



介護老人保健施設における転倒予防を目的とした総合的研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2016-09-27 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 今岡, 真和 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00005689

大阪府立大学大学院
総合リハビリテーション学研究科
博士論文

介護老人保健施設における転倒予防を

目的とした総合的研究

**Comprehensive study for preventing falls
in Long-Term Care Health Facility**

2016年9月

今岡真和

目次

要約	1
緒言	2
第1章 介護老人保健施設入所者の転倒リスクに関する横断調査	
第1節 目的	6
第2節 研究方法	6
第3節 結果	8
第4節 考察	11
第2章 介護老人保健施設入所者のビタミンD不足と転倒リスク	
第1節 目的	13
第2節 研究方法	13
第3節 結果	15
第4節 考察	17
第3章 介護老人保健施設入所者のオステオサルコペニアと転倒リスク	
第1節 目的	19
第2節 研究方法	19
第3節 結果	21
第4節 考察	22
第4章 介護老人保健施設入所者への運動および栄養介入による 転倒予防効果検証：準ランダム比較化試験	
第1節 目的	23
第2節 研究方法	24
第3節 結果	25
第4節 考察	29

第5章 総括	31
第6章 研究の限界と今後の課題	32
文献	33
謝辞	39
資料	i

要約

介護老人保健施設入所者の転倒リスク因子を調査するとともに、複合的な組み合わせによる転倒予防効果の検証をした。

第Ⅰ章の転倒リスク因子調査では、車椅子使用者を対象として分析をした。結果、背中が丸くなってきたことが転倒リスク因子であった。

第Ⅱ章では、移動様式や居室環境の違いが転倒リスクに影響があるか調査した。結果、車椅子使用者や居室の配置が窓から離れた通路側の入所者は、そうでない者と比較して、転倒リスクが高く、ビタミンD不足状態であることが明らかになった。

第Ⅲ章では、施設におけるサルコペニアと骨粗鬆症を同時に有病するオステオサルコペニアの実態を調査して、転倒の関連性を分析した。結果、オステオサルコペニア有病率は68.5%と高い有病率であったが、転倒と関連はなかった。

第Ⅳ章では、運動と栄養を組み合わせ転倒予防効果の検証を4群比較で実施した。3ヵ月の栄養介入でビタミンD値を有意に改善させ、複合介入群は6ヵ月間の転倒発生が有意に減少した。今後、複合的な運動と栄養の組み合わせが介護老人保健施設の標準的な転倒予防対策となることが望まれる。

コホート研究, 施設入所者, 転倒予防, 運動, 栄養

Cohort study, Institutionalized elderly, Fall prevention, Exercise, Nutrition

緒言

I. 高齢者と転倒

高齢者全体の転倒は年間に28%～35%発生し、70歳以上の高齢者に限ると転倒率は32%～42%に上昇する^{1,2}。さらに、施設に入所する高齢者の転倒率は約50%へと上昇する³。そのため、転倒は虚弱な高齢者にとって、よくあるアクシデントといえる。転倒は単に転ぶだけではなく、それをきっかけに骨折や外傷を負うため、脳血管障害や高齢による虚弱と同様に寝たきりや介護量増加の因子⁴となる。それに加え、転倒経験者は転倒に対する恐怖心から日常生活動作の範囲を狭めてしまう危険性が高く、QOLを著しく低下させると言われている⁵⁻⁷。

そのため、これまで高齢者を対象に様々な探索的研究が行われ、転倒リスク因子⁸として過去の転倒歴、筋力低下や歩行障害などが挙げられている。

II. 高齢者の転倒特性

高齢者の転倒は在宅高齢者と施設入所者で大きく異なり、在宅高齢者は一般に道路や歩道など屋外で発生頻度が高く⁹、転倒時の動作は50～60%が歩行である。さらに、転倒の原因は「躓き」が最も多く約40%を占める¹⁰。転倒時間は外出機会が多くなる午前10時～11時と午後2時～5時に多く発生する¹¹。

一方、転倒発生率の高い施設入所者は、トイレ内の転倒発生頻度が高く¹² トイレ動作に関連した転倒が非常に多い¹³。さらに、施設入所者で車椅子を使用している者の転倒原因は移乗動作の失敗が最も多く、転倒方向は後方に多い傾向が報告されている¹²。

このように施設入所者は身体的・認知的な特性が在宅高齢者と異なることから転倒の場所や原因に違いがある。しかしながら、どのような外的・内的リスク因子が施設入所者の転倒と関連しているか十分には明らかにされていない。

Ⅲ. 転倒の合併症

転倒は単に転ぶだけでなく、骨折や外傷の合併症を伴うことが知られており、Cummings らは、大腿骨頸部骨折の 92%、橈骨遠位端骨折の 96%は転倒が原因と報告している¹⁴。さらに、日本整形外科学会の報告では、大腿骨頸部骨折の原因は 73%が同一平面内の転倒であり、そのほとんどが日常生活内で発生している¹⁵。Tinetti らによると、75 歳以上の高齢者では転倒の 4%で骨折が合併し、1%で大腿骨頸部骨折が発生していた¹⁶。そして、これら骨折を合併して受傷した場合には長期の入院や手術が必要となることから年間の医療介護経費は 7300 億円以上になるとも試算¹⁷されており、社会保障費の圧迫という視点からも転倒を予防することは極めて重要である。

Ⅳ. 施設における転倒の責任

自宅内で起きた転倒は、その全てが自己責任となる。しかしながら、施設で起こる転倒事故は、運営する施設側がその責任を追及される。

国内では最高裁判所の判断により「施設は通常有すべき安全性」¹⁸を求められ、認知機能の障害はなく、本人がトイレ内の付き添いを拒否したために転倒へ至った場合であっても、施設側の責任を認める判例が存在する¹⁹。このような社会的背景からも、施設内の転倒発生を減少させる効果的な介入方法の構築は、利用者と運営者の両面から見て急務の課題といえる。

Ⅴ. 施設における転倒予防介入

1. 効果を認めた転倒予防介入

施設入所者の転倒を予防する介入研究は、これまで盛んに行われている。アメリカ老年医学会の転倒予防ガイドラインは病院や施設において多要因による転倒予防介入が推奨されている。Jensen らはスタッフの転倒予防教育、居室環境の調整、運動プログラム、補助具の使用、薬剤の調整、ヒッププロテクターの使用、転倒カンファレンスの実施など多要因に対する介入を行い、転倒発生率減少効果を報告している²⁰。また、Becker らは、スタッフおよび利用者に対して転倒予防教育を行い、筋力トレーニングとバランストレーニング、居室環境の調整、ヒッププロテクターの装着の多要因に対する介入を行い、転倒発生率減少効果

を報告している²¹。Silva ら²²は運動を用いた施設入所者の転倒予防システムレビューで週 3 回以下の低頻度で、3 ヶ月未満もしくは 6 ヶ月以上介入した場合に転倒予防効果があったとして、3 から 6 ヶ月の中期的な期間の介入では効果が無かったとしている。

2. 効果を認めなかった転倒予防介入

多要因に対する介入の中には、転倒予防効果を確認出来なかったとしているものもある。Ray ら²³は居室環境の調整、薬剤の調整、移動方法の指導を組み合わせた介入を行ったが転倒予防効果はなかったとしている。また、運動療法を用いた介入で Nowalk²⁴らは筋力トレーニングと歩行練習、エルゴメーターと太極拳を取り入れた介入は、転倒予防効果は見られなかったと報告している。また、単因子介入で Murlow ら²⁵は、施設入所者に対して、理学療法士の個別運動療法を 4 ヶ月間行い、転倒予防効果を検証したが、移動能力の向上は認めたものの転倒予防には効果がなかったとしている。

3. ビタミン D による転倒予防

近年は、ビタミン D が骨格筋や神経に作用し筋力を高めバランス能力を維持させることから、施設入所者の転倒率減少効果が確認されている^{26,27}。Flicer らは、血中のビタミン D 濃度低下が転倒に有意な影響を与えるとしている²⁶。Bischoff らは、転倒予防に必要なビタミン D の摂取量は 1 日 800IU (22ng/ml) とし、1 年間で 22%の転倒予防効果を報告している²⁷。

しかしながら、施設入所の多くは血中のビタミン D 濃度を推奨値 20ng/ml に維持出来ておらず、腸管の機能低下などにより通常の食事摂取だけでは賅えないと指摘されている^{28,29}。栗原らは、ビタミン D 不足の施設入所者へ 1 ヶ月間ビタミン D の補助食品を使用して血中ビタミン D 濃度を概ね推奨値に上昇させることが出来たとしている²⁹。この研究では、転倒発生の検討がなされておらず施設入所者を対象とした効果検証が必要である。

それに加え、ビタミン D は筋量³⁰や骨密度³¹を維持する作用が知られており、不足や欠乏の状態が続くことでサルコペニアや骨粗鬆症を有病する。近年では、このサルコペニアと骨粗鬆症を同時に有病しているオステオサルコペニ

アという状態が最も転倒リスクが高いというコホート研究³²も報告されており、ビタミン D 不足を背景としたこれらの有病率と転倒リスクについても調査を行う必要がある。

4. コクランレビューにおける施設入所者の転倒予防エビデンス

これまでの報告から、施設入所者の転倒予防対策としてコクランシステマティックレビューでは、ビタミン D の経口摂取のみがエビデンス³³のある効果を証明されており 37%程度の転倒減少作用があるとされる。

しかしながら、この報告の翌年には運動介入であっても運動の頻度と期間を適切に調整した場合には転倒予防効果があったとする Silva らのシステマティックレビュー²²もあるため、運動介入は一定の見解を得ていない。特にビタミン D 経口摂取は骨格筋に作用することで転倒予防効果があるとしていることから適切な運動療法との組み合わせは、相乗効果も期待されると考えられる。

そこで本研究では、効果的な転倒予防方法の確立を主たる目的として、施設入所者の転倒リスク因子を多角的に把握すること、転倒予防を目的とした運動介入やビタミン D 経口摂取が身体に与える効果、そして、実際の転倒予防効果を検証することとした。

第1章 介護老人保健施設入所者の転倒リスクに関する横断調査

第1節 目的

老健施設入所者の約70%は車椅子使用者¹²であり、大多数を占める。これら車椅子使用者の転倒リスク因子を分析することは、老健施設内の転倒予防策立案に必要である。そこで細分評価し、車椅子使用者のうち「どのようなリスクを有する者」がより転倒しやすいか前向きに調査することとした。

第2節 研究方法

1. 対象

対象は19ヵ月間に、大都市近郊A介護老人保健施設へ新規入所した75名のうち、車椅子を日常生活の移動手段とする者62名を取り込み対象とした。車椅子使用者であっても、障害老人の日常生活自立度判断基準でC2レベルの者は対象から除外した。性別の内訳は男性14名、女性48名、平均年齢85.4±7.9歳(62-101歳)であった。観察はそれぞれの入所時から最長6ヵ月間を追跡した。

2. 入所時評価

入所当日に、理学療法士が全ての対象者に対してベースライン評価を実施した。入所時評価は、先行研究³⁴⁻⁴⁶で転倒と関連が報告されている年齢、過去1年間の転倒歴、身体機能、精神機能、生理機能、医学的処置、経済状況の7カテゴリーを調査した。連続変数のデータは年齢、Functional Independence Measure (以下:FIM)と長谷川式簡易知能評価スケール(Hasegawa's Dementia Scale for Revised 以下:HDS-R)の3項目で、それ以外の回答はそれぞれ有無を問う2択式で構成した。年齢は80歳で2群に分け、FIMは三分位の上位1/3であるFIM85点で2群化した。また、HDS-Rはカットオフ値20点で2群化した。

身体機能に含まれる下位項目は合併症³⁹、歩行補助具使用³⁴、視力障害³⁵、移乗能力低下(1人で移乗が出来るか)³⁵、背中が丸くなってきたか³⁸、歩行速度低下(10m歩行20秒以上もしくは歩行できない)³⁹、慢性的な疼痛³⁹、

下肢筋力低下（Manual Muscle Testing による膝関節伸展 4 以下）³⁹，方向転換能力低下³⁹，FIM 得点とした。精神機能には暴言・暴力³⁷，HDS-R^{38,39}，精神状態低下（過信のない自己判断が出来ない）³⁴を含んだ。生理機能は頻回な排泄（日中 8 回以上，夜間 2 回以上のどちらか）³⁵，昼夜の排泄場所が異なる（例：日中フロアトイレ，夜間はポータブルトイレ使用）⁴²，足底感覚障害⁴³とした。医学的処置には，向精神薬内服⁴³，抗不安薬内服⁴²，睡眠導入剤の内服⁴⁴，内服薬剤 1 日 4 剤以上⁴⁴，ベンゾジアゼピン系薬の内服⁴⁴，が含まれた。経済状況⁴⁵は介護保険の利用者負担段階で第 4 および第 3 段階は中所得，第 2 および第 1 段階は低所得と分類した。

3. 転倒の定義

入所から最大 6 ヶ月間転倒の前向き調査を実施した。転倒の定義は，Gibson の定義⁴⁶および WHO による国際疾病分類の転倒・転落⁴⁷に基づいた。そのため，本研究では車椅子からのずり落ちも転倒として取り扱った。転倒状況は施設で使用するインシデント・アクシデント報告書を用いて確認した。

4. 統計解析

入所時評価の各項目について，車椅子群における転倒・非転倒の 2 群比較には対応のない t 検定および χ^2 検定を用いた。次に，車椅子群の転倒に有意に関連したリスク因子を性・年齢で調整するためロジスティック回帰分析を行った。

第3節 結果

1. 転倒の発生について

対象者の転倒観察期間は平均 174.6 ± 25.1 日 (49- 184 日) であり, 53 名 (84.2%) は最長観察期間の 6 ヶ月を調査した。対象者 62 名のうち観察期間に転倒した者は 29 名 (46.8%), 複数回以上転倒した者は 29 名中 16 名であった。転倒者のうち 1 名は骨折 (肋骨骨折), 2 名が打撲に至った。残りの 26 名に目立った外傷は認めなかった。

転倒者 29 名のうち, 入所から 2 ヶ月以内に 23 名 (79.3%) は転倒した。また, 非転倒群と転倒群の基本属性に有意な差は見られなかった (表 1)。初回転倒 29 件の発生場所は居室が最も多く, 車椅子使用者は居室つまりベッドサイド周辺の転倒事象が 20 件 (69%) であった (表 2)。

表1 対象者の基本属性

	全体 N = 62	車椅子		p値
		非転倒 n = 33	転倒 n = 29	
性別 (男性/女性)	14/48	7/26	7/22	0.783
年齢 (歳)	85.4 ± 7.9	86.4 ± 7.5	84.2 ± 8.4	0.275
身長 (cm)	147.8 ± 8.9	146.8 ± 9.5	149.0 ± 8.3	0.349
体重 (kg)	44.4 ± 9.4	43.7 ± 10.7	45.2 ± 7.8	0.535
BMI	20.1 ± 3.1	19.8 ± 3.4	20.4 ± 2.8	0.499
入所期間 (日)	174.6 ± 25.1	178.3 ± 13.8	170.5 ± 33.5	0.253

数値は、n ± (SD)

2. 車椅子使用者の転倒リスク因子

入所時評価における転倒・非転倒の比較を表 3 に示す。転倒群と非転倒群の比較では, 年齢, 転倒歴および HDS-R に有意差はなく, 身体機能のうち, 「背中が丸くなってきた」の回答が転倒群 59.1%, 非転倒群 26.7% で転倒群が有意に多かった。FIM 得点 85 点以上の者は, 転倒群 50.0%, 非転倒群 23.3% であった。医学的処置では, 睡眠薬や抗不安薬として用いられるベンゾジアゼピン系薬の使用は転倒群で有意に多く, 転倒群 27.3%, 非転倒群 6.7% であった。

単変量解析にて車椅子群の転倒の有無に有意差を認めた「背中が丸くなってきた」「FIM 得点 85 点以上」「ベンゾジアゼピン系薬内服」「薬剤投与数」の,

表2 転倒発生状況の内訳

対象者ID	転倒場所	転倒に至った行動	転倒時間帯
1	居室	トイレへ行くため車椅子に移乗	4:40
2	居室	車椅子からベッドへ移乗	13:15
3	居室	タンス整理のため立ち上がり	10:00
4	居室	トイレへ行くため車椅子に移乗	5:45
5	居室	ポータブルトイレへ移乗	5:15
6	居室	トイレへ行くため車椅子に移乗	10:30
7	居室	ベッド端から立ち上がり	2:00
8	居室	トイレへ行くため車椅子に移乗	4:00
9	居室	ポータブルトイレへ移乗	2:25
10	居室	トイレへ行くため車椅子に移乗	2:55
11	居室	カーテンを閉めるため立ち上がり	16:40
12	居室	車椅子からベッドへ移乗	14:20
13	居室	車椅子からベッドへ移乗	6:50
14	居室	トイレへ行くため車椅子に移乗	21:05
15	居室	ポータブルトイレへ移乗	21:20
16	居室	ベッドから車椅子へ移乗	6:45
17	居室	トイレへ行くため車椅子に移乗	8:20
18	居室	車椅子からベッドへ移乗	19:00
19	居室	車椅子からベッドへ移乗	18:20
20	居室	車椅子からベッドへ移乗	16:10
21	トイレ	便座から車椅子へ移乗	7:00
22	トイレ	車椅子から便座へ移乗	9:30
23	トイレ	便座から車椅子へ移乗	13:00
24	トイレ	便座から車椅子へ移乗	15:50
25	トイレ	便座から車椅子へ移乗	5:05
26	食堂	車椅子上からずり落ち	21:15
27	食堂	立ち上がり後バランスを崩す	5:40
28	廊下	車椅子上で本を拾うため前傾	13:30
29	廊下	車椅子上からずり落ち	6:30

年齢、性別による調整後のロジスティック回帰分析のオッズ比は背中が丸くなってきた 4.11 (信頼区間：1.255-13.503)，FIM 得点が 85 点以上 1.03 (信頼区間：0.999-1.053)，ベンゾジアゼピン系薬内服 4.16 (信頼区間：0.596-28.997)，薬剤投与数 1.10 (信頼区間：0.851-1.419) であった (表 4)。

表3 ベースライン評価の転倒リスク因子単変量解析結果

	全体	車椅子		p値
	N = 62	非転倒 n = 33	転倒 n = 29	
転倒歴				
過去一年間の転倒	36 (58.1)	18 (54.5)	18 (62.1)	0.55
身体機能				
背中が丸くなってきた	25 (46.3)	8 (24.2)	17 (58.6)	0.01
慢性疼痛がある	27 (43.5)	11 (33.3)	16 (55.2)	0.08
下肢筋力低下	59 (95.2)	31 (93.9)	28 (96.6)	0.63
方向転換能力低下	59 (95.2)	31 (93.9)	28 (96.6)	0.63
FIM得点	73.0 ± 22.9	70.0 ± 23.4	79.9 ± 21.0	0.02
精神機能				
暴言・暴力がある	4 (6.5)	2 (6.1)	2 (6.1)	0.89
HDS-R20点以下	47 (75.8)	27 (81.8)	20 (69.0)	0.24
生理機能				
頻回な排泄がある	13 (21.0)	8 (24.2)	5 (17.2)	0.50
昼夜の排泄場所が異なる	42 (74.2)	21 (63.6)	21 (72.4)	0.46
足底感覚障害	16 (25.8)	6 (18.2)	10 (34.5)	0.14
医学的処置				
向精神薬	4 (6.5)	1 (3.0)	3 (10.3)	0.24
抗不安薬	9 (14.5)	3 (9.1)	6 (20.7)	0.20
ベンゾジアゼピン系薬	10 (16.1)	2 (6.1)	8 (27.6)	0.02
認知症治療薬	3 (4.8)	1 (3.0)	2 (6.9)	0.48
骨粗鬆症薬	3 (4.8)	2 (6.1)	1 (3.0)	0.63
睡眠導入剤	4 (6.5)	2 (6.1)	2 (6.9)	0.89
薬剤投与数	4.3 ± 2.7	3.6 ± 2.6	5.0 ± 2.6	0.05
経済状況				
低所得区分	36 (51.8)	19 (57.6)	17 (58.6)	0.93

数値は、n ± (SD) または n (%)

表4 車椅子使用者の転倒リスク因子

リスク因子	オッズ比	95%信頼区間	p値
ベンゾジアゼピン系薬内服	4.16	0.596 - 28.997	0.150
背中が丸くなってきた	4.11	1.255 - 13.503	0.020
薬剤投与数	1.10	0.851 - 1.419	0.470
FIM得点	1.03	0.999 - 1.053	0.063

第4節 考察

老健施設に入所する高齢者を対象に、車椅子使用者の転倒リスク因子を明らかにするため前向き調査を行った。その結果、「背中が丸くなってきた」は転倒に有意に関連した。

背中が丸くなってきたかという質問項目は、アライメント変化を問うことでマルアライメントによる重心制御能力の低下⁴⁸を間接的に聴取している。利用者自身もしくは家族が主観的にアライメント変化を感じているかを質問しており「いつから背中が丸くなってきたか」という時間の定義は先行研究⁴⁹同様に行わなかった。背中が丸くなることは骨粗鬆症との関連も示唆されており、身長が25歳の時から短縮4cm以上の者は椎体骨折の相対危険率は2.8倍高く⁵⁰、転倒後の重篤な骨折へのリスクが高い。今回の対象者75名のうち、骨粗鬆症の薬物治療を行っていた者は3名(4%)と非常に少なく、平均年齢84.8歳から推計すると女性は60%程度、男性は10~20%が骨粗鬆症患者^{51,52}であり、老健施設における骨粗鬆症治療は積極的ではないことも併せて明らかになった。

しかしながら近年、骨粗鬆症研究の中でビタミンD投与による転倒発生率の低下が報告²⁶⁻²⁸されている点からも、転倒予防を目的とした積極的な骨粗鬆症の薬物療法や、ビタミンDの適正摂取を目的とした食事療法は老健施設に入所する者に対して、より積極的に実施する必要性があると考えられる。

FIM得点が高い程、転倒リスクが高まる結果は歩行可能な高齢者と異なっていた。回復期病棟における検討ではFIM得点が低い者に転倒リスクは高かったと報告され⁵⁵、本研究では車椅子使用者のみを対象としたことで結果が異なつたと考える。車椅子使用者で比較的生活自立度が高い者は独力にて移動・移乗を行うため、転倒が発生していると考えられる。これは老健施設の生活リズムが背景にあると推測される。施設内の転倒は早朝から午前と夕方以降に多く発生することが報告⁵⁶されており、この時間帯に複数の利用者がトイレや洗面に向かい起床や就寝の行動を開始するため、ADLの自立度が高い車椅子使用者は1人で行動していることが考えられる。

3つ目の転倒リスク因子はベンゾジアゼピン系薬の内服であった。ベンゾジアゼピン系薬は主に睡眠導入剤や抗不安薬として用いられており、先行研究^{43,44}も同薬剤の服用者は転倒リスクが高くなることを指摘している。虚弱な高齢者

はベンゾジアゼピン系薬による有害作用があるとされ、この薬剤は「高齢者の安全な薬物療法ガイドライン」⁴³において、特に慎重な投与を要する薬物に指定されている。指定理由は、過鎮静、転倒、筋弛緩作用などであり、投与量の減量、投与の変更を考慮するよう位置づけられている。高橋ら⁴⁴はベンゾジアゼピン系薬剤の増量により転倒が約 2 倍に上昇し、減量は転倒と関連しないと報告している。減量した後の転倒発生をアウトカムとした有害事象は有意に増加しないと報告されており、老健施設内で処方している薬剤の内容を見直し、減量や変更を行うことで、転倒発生の減少を図れる可能性がある。薬剤削減による過少医療の危険を適切にマネジメントすれば、薬剤の有害作用によって起こる転倒を減少させることが出来ると考える。

頻回な排泄行動は転倒危険行動の回数が増加するために施設入所者の転倒リスクとして報告されている⁴¹が、今回は関連が見られなかった。また、排泄箇所が昼夜で異なる場合は夜間の転倒発生が多いと報告⁴¹もあるが、本研究対象者では日中はトイレを使用し、夜間は尿取りパッドで対応することが多かった。その場合、ベッドからの移乗の必要性がない点から、むしろ転倒リスクを低減していると考えられた。

背中が丸くなることは骨粗鬆症との関連も示唆されており、身長が 25 歳の時から 4cm 以上短縮している者は椎体骨折の相対危険率は 2.8 倍高く⁵⁰、転倒後の重篤な骨折へのリスクが高い。今回の対象者 75 名のうち、骨粗鬆症の薬物治療を行っていた者は 3 名(4%)と非常に少なく、平均年齢 84.8 歳から推計すると女性は 60%程度、男性は 10~20%が骨粗鬆症患者^{51,52}であり、老健施設における骨粗鬆症治療は積極的ではないことも併せて明らかになった。

しかしながら近年、骨粗鬆症研究の中でビタミン D 投与による転倒発生率の低下が報告²⁷されている点からも、転倒予防を目的とした積極的な骨粗鬆症の薬物療法や、ビタミン D の適正摂取を目的とした食事療法は老健施設に入所する者に対して、より積極的に実施する必要があると考える。

第 2 章 介護老人保健施設入所者のビタミン D 不足と転倒リスク

第 1 節 目的

老健施設入所者は身体的・認知的に虚弱な集団であり、第 1 章では入所者の多数を占める車椅子使用者の特異的な転倒リスクを中心に明らかにした。

本章では、転倒と強い関連が指摘されている生体内のビタミン D²⁶⁻²⁸ 充足状況を調査する。ビタミン D 不足は筋力の低下と関連することから、歩行が可能であるか車椅子使用者であるかによって 2 群比較を行うこととした (検証 I)。さらに、このビタミン D は食事からの摂取以外に日照暴露⁵⁴によっても皮膚で産生されることが知られる。そのため、入所している居室の配置による影響も懸念される。この点についても十分な検討を行うこととする (検証 II)。

第 2 節 研究方法

検証 I . ビタミン D 不足と転倒リスクの移動様式別調査

対象は大都市近郊の老健施設に入所する女性 71 名、平均年齢 85.0±19.8 歳とし、測定期間は 2013 年 9 月中旬とした。車椅子群と比較検討する対象は同一施設に入所する歩行可能者(以下：歩行群)とした。屋内は歩行しているが屋外は車椅子を使用している者も歩行群として取り扱った。

測定項目は、Skeletal Muscle Mass Index(以下：SMI)値と 25(OH)D、握力、要介護度、過去 1 年間の転倒歴、HDS-R、FIM、年齢、身長、体重、BMI とした。

SMI 値は生体インピーダンス法にて測定した骨格筋量から、計算式：骨格筋量(kg)/身長(m)²を行い算出した。サルコペニア定義は Asia Working Group for Sarcopenia⁵⁷ のアルゴリズムに従った(図 1)。25(OH)D 測定のための採血は看護師が行った。握力測定は左右それぞれ 2 回測定した平均値を採用した。

HDS-R、FIM は過去 3 ヶ月以内で最新のデータを採用し、要介護度、過去 1 年間の転倒歴、年齢、身長、体重、BMI はカルテから情報収集した (表 5)。

統計学的検討は歩行群と車椅子群の 2 群比較を χ^2 検定、対応のない t-検定、Mann-Whitney U 検定を用いて行なった後、有意差を認めた項目を説明変数としたロジスティック回帰分析を行った。有意水準は 5%未満とした。

表5 基本属性

	全体			p値
	N = 71	車椅子群 n = 42	歩行群 n = 29	
年齢(歳)	85.7 ± 7.7	87.3 ± 7.1	83.5 ± 8.3	0.043
身長(cm)	145.7 ± 6.8	145.1 ± 6.5	146.6 ± 7.2	0.340
体重(kg)	43.6 ± 8.1	43.2 ± 7.9	44.1 ± 8.6	0.638
BMI(kg/m ²)	20.5 ± 3.5	20.6 ± 3.7	20.4 ± 3.2	0.882
HDS-R(点)	13.9 ± 8.5	13.1 ± 8.9	15.1 ± 7.8	0.324
FIM(点)	83.8 ± 24.8	72.7 ± 24.9	99.9 ± 13.2	0.000
要介護度				
1	13 (18.3)	6 (46.2)	7 (53.8)	0.164
2	20 (28.2)	11 (55.0)	9 (45.0)	
3	8 (11.3)	8 (47.1)	9 (52.9)	
4	18 (25.4)	15 (83.3)	3 (16.6)	
5	3 (4.2)	2 (66.6)	1 (33.3)	

数値は、n ± (SD) または n (%) χ^2 検定 対応のないt-検定 Mann-WhitneyU検定
HDS-R: 長谷川式簡易知能評価スケール FIM: 機能的自立度評価法

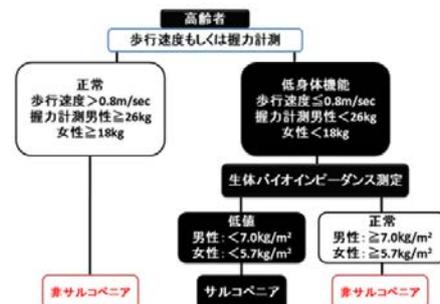


図1 サルコペニア判定アルゴリズム

検証Ⅱ. 居室配置の違いとビタミンD不足および転倒リスク

対象者はA老健施設入所者91名(女性69名), 平均年齢84.3±8.8歳とした(表6)。転倒は過去1年間の転倒有無を事故報告書から調査を行いデータ収集した。測定項目はI. ビタミンD不足と転倒リスクの移動様式別調査と同じ項目を行った。

4床部屋に入所する者のうち窓側2床を窓側群, 通路側2床を通路側群と分け2群比較した(図2)。

統計解析は過去1年間の転倒発生有無の比較に χ^2 検定, 25(OH)D, SMI値, YAM値, 基本属性の2群比較にはMann-WhitneyU検定を用いた。有意

差を認めた項目を用いて「通路側」を従属変数としたロジスティック回帰分析を行った。なお, 全ての統計学的検討の有意水準は5%未満とした。

表6 基本属性

項目	全体 N=91
年齢(歳)	84.3 ± 8.8
身長(cm)	149.2 ± 9.2
体重(kg)	45.6 ± 8.5
BMI(kg/m ²)	20.5 ± 3.2
入所期間(日)	327.5 ± 332.1

BMI: Body Mass Index

FIM: Functional Independence Measure



第3節 結果

検証Ⅰ. ビタミンD不足と転倒リスク移動様式別調査

対象の移動様式は車椅子群 42名(59.2%)、歩行群 29名(40.8%)であった。2群の単変量解析ではサルコペニアの有病率は車椅子群 17名(41.5%)、歩行群 6名(21.4%)と車椅子群は有意にサルコペニアを有病していた。25(OH)Dは車椅子群 11.4±3.7ng/ml、歩行群 14.5±4.2ng/mlと車椅子群は有意に低下していた。過去1年間の転倒歴は車椅子群 20名(47.6%)、歩行群 5名(17.2%)であり車椅子群は有意に転倒歴を多く有していた。握力は車椅子群 7.5±4.0kg、歩行群 11.2±3.5kgと車椅子群は有意に低下していた。また、FIMは車椅子群 72.7±24.9点、歩行群 99.9±13.5点と車椅子群は有意に低下していた。なお、その他の2群比較では有意差を認める項目はなかった(表7)。

表7 測定項目の2群比較

	全体		p値	
	N = 71	車椅子群 n = 42		歩行群 n = 29
サルコペニア	23 (32.3)	17 (41.5)	6 (21.4)	0.079
SMI(kg/m ²)	7.2 ± 0.9	7.0 ± 0.8	7.6 ± 0.8	0.008
25(OH)D(ng/ml)	12.6 ± 4.2	11.4 ± 3.7	14.5 ± 4.3	0.002
握力(kg)	9.1 ± 4.2	7.5 ± 4.0	11.2 ± 3.5	0.000
転倒歴あり	25 (35.2)	20 (47.6)	5 (17.2)	0.008

数値は、n ± (SD)またはn (%) χ^2 検定 対応のないt-検定 Mann-WhitneyU検定
SMI: Skeletal Muscle Mass Index 25(OH)D: 25-ヒドロキシビタミンD

次に、移動様式を目的変数、単変量解析で有意な関連が認められた「サルコペニア」「25(OH)D」「過去1年間の転倒歴」「FIM」を説明変数とし、強制投入したロジスティック回帰分析を行った。その結果、歩行群に対して車椅子群は有意に25(OH)Dが低下(オッズ比 0.70, 95%信頼区間 0.55-0.90)、転倒歴があり(オッズ比 4.74, 95%信頼区間 1.01-22.35)、FIMが低値(オッズ比 0.92, 95%信頼区間 0.87-0.96)であった(表8)。

表8 車椅子使用者リスク因子

リスク因子	オッズ比	95%信頼区間	p値
年齢	0.95	0.98-1.18	0.107
SMI	0.38	0.07-2.04	0.259
25(OH)D	0.70	0.55-0.90	0.005
転倒歴	4.74	1.01-22.35	0.049
FIM得点	0.92	0.87-0.96	0.001

検証Ⅱ. 居室配置の違いとビタミンD不足および転倒リスク

窓側群と通路側群の2群を比較した単変量解析で、通路側群は転倒が多く、25(OH)Dは低く、FIM得点も有意に低かった。その他の筋量、骨密度や基本属性では2群間に有意差はなかった(表9)。

表9 測定項目2群比較

項目	全体	窓側群	通路側群	P値
	N=91	n=50	n=41	
年齢(歳)	84.3 ± 8.8	84.5 ± 8.9	84.2 ± 8.8	0.959
性別(女性(%))	69 (75.8)	39 (78.0)	30 (73.2)	0.630
過去1年間の転倒者	37 (40.7)	13 (26.0)	24 (58.5)	0.002
SMI (kg/m ²)	7.4 ± 1.0	7.4 ± 1.0	7.4 ± 1.0	0.924
%YAM	61.3 ± 14.5	60.8 ± 13.4	62.0 ± 16.0	0.870
握力 (kg)	10.2 ± 5.6	10.7 ± 5.6	9.6 ± 5.5	0.325
25(OH)D (ng/mL)	13.0 ± 5.0	13.9 ± 5.4	11.8 ± 4.3	0.017
FIM (点)	82.3 ± 24.8	90.1 ± 22.4	72.8 ± 24.4	0.000
HDS-R (点)	13.1 ± 8.4	14.5 ± 8.2	11.4 ± 8.5	0.075
入所期間(日)	327.5 ± 332.1	291.0 ± 285.6	372.1 ± 380.2	0.378

数値: N(%)またはMean ±SD 25(OH)D: 25hydroxyvitaminD SMI: Skeletal Muscle Mass Index YAM: Young Adult Mean

FIM: Functional Independence measure HDS-R: Hasegawa's Dementia Scale for Revised (マン・ホイットニーU検定、χ²検定)

次に、単変量解析で有意差を認めた転倒、25(OH)D、FIMを独立変数とし調整因子に年齢、性別を入れ、通路側を従属変数とした強制投入法によるロジスティック回帰分析を行った。その結果、通路側群は過去一年間の転倒がオッズ比4.39(信頼区間: 1.60-12.01)と有意に転倒リスクが高く、25(OH)Dはオッズ比0.89(信頼区間: 0.80-0.99)と有意に生体内のビタミンD不足は見られ、FIMはオッズ比0.97(信頼区間: 0.95-0.99)と生活における自立度は有意に低下していた。居室の環境と転倒リスクには強い関連が示唆された(表1)。

表10 ロジスティック回帰分析の結果 (性・年齢調整済)

項目	オッズ比	95% 信頼区間	P値
過去1年間の転倒者	4.39	1.60 - 12.01	0.004
25(OH)D	0.89	0.81 - 0.99	0.026
FIM	0.97	0.95 - 0.99	0.002

25(OH)D: 25hydroxyvitaminD FIM: 機能的自立度評価法

第4節 考察

検証Ⅰ．ビタミンD不足と転倒リスク移動様式別調査

車椅子群を従属変数としたロジスティック回帰分析の結果、歩行群と比較して25(OH)Dの低下、転倒歴、FIMの低値が独立した因子であることが示唆された。サルコペニア有病は車椅子群に有意な関連因子ではなかった。血中ビタミンD濃度(25(OH)D)が低下した原因は腎機能低下⁵³、皮膚産生能の低下などが推測され、ビタミンDは食事からの摂取だけでは推奨値20ng/mlを維持できない²⁹ため車椅子群は栄養補助の必要性が高い集団と考えられる。また歩行をしていない者が性、年齢を調整してもなおビタミンD不足状態だったことから歩行するという行為は移動のためだけでなく、消化器官への吸収促進効果が推測される。そのため、車椅子使用者であっても環境の調整や補助具を用いて歩行練習を行うことがビタミンD吸収、筋力およびバランス能力強化につながり、転倒リスクをより軽減させる可能性がある。

車椅子群で「過去1年間の転倒歴」⁴⁰、「FIM得点低値」⁴⁰が有意な独立関連因子であったことは、これまでの先行研究と一致しており、日常生活で車椅子を使用している者は転倒予防やADL維持へ介入の必要性が高いと考えられる。

検証Ⅱ．居室配置の違いとビタミンD不足および転倒リスク

Iの結果を考えていく上で、日照暴露によっても合成されるビタミンD⁵³を取り扱うのであれば居室による日照暴露の不平等が続くという視点から、居室が窓側もしくは通路側という違いから比較を行った。通路側を従属変数としたロジスティック回帰分析では転倒リスクが4倍程度高く、25(OH)Dは有意に低く、FIM得点も低い結果となった。このことはIおよびIIの研究を通じ、長期入所施設における居室の違いと移動様式がビタミンD充足に関わる独立因子であることを示すと同時に歩行が行えない者である車椅子使用者はビタミンD低下状態であり、転倒リスクが高いこと¹³、通路側で居住している者はビタミンD低下状態であり、転倒リスクが高いことを明らかにした。転倒予防に配慮した環境の調整などを十分に行う必要はあるが、車椅子使用者を窓側の部屋に配置することは日照暴露の時間⁵⁴を創出し、転倒予防対策として有効な可能性が推測される。

期間は言及できないが、居室を窓側と通路側でローテーションを行うことは、全体の入所者 25(OH)D を上昇させ、転倒リスクを低減する有効な方法の1つになると推測される。

第3章 介護老人保健施設入所者のオステオサルコペニアと転倒リスク

第1節 目的

第3章では、転倒とオステオサルコペニア（以下：OS）の関係性を中心に取り扱う。OSは骨格筋量や筋力が低下したサルコペニアと、骨密度が低下した骨粗鬆症を同時に有病している状態である。この有病者は地域在住高齢者を対象とした先行研究において転倒・骨折リスクが高いと指摘されている³²。しかしながら、老健施設に入所する要介護高齢者のそれら有病率は全く分かっていないのが現状である。

そのため、本研究はOSの有病率を調査するとともに転倒リスクがあるかどうかを検討することとした。

第2節 研究方法

対象は第2章Ⅱで行った測定項目に、QUS（超音波法：quantitative ultrasound）の骨密度計測を行えた要介護高齢者89名（女性68名）、平均年齢85.0±7.8歳とした（表11）。

なお、測定項目は、SMI値、握力、%Young Adult Mean（以下：%YAM）、25(OH)D、要介護度、過去1年間の転倒歴、長谷川式簡易知能評価スケール（以下：HDS-R）、FIM、年齢、身長、体重、BMIとした。骨粗鬆症は%YAMが70未満の者とした。

統計学的検討はOS、サルコペニア単独（以下：SP）群、骨粗鬆症単独（以下：OP）群の有病率を集計した後に、性別ごとのOS有病率、10歳ごとの年齢階級別のOS有病率を調査した。さらに、OS有病者とSP単独もしくはOP単独で有病している者とそれぞれの転倒歴や骨折歴を比較した。そのため、項目に応じて χ^2 検定、Fisher's exact test、一元配置分散分析を用いて行った。なお、有意水準は5%未満とした。

表11 対象者の基本属性および測定項目

	全体		OS群	サルコペニア単独群	骨粗鬆症単独群	非該当群	最小期待度数 もしくはp値	p値
	N = 89 (100%)	21/68	n = 61(68.5%)	n = 14(15.7%)	n = 9(10.1%)	n = 5(5.6%)		
性別(男性/女性)		21/68	8/53	10/4	1/8	3/2	1.18	0.000
年齢(歳)	85 ± 7.8		86.0 ± 7.6	83.7 ± 6.6	85.7 ± 7.3	74.4 ± 7.7	3.88	0.001
身長(cm)	149.0 ± 9.2		146.8 ± 8.4	154.5 ± 8.8	153.2 ± 9.5	151.8 ± 12.1	3.50	0.011
体重(kg)	45.5 ± 8.3		43.9 ± 7.9	46.3 ± 8.4	51.6 ± 9.1	51.6 ± 6.5	3.54	0.771
BMI(kg/m ²)	20.5 ± 3.2		20.3 ± 3.0	19.3 ± 2.3	22.2 ± 4.9	22.5 ± 2.7	2.29	0.987
握力(kg)	10.1 ± 5.5		10.1 ± 5.5	8.6 ± 6.8	11.2 ± 5.8	13.7 ± 6.7	1.17	0.327
25(OH)D(ng/mL)	13.2 ± 5.0		12.4 ± 3.6	14.8 ± 9.0	12.9 ± 5.2	16.4 ± 4.0	3.74	0.169
SMI(kg/m ²)	5.1 ± 1.0		4.8 ± 0.8	5.5 ± 0.9	6.3 ± 0.7	6.4 ± 0.6	16.65	0.000
SOS(m/s)	1460.0 ± 30.8		1450.3 ± 17.7	1507.1 ± 28.1	1436.3 ± 26.4	1480.0 ± 12.2	38.87	0.000
YAM(%)	61.3 ± 14.7		56.6 ± 7.8	83.8 ± 15.0	49.4 ± 12.3	77.4 ± 6.0	39.25	0.000
HDS-R(点)	13.2 ± 8.5		13.9 ± 9.0	10.8 ± 8.0	11.4 ± 7.4	14.2 ± 4.7	0.64	0.593
FIM(点)	82.3 ± 25		82.8 ± 26.0	74.14 ± 27.5	84.1 ± 15.2	95.6 ± 13.5	1.00	0.399
要介護度1	13(14.6)		7(53.8)	2(15.4)	2(15.4)	2(15.4)	0.28	0.445
要介護度2	27(30.3)		21(77.8)	1(3.7)	3(11.1)	2(7.4)		
要介護度3	22(24.7)		16(72.7)	4(18.2)	2(9.1)	0(0.0)		
要介護度4	22(24.7)		15(68.2)	5(22.7)	1(4.5)	1(4.5)		
要介護度5	5(5.6)		2(40.0)	2(40.0)	1(20.09)	0(0.0)		
入所期間(日)	323.1 ± 325.7		316.5 ± 328.1	314.9 ± 242.2	483.4 ± 461.1	137.0 ± 35.5	1.30	0.281

数値は、n ± (SD)または n/h BMI : Body Mass Index 25(OH)D : 25ヒドロオキソビタミンD SMI : Skeletal Muscle Mass Index (ANOVA χ^2 test)
 SOS : Speed of Sound YAM : Young Adult Mean HDS-R : 長谷川式簡易知能評価スケール FIM : Functional Independence measure OS : Osteosarcopenia

第3節 結果

対象者 89 名のうちアルゴリズムにて判定されたサルコペニアは 75 名(84.3%)，%YAM70 未満の骨粗鬆症は 70 名(78.7%)であり，これら 2 つを同時に有する OS 群は 61 名(68.5%)であった。そのため，SP 群は 14 名(18.7%)，OP 群は 9 名(12.9%)であった。非該当者は 5 名(5.6%)であった (表 10)。次に，性別で分類した OS 有病率では，男性 8 名(38.1%)，女性 OS53 名(77.9%)であった (表 12)。

表12 性別におけるOS、サルコペニア、骨粗鬆症の有病率

項目	全体 N = 89	男性 n = 21	女性 n = 68	p-value
OS	61 (68.5)	8 (38.1)	53 (77.9)	0.000
サルコペニア	14 (15.7)	10 (47.6)	4 (5.9)	
骨粗鬆症	9 (10.1)	1 (5.0)	8 (11.8)	
非該当	5 (5.6)	2 (10.0)	3 (4.4)	

χ^2 検定(5未満のセル4を含む) OS : Osteosarcopenia (数値はn(%))

65 歳から 10 歳毎の年齢階級別の有病率は OS では 65 歳～74 歳群で 7 名(58.3%)，75 歳～84 歳群で 14 名(63.6%)，85 歳～94 歳群で 31 名(68.9%)，95 歳以上群で 9 名(90.0%)であった (図 3)。

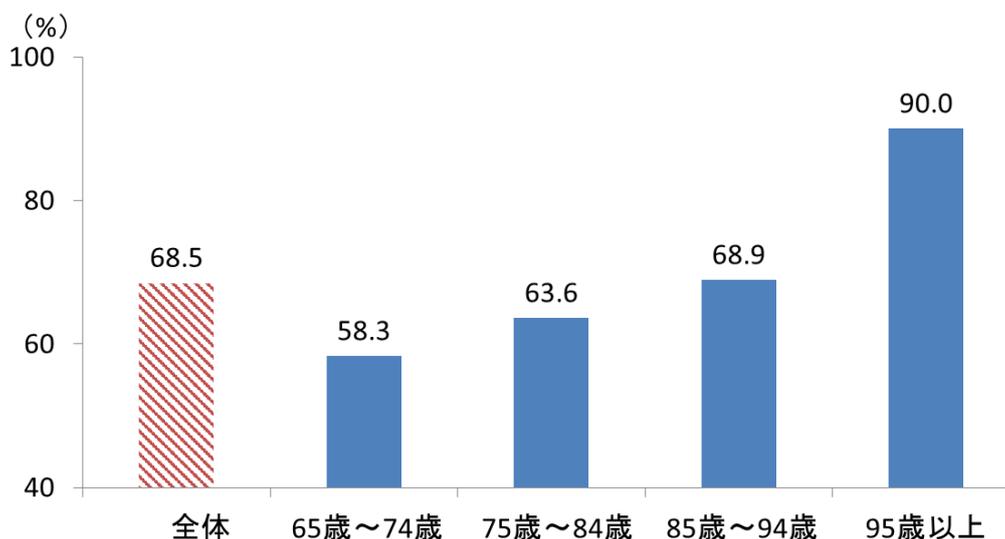


図3 年齢階級別の OS 有病率 OS : オステオサルコペニア

OS 群, SP 群, OP 群, 非該当の 4 群に分けた転倒と骨折の既往歴の検討では, 過去一年間の転倒歴は OS 群 22 名(36.1%), SP 群 9 名(64.3%), OP 群 4 名(44.4%), 非該当 2 名(40.0%)であり, 骨折歴は OS16 名(26.2%), SP 群 1 名(7.1%), OP 群 2 名(22.2%), 非該当 1 名(20.0%)であり, OS 有病と転倒・骨折歴に有意な関連はなかった(表 13)。

表13 有病別の転倒歴および骨折歴

	全体	OS群	SP群	OP群	非該当群	p値
	N = 89	n = 61	n = 14	n = 9	n = 5	
過去1年間の転倒歴, n(%)	37(41.6)	22(36.1)	9(64.3)	4(44.4)	2(40.0)	0.287
骨折歴, n(%)	20(22.5)	16(26.2)	1(7.1)	2(22.2)	1(20.0)	0.494

OS: オステオサルコペニア SP: サルコペニア OP: オステオポロシス

(χ^2 検定)

第4節 考察

YAM 値, SMI 値, 握力を用いて骨粗鬆症の有病疑いがある者およびサルコペニア有病, OS 有病者を分析したところ 61 名(68.5%)と過半数を占めており, 地域在住高齢者の有病率 37%³² よりも高いことが明らかになった。

OS は, そうでない者と比較して約 4 倍転倒リスクが高くなると報告³²されていたが, 本研究対象者である要介護高齢者では, 転倒リスクではなかった。その理由として, 要介護高齢者は複数疾患を併存した状態で生活していることに加え, サルコペニアもしくは骨粗鬆症の有病率^{51,52}が極めて高い集団であったことも影響が強いと推測される。地域在住者よりも高い転倒発生率の要因として, このオステオサルコペニア有病者率の高さも影響があると考えられた。

施設入所者のビタミン D 不足は, これまで施設入所者 435 名を対象として実施された調査では 79.3%であったと報告⁵²されているが, 本研究では 91 名のうち 83 名(91.2%)と高いビタミン D 不足者の割合であった。このことは, 老健施設入所者において, 計画された献立を経口摂取しているだけではビタミン D が充足しないことを示唆している。また, 屋外における活動がほとんどないため, 日照暴露を目的とした屋外活動や外出をこれまで以上に実行しなければならないかもしれない。しかしながら, 既に虚弱な者にとって屋外活動は季節や気候により限定されてしまう。そのため, 老健施設入所者への栄養介入を積極的に行う必要性が高い集団であることが改めて確認されたと考える。

第4章 介護老人保健施設入所者への運動および栄養介入による 転倒予防効果検証：準ランダム比較化試験

第1節 目的

本章では、1章から3章で明らかになった老健施設入所者の特異的な転倒リスクを有する状態で転倒に予防効果があると期待される運動介入およびビタミンDを摂取する栄養介入を3ヵ月間行い、介入による効果が身体機能の改善に与える影響を調査することとした。

さらに、ランダムに4群化された介入方法が異なる老健施設入所者の転倒状況を前向きに6ヵ月間調査し、介入の違いによる転倒予防効果を検証することとした。

第2節 研究方法

1. 対象

老健施設入所者91名（女性68名）、平均年齢84.8±8.8歳とした。除外基準は1) 終末期ケアの対象者(n=2)、2) 中等度以上の腎機能障害を有する者（Chronic Kidney Disease：CDKステージⅢ以上、またはestimate glomerular filtration rate：eGFR60以下）、3) ペースメーカーを使用している者、4) 血糖コントロールが不良な糖尿病の者、5) 本人および家族の同意が得られない者とした（図4）。

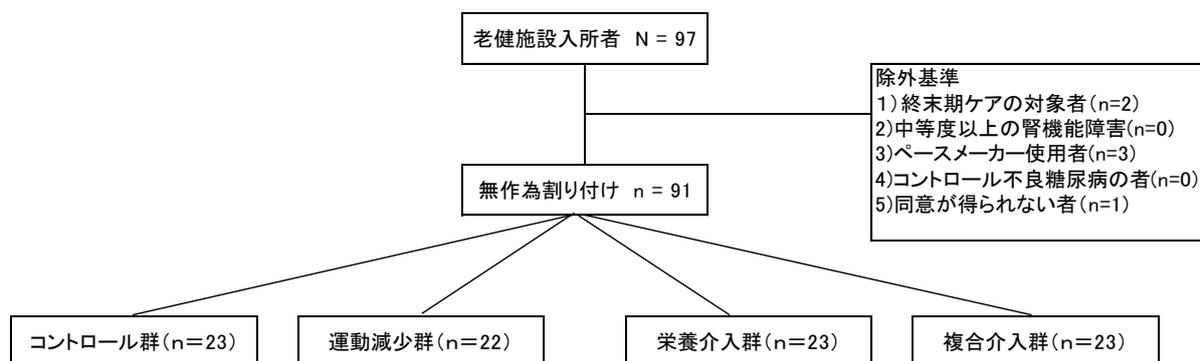


図4 対象者割り付けとフローチャート

2. 方法

4群を無作為に割り付け、コントロール群 23名、運動減少群（以下：減少群）群 22名、栄養介入群 23名、複合介入群（減少群＋栄養群） 23名とした。コントロール群は短期集中リハビリテーションの運動回数週 3回以上に合わせ運動介入は週 3回とした。減少群は通常の個別リハビリテーション週 2回とし、コントロール群や栄養介入群と比べ週 20分程度の個別介入時間が少ない設定とした。栄養介入群は転倒予防効果がある摂取量 900IU(International Unit)／日のビタミン D（資料 1）を経口摂取させた²⁶。複合介入群では減少群と栄養群に行う介入を実施した。なお、運動状況は理学療法士が、ビタミン D 摂取状況は看護師と介護士が記録を行った。

介入効果の指標として骨格筋量指標 SMI 値、骨密度%YAM, 25 ヒドロキシビタミン D（以下：25(OH)D）、握力、FIM、長谷川式簡易知能評価スケール項目はベースラインおよび介入期間終了時点の 2 回実施した。年齢、身長、体重、BMI は介入前に調査・測定を行った（表 14）。なお、サルコペニア有病率調査ではサルコペニアの定義は Asia Working Group for Sarcopenia⁵⁷に従った。

6 ヶ月間の転倒および骨折の発生状況は前向きに調査した。転倒の定義は、第 1 章と同様に Gibson の定義⁴⁶および WHO による国際疾病分類の転倒・転落⁴⁷に基づいた。転倒状況は施設で使用するインシデント・アクシデント報告書を用いて確認した。なお、転倒予防効果を確認するにあたりサンプルサイズを計算したところ、対象者のサンプル数は 4 群比較を、通常の施設内転倒発生率 50%、そこから介入効果により 25%転倒を減少出来るとして、 α エラーを 0.05、 β を 0.8 と仮定した場合 100 名（各群 25.0 名）が最も適したサンプル数であった。

介入効果の 4 群間比較には 2 元配置分散分析を実施した。転倒発生率の群間比較では、転倒が発生するまでの時間的な変数を含めて分析するために転倒発生比較に Cox 比例ハザード分析を用いて検討した。なお、統計学的有意水準は 5%未満とし、全ての統計解析を SPSS 23.0 にて実施した。

第3節 結果

91名のうち、3ヵ月間の追跡を完了出来なかった16名を除いた75名（コントロール群17名、減少群22名、栄養群17名、複合介入群19名）について分析を行った。なお、追跡率は82.4%であった。

介入前後の25(OH)D値の比較ではビタミンDを経口摂取させた2群に変化が確認された。栄養介入群で介入前 $12.5 \pm 4.0 \text{ ng/ml}$ 、介入後 $37.8 \pm 11.2 \text{ ng/ml}$ 、複合介入群で介入前 $12.3 \pm 3.8 \text{ ng/ml}$ 、介入後 $36.3 \pm 4.8 \text{ ng/ml}$ となり有意な交互作用を認めた。その他の測定項目で有意な変化は認めなかった（表15）。

転倒発生はコントロール群9名(52.9%)、運動減少群7名(31.8%)、栄養群6名(35.3%)、複合介入群4名(20.1%)であった（図5）。骨折は2例あったがいずれも入院することなく安静加療となった（表16）。

Table 14 Baseline characteristics and assessment items of study participants according to the each groups

	Control n=23	Low exercise n=22	Nutrition n=23	Combined n=23	P-value
Gender(female)	15 (65.2)	16 (72.7)	20 (86.9)	18 (78.3)	0.368 ^a
Age	82.5 ± 10.9	82.6 ± 9.1	84.6 ± 7.7	87.6 ± 6.5	0.175 ^b
Height	150.3 ± 9.0	149.9 ± 10.5	147.9 ± 8.3	148.7 ± 9.3	0.814 ^b
Weight	46.7 ± 9.1	46.2 ± 9.3	44.3 ± 7.6	45.0 ± 8.4	0.771 ^b
BMI	20.6 ± 3.1	20.5 ± 3.2	20.4 ± 3.3	20.4 ± 3.7	0.987 ^b
Hand grip strength	11.6 ± 7.9	11.3 ± 5.2	9.1 ± 5.2	11.2 ± 5.2	0.333 ^b
25(OH)D	11.3 ± 4.4	14.0 ± 6.1	14.1 ± 5.3	12.3 ± 3.8	0.170 ^b
SMI	7.6 ± 1.2	7.2 ± 1.0	7.4 ± 1.0	7.4 ± 1.0	0.617 ^b
SOS	1461.6 ± 30.1	1466.5 ± 32.4	1463.1 ± 35.5	1450.7 ± 23.0	0.332
YAM	61.6 ± 14.0	64.3 ± 15.6	62.9 ± 17.2	56.6 ± 10.2	0.307
HDS-R	14.6 ± 7.9	12.4 ± 7.9	12.8 ± 8.6	12.7 ± 9.5	0.819 ^b
FIM	78.9 ± 22.0	84.6 ± 22.4	81.4 ± 27.4	84.5 ± 27.8	0.846 ^b
Residents term	315.9 ± 380.6	331.6 ± 222.5	325.6 ± 329.9	337.0 ± 387.4	0.997 ^b

a Chi-square test b One-way analysis of variance

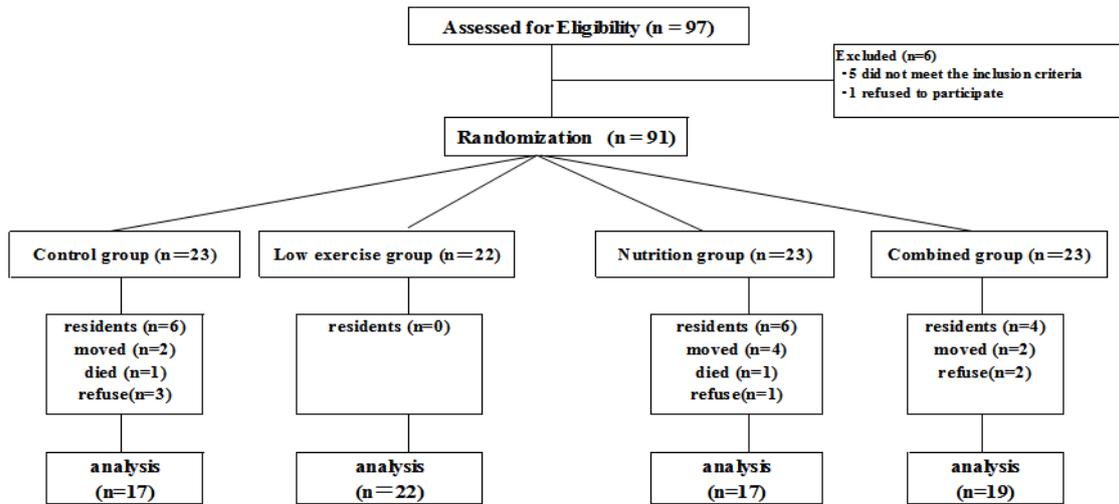


図 5 転倒分析フローチャート

Table 15 Items in four group at pre- and post-intervention

Items		Baseline (n = 75)		Post (n = 75)		Main Effect (time)		Group_Time Interaction	
		Mean	SD	Mean	SD	F-value	P-value	F-value	P-value
Hand grip strength (kg)	Control	10.4 ± 6.7		13.5 ± 7.6		0.422	0.114	2.061	0.114
	Low exercise	11.0 ± 5.3		11.9 ± 4.9					
	Nutrition	7.8 ± 4.4		10.2 ± 5.3					
	Combined	10.6 ± 4.3		11.6 ± 6.1					
25(OH)D (ng/mL)	Control	12.1 ± 4.6		13.0 ± 6.0		20.852	0.000	48.90	0.000
	Low exercise	14.0 ± 6.1		16.0 ± 11.5					
	Nutrition	13.2 ± 5.0		37.8 ± 11.2					
	Combined	12.5 ± 4.0		36.3 ± 4.8					
SMI (kg/m ²)	Control	7.8 ± 1.3		7.5 ± 1.2		0.985	0.405	1.064	0.370
	Low exercise	7.3 ± 1.0		7.1 ± 1.0					
	Nutrition	7.3 ± 1.0		7.2 ± 0.8					
	Combined	7.4 ± 1.0		7.4 ± 0.8					
SOS	Control	1464.6 ± 24.2		1463.1 ± 33.1					0.373
	Low exercise	1466.5 ± 32.4		1464.0 ± 29.9					
	Nutrition	1448.0 ± 24.3		1462.8 ± 28.9					
	Multifactorial	1464.1 ± 35.8		1457.2 ± 27.0					
YAM	Control	62.7 ± 11.5		62.1 ± 16.4					0.360
	Low exercise	64.3 ± 15.6		63.1 ± 13.9					
	Nutrition	63.4 ± 17.9		62.4 ± 14.4					
	Multifactorial	55.5 ± 10.8		59.9 ± 13.0					
HDS-R	Control	17.1 ± 7.2		17.0 ± 7.9		1.490	0.225	0.595	0.621
	Low exercise	12.4 ± 7.9		11.4 ± 7.7					
	Nutrition	12.0 ± 8.5		11.6 ± 8.6					
	Combined	13.2 ± 9.2		14.1 ± 8.9					
FIM	Control	83.9 ± 19.8		82.7 ± 20.1		0.856	0.468	0.335	0.468
	Low exercise	84.6 ± 22.4		84.6 ± 22.7					
	Nutrition	81.0 ± 27.7		82.2 ± 28.3					
	Combined	89.0 ± 22.4		87.0 ± 25.0					

Mean ±SD 25(OH)D : 25hydroxyvitaminD SMI : Skeletal Muscle Mass Index HDS-R : Hasegawa's Dementia Scale for Revised
FIM : Functional Independence measure two-way ANOVA

Table 16 Fall occurrence

	No	Date*	Place	Fracture
Control	1	16	one's room	-
	2	27	one's room	-
	3	32	one's room	-
	4	33	lavatory	-
	5	36	day room	-
	6	52	lavatory	-
	7	74	one's room	-
	8	99	hall way	-
	9	166	one's room	-
Reduce exercise	1	3	one's room	-
	2	15	lavatory	-
	3	32	one's room	-
	4	46	one's room	tibial plateau fracture
	5	108	day room	-
	6	167	one's room	-
	7	179	one's room	-
Nutrition	1	24	day room	-
	2	68	one's room	-
	3	85	one's room	-
	4	96	lavatory	-
	5	127	one's room	-
	6	175	one's room	-
Combined	1	21	one's room	fifth toe fissured fracture
	2	88	one's room	-
	3	140	bath room	-
	4	159	one's room	-

*Date: first fall in follow up

次に、Cox 比例ハザード分析にて、性、年齢で調整を行い、転倒発生状況の群間比較を分析した（図 6）。コントロールをハザード比 1 とした場合に、減少群ハザード比 0.475（信頼区間：0.173-1.301）、栄養群ハザード比 0.575（信頼区間：0.197-1.678）、複合介入群 0.276（信頼区間：0.083-0.924）であり、複合介入群はコントロール群と比較して有意に転倒抑制効果が認められた（表 17）。

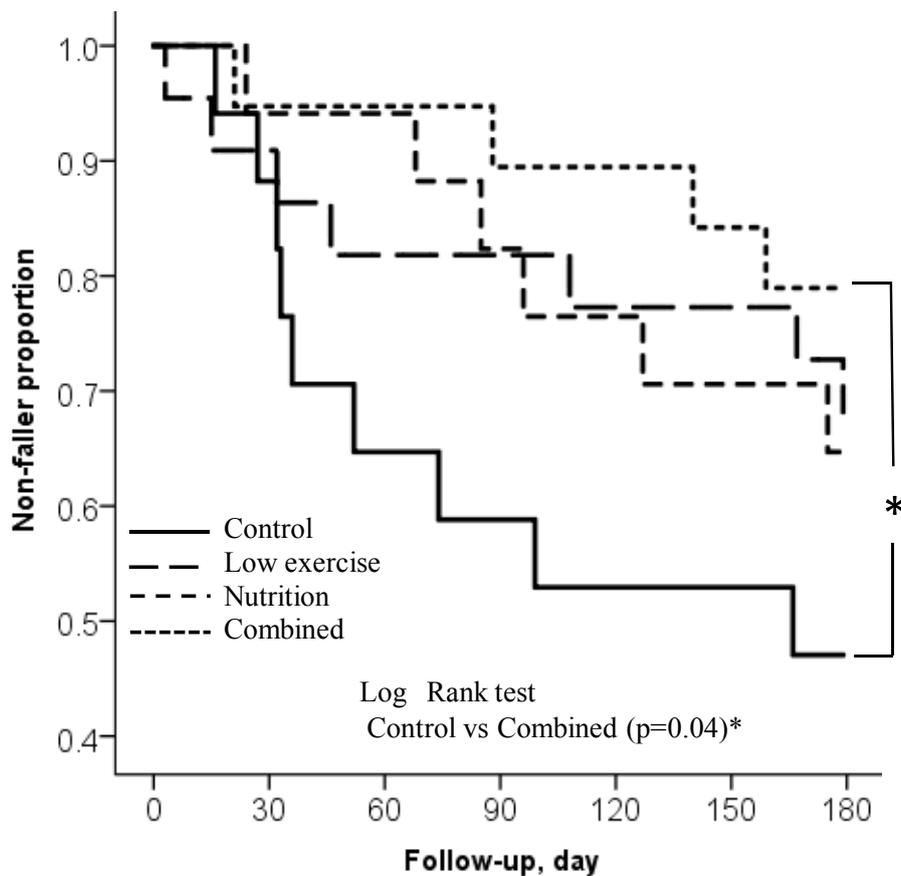


Figure 6 Falls in follow-up

Fig.6 Kaplan-Meier estimates of cumulative hazard for falls for participant whose compliance was 90% or greater. Falls rate differences in four intervention. Combined group had significantly lower falls rate than control group. Three intervention groups compared with the control groups, Low-exercise group (log-rank test, $\chi^2 = 1.9$, $P = 0.17$) Nutrition group (log-rank test, $\chi^2 = 1.5$, $P = 0.22$), Combined group (log-rank test, $\chi^2 = 4.4$, $P = 0.04$).

Table 17

Result of Cox proportional-hazards (adjusted for sex, age)					
	n	hazard ratio	(95%CI)		p
Control	17	1			
Low exercise	22	0.475	0.173	- 1.301	0.147
Nutrition	17	0.575	0.197	- 1.678	0.311
Combined	19	0.276	0.083	- 0.924	0.037

CI: Confidence Interval

第4節 考察

3 ヶ月間の運動と栄養および組み合わせによる身体機能への改善効果を検証した。結果、ビタミン D を経口摂取させた栄養介入群、複合介入群では 25(OH)D がベースラインの 3 倍程度まで改善した。運動介入を多く行った群は機能面の筋力や筋量などの改善はなく、能力面である FIM なども有意な介入効果を認めなかった。

今回は栗原ら²⁸が実施した期間 1 ヶ月よりも摂取期間を 2 ヶ月延長させ合計 3 ヶ月の介入とした。そのため血液中のビタミン D 濃度は大きく改善したと考える。なお、転倒予防や骨粗鬆症予防の観点か 25(OH)D は 30ng/mL 以上に保つことが推奨⁶⁰されている。介入が 1 ヶ月のみであった先行研究²⁸では 25(OH)D は平均 19.3ng/mL 程度までしか上昇しなかったことから、老健施設入所者へビタミン D800IU 摂取は 3 ヶ月程度行えば推奨値に達すると示唆された。

介入 3 ヶ月間で骨密度や筋力、筋量が改善しなかった理由として、骨密度を上昇させるには 6~24 ヶ月程度の運動介入期間が必要⁶¹であり、本研究期間が短かったこと、対象者の筋力や筋量向上に必要な運動強度⁶²⁻⁶⁴を担保出来なかったことが挙げられる。そのため、介入期間の延長および運動プログラムの見直しは、骨粗鬆症や筋力増強効果を上げる可能性があり今後の課題である。

次に、施設入所者に対する運動および栄養介入の転倒予防効果を 6 ヶ月間前向きに検証した。その結果、積極的に運動回数を増やすよりも、むしろ運動頻度は少ない状態でビタミン D900IU 摂取させることが効果的であると示唆された。

すなわち、既に虚弱な集団では、転倒予防を目的としてビタミン D の栄養補助を積極的に行う必要性が高いと考えられる。特に、25(OH)D 値を高く保つことは骨格筋や神経に作用し筋力を高め、バランス能力を維持させるという機序で転倒予防効果が確認されている^{25,26}。今回はこれらの効果から、転倒予防が行えたと説明が行える。転倒予防効果として、ビタミン D 不足者が少ない集団では有効ではない⁶⁵ことから、ビタミン D 不足または欠乏状態であるか評価した上で介入方法を選択することで、これまで以上に個別的な転倒予防対策を行えると考えられる。ビタミン D の生体内濃度の評価は 25(OH)D が信頼性の高い評価項目である。だが、国内で保険適用される関連の評価項目はビタミン D 代謝の

評価を行う，血中 1,25(OH)D 濃度の測定のみであり，ビタミン D 欠乏・不足の診断ができない。施設に入所する要介護高齢者の 91.2%がビタミン D 不足状態という結果からも，保険適応の上でビタミン D の生体内濃度を評価できるよう改定されるべきであり，そうなれば日照暴露の少ない屋内生活者のビタミン D 充足状況を明らかにし，介入への具体的な示唆を与える臨床的意義の深いものとなると考える。

運動による転倒予防効果は低い結果を示したが，長期的な筋力や筋量およびバランス能力維持には一定程度の運動が必要であり，これらの運動機能が低下すれば必然的に転倒リスクは上昇する。以上のことから，少ない回数であっても運動介入は継続して実施する必要があると考える。今後さらに研究が進み転倒予防に有効な運動の回数や介入方法が開発させることを期待する。本研究において，運動回数の違いに関わらず筋力や筋量の向上が見られなかった点は，既にほとんどの者が認知症を有していることの影響⁶⁶も強くあるとされ，身体的虚弱な者かつ認知症を有している者への運動の回数や介入方法も改めて検討する必要がある。

第5章 総括

高齢者の中でも要介護状態の老健施設入所者は転倒発生率が高く、その効果的な予防方法は十分に明らかにされておらず、筆者らはどのような転倒リスク因子があり特徴を有しているか、老健施設入所者の身体的な特異性があるか、転倒予防を目的とした運動やビタミンD摂取の介入効果は得られるかということに着目して総合的に本研究を進めた。

そして、施設入所者の実態として多くが車椅子使用者であることから、彼らの転倒リスク因子を探索したところ「背中が丸くなってきた」という筋力低下や骨粗鬆症関連要因が転倒の独立関連因子であることを明らかにした。

さらに、ビタミンD不足が転倒リスクであるという先行研究を受け、調査を進めた。ビタミンD不足者は91.2%にも昇ることが明らかとなった。ここから、移動様式別に詳細な調査を行うと車椅子使用者は有意にビタミンD不足状態であり、4倍以上の転倒リスクを有していることが示唆された。また、居室環境に窓がない入所者は、そうでない者と比較して有意にビタミンD不足であり、転倒リスクがあるということを明らかにした。

老健施設入所者の身体的特徴として、骨粗鬆症有病率は78.7%、サルコペニア有病率は84.3%、オステオサルコペニア有病率は68.5%にも昇り、筋・骨ともに不良な状態であることが明らかになった。

次に、転倒予防効果を検証するために、4群（コントロール群、運動回数減少群、栄養介入群、複合介入群）を設定した試験を行った。3ヵ月間にわたり一日900IUのビタミンDを経口摂取させたところ、血中のビタミンD濃度は転倒予防に推奨される値以上へ改善させることに成功した。また、その後6ヵ月間の転倒発生状況を調査したところ、運動回数を調整し、ビタミンD900IUを積極的に摂取した複合介入群は介入後6ヵ月間の転倒を72.4%抑制できることが示唆された。

第6章 研究の限界と今後の課題

本研究の限界として、第1章から第3章の横断的な検討では対象が単一施設入所者であることやサンプルサイズが小さいことから結果が一般化出来ない可能性がある。第4章ではランダム化しているが盲検化されていないことによってタイプ2エラーが発生している可能性があること、参加者同士の接触や情報交換による影響を受けた可能性、新規入所者を対象として実施していなかった点が挙げられる。また、栄養介入群および複合介入群では1日あたり80kcal多くトータルカロリー摂取しており、その他2群と摂取カロリーに差が生じた点が挙げられる。

さらに、事故報告書に基づいて転倒を調査したため、本人や周囲の者が申告しなかった転倒については把握出来ていなかったことや、事前に計算したサンプルサイズよりも少ない人数の調査となった点がある。また、介入期間が終了してから転倒を観察した6ヵ月間の25(OH)D、SMI値およびFIMの評価を実施しなかったため、どの程度維持・低下しているのか不明確であった。

転倒発生が減少した群では25(OH)D濃度が介入後に上昇していた。そのことが具体的に筋機能やバランス機能にどういった効果をもたらしているか不明であった。今後は、俊敏性やバランスの評価項目を入れ要因について詳細な考察を加えることが出来るよう改善し、さらなる転倒予防に向けた知見の収集を行う必要がある。

文献

1. Prudham D, Evans JG (1981) Factors associated with falls in the elderly : a community study. *Age Aging*, 10: 141-146
2. Campbell AJ, Reinken J, Allan BC, et al (1981) Falls in old age: a study of frequency and related clinical factors. *Age Aging*, 10: 264-270
3. 鈴木みずえ, 江口清, 岡村カルロス竹男, 他 (1992) 高齢者の転倒経験にする調査研究－養護老人ホームの居住者を対象として－. *日本公衆衛生* 39(12) : 927-939
4. 内閣府 (2013) 平成 24 年度高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況.] 平成 25 版高齢白書 (電子版)
. http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2013/zenbun/s1_1_1_01.html
(最終閲覧日 2013 年 12 月 14 日)
5. Vellas BJ, Wayne SJ, Romero LJ, et al (1997) Fear of falling and restriction of mobility in elderly fallers. *Age Aging*, 26: 189-93
6. Tinetti ME, Mendes de Leon CF, Doucette JT, et al (1994) Fear of falling and fall-related efficacy in relationship to functioning among community-living elders. *J Gerontol*, 49: 140-7
7. 金 憲経, 吉田英世, 鈴木隆雄 (2001) 高齢者の転倒関連恐怖感と身体機能 転倒外来受診者について. *日老医誌*, 38 : 805-11
8. Panel on Prevention of Falls in Older Persons, American Geriatrics Society and British Geriatrics Society (2011) Summary of the updated American Geriatrics Society/British Geriatrics Society clinical practice guideline for prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc*, 59 (1) : 148-57
9. Bath PA, Morgan K (1999) Differential risk factor profiles for indoor and outdoor falls in older people living at home in Nottingham. *Eur J Epidemiol*, 15: 63-73
10. Berg WP, Alessio HM, Mills EM, et al (1997) Circumstances and consequences of falls in independent community-dwelling older adults. *Age Ageing*, 26: 41-8
11. Cambell AJ, Borrie MJ, Spears GF, et al (1990) Circumstances and consequences of falls experienced by a community population 70 years and over during a prospective study. *Age Ageing*, 19: 136-41

12. 今岡真和, 樋口由美, 呉本冬馬, 他 (2012) 介護老人保健施設における車椅子使用者の転倒の特徴. 理学療法科学, 27 (3) : 257-61
13. 中川洋一, 三宮克彦, 上田厚 (2010) 多施設回復期リハビリテーション病棟における脳卒中患者の転倒要因状況. 日本リハビリテーション医学会誌. 47:111-9
14. Cumming SR, Nevitt MC (1994) Non-skeletal determinants of fracture : the potential importance of the mechanics of falls. Osteoporos Int, 4: 67-70
15. Committee for osteoporosis treatment of the Japanese orthopaedic association. (2004) Nationwide survey of hip fracture in Japan. J Orthop Sci, 9: 1-5
16. Tinetti ME (1986) Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. J Am Geriatr Soc, 34: 119-26
17. 林 泰史 (2007) 高齢者の転倒防止. 日医老誌, 44 : 591-4
18. 裁判所 (2013) 最高裁判所判例集. <http://www.courts.go.jp/search/jhsp0030?hanreiid=56359&hanreiKbn=02> (最終閲覧日 2013 年 12 月 24 日)
19. 菅富美枝 (2010) 消費者法例百選 (別冊ジュリスト 200). 有斐閣, 東京, 212-3
20. Jensen J, Loundin-Olsson L, Nyberg L, et al (2002) Fall and injury prevention in older people living in residential care facilities : a cluster randomized trail. Ann Intern Med, 136: 733-41
21. Becker C, Kron M, Lindemann U, et al (2003) Effectiveness of multifaceted intervention on fall s in nursing home residents. J Am Geriatr Soc, 51: 306-13
22. Silva RB, Eslick GD, Duque G, et al (2013) Exercise for falls and fracture prevention in long term care facilities: a systematic review and meta-analysis. J Am Med Dir Assoc.14:685-689
23. Ray WA, Taylor JA, Meador KG, et al (1997) A randomized trail of a consultation service to reduce falls in nursing homes. JAMA, 278: 557-62
24. Nowalk MP, Prendergast JM, Bayles CM, et al (2001) A randomized trail of exercise programs among older individuals in two long-term care facilities: the falls-FREE program. J Am Geriatr Soc, 49: 859-65

25. Murlow CD, Gerety MB, Kanten D, et al (1994) A Randomized trial of physical rehabilitation for very frail nursing home residents. *JAMA*, 271: 519-24
26. Flicker L, MacInnis RJ, Stein MS, et al (2005) Should older people in residential care receive vitamin D to prevent falls? Results of a randomized trial. *J Am Geriatr Soc*, 53 (11): 1881-8
27. Bischoff-Ferrari HA, Dawson-Hughes B, Willet WC, et al (2004) Effect of Vitamin D on Falls -A Meta-analysis-. *JAMA*, 291: 1999-2006
28. Stefan S (2012) Epidemic Vitamin D deficiency among patients in an elderly care rehabilitation facility. *Dtsch Arztebl Int*, 109(3): 33-7
29. 栗原晶子, 田中清, 津田直子, 他 (2010) 介入試験による, 施設入居高齢者を対象としたビタミン D の必要量の検討. *Osteoporosis Japan*, 18: 439-44
30. Visser M1, Deeg DJ, Lips P, et al (2003) Low vitamin D and high parathyroid hormone levels as determinants of loss of muscle strength and muscle mass (sarcopenia): the Longitudinal Aging Study Amsterdam. *J Clin Endocrinol Metab*. 12. 5766-5772
31. Holick MF (2004) Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr*. 80:1678S-1688S
32. Huo YR, Suriyaarachchi P, Gomez F, et al (2015) Phenotype of osteosarcopenia in older individuals with a history of falling. *J Am Med Dir Assoc*. 16(4):290-295
33. Cameron ID, Gillespie LD, Robertson MC, et al (2012) Interventions for preventing falls in older people in care facilities and hospitals (Review) The Cochrane Collaboration. Published on line, 12 DEC
34. Gribbin J, Hubbard R, Smith C, et al (2009) Incidence and mortality of falls amongst older people in primary care in the United Kingdom. *QJM*. 102: 477-483
35. Morse J, Black C, Oberle K, et al (1989) A prospective study to identify the Fall-Prone Patient. *Soc. Sci Med*. 28(1): 81-86
36. Oliver D, Britton M, Seed P et al (1997) Development and evaluation of evidence based risk assessment tool (STRATIFY) to predict which elderly inpatients will fall: case-control and cohort studies. *BMJ*. 315;25. 1049-1051

37. 大河内二郎：簡単な転倒のスクリーニング手法の開発 (2009) *Geriatric Medline*. 47(6): 685-688
38. 村山明彦, 上内哲男, 小松泰喜, 他 (2008) 介護老人保健施設認知症棟における転倒予防マネジメント構築のための研究. *身体教育医学研究*. 9: 9-14
39. Wang J, Chang LH, Eberly LE, et al (2010) Cognition moderates the relationship between facility characteristics, personal impairments, and nursing home residents' activities of daily living. *J Am Geriatr Soc*. 58: 12. 2275-2283
40. American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Fall prevention (2001) Guideline for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc*. 49(5): 664-672.
41. 平松知子, 泉キヨ子, 正源寺美穂 (2006) 施設高齢者の転倒予防—排泄に関連した転倒者の排泄状況及び転倒の実態—. *老年看護学*. 11(1): 47-52
42. 浅川康吉, 高橋龍太郎 (2004) エビデンスに基づく転倒・転落予防—転倒・転落の発生リスクと身体機能—. 泉キヨ子 (編), 中山書店, 東京, 2-12
43. 秋下雅弘 (2007) 高齢者の安全な薬物療法ガイドライン. *日本老年医学会雑誌*. 44(31): 31-4
44. 高橋佳苗, 長尾能雅・他 (2011) 高齢者におけるベンゾジアゼピン系薬の服薬量変更と転倒との関連: 急性期病院入院患者を対象にした解析. *薬剤疫学*. 16(1): 11-20
45. 松田亮三, 平井寛, 近藤克則(2005) 高齢者の保健行動と転倒歴: 社会経済的地位との相関. *公衆衛生*. 69(3): 231-235
46. Gibson MJ (1990) Falls in later life. Improving the health of older people. A world View. New York. Oxford University Press. 296-315
47. WHO (1992) International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems. 10th Revision. WHO. Geneva. 1011-1061
48. Shinaki M, Robert H, Hughes CA et al (2005) Balance disorder and increased risk of falls in osteoporosis and kyphosis: significance of kyphotic posture and muscle strength. *Osteoporos Int*. 16: 1004-1010

49. 鳥羽研二, 大河内二郎, 高橋泰・他 (2005) 転倒リスク予測のための「転倒スコア」の開発と妥当性の検証. 日老医誌. 42: 346-352
50. Vogt TM, Ross PD, Palermo L, et al (2000) Vertebral fracture prevalence among women screened for the Fracture Intervention Trial and a simple Clinical tool to screen for undiagnosed vertebral fracture. Fracture Intervention Trial Research Group. Mayo Clin Proc. 75: 888-896
51. Yosimura N, Muraki S, Oka H, et al (2010) Cohort profile: research on osteoarthritis/osteoporosis against Disability study. Int J Epidemiol. 39: 988-995
52. Yosimura N, Muraki S, Oka H, et al (2009) Prevalence of knee osteoarthritis, lumbar spondylosis and osteoporosis in Japanese men and women: the research on osteoarthritis/osteoporosis against disability study. J Bone Miner Metab. 27: 620-628
53. Mezquita-Raya P, Munoz-Torres M, Luna JD, et al: Relation between vitamin D insufficiency, bone density, and bone metabolism in healthy postmenopausal women. J Bone Miner Res, 16: 1408-1415. 2001
54. 宮内正厚, 中島英彰, 平井千津子 (2014) ビタミンD生成に必要な日光照射に伴う皮膚への有害性に関する推定評価. ビタミン. 88 : 349-357
55. 鈴木 亨, 園田 茂, 才藤栄一・他 (2006) 回復期リハビリテーション目的の入院脳卒中患者における転倒, 転落事故と ADL. リハビリテーション医学. 43(3): 180-185
56. 河野禎之, 山中克夫 (2012) 施設入所高齢者における転倒・転落事故の発生状況に関する調査研究. 老年社会科学. 34(1): 3-15
57. Chen LK, Liu LK, Woo J, et al (2014) Sarcopenia in Asia: Consensus Report of the Asian Working Group for Sarcopenia. J Am Med Dir Assoc. 15:95-101
58. Terabe Y, Harada A, Tokuda H, et al (2012) Vitamin D Deficiency in Elderly Women in Nursing Homes: Investigation with Consideration of Decreased Activation Function from the Kidneys. J Am Geriatr Soc. 60:251-255
59. American Geriatrics Society Workgroup on Vitamin D Supplementation for Older Adults (2014) Recommendations Abstracted from the American Geriatrics Society Consensus Statement on Vitamin D for Prevention of Falls and Their Consequences.

J Am Geriatr Soc. 62: 147-152

60. Wolff I, Croonenborg J, Kemper HCG, et al (1999) The effect of exercise training programs on bone mass. A meta-analysis of published controlled trials in pre-and postmenopausal women. *Osteoporos Int.* 9:1-12
61. Livingier I, Goodman C, Hare DL, et al (2007) The effect of resistance training on functional capacity and quality of life in individuals with high and low number of metabolic risk factors. *Diabetes Care.* 30:2205-2210
62. Morse CI, Thom JM, Main OS, et al (2007) Gastrocnemius specific force is increased in elderly males following a 12-month physical training programme. *Eur J Appl Physiol.* 100:563-570
63. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, et al (2000) AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: Benefits, rationale, safety, and prescription: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. *Circulation.* 101:828-833
64. American College of Sports Medicine Position Stand (1998) Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 30:992-1008
65. Uusi-Rasi K, Patil R, Karinkanta S, et al (2015) Exercise and vitamin D in fall prevention among older women: a randomized clinical trial. *JAMA Intern Med.* 175(5):703-11
66. Allan LM, Ballard CG, Rowan EN, et al (2009) Incidence and Prediction of Falls in Dementia: A Prospective Study in Older People. *PLoS ONE.* 4(5): e5521

謝辞

博士論文を作成するにあたり、数多くの先生方にご指導、ご助言、ご協力を頂き心より感謝を申し上げます。特に研究の指導教員である樋口由美教授には、研究デザインや背景の重要性、そして何よりも研究に対する真摯な態度と研究者としての所作を数多くのところで教えて頂きました。この教えを糧に、さらに研究者として歩みを止めることなく邁進して参りたいと考えております。また、同じ分野でともに刺激し合い学びを深めることが出来た樋口研究室の藤堂恵美子氏、上田哲也氏、北川智美氏、安藤卓氏、水野稔基氏、安岡実佳子氏、高尾耕平氏そして、既に博士後期課程を終えられた先輩である石原みさ子氏、平島賢一氏の方々には多くの場面で助けられ励まされました。このような仲間に出会えたことに感謝をし、この場を借りてお礼を申し上げます。本当に有難うございました。

大阪府立大学大学院総合リハビリテーション学研究科の先生方には、講義や中間報告会ならびに学部生講義などにおきまして、さまざまな場面で貴重なご意見やご指導頂きました。このことで、幅広い研究視点を持ち、自研究に取り組むことが出来ました。

最後になりましたが、本研究に際しまして研究の計画段階から快く研究調査を引き受けていただきました介護老人保健施設だいせんの入所者様とそのご家族様ならびにボランティアとして研究の調査を手伝っていただきました介護老人保健施設だいせんのケアスタッフ、看護スタッフ、特に測定を直接的に分担していただきましたリハビリテーション科の中村貫照氏、七川大樹氏、池内まり氏、藪陽太氏、児玉佳奈子氏、そして、デイケアセンター鳥羽の郷施設長の呉本冬馬氏や伽羅の郷の増栄あゆみ氏に心より深謝申し上げます。僭越ながら謝辞とさせていただきます。重ね重ねになりますが、本研究に携わって頂きました皆々様、本当に有難うございました。

資料

補遺 1：栄養介入に用いたゼリーおよびサプリメントの組成表

Appendix 1		
Nutrition supplementation		
	Isocal jelly PCF	Nature made VitaminD
Total calories (kcal)	80	0.95
Protein(g)	4.0	0.1
Fat(g)	1.2	0.1
Carbohydrate(g)	13.3-13.7	0.232
Sodium(mg)	60.0	0-2.0
Water(g)	46.0	0
Potassium(mg)	7.0	0
Calcium(mg)	200.0	0
Magnesium(mg)	2.0	0
Phosphorus (mg)	200.0	0
Iron (mg)	7.0	0
Zinc (mg)	7.0	0
Copper (mg)	0.9	0
Selenium(ng)	25.0	0
VitaminD(IU)	500.0	400.0
Niacin(mgNE)	1.2	0
VitaminB₁₂(mg)	0.15-0.66	0