性の30%,女性の40%以上にCKDが認められる¹⁰⁾。

本研究の対象者である特定高齢者の約30%はeGFR<60 ml/minであり日本腎臓学会の報告と同様の割合であった。重度の腎機能低下者(eGFR<30 ml/min)はいなかったものの,特定高齢者の3人に一人は軽度・

中程度腎機能が低下していることが明らかになった。

ビタミンDが欠乏すると,II型筋線維の欠損などの障害が起こり,転倒時などに瞬間的なすばやい動作を司る筋組織が障害されるため,転倒を招きやすいと推測されている¹⁸⁾。ビタミンD濃度は緯度,季節,日照時間,栄養状態により影響をうけ,さらに,腎機能の低下により1,25(OH)₂D濃度は減少するため,身体機能と腎機能との関連を考慮することは重要である。

Levinら¹⁹⁾によると,iPTHはeGFRが45 ml/min以下で急速に上昇し,1,25(OH)₂D濃度は腎機能の低下と伴に急峻に低下し,多変量解析後も,GFRは低い1,25(OH)₂D濃度に影響する独立因子であった。また,GFRが10 ml/min下がると1,25(OH)₂D濃度が0.44倍になるが,25(OH)D濃度はGFRが30 ml/minまでどのCKDステージでも低下はわずかであまり変わらなかった。本研究結果も,Levinら¹⁹⁾と同様,eGFR値とiPTH濃度は負の相関を,1,25(OH)₂D濃度とは正の相関を示し,また,1,25(OH)₂D濃度はeGFR≥90 ml/minの場合,eGFR<50 ml/minより有意に高く腎機能と関連があった。しかし,25(OH)D濃度と関連はみられなかった。このことは25(OH)D濃度は,eGFRが30 ml/minまで一定であり,未満で低下が見られると報告がある¹⁹⁾ように,我々の対象者にeGFRが30 ml/minの者がいなかったことから関連が見られなかったと考える。

腎機能と身体機能との関連の報告は少なく,Kurellaら²⁰⁾は,質問紙による身体機能調査(the Duke Activity Status Index:DASI)を実施しeGFRとの関連を検討している。DASIは,「1~2ブロックの歩行」,「家の周り

表2 eGFRと属性・血液検査・身体機能との関連

	r	P
年齢, 歳	- 0.228	*
タンデムバランス, 秒	0.242	*
<血液検査>		
クレアチニン, mg/dl	- 0.824	***
アルブミン, g/dl	0.092	ns
カルシウム, mg/dl	0.075	ns
リン, mg/dl	- 0.103	ns
iPTH, pg/ml	- 0.241	*
25(OH)D, nmol/L	0.101	ns
1,25(OH) ₂ D, pg/ml	0.202	*

Spearman rank correlation

*P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001

ns: not significant

iPTH: intact parathyroid hormone 25(OH)D:

25-hydroxyvitamin D

1,25(OH)₂D: 1,25-dihydroxyvitamin D

表3 体力測定に影響する要因の重回帰分析

目的変数	説明変数 ^a	標準化係数 β	有意確率 P
開眼片足たち	年齢	- 0.19	0.048
	1,25(OH) ₂ D	0.28	0.005
	R ² = 0.121		
ファンクショナルリーチ	年齢	- 0.31	0.0001
	性別	- 0.25	0.008
	eGFR (60 ≥ ml/min 対 60 < ml/min)	0.19	0.047
	R ² = 0.195		
タンデムバランス	年齢	- 0.21	0.029
	iPTH	0.19	0.046
	eGFR (60 ≥ ml/min 対 60 < ml/min)	0.29	0.003
	R ² = 0.160		

^a: 年齢・性・eGFR (60 ml/min 以上 対 未満)・iPTH・1,25(OH)₂D・25(OH)D (50 nmol/L 以上 対 未満)を投入しステップワイズ法により分析

の仕事」,「階段の昇降」など12の質問からなり総合得点58.2点で得点が高いほど機能が低い。eGFRはDASI得点と関連があり,さらに,3年後の腎機能の低下と身体機能の低下と関連があった。彼らは質問紙による調査であるが,我々は体力測定を実施し,バランス能力の指標である開眼片足立ち,フンクショナルリーチ,タンデムバランスと腎機能と関連があることを明らかにした。

本研究結果では, eGFR<60 ml/min 群は eGFR≥60 ml/min 群に比し, 活動性が低く, バランス能力が低下している事が明らかではあったが, 転倒と腎機能低下との関連¹¹⁾はみられなかった。その理由として eGFR<60 ml/min 群は「閉じこもり」者が多いため, 転倒の機会がそもそも減っている可能性が考えられる。また, 介護が必要となる前段階の特定高齢者を対象としたため, つまづき・ふらつき経験者が多くバランス能力が低下しているものの, 転倒までには至らなかったと考えられる。

Dukas ら¹¹⁾は, クレアチニン・クリアランス (Ccr) <65 ml/min の地域在住高齢者は Ccr≥65 ml/min の高齢者に比し, 3.7 倍転倒の危険性が高く, 腎機能の低下も転倒の危険因子の一つであると推測している。さらに, 彼らは²¹⁾, 1,25 (OH)₂D 濃度低下と転倒との関連を検証するため, 70 歳以上の男女 191 名に alfacalcidol 1 μg/日を, 187 名にプラセボを投与し転倒について調査した。その結果, Ccr<65 ml/min の場合, alfacalcidol 補充群はプラセボ群に比し転倒回数が有意に減少した。また, Gallagher ら²²⁾²³⁾も, Ccr<60 ml/min の高齢女性に, calcitriol で治療した場合, 3 年後転倒数が 50% 減少したのに対し, 治療しない群では転倒数が 60% 増加したことから, ビタミン D 補充は腎機能低下と関連のある転倒を減少させることができると結論している。

ビタミン D の補充は転倒・骨折を予防する⁴⁾²³⁾という一致した見解はない⁸⁾。しかし, 1,25 (OH)₂D 濃度が不足・欠乏時は II 型筋線維が萎縮しており, alfacalcidol で治療すると再び現れること¹⁸⁾や, calcitriol 治療により転倒が減少することは, 血清 1,25 (OH)₂D 濃度の増加, ビタミン D 受容体の up-regulation, 筋力の向上と関連があるのではと推測されている²⁴⁾。これらの結果や本研究結果より, 加齢に伴う筋力の低下・バランス能力の低下には, 腎機能の低下を考慮する必要がある。

慢性腎臓病患者は増加しており, 介護が必要となる要因の第 3 位を占める転倒・骨折の原因となるバランス能力と腎機能とは関連があることが示唆されたことから特定高齢者の介護予防を推進していく際に, 腎機能も考慮する必要があることが示唆され意義が深い。

結 語

特定高齢者の約 30% に腎機能低下がみられ, 腎機能低下はバランス能力低下と関連があることが示唆されたことより, バランス能力を考慮する際, 腎機能の把握も重要である。

謝辞: 本研究は茨城県 Y 町・S 市の介護予防事業の一環として行われたものであり, 本研究を実施するにあたり多くのご協力をいただきました調査対象者の皆様および Y 町・S 市の保健師さん, 関係者の皆様に深謝致します。また, 本研究の一部は, 平成 19 年文部科学省科学研究補助金 (課題番号 19590621), 日本骨粗鬆症学会「骨代謝疾患の基礎および臨床 (2006 年)」,「筑波大学社会貢献プロジェクト (2007 年)」の助成を受けて実施した。

文 献

- 1) Committee for Osteoporosis Treatment of the Japanese Orthopaedic Association: Nationwide survey of hip fractures in Japan. J Ortho Sci 2004; 9: 1-5.
- 2) 奥野純子, 戸村成男, 柳 久子: 地域在住虚弱高齢者のビタミン D 濃度の分布状況とビタミン D 濃度と生活機能・身体機能との関連. 日老医誌 2007; 44: 634-640.
- 3) Van der Wielen RP, Lowik MR, van den Berg H, de Groot LC, Haller J, Moreiras O, et al: Serum vitamin D concentrations among elderly people in Europe. Lancet 1995; 346: 207-210.
- 4) Bischoff HA, Stahelin HB, Dick W, Akos R, Knecht M, Salis C, et al: Effects of vitamin D and calcium supplementation on falls: a randomized controlled trial. J Bone Miner Res 2003; 18: 343-351.
- 5) Bischoff HA, Stahelin HB, Urscheler N, Ehrensam R, Vonthein R, Perrig-Chiello P, et al: Muscle strength in the elderly: its relation to vitamin D metabolites. Arch Phys Med Rehabil 1999; 80: 54-58.
- 6) Gerdhem P, Ringsberg KA, Obrant KJ, Akesson K: Association between 25-hydroxy vitamin D levels, physical activity, muscle strength and fracture in the prospective population-based OPRA Study of elderly women. Osteoporosis Inter 2005; 16: 1425-1431.
- 7) Moreland JD, Richardson JA, Goldsmith CH, Clase CM: Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. J Am Geriatr Soc 2004; 52: 1121-1129.
- 8) Porthouse J, Cockayne S, King C, Saxon L, Steele E, Aspray T, et al: Randomised controlled trial of calcium and supplementation with cholecalciferol (vitamin D3) for prevention of fractures in primary care. BMJ 2005; 330: 1003-1009.
- 9) Imai E, Horio M, Iseki K, Yamagata K, Watanabe T, Hara S, et al: Prevalence of chronic kidney disease (CKD) in the Japanese general population predicted by the MDRD equation modified by a Japanese coefficient.

- Clin Exp Nephrol 2007; 11: 156-163.
- 10) 日本腎臓学会編: CKD 診療ガイド, 東京医学社, 2007.
- 11) Dukas LC, Schacht E, Mazor Z, Stähelin HB: A new significant and independent risk factor for falls in elderly men and women: a low creatinine clearance of less than 65 ml/min. *Osteoporos Int* 2005; 16: 332-338.
- 12) Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR: "Mini-Mental State": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975; 12: 189-198.
- 13) 奥野純子, 徳力格尔, 西嶋尚彦, 久野譜也: 「閉じこもり」高齢者の体力と生活機能, 精神健康度との関連. *体力科学* 2003; 52 Suppl: 237-248.
- 14) 古谷野亘, 柴田 博, 中里克治, 芳賀 博, 須山靖男: 地域老人における活動能力の測定—老研式活動能力指標の開発—. *日本公衛誌* 1987; 34: 109-114.
- 15) Rossiter-Fornoff JE, Wolf SL, Wolfson LI, Buchner DM: A cross-sectional validation study of the FICSIT common data base static balance measures. *Frailty and Injuries: Cooperative Studies of Intervention Techniques. J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1995; 50: M291-297.
- 16) Bishoff-Ferrari HA: How to select the doses of vitamin D in the management of osteoporosis. *Osteoporos Int* 2007; 18: 401-407.
- 17) 岡野登志夫, 白木正孝, 田中 清, 上西一弘, 石田裕美, 津川尚子ほか: 日本人女性におけるビタミン D 不足の指標となる血中 25-ヒドロキシビタミン D 参照値の策定とビタミン D 栄養に関する調査研究. *Osteoporosis Jpn* 2006; 14: 49-52.
- 18) Sørensen OH, Lund B, Saltin B, Lund B, Andersen RB, Hjorth L, et al: Myopathy in bone loss of ageing: improvement by treatment with 1 alpha-hydroxycholecalciferol and calcium. *Clin Sci (Lond)* 1979; 56: 157-161.
- 19) Levin A, Bakris GL, Molitch M, Smulders M, Tian J, Williams LA, et al: Prevalence of abnormal serum vitamin D, PTH, calcium, and phosphorus in patients with chronic kidney disease: results of the study to evaluate early kidney disease. *Kidney Int* 2007; 71: 31-38.
- 20) Kurella M, Ireland C, Hlatky MA, Shlipak MG, Yaffe K, Hulley SB, et al: Physical and sexual function in women with chronic kidney disease. *Am J Kidney Dis* 2004; 43: 868-876.
- 21) Dukas L, Schacht E, Mazor Z, Stähelin HB: Treatment with alfacalcidol in elderly people significantly decreases the high risk of falls associated with a low creatinine clearance of <65 ml/min. *Osteoporos Int* 2005; 16: 198-203.
- 22) Gallagher JC, Rapuri PB, Smith LM: An age-related decrease in creatinine clearance is associated with an increase in number of falls in untreated women but not in women receiving calcitriol treatment. *J Clin Endocrinol Metab* 2007; 92: 51-58.
- 23) Gallagher JC: The effects of calcitriol on falls and fractures and physical performance tests. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2004; 89-90: 497-501.
- 24) Gallagher JC, Rapuri P, Smith L: Falls are associated with decreased renal function and insufficient calcitriol production by the kidney. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2007; 103: 610-613.

Evaluation of the association between impaired renal function and physical function among community-dwelling Japanese frail elderly based on the estimated glomerular filtration rate (eGFR)

Junko Okuno, Shigeo Tomura, Hisako Yanagi, Mi-ji Kim, Tomohiro Okura and Kiyoji Tanaka

Abstract

Aim: Falls are major risk factors in nursing care and reported to be associated with low vitamin D levels or impaired renal function. It is unknown whether physical function is associated with impaired renal function. The aim of this study was to examine the association between estimated glomerular filtration rate (eGFR) (ml/min/1.73 m²), vitamin D, and physical function in Japanese frail elderly.

Methods: A cross-sectional survey was conducted in two towns (latitude 36 degrees north) from June 2006 to January 2008. Subjects counted of 109 community-dwelling frail elderly, aged 65 years and over (mean $\pm$ SD: 75.8 $\pm$ 5.2 yr) who attended a program for nursing care prevention. An interview was conducted based on a questionnaire. The serum levels of intact parathyroid hormone (iPTH), 25-hydroxyvitamin D (25 (OH) D), 1,25-dihydroxyvitamin D (1,25 (OH)₂D), and creatinine were measured. eGFR (ml/min/1.73 m²) was calculated using the Modification of Diet in Renal Disease formula. The following functional fitness tests were performed: timed up and go (TUG), a 5-meter walk, functional reach (FR), one leg stance, tandem stance, and grip strength.

Results: Of the subjects, 59.6% experienced falls, 75.2% experienced stumbling at least once during the past year. eGFR was 68.0 $\pm$ 14.1 ml/min/1.73 m² in the subjects. The prevalence of eGFR < 60.0 ml/min/1.73 m² was 30%. The subjects with eGFR $\geq$ 60 ml/min/1.73 m² showed significantly better results for FR, one leg stance, and tandem stance than those with eGFR < 60 ml/min/1.73 m². Multiple liner regression analysis suggested that FR and tandem stance were significantly affected by eGFR.

Conclusions: Our data suggest that assessment of renal function seems to be significant when we consider balance ability in the frail elderly.

Key words: *Frail elderly, Balance ability, estimated GFR, Vitamin D, Nursing care prevention*
(Nippon Ronen Igakkai Zasshi 2009; 46: 63–70)

Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba