一般口演
# 一般口演11
# 医療データ分析５（経営分析）
2018年11月24日(土) 09:00 〜 11:00 E会場 (5F 501)

[3-E-1-8] 放射線治療装置(リニアック)導入による採算性に関する考察
○村上 淳基[1], 赤羽 学[1], 中西 康裕[1], 今井 信也[2], 今村 知明[1] （1.奈良県立医科大学公衆衛生学, 2.大阪物療大学）

[目的]　放射線治療装置(リニアック)はがん治療において欠かすことのできない医療機器であるが、リニアックの採算性に関する検討は未だ不十分である。今後さらにがん患者も増加し、放射線治療のニーズは高くなると考えられるため、リニアック導入が病院経営にどのような影響を与えるか把握しておく必要がある。本研究ではリニアック導入の採算性を病床規模別に試算した。[方法]　平成26年度に全国の一般病院一施設あたりで稼働しているリニアックの年間費用と年間収入を病床規模別に推計し、年間収支差を試算した。さらに、病床規模による収支差の要因について分析をおこなった。費用に関しては、リニアック本体、治療計画装置、 CTシミュレータなどの減価償却費、維持費用および人件費を仮定して算出し、収入は「医療施設調査」、「社会医療診療行為別調査」を用いて、一施設あたりの総治療点数を算出し、収支を試算した。[結果]　病床規模別の一施設あたりの年間費用は、約1億1400万円から7600万円であった。病床規模別の一施設あたりの年間治療収入は、約5900万円から1億7400万円であった。これらを用いて病床規模別の一施設あたりの年間収支差を算出したところ、病床規模50〜99床で約6000万円、100〜199床で約マイナス2100万円、200〜299床で約200万円、300〜499床で約マイナス200万円、500床以上で約6300万円であった。[結論]　放射線治療に特化した小規模病院や大規模病院では収支がプラスとなる一方、中規模病院では収支が均衡、あるいはマイナスとなることが示された。これらの差は強度変調放射線治療(IMRT)実施の有無、または治療患者数によるものと考えられる。リニアック導入に関しては直接的な収支に加え、化学療法など併用治療による収支に間接的に与える影響や各医療施設での臨床的必要性を総合的に考慮する必要がある。

©一般社団法人 日本医療情報学会

放射線治療装置(リニアック)導入による採算性に関する考察

村上淳基[*1]、赤羽学[*1]、中西康裕[*1]、今井信也[*2]、今村知明[*1]
*1 奈良県立医科大学公衆衛生学講座、
*2 大阪物療大学

A profit and loss analysis for radiotherapy on Japanese hospital

Junki Murakami[*1], Manabu Akahane[*1], Yasuhiro Nakanishi[*1], Shinya Imai[*2], Tomoaki Imamura[*1]
*1 Department of Public Health, Health Management and Policy, Nara Medical University
*2 Osaka Butsuryo University

The equipment used in radiotherapy treatment includes external irradiation treatment equipment, including linear accelerator, gamma knife, and cyber knife systems, and internal irradiation equipment, including remote afterloading systems. In Japan, linear accelerators account for the largest number of active devices. As a medical device, the linear accelerator is indispensable for future cancer treatment; however, studies on the profitability of linear accelerator systems are still insufficient. In this study, we estimate cost and income associated with linear accelerator systems per facility according to hospital size and region. We analyzed the profitability of the introduction of linear accelerator systems in 2014 according to hospital size and the prefecture in which the hospital was located, and examined the influence on hospital management. Furthermore, we analyzed the factors associated with differences in income and expenditure. For small hospitals specialized in radiotherapy and large hospitals, the annual income per facility was potentially profitable. However, mid-sized hospitals and hospitals in some prefectures had the potential to incur a loss. These differences may be due to the implementation of intensity-modulated radiotherapy (IMRT) or the number of treated patients. Because the number of patients who receive radiotherapy is expected to increase in the future, radiotherapy will have a big influence on hospital management. The cost of purchasing equipment can also be expected to influence hospital management. Regarding the introduction of linear accelerator systems, it is necessary to comprehensively consider the direct balance of payment and the indirect influence of combination therapy (e.g., chemotherapy) on the balance, and the clinical necessity of the introduction of such systems in each medical facility.

Keywords: profitability, linear accelerator, radiotherapy, hospital size, regional differences

1. 緒言

近年、がん治療における放射線治療の患者数は増加しており、その重要性は急速に高まっている。その理由として、第一にわが国のがん患者数が増加していることに加え、急速な高齢化により高齢者に対しても安全に有効な治療をおこなうことが可能である放射線治療が選択されていることが考えられる[1,2]。2013年に新たに診断されたがん患者数は約86万例であり、2016年にがんで死亡した人数は約37万3千人である。男女ともに人口の高齢化を要因としてがん死亡数と罹患数は増加し続けている[3]。第二に、放射線治療装置の進歩により、強度変調放射線治療(IMRT: Intensity Modulated Radiation Therapy)や画像誘導放射線治療(IGRT: image guided radiotherapy)などの高精度放射線治療を用いて放射線治療をおこなうことで、有害反応を軽減しつつ、腫瘍制御率の向上が得られるようになってきており、手術と同等の根治性を目指せること、根治を望めない患者にも症状を和らげる緩和治療として貢献していることが考えられる[4]。放射線治療における治療装置は、直線加速器(リニアック)、ガンマナイフ、サイバーナイフなどの外部照射装置と密封小線源治療装置(RALS: Remote After Loading System)などの内部照射装置があるが、日本で稼働装置数が最も多いのはリニアックであり、今後のがん治療において必要不可欠な医療機器である。しかし、リニアックは他の医療機器に比べて非常に高額な医療機器であるため、過大な投資は医療機関の経営への負担となる可能性も考えられる。病院経営においては、リニアック導入によって、より良い医療サービスの提供といった臨床的な必要性だけでなく、採算面についても考慮する必要があると考えられる。

リニアックの採算性については、部門内のスタッフ数や機器の利用頻度などに影響されるため、医療施設の病床規模、地域によって大きく異なると考えられる。今までにCT、MRIに関する採算性の論文は報告されている[5,6]が、リニアック導入による病院の採算性に関する報告は少ない。大西によると一般的な照射施設の実態と考えられる年間照射患者数300人の病院において収支を算出したところ10年間の収支は赤字となり、地方の小規模病院ではさらに赤字が増える可能性があると報告されている[7]。今後、がん患者はさらに増加し、さらなる放射線治療の需要が予測されるため、リニアック導入が病院経営に与える影響を詳細に検討し、明らかにする必要がある。

2. 目的

本研究では、リニアックを導入している一施設あたりの年間収支差を試算した。リニアック導入の採算性を病床規模別、地域別に分析し、病院経営に与える影響について考察した。

3. 方法

2014年度に全国の一般病院で稼働しているリニアック導入一施設あたりの年間費用と年間収入を病床規模別、都道府県別に推計し、年間収支差を試算した。さらに、その収支差の要因について分析をおこなった。

3.1 病床規模別のリニアック導入による採算性

3.1.1 病床規模別のリニアック導入による一施設あたりの年間費用の推計

リニアックの導入にかかる年間費用は、一施設あたりの費用モデルを構築したうえで、全国の病院規模別リニアック稼働施設数から試算した。費用モデルは、リニアック本体、治療

計画装置、QC/QA 機器、患者固定具および治療計画 CT 装置の減価償却費、保守費および放射線治療に対する人件費を仮定して構築した。リニアック本体のモデルは、「月間新医療」2018 年 2 月号 [8]を参考に全国で最も導入されている CLINAC iX(バリアンメディカルシステムズ社製)をモデルとした。減価償却費は、それぞれの機器購入費用を仮定し、償却年数 10 年での定額法により算出した。償却年数については、リニアックにおける添付文書における耐用年数および先行文献 [9,10]による推奨耐用年数を参考に期間を 10 年と仮定した。維持費は、定期点検とすべての修理代を含んだ毎年計上されるメンテナンス費を仮定した。装置購入費用と維持費用の推計値は、リニアック導入施設とのヒヤリング等により仮定した。人件費は、IMRT をおこなっている施設では一施設あたりにつき医師 2.5 人、診療放射線技師 4 人、看護師 1 人とし、IMRT をおこなっていない施設では一施設あたりにつき医師 0.5 人、診療放射線技師 2 人、看護師 0.8 人が必要と仮定した。一施設あたりのスタッフ数の推計は、JASTRO(日本放射線腫瘍学会)構造調査 [11,12]を参考に試算した。また、人件費の算出は 2016 年度の「賃金構造基本統計調査」[13]を参考とし、人件費を医師、診療放射線技師、看護師の年間所得額に福利厚生費や退職給付費用などを含めたものとして年間所得額の 1.3 倍と仮定した。リニアック導入施設数は、2014 年度の「医療施設調査」[14]に収載された一般病院のリニアック導入施設数を用いた。

3.1.2 病院規模別のリニアック導入による一施設あたりの年間収入の推計

リニアックの導入による収入については、2014 年度の「社会医療診療行為別調査」[15]を用いて病院規模別の外部照射に関連する総点数を算出し、2014 年度の病院規模別「医療施設調査」を用いて一施設あたりの収入を試算した。病床規模は、50～99 床、100～199 床、200～299 床、300～499 床、500 床以上に区分した。一施設あたり総点数は、表1に示す医科診療行為項目の合計点数とし、病床規模別に算出した。

3.1.3 病院規模別のリニアック導入による一施設あたりの年間収支差の試算

一施設あたりの年間収支差は、リニアックの導入による年間費用と年間収入を用いて、50～99 床、100～199 床、200～299 床、300～499 床、500 床以上の病床規模別に試算した。年間収支差を求める計算は一般的な線形式を次のように作成し算出した。

年間収支差＝収入(患者数×一患者あたりの点数)
－減価償却費(リニアック本体、治療計画装置、治療計画 CT 装置および QC/QA 機器などの購入費用÷10 年)
－保守費(リニアック本体、治療計画装置、治療計画 CT 装置および QC/QA 機器などの維持、メンテナンス費用)
－人件費(IMRT 施行施設数による調整)

3.1.4 病院規模別のリニアックの収支における要因、感度分析

一施設あたり年間収支差と一施設あたりの患者数、高精度照射有施設数の割合との関係性を調べるため相関分析をおこなった。統計解析は、統計解析ソフトウェア IBM SPSS Statistics Version 25 for Windows を用いて Pearson の積率相関係数を求めた。統計的有意水準は両側検定で 5%未満とした。また、収支の算出式を基に患者数、機器購入費用および機器の維持・メンテナンス費用を変数とし、変数の値の増減による一施設あたり年間収支差の変動を一次元感度分析(one-way sensitivity analysis)および二次元感度分析(two-way sensitivity analysis)により分析した。また、一施設あたりの年間収入に対する年間収支差から変数の増減による変動率を求めた。基準値は、病院規模別のリニアック導入による一施設あたりの年間収支差を用いた。感度分析に用いる変数の振れ幅は、基準値となる数値を 100%として、患者数を 80%～120%、機器購入費用を 70%～130%、機器の維持、メンテナンス費用を 80%～120%と設定した。

表１　集計診療項目

医科診療行為コード	医科診療行為項目	点数
113014110	外来放射線照射診療料	292
113012110	がん治療連携指導料	300
113022210	がん治療連携管理料	500
113011310	医療機器安全管理料 放射線治療計画策定	1100
150351910	経皮的放射線治療用金属マーカー留置術	10000
150346010	気管支内視鏡的放射線治療用マーカー留置術	10000
113001110	放射線治療管理料(分布図の作成1回につき)1門照射	2700
180019010	放射線治療管理料(分布図の作成1回につき)対向2門照射	2700
193518270	放射線治療管理料(分布図の作成1回につき)外部照射	2700
180018410	放射線治療管理料(分布図の作成1回につき)非対向2門照射	3100
180019110	放射線治療管理料(分布図の作成1回につき)3門照射	3100
180018510	放射線治療管理料(分布図の作成1回につき)4門以上の照射	4000
180019310	放射線治療管理料(分布図の作成1回につき)運動照射	4000
180019210	放射線治療管理料(分布図の作成1回につき)原体照射	4000
180031710	放射線治療管理料(分布図の作成1回につき)強度変調放射線治療(IMRT)による体外照射を行った場合	5000
180020170	放射線治療管理料(分布図の作成1回につき)放射線治療専任 加算	330
180031870	放射線治療管理料(分布図の作成1回につき)外来放射線治療 加算	100
180020710	高エネルギー放射線治療 1回目 1門照射を行った場合	840
	高エネルギー放射線治療 1回目 1門照射を行った場合 適合施設以外	588
180020810	高エネルギー放射線治療 1回目 対向2門照射を行った場合	840
	高エネルギー放射線治療 1回目 対向2門照射を行った場合 適合施設以外	588
180020910	高エネルギー放射線治療 1回目 非対向2門照射を行った場合	1320
	高エネルギー放射線治療 1回目 非対向2門照射を行った場合 適合施設以外	924
180021010	高エネルギー放射線治療 1回目 3門照射を行った場合	1320
	高エネルギー放射線治療 1回目 3門照射を行った場合 適合施設以外	924
180021110	高エネルギー放射線治療 1回目 4門以上の照射を行った場合	1800
	高エネルギー放射線治療 1回目 4門以上の照射を行った場合 適合施設以外	1260
180021210	高エネルギー放射線治療 1回目 運動照射を行った場合	1800
	高エネルギー放射線治療 1回目 運動照射を行った場合 適合施設以外	1260
180021310	高エネルギー放射線治療 1回目 原体照射を行った場合	1800
	高エネルギー放射線治療 1回目 原体照射を行った場合 適合施設以外	1260
180021410	高エネルギー放射線治療 2回目 1門照射を行った場合	420
	高エネルギー放射線治療 2回目 1門照射を行った場合 適合施設以外	294
180021510	高エネルギー放射線治療 2回目 対向2門照射を行った場合	420
	高エネルギー放射線治療 2回目 対向2門照射を行った場合 適合施設以外	294
180021610	高エネルギー放射線治療 2回目 非対向2門照射を行った場合	660
	高エネルギー放射線治療 2回目 非対向2門照射を行った場合 適合施設以外	462
180021710	高エネルギー放射線治療 2回目 3門照射を行った場合	660
	高エネルギー放射線治療 2回目 3門照射を行った場合 適合施設以外	462
180021810	高エネルギー放射線治療 2回目 4門以上の照射を行った場合	900
	高エネルギー放射線治療 2回目 4門以上の照射を行った場合 適合施設以外	630
180021910	高エネルギー放射線治療 2回目 運動照射を行った場合	900
	高エネルギー放射線治療 2回目 運動照射を行った場合 適合施設以外	630
180022010	高エネルギー放射線治療 2回目 原体照射を行った場合	900
	高エネルギー放射線治療 2回目 原体照射を行った場合 適合施設以外	630
180043270	高エネルギー放射線治療 1回線量増加 加算	460
180031910	強度変調放射線治療(IMRT) 1回目	3000
180032010	強度変調放射線治療(IMRT) 2回目	1500
180009270	術中照射療法 加算	5000
180016970	体外照射用固定器具使用 加算	1000
180033770	画像誘導放射線治療 加算	300
180035270	体外照射呼吸性移動対策 加算	150
180019710	直線加速器による放射線治療(一連につき) 1 定位放射線治療の場合	63000
180026750	直線加速器による放射線治療(一連につき) 1 定位放射線治療の体幹部に対する場合	63000
180035470	直線加速器による放射線治療 定位放射線治療呼吸性移動対策 加算 動体追尾法	10000
180035570	直線加速器による放射線治療 定位放射線治療呼吸性移動対策 加算 その他	5000
180035310	直線加速器による放射線治療 2 1以外の場合	8000
180012710	全身照射(一連につき)	30000
180034890	小児放射線治療加算 新生児	
180034990	小児放射線治療加算 乳幼児	
180035090	小児放射線治療加算 幼児	
180035190	小児放射線治療加算 小児	

3.2 都道府県別のリニアック導入による採算性

3.2.1 都道府県別のリニアック導入による一施設あたりの年間費用の推計

リニアック導入にかかる年間費用は、病床規模別の年間費用の試算方法と同様の費用モデルを用い、各都道府県別のリニアック稼働台数から都道府県別に試算した。都道府県別のリニアック稼働台数は、2014 年度の都道府県別「医療施設調査」[16]に記載されている各都道府県の一般病院に導入されている稼働台数を用いた。

3.2.2 都道府県別のリニアック導入による一施設あたりの年間収入の推計

リニアックの導入による年間収入は、都道府県別のリニアック導入施設数と全国平均値の一患者あたりの点数を乗じて、都道府県別に試算した。全国平均値の体外照射一患者あたりの点数は、病床規模別の年間収入の試算方法と同様の費用モデルを用いた。

3.2.3 都道府県別のリニアック導入による一施設あたりの年間収支差の試算

一施設あたりの年間収支差は、リニアックの年間費用と年間収入を用いて、都道府県別に試算した。年間収支差を求める計算は病床規模別の試算方法と同様の線形式を用いた。

3.2.4 都道府県別のリニアックの収支における要因分析

一施設あたり年間収支差と一施設あたりの患者数、一施設あたりの放射線治療専門医数 [17]、放射線治療を受けているがん患者割合との関係性を調べるため相関分析をおこなった。放射線治療を受けたがん患者割合は JASTRO(日本放射線腫瘍学会)構造調査 [11]に記載されている放射線治療新患者数と全国がん罹患モニタリング集計 2012[18]に記載されているがん罹患数から、都道府県別に放射線治療を受けたがん患者の割合を試算した。

4. 結果

4.1 病院規模別のリニアック導入による一施設あたりの年間費用の推計

4.1.1 病院規模別のリニアック導入による一施設あたりの年間費用の推計

病院規模別のリニアック導入一施設あたり年間費用を、IMRTをおこなっている施設かどうかで分類し減価償却費、維持費、人件費などを含む費用モデルを用いて推計したところ、IMRT を施行している施設では約 1 億 300 万円、IMRT を施行していない施設では約 6,400 万円となった。これに一施設あたりのリニアック稼働台数、治療計画装置稼働台数(表 2)を用いて年間費用を試算した。結果、病床規模別の一施設あたりの年間費用は、50～99 床で 1 億 1,400 万円、100～199 床で8,000万円、200～299 床で7,600万円、300～499 床で 7,900 万円、500 床以上で 1 億 1,000 万円と推計された。

表 2　病院規模別のリニアック、放射線治療計画装置導入数

	病院規模	施設数	患者数	装置数	施設あたりの装置数	IMRT等高精度照射施設数
リニアック	50～99床	5	1716	7	1.4	4
	100～199床	30	3482	30	1.0	13
	200～299床	57	8042	61	1.1	15
	300～499床	323	63133	353	1.1	98
	500床以上	310	130495	468	1.5	179
放射線治療計画装置	50～99床	7	206	22	3.1	
	100～199床	36	516	47	1.3	
	200～299床	64	894	91	1.4	
	300～499床	340	6234	508	1.5	
	500床以上	316	14995	1047	3.3	

4.1.2 病院規模別のリニアック導入による一施設あたりの年間収入の推計

病床規模別のリニアック導入施設数は、50～99 床で 5 施設、100～199 床で 30 施設、200～299 床で 57 施設、300～499 床で 323 施設、500 床以上で 310 施設あった。病床規模別の放射線治療体外照射に関わる年間総収入は、50～99 床で 8 億 6861 万円、100～199 床で 17 億 6,147 万円、200～299 床で 44 億 4,309 万円、300～499 床で 247 億 5,626 万円、500 床以上で 533 億 2,596 万円あった。これらの結果より、一施設あたりの年間収入は、50～99 床で 1 億 7,372 万円、100～199 床で 5,872 万円、200～299 床で 7,795 万円、300～499 床で 7,665 万円、500 床以上で 1 億 7,202 万円であった。

病院規模別の照射方法の割合を図 1 に示す。50～99 床ではIMRTや定位放射線治療の割合が高く、他の規模では4門照射、非対向 2 門照射の割合が高くなっていた。

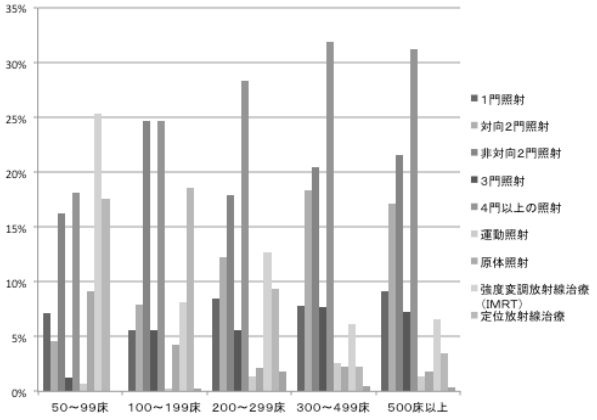

図 1　病院規模別の照射方法の割合

4.1.3 病院規模別のリニアック導入による一施設あたりの年間収支差の試算

一施設あたりの年間収支差は、50～99 床で 5,969 万円、100～199床でマイナス2,146万円、200～299床で147万円、300～499床でマイナス247万円、500床以上で6,208万円であった(図 2)。

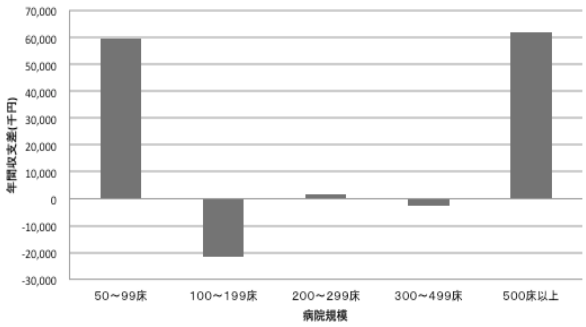

図２　病院規模別の一施設あたりの年間収支差

4.1.4 病院規模別のリニアックの収支における要因、感度分析

一施設あたり年間収支差と、一施設あたりの患者数との相関分析をおこなった結果では、強い正の相関が認められた(r=0.96, P=0.008)。しかし、高精度照射有施設数の割合との間には有意な相関はみられなかった(r=0.79, P>0.05)。

各変数の感度を調べるために変数を用いて一次元感度分析をおこなったところ、一施設あたりの年間収支差の変動は表 3 となった。機器購入費用が 70%となることで、どの施設規模でも約 1,000 万円の収入増となった。維持費用が 80%となると、どの施設規模でも約 500 万円の収入増となった。また、患者数が 120%となると、50～99 床、500 床以上の病院において約 3,400 万円の収入増、100～199 床、200～299 床、300～499 床で約 1,000 万円の収入増となった。

患者数と機器購入費用を変数として二次元感度分析をおこなったところ、100～199 床の病院において患者数が 120%、機器購入費用が 70%となることで約 2,000 万円(34%)の収入増となった。500 床以上の病院においては同条件で約 4,800 万円(28%)の収入増となった(表 4)。

表３　各変数の増減による一施設あたりの年間収支差の変化（一次元感度分析）

				一施設あたりの年間収支差（千円）		
各変数	幅(%)	病院規模	一施設あたりの年間収入（千円）	基準値	最小	最大
患者数	80–120	50～99床	173,723	59,693	24,949	94,438
		100～199床	58,716	−21,462	−33,205	−9,719
		200～299床	77,949	1,474	−14,116	17,064
		300～499床	76,645	−2,467	−17,796	12,862
		500床以上	172,019	62,077	27,673	96,481
保守費用	80–120	50～99床	173,723	59,693	54,653	64,733
		100～199床	58,716	−21,462	−25,142	−17,782
		200～299床	77,949	1,474	−2,445	5,393
		300～499床	76,645	−2,467	−6,463	1,529
		500床以上	172,019	62,077	56,664	67,490
機器購入費用	70–130	50～99床	173,723	59,693	47,695	71,691
		100～199床	58,716	−21,462	−29,703	−13,221
		200～299床	77,949	1,474	−7,321	10,269
		300～499床	76,645	−2,467	−11,459	6,525
		500床以上	172,019	62,077	49,219	74,935

表４　各変数の増減による一施設あたりの年間収支差の変化と収入に対する変動率（二次元感度分析）

100～199床における年間収支差(変動率)

一施設あたりの年間収入 58,716（千円）		収入（患者数を変数）				
		80%	90%	100%	110%	120%
支出（機器購入費用を変数）	70%	▲ 24,964 (−43%)	▲ 19,093 (−33%)	▲ 13,221 (−23%)	▲ 7,350 (−13%)	▲ 1,478 (−3%)
	80%	▲ 27,711 (−47%)	▲ 21,840 (−37%)	▲ 15,968 (−27%)	▲ 10,097 (−17%)	▲ 4,225 (−7%)
	90%	▲ 30,458 (−52%)	▲ 24,587 (−42%)	▲ 18,715 (−32%)	▲ 12,844 (−22%)	▲ 6,972 (−12%)
	100%	▲ 33,205 (−57%)	▲ 27,334 (−47%)	▲ 21,462 (−37%)	▲ 15,591 (−27%)	▲ 9,719 (−17%)
	110%	▲ 35,952 (−61%)	▲ 30,081 (−51%)	▲ 24,209 (−41%)	▲ 18,337 (−31%)	▲ 12,466 (−21%)
	120%	▲ 38,699 (−66%)	▲ 32,828 (−56%)	▲ 26,956 (−46%)	▲ 21,084 (−36%)	▲ 15,213 (−26%)
	130%	▲ 41,446 (−71%)	▲ 35,575 (−61%)	▲ 29,703 (−51%)	▲ 23,831 (−41%)	▲ 17,960 (−31%)

500床以上における年間収支差(変動率)

一施設あたりの年間収入 172,019（千円）		収入（患者数を変数）				
		80%	90%	100%	110%	120%
支出（機器購入費用を変数）	70%	40,531 (24%)	57,733 (34%)	74,935 (44%)	92,137 (54%)	109,339 (64%)
	80%	36,245 (21%)	53,447 (31%)	70,649 (41%)	87,851 (51%)	105,053 (61%)
	90%	31,959 (19%)	49,161 (29%)	66,363 (39%)	83,565 (49%)	100,767 (59%)
	100%	27,673 (16%)	44,875 (26%)	62,077 (36%)	79,279 (46%)	96,481 (56%)
	110%	23,387 (14%)	40,589 (24%)	57,791 (34%)	74,993 (44%)	92,195 (54%)
	120%	19,101 (11%)	36,303 (21%)	53,505 (31%)	70,707 (41%)	87,909 (51%)
	130%	14,815 (9%)	32,017 (19%)	49,219 (29%)	66,421 (39%)	83,623 (49%)

4.2 都道府県別のリニアック導入による採算性

4.2.1 都道府県別のリニアック導入による一施設あたりの年間費用の推計

都道府県別のリニアック導入一施設あたり年間費用は、最も高い徳島県で約 1 億 650 万円、最も低い鹿児島県で 7,120 万円と推計された(表 5)。

4.2.2 都道府県別のリニアック導入による一施設あたりの年間収入の推計

一施設あたり年間収入は、最も高い東京都で約 1 億 8,140 万円、最も低い大分県で 2,770 万円と推計された(表 5)。

4.2.3 都道府県別のリニアック導入による一施設あたりの年間収支差の試算

一施設あたり年間収支差は、平均で約 1,560 万円であり、最も高い東京都は約 8,320 万円の収支差、最も低い香川県では約マイナス 6,780 万円の収支差となった(表 5)。

4.2.4 都道府県別のリニアックの収支における要因分析

一施設あたり収支差と、一施設あたりの治療患者数との相関分析をおこなった結果では、強い正の相関が認められた(r=0.97, P<0.001)。また、放射線治療を受けたがん患者割合では、弱い正の相関が認められた(r=0.40, P=0.005)。しかし、一施設あたりの専門医数との間には有意な相関はみられなかった(r=0.27, P>0.05)(表 5)。

表５　都道府県別の年間収支差と相関分析

都道府県	施設数	一施設あたりの年間費用（千円）	一施設あたりの年間収入（千円）	一施設あたりの年間収支差（千円）	一施設あたりの専門医数（人）	一施設あたりの患者数/日	放射線治療を受けたがん患者割合
北海道	33	93,471	132,616	39,145	1.6	16.1	23%
青森	11	89,903	151,770	61,867	1.2	18.4	23%
岩手	9	76,814	85,304	8,490	1.4	10.3	20%
宮城	10	106,038	141,713	35,675	2.1	17.2	30%
秋田	9	76,474	105,370	28,896	0.7	12.8	18%
山形	7	81,295	62,967	▲ 18,329	0.9	7.6	15%
福島	10	84,397	92,194	7,797	1.6	11.2	21%
茨城	17	86,780	102,497	15,717	0.9	12.4	20%
栃木	9	99,726	179,770	80,044	1.7	21.8	22%
群馬	12	104,768	157,677	52,908	2.9	19.1	30%
埼玉	21	88,771	97,012	8,241	1.7	11.8	17%
千葉	28	88,521	125,757	37,235	2.0	15.3	25%
東京	70	98,166	181,354	83,189	2.0	22.0	27%
神奈川	36	94,590	135,824	41,234	1.9	16.5	27%
新潟	15	88,196	74,464	▲ 13,732	1.3	9.0	21%
富山	9	81,046	142,020	60,974	1.0	17.2	19%
石川	10	96,912	40,407	▲ 56,505	0.8	4.9	22%
福井	6	97,500	78,478	▲ 19,022	2.3	9.5	20%
山梨	4	106,411	100,811	▲ 5,599	2.8	12.2	24%
長野	15	85,891	116,438	30,547	0.9	14.1	20%
岐阜	13	94,744	80,243	▲ 14,500	1.0	9.7	19%
静岡	26	96,587	74,582	▲ 22,006	1.0	9.0	24%
愛知	39	91,108	116,675	25,567	1.4	14.1	24%
三重	12	90,300	114,830	24,530	1.2	13.9	16%
滋賀	9	97,462	90,068	▲ 7,394	1.1	10.9	21%
京都	14	105,950	141,513	35,563	2.7	17.2	20%
大阪	52	90,365	138,435	48,070	1.7	16.8	23%
兵庫	32	92,474	128,810	36,336	1.8	15.6	23%
奈良	9	102,346	151,412	49,066	1.6	18.4	23%
和歌山	9	90,512	86,999	▲ 3,514	1.0	10.6	17%
鳥取	6	84,486	105,759	21,273	0.8	12.8	23%
島根	6	91,600	75,866	▲ 15,734	1.0	9.2	17%
岡山	11	94,514	128,155	33,641	1.6	15.5	21%
広島	17	89,630	130,704	41,074	1.6	15.9	23%
山口	12	86,955	80,196	▲ 6,759	1.1	9.7	18%
徳島	6	106,517	117,304	10,787	1.3	14.2	26%
香川	9	99,604	31,794	▲ 67,809	1.1	3.9	18%
愛媛	11	85,394	98,731	13,337	1.1	12.0	20%
高知	4	86,939	158,742	71,802	1.3	19.3	23%
福岡	28	95,987	91,843	▲ 4,143	1.5	11.1	23%
佐賀	4	84,219	67,620	▲ 16,599	2.3	8.2	15%
長崎	8	99,935	88,287	▲ 11,647	1.4	10.7	22%
熊本	12	84,146	71,606	▲ 12,541	1.3	8.7	25%
大分	12	79,464	27,660	▲ 51,804	0.5	3.4	18%
宮崎	8	89,172	135,188	46,016	0.4	16.4	23%
鹿児島	11	71,164	55,100	▲ 16,063	1.5	6.7	25%
沖縄	7	103,936	136,595	32,658	1.1	16.6	24%
平均	15.8	93,721	109,330	15,608	1.4	13.0	22%
相関係数（r）					0.27	0.97	0.40
					(p>0.05)	(p<0.01)	(p<0.01)

5. 考察

放射線治療に特化した小規模病院や大規模病院では、年間収支差が約 6,000 万円となっていた。しかし、200 床～499 床の病院では均衡、100 床～199 床の病院では約 2,000 万円の損失となることが示された。この理由としては、一施設あたりの患者数に大きな差がみられたこと、モデルケースの機器購入費用が施設規模によっては実際の購入費用と差が生じてしまっていることが考えられる。

一日あたりの患者数は 50～99 床、500 床以上の病院で約 13 人、100～199 床、200～299 床、300～499 床で約 7 人となっていた。患者数に関しては、今回の試算より IMRT 施行施設の割合にもよるが、中規模病院において一日の患者数が 10 人程度を上回れば収支がプラスとなることが示された。通常の三次元照射法であれば、1 台のリニアックに対し 1 時間枠に上限 4～5 例までを目安とする[19]とされており、「強度変調放射線治療における物理・技術的ガイドライン 2011」[20]においても、通常治療を 1 日 20～40 名実施する場合の人員体制を基準として書かれている。今回の一日あたりの患者数はすべての病院規模においてこれらより少なく、中規模病院においても患者数を増加させることで収入の増加が可能であると考えられる。今後は高齢がん患者の増加に伴い、放射線治療患者数も増加すると予想される。また、診療ガイドラインを基に算出した欧米の指針では、全がん患者の 52%に放射線治療が適応されるべきであるとしている[21]。しかし、今回の結果では放射線治療を受けている患者は 22%程度にすぎない。これは本邦の放射線治療医師数が不足しているためだと考えられる。また、高精度放射線治療である IMRT を実施するためには、1）放射線治療を専ら担当する常勤の医師又は歯科医師が 2 名以上配置されており、うち 1 名以上は放射線治療について相当の経験を有するものであること、2）当該治療を行うにつき必要な体制が整備されていること、3）当該治療を行うにつき十分な機器及び施設を有していることが必須となっている。IMRT が可能なリニアックを設置しても、医師の不足により放射線治療機器を十分に稼働できていない施設もあると考えられる。

感度分析より機器購入費用を下げることも、収入増に大きく寄与していることが示された。今回のリニアック、放射線治療計画装置の費用は一律で算出した。しかし、リニアック、放射線治療計画装置の費用は、放射線治療に使用するエネルギー数、画像誘導放射線治療などに用いるリニアック付属機器、精度管理用機器、放射線治療計画装置のオプション内容によって大きく左右される。保守費もフルメンテナンスとするかなどで大きく変わる。実際の治療患者の少ない中規模病院では、より安価な治療機器を購入していると考えられる。

都道府県別のリニアック導入一施設あたり年間収支差は、平均約 1,560 万円で、最も高かった東京都と最も低い香川県では差が約 1 億 5,100 万円と都道府県で大きなばらつきがみられた。この理由として、一施設あたり収入が各都道府県で大きく異なることが考えられ、東京都と香川県では、一施設あたりの収入に最大で約 5 倍の差がみられた。この都道府県での差の要因としては、一施設あたりの患者数が多くなれば収入も高くなることから、各都道府県での患者数の違いが関係していると考えられる。都道府県別のリニアック導入一施設あたりの収支差と、一施設あたりの患者数との相関分析をおこなった結果では、強い正の相関がみられた。同じ日本国内でも、地域により放射線治療を受けている患者数に大きなばらつきが存在していた。また、一施設あたりの収支差と、放射線治療を受けているがん患者の割合では、弱い正の相関がみられた。放射線治療を受けているがん患者の割合は、都道府県により約 2 倍の差がみられ、がん患者のうちで放射線治療を受ける割合も地域により大きなばらつきが存在していた。しかし、一施設あたりの専門医数とでは相関がみられず、必ず

しも専門医が多い地域ほど放射線治療を積極的におこなっているわけではなかった。MRI 導入の採算性に関する今井らの報告[3]と同様にリニアック導入においても、地域により収支にばらつきがみられた。どちらも収入に検査患者数が大きく影響しており、機器導入による採算性は、地域における需要を考慮する必要がある。

本研究の限界としては、第一に本試算は部門内の収支差としてリニアック本体費用、維持費用および人件費のみを費用として計上しており、遮蔽壁などの施設整備における間接費用や、化学療法などの併用治療による収入を含めた病院全体の収支は考慮していない。第二に、リニアック一台あたり費用は病床規模で異なると考えられるが、病床規模別のリニアック導入台数の情報がなく、病床規模別に推計をおこなうことができなかったため、本研究では全病床規模において費用を一定と仮定して試算した。第三に、収入に関して純粋にリニアックのみでの診療報酬ではなく、ガンマナイフやサイバーナイフなどの定位放射線治療をおこなうことができる体外照射装置に関して総収入に含まれている。

6. 結論

本研究によって、放射線治療に特化した小規模病院や大規模病院では収支がプラスとなる一方、中規模病院では収支が均衡、あるいはマイナスとなることが示された。また、都道府県によってもばらつきがみられ、一施設あたりの収入に最大で約 5 倍の差が存在した。これらは IMRT 施行施設の有無、治療患者数の差が関係していると考えられる。感度分析より機器購入費用を抑えることが収支に大きく影響していることも示唆された。今後、放射線治療患者はさらに増加すると予想されるため放射線治療が病院経営に及ぼす影響は少なくない。また、病院規模および都道府県における収支のばらつきを低減し、病院規模および地域格差を解消することはがん治療の均てん化においても必要であると考えられる。ただし、リニアック導入に関しては、今回のような直接的な収支だけでなく、遮蔽壁などの施設整備における間接費用、化学療法などの併用治療による間接収入の影響や各医療施設での臨床的な必要性を総合的に考慮する必要がある。

参考文献

1) 朝倉浩文, 水本斉志, 全田貞幹ら. 85 歳以上の超高齢者悪性腫瘍に対する放射線治療の検討. 日放腫会誌 2007 ; 19 : 283-87.
2) Rades D, Hoskin PJ, Karstens JH, et al. Radiotherapy of metastatic spinal cord compression in very elderly patients. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2007 ; 67(1) : 256-63.
3) 今井信也, 小川俊夫, 赤羽学, 今村知明. わが国における磁気共鳴画像装置（MRI）導入による採算性に関する一考察 -病床規模別, 都道府県別 MRI 一台あたり収支差の推計とその格差の要因分析-. 医療情報学 2014 ; 34(3) : 141-49.
4) Stephen Lutz, Tracy Balboni, Joshua Jones, et al. Palliative radiation therapy for bone metastases: Update of an ASTRO Evidence-Based Guideline. Pract Radiat Oncol. 2017 ; 7 : 4-12.
5) 梅宮清. CT・MRI の地域偏在と採算性に関する研究 -稼働実態調査に基づく分析-. 商大ビジネスレビュー 2016 ; 6(1) : 23-46.
6) がん研究振興財団. がんの統計‘17. 国立研究開発法人国立がん研究センターがん対策情報センター, 2018.
7) 大西洋. 放射線療法の経済的分析・病院経営への寄与. がん・放射線療法 2017. 学研メディカル秀潤社, 2017 : 33-38.
8) リニアック・マイクロトロン機種別設置台数. 月刊新医療. エムイー振興協会, 2018 ; 2 月号 : 158.
9) Report to Ministers from National Radiotherapy Advisory Group. Radiotherapy: developing a world class service for England. 2007
10) Ben J. Slotman, Brian Cottier, Soren M. Bentzen, et al. Overview of national guidelines for infrastructure and staffing of radiotherapy. ESTRO-QUARTS: Work package 1. Radiotherapy and Oncology. 2005 ; 75 ; 349.e1-349.e6.
11) JASTRO データベース委員会. 全国放射線治療施設の 2012 年定期構造調査報告(第 1 報), 2016.
12) JASTRO データベース委員会. 全国放射線治療施設の 2012 年定期構造調査報告(第 2 報), 2017.
13) 厚生労働省. 賃金構造基本統計調査. 2016. [https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450091&tstat=000001011429&cycle=0&tclass1=000001074669&tclass2=000001074675&tclass3=000001074676&stat_infid=000031227940&second2=1 (cited 2018-Aug-15)]
14) 厚生労働省. 医療施設調査. 2014. [https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&tstat=000001030908&cycle=7&tclass1=000001077195&tclass2=000001077196&stat_infid=000031336246&second2=1 (cited 2018-Aug-15)]
15) 厚生労働省. 社会医療診療行為別調査. 2014. [https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450048&tstat=000001029602&cycle=7&tclass1=000001073066&tclass2=000001073071&tclass3=000001073078&stat_infid=000030049202&second2=1 (cited 2018-Aug-15)]
16) 厚生労働省. 医療施設調査. 2014. [https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450021&tstat=000001030908&cycle=7&tclass1=000001077195&tclass2=000001077198&stat_infid=000031336444&second2=1 (cited 2018-Aug-15)]
17) 放射線腫瘍学会. 放射線治療専門医一覧. 2016. [https://www.jastro.or.jp/doctorlist/index.php?area=13 (cited 2018-Aug-15)]
18) がん研究振興財団. 全国がん罹患モニタリング集計. 国立研究開発法人国立がん研究センターがん対策情報センター, 2016.
19) 「がん医療の均てん化に資する放射線治療の推進及び品質管理に係る研究」班. がん診療連携拠点病院指定要件(放射線治療部門)の改訂に向けての提言. 2012.
20) IMRT 物理 QA ガイドライン専門小委員会. 強度変調放射線治療における物理・技術的ガイドライン 2011. 2011.
21) Delaney GP., Jacob S., Featherstone C., Barton MB. The role of radiotherapy in cancer treatment. Estimating optimal utilization from a review of evidence-based clinical guidelines. Cancer. 2005 ; 104(6) : 1129-37.