

【原著】

**被ばく患者に対するリハビリテーションの現状と展望（第1報）
—文献レビューによる検討—**小枝周平¹、成田大一¹、對馬均¹¹ 弘前大学大学院保健学研究科健康支援科学領域老年保健学分野

(受付：平成 23 年 1 月 31 日)

(受理：平成 23 年 2 月 7 日)

要 旨

本研究の目的は、過去の被ばく事故例について、リハビリテーションの視点からの文献レビューを通して、被ばく患者に対するリハビリテーションの必要性と可能性について考究することである。文献検索の結果、被ばく事故に関する文献は、重複したものを含み和文で 2269 編、欧文で 62757 編確認された。これらの文献をリハビリテーションの視点から絞り込みを行った結果、被ばく患者へのリハビリテーションについて論述されていたものは 3 編のみであり、いずれも全身に高線量の被ばくをした症例のケースレポートであった。これら 3 編の報告から、被ばく患者では放射線熱傷（放射線皮膚障害）と呼吸機能低下に焦点を当てたりリハビリテーションアプローチが、早期離床や全身状態の管理の面で重要な役割を担うことが考えられた。このようリハビリテーションの効果のエビデンスを確認する意味から、病態モデルを考慮に入れた研究の展開が、今後課題と思われる。

キーワード：全身被ばく、局所被ばく、リハビリテーション、放射線熱傷、呼吸リハビリテーション

I . はじめに

放射性物質による被ばく事故は、その予防が最も重要ではあるが、万が一発生した場合の対応も必須であり、社会的にも医療的にも多くの問題を含む。なかでも被ばく医療は特殊な処置や高度医療を必要とする場合が多く、特化した専門性が求められる。

被ばく患者に対する治療は第一に救命、第二に創傷部の治癒が目的とされるが、被ばく患者の全身管理や早期社会復帰を考慮した場合、リハビリテーションの介入は必要不可欠であると思われる。しかし、被ばく患者に対してリハビリテーションを行った報告は非常に少なく、リハビリテーションの必要性を理念的には理解できても、具体的な治療ターゲットとなる障害や取り組みの指針は言及できず、被ばく患者に対するリハビリテーションの必要性は十分に検討されているとは言い難い。

そこで、本稿では過去の被ばく事故例をリハビリテーションの視点から見直し、被ばく患者に対するリハビリテーションの必要性と可能性について手掛かりを得ることを目的として、文献検索を行った。また、文献検索の結果から被ばく患者におけるリハビリテーションの治療ターゲットとなりうる障害に関して、その症状についても文献調査を実施した。

II . 方法と結果**1. 過去の被ばく事例について**

1) 過去の被ばく事例に関する文献検索方法

過去の被ばく事例について文献検索を行った。文献検索には、和文は医中誌 Web、欧文は PubMed を用いた。文献検索キーワードは「被ばく (radiation exposure)」「全身被ばく (whole-body radiation exposure)」、「局所被ばく (regional radiation exposure)」、「急性放射線障害 (acute radiation

syndrome)」、「interventional radiology (IVR)」、「非破壊検査 (non-destructive inspection)」の 6 語を用いて検索を行った。この中の「interventional radiology(IVR)」、「非破壊検査 (non-destructive inspection)」の 2 語に関しては一般的に被ばく関連の事項を示さないために「被ばく (radiation exposure)」というキーワードを追加して検索した。医中誌 Web の検索年は 1983 ~ 2010 年 (全年) に設定した。

2) 過去の被ばく事例に関する文献検索の結果

過去の被ばく事故に関する文献検索の結果を表 1 に示す。文献検索の結果、和文では「被ばく」1686 件「全身被ばく」4 件「局所被ばく」2 件「急性放射線障害」53 件「interventional radiology(IVR) + 被ばく」521 件「非破壊検査 + 被ばく」3 件ヒットした。また、欧文では「radiation exposure」58074 件「whole-body radiation exposure」2540 件、「regional radiation exposure」721 件、「acute radiation syndrome」1059 件、「interventional radiology (IVR) + radiation exposure」362 件、「non-destructive inspection + radiation exposure」1 件ヒットした。

3) 過去の被ばく事例の特徴

1-2) で得られた文献から過去の被ばく事故について特徴を抽出した。これら文献にみられた被ばく事故は、被ばくの起こった場所や経緯については分析されていたものの、被ばく患者への医療についての詳細を記録したものは見当た

表 1 過去の被ばく事例の調査

キーワード	データベース	
	医中誌 Web	PubMed
#1 被ばく (radiation exposure)	1686	58074
#2 全身被ばく (whole-body radiation exposure)	4	2540
#3 局所被ばく (regional radiation exposure)	2	721
#4 急性放射線障害 (acute radiation syndrome)	53	1059
#5 interventional radiology(IVR) + 被ばく (radiation exposure)	521	362
#6 非破壊検査 (non-destructive inspection) + 被ばく (radiation exposure)	3	1

らなかった。また、全身に大線量で被ばくした事例は少なかった。一方、局所被ばくについてはいくつか報告が見られた。この中で被ばくの原因として多かったものは、1980 年代以前は産業分野での非破壊検査等で用いられた放射線物質による被ばくであったが、これらに関しては近年の報告はほとんど見当たらなかった。1990 年代後の報告では、医療現場で放射線を用いた検査・治療が原因となるものが多く見られた。これらの局所被ばくに対する医療には、放射線熱傷 (放射線皮膚障害) を生じた部位に対して温熱性熱傷の場合と同様に皮膚移植が行われたという記載がいくつか見られた¹⁻³⁾ が、その後にリハビリテーションを行った記録はなかった。

2. 過去の被ばく事例へのリハビリテーション治療について

1) 過去の被ばく事例へのリハビリテーション治療に関する文献検索方法

過去の被ばく事例へのリハビリテーション治療に関する文献検索を行った。文献検索に用いたツールは 1-1) と同様である。文献検索キーワードは 1-1) で使用した 6 語に「リハビリテーション (rehabilitation)」というキーワードを追加して検索を行った。

2) 過去の被ばく事例へのリハビリテーション治療に関する文献検索の結果

過去の被ばく事例へのリハビリテーション治療に関する文献検索の結果を表 2 に示す。和文では「被ばく + リハビリテーション」7 件「全身被ばく + リハビリテーション」0 件「局

表 2 過去の被ばく事例へのリハビリテーション治療の調査

追加キーワード	データベース	
	医中誌 Web	PubMed
#1 +	7	217
#2 +	0	4
#3 + リハビリテーション	0	5
#4 + (rehabilitation)	4	3
#5 +	0	1
#6 +	0	0

所被ばく+リハビリテーション」0件「急性放射線障害+リハビリテーション」4件「interventional radiology(IVR)+被ばく+リハビリテーション」0件「非破壊検査+被ばく+リハビリテーション」0件ヒットした。また、欧文では「radiation exposure + rehabilitation」217件「whole-body radiation exposure + rehabilitation」4件、「regional radiation exposure + rehabilitation」5件、「acute radiation syndrome + rehabilitation」3件、「interventional radiology (IVR) + radiation exposure + rehabilitation」1件、「non-destructive inspection + radiation exposure + rehabilitation」0件ヒットした。

3) 過去の被ばく事例へのリハビリテーション治療の特徴

2-2) で得られた文献から被ばく患者へリハビリテーションの介入があった報告を抽出したところ、日本で核燃料濃縮作業中におこった全身被ばく患者に対するリハビリテーションに関する報告の3件のみであった。その介入内容として、急性期には Activities of Daily Living(ADL)の獲得を目指して、離床を促し、愛護的な関節可動域運動や良肢位保持が実施されていた。また、誤嚥性肺炎を契機とした呼吸機能の低下に対して、全身管理を目的として呼吸リハビリテーションが実施されていた⁴⁶⁾。

以上の結果から、被ばく患者のリハビリテーションで治療ターゲットとして考えられる障害として、放射線熱傷(放射線皮膚障害)と重症化した場合の呼吸機能の低下が挙げられた。

3. 放射線熱傷(放射線皮膚障害)と被ばく患者の呼吸機能低下について

1) 放射線熱傷(放射線皮膚障害)と呼吸機能の低下に関する文献検索方法

2-3) で示されたりハビリテーション治療のターゲットとなり得る放射線熱傷(放射線皮膚障害)と呼吸機能低下に関する事項について文献検索を行った。文献検索に用いたツールは1-1)、2-1)と同様である。文献検索キーワードは「放射線熱傷(radiation burn)」「放射線皮膚障害(radiodermatitis)」「呼吸機能(the function of the respiratory system)」「呼吸リハビリテーション(respiratory rehabilitation)」の4語を用いた。この中の「呼吸機能(the function of the respiratory system)」「呼吸リハビリテーション(respiratory rehabilitation)」の2語に関しては一般的に被ばく関連の事項を示さないために「被ばく(radiation exposure)」というキーワードを追加して検索した。また、「放射線熱傷(radiation burn)」「放射線皮膚障害(radiodermatitis)」「呼吸機能(the function of the respiratory system)」の3語には「リハビリテーション(rehabilitation)」というキーワードを追加して検索を行った。

2) 放射線熱傷(放射線皮膚障害)と呼吸機能の低下に関する文献検索の結果

放射線熱傷(放射線皮膚障害)と呼吸機能の低下に関する文献検索の結果を表3に示す。文献検索の結果、和文では「放射線熱傷」5件「放射線皮膚障害」113件「呼吸機能+被ばく」26

表3 放射線熱傷(放射線皮膚障害)と呼吸機能の低下に関する調査

キーワード	追加キーワード	データベース	
		医中誌Web	PubMed
#6 放射線熱傷 (radiation burn)		5	3367
#7 放射線皮膚障害 (radiodermatitis)		113	1691
#8 呼吸機能 (the function of the respiratory system) +被ばく (radiation exposure)		26	103
#9 呼吸リハビリテーション (respiratory rehabilitation) +被ばく (radiation exposure)		3	2
#6 +	リハビリテーション	0	6
#7 +	(rehabilitation)	8	1
#8 +		0	1

件「呼吸リハビリテーション+被ばく」3件、「放射線熱傷+リハビリテーション」0件「放射線皮膚障害+リハビリテーション」8件「呼吸機能+被ばく+リハビリテーション」0件ヒットした。欧文では、「radiation burn」3367件、「radiodermatitis」1691件、「the function of the respiratory system + radiation exposure」103件、「respiratory rehabilitation + radiation exposure」2件、「radiation burn + rehabilitation」6件、「radiodermatitis + rehabilitation」1件「the function of the respiratory system + radiation exposure + rehabilitation」1件ヒットした。以上の文献の情報とこれまでの報告を基に、放射線熱傷（放射線皮膚障害）と被ばく患者の呼吸機能低下の症状についてまとめる。

3) 放射線熱傷（放射線皮膚障害）について

放射線熱傷は放射線皮膚障害と同義で用いられることが多く、高線量の被ばくによって生じる皮膚の障害のことである^{7,8)}。熱傷という言葉がもちいられているが、温熱による熱傷とは病態が全く異なる。温熱による熱傷は、皮膚表面から損傷を受け、数日で重症度や範囲が決定されるのに対し、放射線熱傷では、放射線によるDNA損傷が中心となるため、細胞分裂が盛んな表皮の基底層で主に障害が発生する。つまり、基底層での細胞の分裂能低下が主な損傷となり、組織のターンオーバーに合わせて徐々に悪化する経過をたどる^{7,9)}。そのため、被ばく直後の身体状況から予後予測をすることは難しく、治療においては、被ばく線量を適切に評価し、今後起こり得る状況を予測することが重要となる^{7,8)}。

4) 被ばく患者の呼吸機能低下について

健康人のガス交換は、吸気時には胸郭の拡大と横隔膜の収縮により、胸腔内が陰圧となるため肺内に空気が流入し、呼気時には胸郭が縮小するとともに横隔膜が弛緩して持ち上がるため、押し出されるように空気が肺から流出する。このように、胸郭と横隔膜の動きによりガス交換が行われる。

重度の被ばく患者の場合、放射線の影響により、肺の線維化や胸郭の可動域低下が引き起こされる^{7,8)}ほか、消化管出血と蠕動不全により腹部が膨満し、横隔膜が下方から押し上げられ、

横隔膜の動きが制限される⁴⁾ため、呼吸機能は低下することが予測される。さらに、人工呼吸管理下に置かれた場合には、人工的に胸腔内に空気が送り込まれることにより、胸郭の自発的な動きが減少し、胸郭の可動域低下は助長される。また、放射線は口腔粘膜の滑落を引き起こしやすいため¹⁾、この滑落した粘膜や痰を誤嚥することによる誤嚥性肺炎の併発にも注意が必要である。

Ⅲ. 考 察

1. 放射線熱傷（放射線皮膚障害）に対するリハビリテーションの必要性と可能性

1) 全身被ばく患者の場合

全身被ばく患者の場合、放射線による全身症状悪化に対する治療が最優先される。この中でリハビリテーションは、循環器や呼吸器、運動器などの全身管理を目的として、出来る限り早期から離床を促していくことが重要となる⁵⁾。被ばく患者に離床を促すうえで障害となるものには、放射線の影響による全身状態の低下や免疫能力の低下⁸⁾のほかに、放射線熱傷（放射線皮膚障害）が挙げられる。放射線熱傷は、徐々に皮膚の硬化や皮膚移植が必要とされる病態へと進行し、関節可動域の制限を引き起こすことにより、離床が困難な状況に陥りやすい。放射線熱傷は、組織のターンオーバーに合わせて徐々に悪化するため、放射線熱傷による影響を最小限にするためには被ばく線量の評価から適切に予後を予測し、できる限り早期から関節可動域を愛護的に保護するとともに良肢位に保持することが必要と考える。これにより、早期に離床に向けてのアプローチの可能性があると見える。

2) 局所被ばく患者の場合

局所被ばくに関する近年の報告では、医療現場でIVR等の放射線を用いた検査・治療によって放射線熱傷（放射線皮膚障害）を生じたものが多い¹⁻³⁾。IVRに伴う放射線熱傷にはガイドラインが検討されており、温熱熱傷の場合と同様にデブリードマンや皮膚移植などの治療が選択されるケースもあるものの、その後のリハビリ

テーションに関しては言及されていない。しかし、温熱熱傷に対する皮膚移植後の関節可動域運動やストレッチ、スプリント療法などのリハビリテーションの介入は植皮部の柔軟性や可動性獲得に有効であることが知られている^{10,11)}。以上のことから、局所被ばくで生じた放射線熱傷に対する皮膚移植後のリハビリテーションの介入はある程度の効果が期待できるのではないかと予測される。

2. 全身被ばく患者の呼吸リハビリテーションの必要性と可能性

重度の全身被ばく患者の場合、どのように呼吸機能を維持するかということも重要な課題の一つである。放射線の影響による肺の線維化、胸郭の可動域低下や横隔膜の可動性の低下は、呼吸機能を低下させる^{4,7,8)}。また、呼吸不全により人工呼吸管理下に置かれた場合にさらなる胸郭の可動域低下によって呼吸機能悪化はさらに助長されやすい。このような状況に対しては、効果的な排痰や胸郭の可動域の維持、下側肺障害を改善するための体位変換が重要となる^{4,6)}。一方、広範囲かつ重度に被ばくした患者の場合、誤嚥や免疫機能の低下により誤嚥性肺炎を引き起こす危険性が高いため、これを予防する意味からも早期からの口腔ケアや呼吸リハビリテーションを徹底することが大切と思われる。

IV. 結 語

本調査を通じて被ばく患者に対しても、離床や呼吸管理を通じた全身状態の管理という点において、リハビリテーションは重要な役割を担うものと考えられた。さらに予後を予測し、早期よりアプローチすることで、より効果が得られる可能性があることが浮き彫りにされた。しかし、被ばく患者の報告例はほとんどないため、実際にどれくらい早期からアプローチが可能か、また関節可動域運動などの機械的刺激が、被ばく後の皮膚や筋に対してどのような影響を及ぼすかは明確にされていない。このような点について、今後は病態モデルを考慮に入れ、被ばく患者に対するリハビリテーションのエビデ

ンスを具体的に示していくことが課題と考えている。

V. 謝 辞

本研究を行うにあたり、ご指導・ご助言をいただいた北里大学 医療衛生学部 リハビリテーション学科 木村雅彦先生に深く感謝申し上げます。

本研究は、平成 21 年度文部科学省特別教育研究経費（緊急被ばく医療支援人材育成及び体制の整備）からの助成を受けて実施した。

文 献

- 1) 神谷秀喜：放射線皮膚障害．*Derma* **167**: 27-31 2010
- 2) 竹腰知紀、鹿田純一郎、他：Interventional Radiology に伴う放射線皮膚障害の 4 例．*皮膚科の臨床* **47(4)**: 521-524 2005
- 3) 松本千穂、政田佳子、他：PTCA の長時間透視シネ撮影で生じた放射線皮膚障害．*皮膚病診療* **22(4)**: 361-364 2000
- 4) 木村雅彦、田中秀治、他：急性放射線障害患者に対する呼吸理学療法の実験．*日本呼吸管理学会誌* **10(1)**: 118 2000
- 5) 木村雅彦、里見和彦、他：急性放射線障害患者に対する早期リハビリテーションの実験．*熱傷* **26(4)**: 192-193 2000
- 6) 木村雅彦、田中秀治、他：急性放射線障害患者に対する理学療法の実験．*理学療法学* **28(suppl.2)**: 163 2001
- 7) 財団法人原子力安全研究協会：<http://www.remnet.jp/index.html>(2010-08-04).
- 8) 青木芳朗、前川和彦：緊急被ばく医療テキスト．医療科学社、東京 2004.
- 9) Kurpeshev OK, Konopliannikov AG: Effect of ionizing radiation and other factors on the thermal sensitivity of mouse skin. *Med Radiol*, **32(3)**: 69-74 1987
- 10) Simons M, King S, et al: Occupational therapy and physiotherapy for the patient with burns: principles and management guidelines. *J Burn Care Rehabil* **24(5)**: 323-335 2003

- 11) Quick CD, Serghiou M, et al: Burn rehabilitation and research: proceedings of consensus summit. J Burn Care Res **30(4):** 543-573 2009

連絡先：小枝周平
青森県弘前市本町 66-1 (〒 036-8564)
E-mail: ot_koeda@cc.hirosaki-u.ac.jp

Necessity and possibility of rehabilitation for patients exposed to radiation. Investigation by literature review

Shuhei KOEDA, Hirokazu NARITA, and Hitoshi TSUSHIMA

Department of Development and Aging, Division of Health Sciences,
Hirosaki University Graduate School of Health Sciences

Summary

Objective: The purpose of this study is to clarify the necessity and possibility of rehabilitation for patients exposed to radiation.

Method: Studies both in Japanese and in English related to radiation exposure accidents were reviewed.

Results: Although we identified a total of 2,269 reports in Japanese and 62,757 reports in English related to radiation exposure accidents, only three of these reports concerned rehabilitation for patients who had experienced whole-body radiation exposure. In these three studies, the problems in rehabilitation for patients with radiation exposure were assumed to be radiation burns and impairment of respiratory functions, the recovery from which was considered important to early ambulation and management of overall condition.

Conclusion: The present literature review showed that rehabilitation as general support, including early ambulation and respiratory care, is very important in the recovery of patients exposed to radiation. One challenge for future research is to discern the concrete effects of rehabilitation in radiation-exposed patients using an animal model of the pathological processes involved in radiation injury.

(Med Biol **155**: 203-209 2011)

Key words: rehabilitation; regional radiation exposure; whole-body radiation exposure; radiation burn; respiratory rehabilitation

Correspondence address: Shuhei KOEDA
66-1, Honcho, Hirosaki, Aomori 036-8564, Japan
e-mail: ot_koeda@cc.hirosaki-u.ac.jp

