

## 特集

# 骨粗鬆症性脊椎椎体骨折と転倒 ～身体機能の低下と疼痛の観点も含めて～

片岡 英樹 後藤 響

長崎記念病院リハビリテーション部

## キーワード

骨粗鬆症 脊椎椎体骨折 転倒 身体機能 疼痛

## I はじめに

脊椎椎体骨折（以下、椎体骨折）は、骨粗鬆症に関連する脆弱性骨折の中で最も頻度が高い骨折であり、Research on Osteoarthritis/osteoporosis Against Disability（以下、ROAD）スタディの第3回調査の結果では、男女とも50歳代以降で有病率が増加し、80歳代では男性で41.5%、女性で53.0%に達するとされている<sup>1)</sup>。また、椎体骨折を一度発症すると次なる骨折が連鎖する椎体骨折のドミノ現象も報告されており、腰背部痛の慢性化や運動機能の低下に加え、日常生活動作（activities of daily living：以下、ADL）能力の低下や死亡リスクの増大とも密接に関連する<sup>2)</sup>ため、その初発および再発予防は喫緊の課題である。

通常、健常な椎体は高エネルギー外傷によってのみ骨折に至るが、骨粗鬆症性椎体骨折は尻もちなどの転倒による軽微な外傷、あるいは重いものを運ぶ、しゃがみこむなど明らかな外傷がない場合でも生じる。軽微な外傷の中でも転倒は、急性の疼痛や体動困難などの明らかな症状を伴う臨床的骨折の原因の50～60%を占める<sup>3) 4)</sup>。その内的要因としては、サルコペニアやバランス障害、歩行障害などの運動機能障害が広く知られているが、近年は疼痛そのものも転倒発生の独立した危険因子であることが指摘されている。したがって、骨粗鬆症性椎体骨折の発生および再発に向けた転倒予防戦略において、運動機能障害や疼痛に対する包括的なアプローチは極めて重要である。

本稿では、骨粗鬆症性椎体骨折の主因である転倒に焦点を当て、受傷機転としての転倒の特徴、椎体骨折が転倒リスクに及ぼす影響、ならびに転倒予防に向けた身体機能や疼痛へのリハビリテーションアプローチについて概説する。

## II 椎体骨折受傷時の転倒の特徴

一般に、椎体骨折は骨密度低下に起因すると捉えられがちだが、実際は転倒によって骨粗鬆症の診断がない高齢者にも多発している。したがって、椎体骨折の発生子防を考える上で、転倒時の状況を把握することが重要である。

Yuらは、椎体骨折により救急外来を受診した65歳以上の地域在住高齢者を対象に、転倒時の状況を発生場所、転倒の方向、種類、転倒前の活動に分類して検討している<sup>5)</sup>。

まず、発生場所については、男女ともに屋外よりも屋内での転倒が椎体骨折につながりやすかった（男性73.4%、女性80.0%）。次に、転倒の方向については、椎体骨折を受傷した男性の54.7%、女性の63.8%が後方に転倒しており、後方への転倒は男女ともに椎体骨折の受傷における強力なリスク因子であった。また、転倒の種類は、男性では滑ることによる転倒が骨折群で34.4%、女性では段差を降りる際の転倒が43.1%と最も多かった。転倒前の活動としては、男性はトイレ動作中の転倒が椎体骨折群で30.2%に達し、女性はベッド

連絡先：長崎記念病院リハビリテーション部 片岡英樹

〒851-0301 長崎県長崎市深堀町1-11-54

TEL：095-871-1515 FAX：095-871-1510

E-mail：kataoka-hide@kii.bbq.jp

受理日：2026. 1. 15

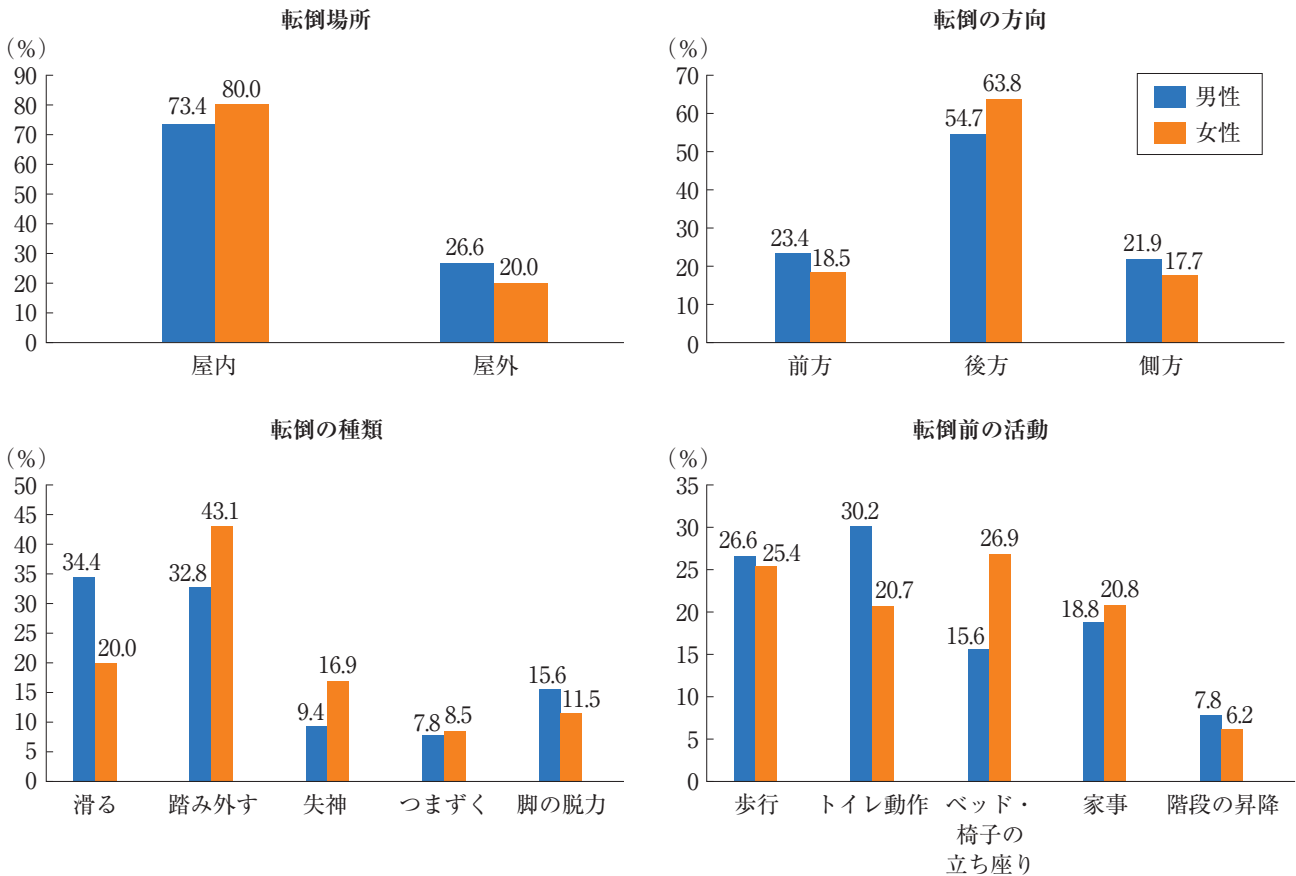


図1 椎体骨折発生時の転倒の状況 (文献5をもとに作図)

や椅子の立ち座りの際の転倒が26.9%と多く認められた(図1)。これらの椎体骨折の受傷に特有の状況因子は、骨密度などの個体因子とは独立して椎体骨折のリスクを左右するため、効果的な予防策につながる鍵になると考えられる。

### III 椎体骨折が転倒リスクに与える影響

椎体骨折を有する高齢者は「転倒→骨折→機能低下→再転倒」という悪循環にあり、転倒のリスクが極めて高い。実際、地域在住の女性において、椎体骨折は3年以内の複数回転倒のリスクを高める傾向があること(Odds比1.81; 95%CI: 0.98-3.24)<sup>6)</sup>や、老年外来クリニックに通院中の高齢者では、椎体骨折を有すると1年以内の転倒リスクが高まる傾向があること(Odds比3.67; 95%CI: 0.85-15.9)が報告されている<sup>7)</sup>。

また、椎体骨折数や重症度は転倒リスクを左右する重要な因子であり、2個以上の複数の椎体骨折や中等度(25~40%の椎体高の減少)以上の骨折を有する場合、5年以内における複数回の転倒発生のハザード比が約2倍に上昇することが明らかとなっている<sup>8)</sup>。以上のような椎体骨折患者に発生する転倒には、椎体骨折に伴って生じる運動器の障害(脊柱変形、身体機能の低下、疼

痛)が影響すると考えられる。

#### 1. 脊柱変形と転倒リスク

高齢期における脊柱変形の中でも後弯の増強は脊柱の前方要素の短縮と後方要素の破綻によって生じるとされている<sup>9)</sup>。椎体骨折患者において、前方要素の破綻の要因としては椎体が圧潰することが挙げられ、後方要素の破綻の要因としては傍脊柱筋の脂肪変性を伴う筋萎縮とそれに起因する体幹伸展筋力の低下が挙げられる<sup>10) 11)</sup>。つまり、椎体圧潰ならびに傍脊柱筋の退行性変化による筋力低下の進行が良好な姿勢の保持を困難にさせ、後弯変形を助長すると考えられる<sup>12)</sup>。

骨粗鬆症患者を対象に脊柱アライメントが立位バランスに及ぼす影響を検討した先行研究では、胸椎の後弯よりも腰椎の後弯の増強が脊柱の全般的な前傾を誘発し、バランスを悪化させていることが示唆されている<sup>13)</sup>。同様に、腰椎の後弯の増強により、矢状面アライメントの指標の一つである矢状面垂直軸(sagittal vertical axis: SVA)が増強する。そして、骨粗鬆症外来を受診した65歳以上の女性を対象とした研究では、SVAが100mmを超えると転倒関連骨折の強力な予測因子(HR17.002; 95%CI: 4.102-70.475)になることが報告されている<sup>14)</sup>。

以上のように、矢状面のアライメント変化の中でも腰椎の後弯の増強やそれに伴う脊柱の前傾は高齢者のバランス能力を低下させ転倒リスクを高める重要な要因と考えられる。

## 2. 身体機能の低下と転倒リスク

近年のナラティブレビュー<sup>15)</sup>では、椎体骨折は筋力および身体機能に負の影響を及ぼすことが示されており、交絡因子の調整後でも椎体骨折患者は椎体骨折を有さない対照群と比較して握力、大腿四頭筋力、および上肢筋力の低下が示されている。このような筋力低下は身体パフォーマンステストにも反映されており、timed up-and-go (以下、TUG) テストや立ち上がりテスト、ステップテストにおいて、椎体骨折を有する者は有意に不良な結果を示す傾向にある。さらに、歩行能力への影響も顕著であり、多くの報告で椎体骨折と歩行速度の低下との関連が指摘されている。その他、ファンクショナルリーチや片脚立位、タンデム歩行といった静的および動的バランスの指標においても低下が認められている。さらに、椎体骨折数の増加はこれらの身体機能の低下を助長することも多数報告されている<sup>16) 17)</sup>。

次に、転倒につながる身体パフォーマンステストのカットオフについて、75歳以上の地域在住高齢者を対象とした先行研究では、歩行速度は0.75 m/秒 (sensitivity : 63.3 % ; specificity : 71.8 %), TUG テストは14.8 秒 (sensitivity : 63.3 % ; specificity : 74.4 %) とされている<sup>18)</sup>。

一方、椎体骨折患者を対象に、1年以内の転倒に関わる5m-TUGテスト(5mの往復路で計測するTUGTテスト)のカットオフを検討した先行研究ではその値は30秒 (sensitivity : 33.3 % ; specificity : 85.1 %) であったとされている。さらに、この研究ではTUGテスト単独よりも、過去の転倒歴の有無も組み合わせることで特異度が100%となり、より正確にリスクを特定できることも確認されている<sup>19)</sup>。

以上のように身体パフォーマンステストや転倒歴などにより、転倒リスクを予測できる可能性が示唆されているが、近年のアンブレラレビューでは、単一の身体パフォーマンステストによる予測精度の限界が指摘されている<sup>20)</sup>。したがって、転倒が多因子的背景を持つ現象であることを鑑み、椎体骨折患者の転倒予防においても身体機能に加えて認知機能、併存疾患、薬剤使用状況、視覚機能などを統合した包括的なアセスメントが不可欠である。

## 3. 疼痛と転倒リスク

椎体骨折患者において、受傷後12か月経過時点でも

visual analog scale (以下、VAS) で35 mm以上の腰背部痛が残存し、十分な軽減が得られていない患者は全体の35～40%に上ることが示されており<sup>21) 22)</sup>、椎体骨折後は慢性疼痛を発生するリスクが高い。また、骨粗鬆症患者において、腰背部痛を有する患者は、転倒関連自己効力感およびすべての身体パフォーマンステストにおいてスコアが平均を下回る確率が6.4倍(オッズ比; 95%信頼区間: 1.5-26.7) 高いことが報告されており<sup>23)</sup>、椎体骨折患者においても腰背部痛の残存は転倒リスクに直結することが考えられる。

実際、65歳以上の地域在住女性6,841名を対象とした1年間の追跡調査によると、対象者の約6割(61%)がベースライン時に腰背部痛を有しており、その存在は複数回の転倒のリスクを1.5倍に上昇させている。このような腰背部痛による転倒リスクの上昇は、疼痛の部位が広範囲(3箇所以上)である場合や疼痛の頻度が高い場合、さらには日常生活が制限されるような重度の疼痛においてより顕著となっていた<sup>24)</sup>。

また、腰背部痛のみならず、高齢者が抱えることの多い膝痛も複数回転倒の有意なリスク要因であることが示されている<sup>6)</sup>。興味深いのはX線評価による変形性膝関節症そのものは転倒との有意な関連を示しておらず、構造的な変化よりも疼痛の関与が強い点である。

以上のことから、椎体骨折後に腰背部痛が残存している場合や、膝痛を併存している場合は疼痛への適切なアプローチが転倒予防策として極めて重要であるといえよう。

## IV 骨粗鬆症性椎体骨折の転倒予防

### 1. 身体機能への介入

身体機能への介入として運動療法は、骨粗鬆症および椎体骨折の管理において薬物療法と並ぶ不可欠な手段である。椎体骨折患者に対する運動療法の転倒予防効果を調査したコクランレビューによれば、運動療法が転倒そのものを減少させるかについては十分なエビデンスがないとされている<sup>25)</sup>。一方、近年のメタ解析ではレジスタンス運動とバランストレーニングの組み合わせが骨粗鬆症性椎体骨折患者の身体機能、腰背部痛、および転倒自己効力感や生活の質など、多角的なアウトカムの改善に寄与することが明らかとなっている<sup>26)</sup>。

英国の王立骨粗鬆症協会(Royal Osteoporosis Society)によるコンセンサスステートメントでは、骨粗鬆症および椎体骨折患者に対する運動介入の指針として“Strong(強く)”, “Steady(安定して)”, “Straight(真っ直ぐに)”という3つの主要な概念を提唱してい

る<sup>27)</sup>。これらは、筋力強化と骨密度の維持、転倒リスクの低下、および脊椎の保護と姿勢改善という患者の予後に直結する多角的なアプローチを統合したものである(表1)。椎体骨折患者に対しては、過度な脊柱屈曲や衝撃を回避しつつ、対象者の状態に応じてこれらの要素を統合的に運動療法へ組み込むことが重要である。

実際の運動指導の例として、日本整形外科学会が推奨するロコモーショントレーニング(以下、ロコトレ)およびロコトレプラス<sup>28)</sup>は椎体骨折患者に対しても比較的勧めやすく、前述の英国のコンセンサスに基づく要素が含まれていると考えられる。

具体的には、Strongとしてスクワット運動やヒールレイズ、Steadyとして片脚立位、フロントランジ、

Straightとして背筋体操、腹筋体操が当てはまると考えられる。なお、スクワットが行えない場合は椅子と机を用いた立ち上がり練習(図2A)が勧められる。また、片脚立位やフロントランジを実施する際は、机や椅子の背もたれなどに手をつけて行うことが転倒予防の側面からも重要である(図2B)。さらに、背筋体操は脊柱後弯変形が強く腹臥位姿勢が取れない患者や椎体骨折の急性期では禁忌である。そのため、これらの患者に対する背筋体操として、われわれは立位でのダンベルの挙上やセラチューブでのエクササイズを行っている(図2C)。

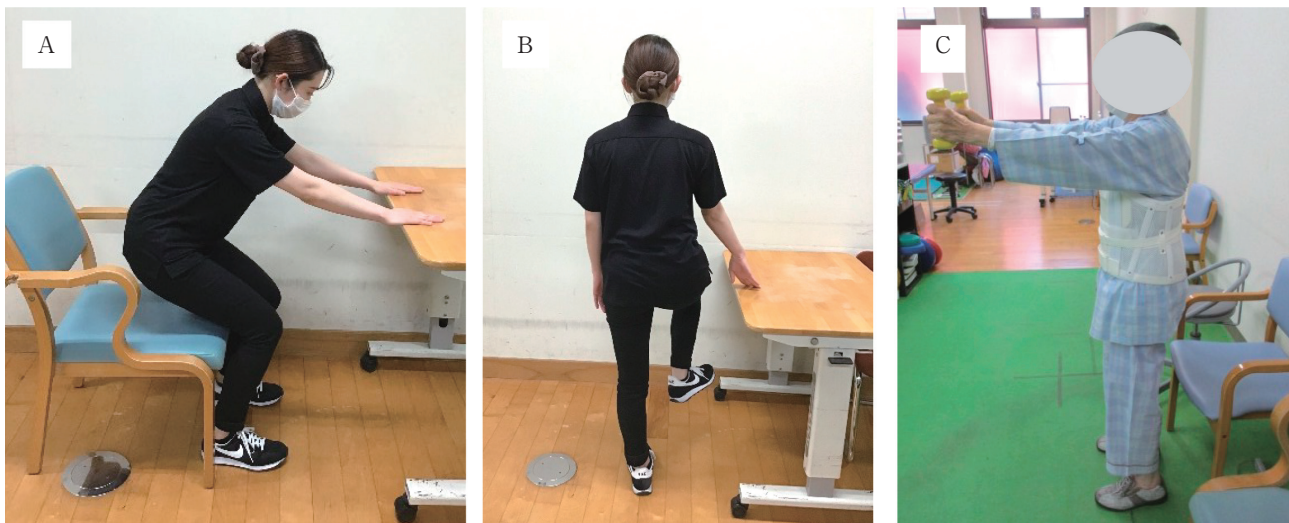
運動療法以外にも身体機能の補完となる介入手段として装具療法が挙げられる。

Keshavarziらのメタ解析によると、慢性期における

表1 骨粗鬆症および椎体骨折患者に対する運動介入の指針

概念	要点	推奨される運動療法の要点	注意点
Strong	骨、筋、関節は相互に連結されたシステムとして機能しており、筋力の維持は、骨密度や骨強度の維持に直結するという考え方	下肢主要筋群(股・膝・足関節周囲筋)のレジスタンス運動・体幹筋群、特に傍脊柱筋の筋力強化・立ち上がりなど機能的筋力運動	<ul style="list-style-type: none"> <li>低~中等度負荷から開始し漸増</li> <li>脊柱屈曲を伴う高負荷な運動は避ける</li> <li>椎体骨折例は衝撃運動は速歩レベルまでとする</li> </ul>
Steady	バランス能力を高め、日常生活における転倒を予防するという考え方	静的および動的のバランストレーニング・方向転換、支持基底面縮小課題・筋力要素を含むバランス課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>個別化された難易度設定が必要</li> <li>転倒リスクが高い場合は専門職の監督下で実施</li> </ul>
Straight	脊柱アライメントを保ち、椎体への負荷を回避するという考え方	体幹伸展を意識した姿勢改善運動・低強度・持久性を重視した背筋トレーニング、日常生活における姿勢・動作指導	<ul style="list-style-type: none"> <li>反復的または最終域での脊柱屈曲は回避する</li> <li>動作を禁止するのではなく安全な方法を指導する</li> </ul>

英国の王立骨粗鬆症協会(Royal Osteoporosis Society)によるコンセンサスステートメントをもとに作成



A:スクワットが行えない場合の椅子と机を用いた立ち上がり練習  
 B:転倒予防に配慮した片脚立位練習  
 C:ダンベル(各2ポンド)を使用した背筋体操

図2 転倒予防に配慮したロコトレの方法と背筋体操の代替の例

半硬性装具や重錘型装具（背面に錘が取り付けられた装具）の使用は、姿勢を改善するだけでなく、体幹伸展筋力の向上にも寄与することが示されている<sup>29)</sup>。転倒発生数が減少したというエビデンスは示されていないものの、これらの身体機能の改善はバランス能力の向上に直結し、結果として転倒リスクを低下させる可能性がある。つまり、体幹装具は骨折部位の支持、固定という従来の目的に加え、転倒しにくい状態を整えるための有効な手段にもなり得る。

## 2. 疼痛に対する介入

疼痛は転倒発生のリスク因子であることから、椎体骨折患者においても疼痛のマネジメントは非常に重要である。前述のように椎体骨折患者に対する運動療法が腰背部痛の軽減に有効であるエビデンスは散見されるが、これらは主に慢性腰背部痛を対象としたものである。一方で、椎体骨折の急性期の段階においては、保存療法が第一選択となり、安静臥床、薬物療法、装具療法に加え、

リハビリテーションを適用するのが一般的である。

これまでにわれわれは保存療法を施行した骨粗鬆症性椎体骨折患者における急性痛の残存状況を調査し、中等度以上の腰背部痛が残存する患者では疼痛の認知・情動的側面の問題や身体機能ならびに身体活動量の低下といった多面的な問題を有していることを報告してきた<sup>30) 31)</sup>。そこで、これらの問題を解決するために、通常の理学療法に行動医学的アプローチを併用する介入戦略を考案し、その効果は無作為化比較試験で検証した。具体的には、椎体骨折や疼痛に関する患者教育や目標設定に加え、痛み行動日誌（図3）を導入して対象者に歩数計を装着してもらい、歩数および腰背部痛のモニタリングを進めた。痛み行動日誌には、日常生活におけるできるだけポジティブなコメントを記載してもらい、ポジティブな内容に関しては称賛し、ネガティブな内容については傾聴し、適宜フィードバックや対処方法を指導した。また、活動促進として目標歩数を決定し、疼痛の増

### 活動日記

氏名 \_\_\_\_\_ 様

日々の変化を知るために、歩数と痛みを記録していきましょう。

+	日付	天気	歩数	痛み	コメント

\*痛みの程度（+を通して、だいたいどれくらいだったかを書きましょう）

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
痛くない					これ以上の痛みは考えられない					

\*コメントは、できるようになったことや楽しかったこと等、その日の良かった事を書きましょう。

図3 痛み行動日誌

悪時には適宜調整するというペーシングを行った。その結果、腰背部痛や運動耐容能、身体活動量の改善が得られ、保存療法に行動医学的アプローチを併用する介入戦略は有用であることが明らかとなった<sup>32)</sup>。

以上のように、急性の椎体骨折患者に対する行動医学的アプローチを併用したりハビリテーションは、腰背部痛やその認知に加え、運動耐容能、身体活動量の改善に効果的であることが明らかとなり、慢性腰背部痛への移行を予防し得る保存療法の一手段となる可能性が示唆された。ただ、転倒予防への有効性は明らかでなく、今後の縦断的な検討が必要である。

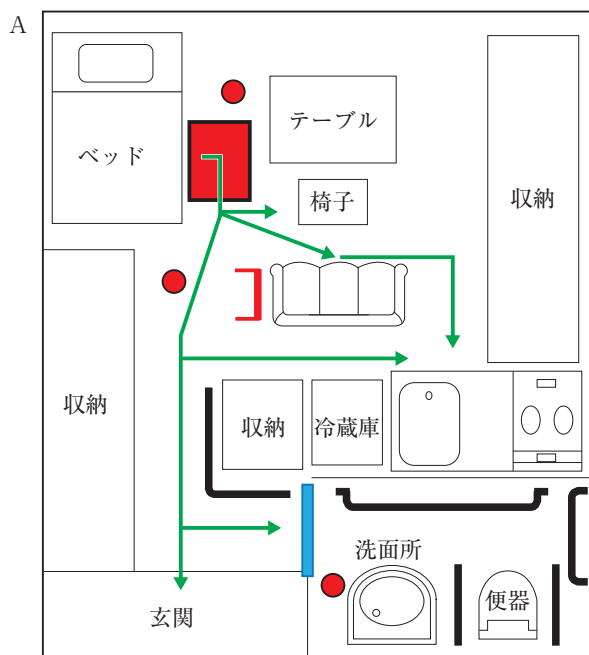
### 3. 環境調整

転倒は身体機能面だけでなく多因子が重なり発生するため、椎体骨折患者の転倒予防においても、住環境の整備は極めて重要である。患者の特性や生活動線に合わせて手すりの設置や段差解消、適切な履物の選択等の環境対策を講じることで再骨折や頭部外傷といった重篤な二次的障害を未然に防ぐことが望まれる。特に、転倒リスクが高い重症の椎体骨折患者、あるいは顕著な後弯変形

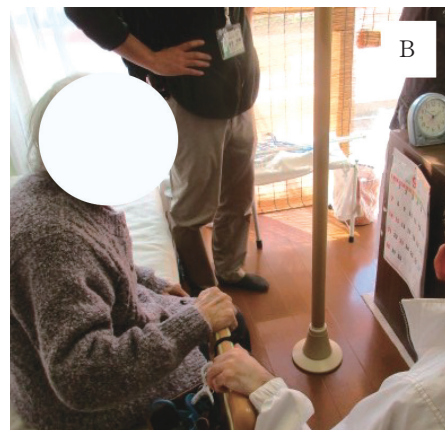
を有する患者においては身体機能の低下を補完するための重要な介入手段といえる。

最近のコクランレビューでは、地域在住高齢者を対象とした住環境への介入（住宅改修、危険因子の除去、福祉用具の導入など）が転倒リスクの低下に有効であり、特に転倒歴を有する高リスク者で介入効果が大きいと報告されている<sup>33)</sup>。椎体骨折患者においても住環境における段差、床材、照明、手すり配置などの環境調整は、転倒そのものを防ぐ不可欠な介入の一つとして位置づけられる。

また、上述したように椎体骨折は尻もちなどの後方転倒により受傷することが多い。Sranらは、後方転倒時の床の剛性が椎体への衝撃力に与える影響を検証している<sup>34)</sup>。その結果、後方転倒時に臀部へ加わる衝撃力は体重の6倍から9倍に達するが、わずか4.5 cm厚のフォーム材を床に設置するだけで垂直方向の衝撃力を約15%緩和させることができることを明らかにしている。つまり、環境調整としては転倒させないだけでなく、転倒しても骨折を起こさないこと（緩衝マットの活用な



- 症例の動線
- 黒の太線：以前から設置されていた手すり
- 今回設置する手すりなど
- 垂直型手すり（ベストポジションバー）
- 】 据え置き式手すり（タッチアップ）
- 滑り止め、緩衝マット



A：症例の自室の間取り。症例の主な生活の導線は緑色、黒の太線は以前から設置されていた手すりであり、今回新たに設置する手すりやマット類は赤色で示す。  
 B：ベッド横の垂直型手すりの位置を検討している場面  
 C：ソファ横の据え置き式手すりの設置を検討している場面

図4 環境調整の例

ど)も考慮することが重要といえる。

最後に、再転倒予防のために環境調整を実施した事例を提示する。症例はケアハウスに在住の90代の女性で、ベッドから滑り落ちたり、椅子に座り損ねて尻もちをついたりするなど、2か月にわたって複数回の転倒を起していた。

X日に腰背部痛が増悪し体動が困難となり当院を受診し、第10胸椎椎体骨折と診断され入院の運びとなった。翌日よりリハビリテーションを開始し、X+7日に軟性コルセットが完成し、離床が許可されたが、重度の腰背部痛のため離床が進まず、ADL能力の改善も乏しかったため、X+30日に脊椎後方固定術が施行された。その後、疼痛は自製内となり、馬蹄型歩行器、杖歩行、独歩と段階的な歩行練習とADL練習を進めた。その結果、病棟内歩行(T字杖または手すりの使用)およびトイレ動作は修正自立となったが、TUGテストは21.0秒、5回椅子起立テストは17.7秒と遅延を認め、入院前から転倒を繰り返していたことから、住環境の調整のためにX+80日に家屋訪問を実施した。家屋訪問においては、症例本人と家族ならびに担当セラピストに加え、介護士、ケアマネージャー、福祉用具業者が参加し、生活動線やこれまでの転倒発生場所の確認を行った。そして、参加者で合議し、垂直型手すり(ベストポジションバー、DIPPERホクメイ株式会社)や据え置き式手すり(タッチアップ、矢崎化工株式会社)の設置、および電動ベッドの導入とその周囲への滑り止めマットおよび緩衝マットの設置を決定した(図4)。その後、福祉用具業者による住環境整備が実施され、デイケアの利用も決定しX+100日に退院となった。

## V おわりに

骨粗鬆症性椎体骨折患者の転倒は後方転倒が多く、その発生には脊柱後弯変形に伴う姿勢の不安定性や身体機能の低下および腰背部痛など、多面的な要因が複雑に関与している。したがって、個々の症例における身体機能、疼痛特性、および生活環境などを詳細に評価し、多角的な視点から介入することが転倒と骨折の悪循環を断ち切り、生活機能の維持・改善を図る上で極めて重要といえよう。

## ● 参考文献

- 1) Horii C, et al. Differences in prevalence and associated factors between mild and severe vertebral fractures in Japanese men and women : the third survey of the ROAD study. *J Bone Mineral Metab.* 37 (5) : 844-853, 2019.
- 2) Ensrud KE, et al. Clinical practice. Vertebral fractures. *N Engl J Med.* 364 (17) : 1634-1642, 2011.
- 3) 佐々木聡ほか. 60歳以上の新規脊椎椎体骨折症例の原因について. *骨折.* 37 (3) : 642-645, 2015.
- 4) 村越太ほか. 脊椎椎体骨折症例の骨折機転と背景因子, 薬物療法との関連. *J Spine Res.* 7 (2) : 1057-1059, 2016.
- 5) Yu WY, et al. Situational risk factors for fall-related vertebral fractures in older men and women. *Osteoporosis International.* 32 (6) : 1061-1070, 2021.
- 6) Muraki S, et al. Risk factors for falls in a longitudinal population-based cohort study of Japanese men and women : the ROAD Study. *Bone.* 52 (1) : 516-523, 2013.
- 7) van der Jagt-Willems HC, et al. Associations between vertebral fractures, increased thoracic kyphosis, a flexed posture and falls in older adults : a prospective cohort study. *BMC Geriatr.* 15 : 34, 2015.
- 8) Szulc P, et al. High risk of fall, poor physical function, and low grip strength in men with fracture-the STRAMBO study. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 7 (3) : 299-311, 2016.
- 9) 宮腰尚久. 加齢に伴う腰椎の変化②. *理学療法.* 37 (1) : 67-75, 2020.
- 10) Kim JY, et al. Changes of paraspinal muscles in postmenopausal osteoporotic spinal compression fractures : magnetic resonance imaging study. *J Bone Metab.* 20 (2) : 75-81, 2013.
- 11) Makarova EV, et al. Balance and muscle strength tests in patients with osteoporotic vertebral fractures to develop tailored rehabilitation programs. *Eur J Transl Myol.* 30 (3) : 9236, 2020.
- 12) Hongo M, et al. Association of spinal curve deformity and back extensor strength in elderly women with osteoporosis in Japan and the United States. *Osteoporos Int.* 23 (3) : 1029-1034, 2012.
- 13) Ishikawa Y, et al. Spinal curvature and postural balance in patients with osteoporosis. *Osteoporos Int.* 20 (12) : 2049-2053, 2009.
- 14) Asahi R, et al. Sagittal alignment cut-off values

- for predicting future fall-related fractures in community-dwelling osteoporotic women. *Eur Spine J.* 32 (4) : 1446-1454, 2023.
- 15) Szulc P. Impact of Bone Fracture on Muscle Strength and Physical Performance-Narrative Review. *Current Osteoporosis Reports.* 18 (6) : 633-645, 2020.
- 16) Arima K, et al. Association of vertebral compression fractures with physical performance measures among community-dwelling Japanese women aged 40 years and older. *BMC Musculoskelet Disord.* 18 (1) : 176, 2017.
- 17) Johansson L, et al. Vertebral fractures and their association with health-related quality of life, back pain and physical function in older women. *Osteoporos Int.* 29 (1) : 89-99, 2017.
- 18) Lu F, et al. Predictive value of different physical performance assessment methods for falls in older adults : a 3-year longitudinal study in China. *Eur Geriatr Med.* 16 (3) : 891-897, 2025.
- 19) Morris R, et al. A comparison of different balance tests in the prediction of falls in older women with vertebral fractures : a cohort study. *Age Ageing.* 36 (1) : 78-83, 2007.
- 20) Beck Jepsen D, et al. Predicting falls in older adults : an umbrella review of instruments assessing gait, balance, and functional mobility. *BMC Geriatr.* 22 (1) : 615, 2022.
- 21) Venmanz AH, et al. Natural history of pain in patients with conservatively treated osteoporotic vertebral compression fractures : results from VERTOS II. *AJNR Am J Neuroradiol.* 33 (3) : 519-521, 2012.
- 22) Inose H, et al. Predictors of residual low back pain after acute osteoporotic compression fracture. *J Orthop Sci.* 26 (3) : 453-458, 2021.
- 23) Hübscher M, et al. Perceived pain, fear of falling and physical function in women with osteoporosis. *Gait Posture.* 32 (3) : 383-385, 2010.
- 24) Marshall LM, et al. A Prospective Study of Back Pain and Risk of Falls Among Older Community-dwelling Women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 71 (9) : 1177-1183, 2016.
- 25) Gibbs JC, et al. Exercise for improving outcomes after osteoporotic vertebral fracture. *Cochrane Database Syst Rev.* 7 (7) : CD008618, 2019.
- 26) Li X, et al. Effects of resistance and balance exercises for athletic ability and quality of life in people with osteoporotic vertebral fracture : Systematic review and meta-analysis of randomized control trials. *Front Med (Lausanne).* 10 : 1135063, 2023.
- 27) Brooke-Wavell K, et al. Strong, steady and straight : UK consensus statement on physical activity and exercise for osteoporosis. *Br J Sports Med.* 56 (15) : 837-846, 2022.
- 28) 日本整形外科学会ロコモティブシンドローム予防啓発公式サイト 〈<https://locomo-joa.jp/check/locotre>〉, 参照 2026-1-10
- 29) Keshavarzi F, et al. Effect of spinal orthoses on osteoporotic elderly patients kyphosis, back muscles strength, balance and osteoporotic vertebral fractures : (A systematic review and meta-analysis). *J Rehabil Assist Technol Eng.* 11 : 20556683241268605, 2024.
- 30) Kataoka H, et al. Depression, catastrophizing, and poor performance in women with persistent acute low back pain from vertebral compression fractures : A prospective study. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 35 (5) : 1125-1133, 2022.
- 31) Kondo Y, et al. Identifying early risk factors for chronic pain development following vertebral fractures : a single-center prospective cohort study. *Asian Spine J.* 19 (6) : 928-938, 2025.
- 32) Kataoka H, et al. Effects of a Rehabilitation Program Combined with Pain Management That Targets Pain Perception and Activity Avoidance in Older Patients with Acute Vertebral Compression Fracture : a Randomised Controlled Trial. *Pain Res Manag.* 2023 : 1383897, 2023.
- 33) Clemson L, et al. Environmental interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev.* 3 (3) : CD013258, 2023.
- 34) Sran MM, et al. Preventing fall-related vertebral fractures : effect of floor stiffness on peak impact forces during backward falls. 33 (17) : 1856-1862, 2008.