

ホウ素中性子捕捉療法の看護実務と今後の展望

Nursing in boron neutron capture therapy (BNCT): Future prospects

山本 由佳[†] 鈴木 実

Yuka YAMAMOTO[†] Minoru SUZUKI

キーワード：ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）、加速器 BNCT、放射線看護

Key words : Boron neutron capture therapy (BNCT), accelerated BNCT, radiological nursing

要旨：ホウ素中性子捕捉療法（Boron neutron capture therapy、以下 BNCT）は、ホウ素と中性子が反応して生じる 2 つの重粒子線によりがん細胞を破壊する放射線治療である。BNCT に必要な中性子線は、研究用原子炉から取り出されてきたが、近年、医療機関に設置可能な加速器 BNCT システムの開発が進み、研究用原子炉施設から医療機関に BNCT 実施の場が移ることが想定されている。本稿の目的は、研究用原子炉、加速器 BNCT システムの両方の BNCT の現場で、約 500 例に看護師として従事した経験をもとに、BNCT における看護師の業務、役割を紹介することである。放射線看護における BNCT と他の放射線治療との共通点、相違点の知識は、加速器 BNCT システムを導入する医療機関において、放射線看護実務のワークフロー立案の助けとなり、放射線看護学における新たな研究展開につながることを期待される。

Boron neutron capture therapy (BNCT), a category of radiation therapy, is used to treat cancer by inducing preferential uptake of a boron compound by cancer cells and then exposing them to a neutron beam, which results in the cells' exposure to α particles and recoiling lithium-7 nuclei from the reaction of the neutrons with the boron. The neutron beam is generated by a nuclear reactor. Recently, a compact accelerator BNCT system has been developed for use in medical facilities. This article is aimed at introducing the practices and roles of the nurse in BNCT derived from the author's >500 experiences with BNCT. Awareness of similarities and differences between BNCT and other radiotherapies will help to increase nurses' awareness of BNCT and to allow research on radiological nursing at the medical institutes equipped with these new systems.

1. はじめに

ホウ素中性子捕捉療法（Boron Neutron Capture Therapy、以下 BNCT）は、1990 年から 2020 年 1 月まで、京都大学複合原子力科学研究所（以下、京大複合研）の研究用原子炉（Kyoto University Research Reactor、以下 KUR）において、医療機関との共同臨床研究として 580 件を超える治療を実施している。2001 年 12 月に行われた再発耳下腺がんの照射は、世界の BNCT 研究者にインパクトを与える症例と

なった¹⁾。それを機に、脳腫瘍・頭頸部腫瘍・皮膚腫瘍、体幹部（肺、肝臓）腫瘍、骨軟部腫瘍をはじめとするさまざまな症例が増加した²⁻⁴⁾。実施件数の内訳は、悪性脳腫瘍 267 件、頭頸部腫瘍 211 件、肺腫瘍（肺癌、悪性胸膜中皮腫）44 件、皮膚腫瘍（悪性黒色腫、ベーチェット病、血管肉腫）34 件、肝腫瘍 10 件、その他 18 件である。筆者は、2003 年 4 月にパラメディカルスタッフ初の看護師として加わり、その 17 年間において、治療実施総数の大

半の約 500 例の BNCT を経験し、後の章で紹介するが、実務の改善、医療備品の充実と適正管理、治療経過記録様式や診療録の作成および導入、治療の流れなどを説明するパンフレットや DVD を作成し照射前オリエンテーションを行うなど、安心・安全・安楽な BNCT 実施に多方面から取り組んできた。2008 年に世界初となる加速器中性子 BNCT 照射システムが京大複合研に設置され、2012 年 10 月から再発悪性脳腫瘍、2014 年 4 月から頭頸部腫瘍を対象疾患とした加速器 BNCT 照射システムとホウ素薬剤の治験が世界で初めて京大複合研で開始され、研究的治療から臨床治療へと大きな前進を遂げた⁵⁾。筆者は、その準備段階から実施に至るまで多方面に関わり、京大複合研での治験を無事終えることができた。さらに、KUR で行われてきた BNCT は、加速器の開発により医療機関での実施が可能となり、一般財団法人脳神経外科疾患研究所附属南東北 BNCT 研究センターの加速器導入・治験開始、大阪医科大学関西 BNCT 共同医療センターへの加速器導入・治験が開始され、その導入・開始に向けても協力を行ってきた。

BNCT 看護の実践において、放射線看護の経験と知識は有用かつ必要であるが、さらに、BNCT に関する専門的な知識、有害事象の予防・緩和や出現した症状に対する適切なケアを行える体制づくりなど、BNCT の特徴を踏まえた看護は必須と感じている。また、西沢⁶⁾大石⁷⁾らによると、看護職が被ばくの恐れ・不安を持ち過剰に不安を抱えたまま、患者のケアにあたっているなど専門的知識の不足により適切な看護が提供されていない現状があると言われている。被爆国、東日本大震災での福島第一原子力発電所事故などにより「放射線被ばく」の関心が高い日本においては、中性子を使用する BNCT は

放射線を熟知する看護師であっても、正しい情報や学べる機会がなければ、被ばくの恐れ・不安を抱えたまま患者ケアにあたることになりかねない。しかし、BNCT の原理、実務、有害事象や看護など、参考となるような放射線看護の文献はないため、KUR・加速器 BNCT に従事してきた経験をもとに、これらを紹介する思いに至った。京大複合研はその特性から、BNCT(照射)を担当し、治療前後のフォローは共同研究医療機関(主治医)が担当するという役割分担のもとで、安全・安心な治療を遂行しており、京大複合研の看護師は、治療前・治療後の介入はできない。これらの理由から、京大複合研では、治療計画来所時と、治療当日の看護介入のみを行ってきた。京大複合研で行われた BNCT の看護は、放射線看護の一部であり、そのまま医療機関での BNCT に反映できるとは考えていないが、BNCT 実務のイメージを助け、BNCT に携わる看護師の参考となれば幸いである。

II. BNCT の原理

BNCT は、エネルギーの低い中性子である熱中性子が、5 個の中性子と 5 個の陽子から構成されるホウ素原子核 (^{10}B) に吸収されると、直ちに分裂してアルファ線(ヘリウム原子核)とリチウム原子核の 2 つの重粒子線が発生するという核反応(ホウ素中性子捕獲反応)を応用している治療法である(図 1(a))。この反応で、発生する 2 つの重粒子は、細胞 1 個 $10\mu\text{m}$ ($10/1000$ ミリ)の距離を動いて止まる。ホウ素原子核ががん細胞に選択的に集積していると、がん細胞に到達した熱中性子と、がん細胞 1 個の中で、図 1(a) で示した核反応が起こり、そのがん細胞は、細胞を破壊する力が強い 2 つの重粒子線により破壊される。その時、がん細胞に接する正常

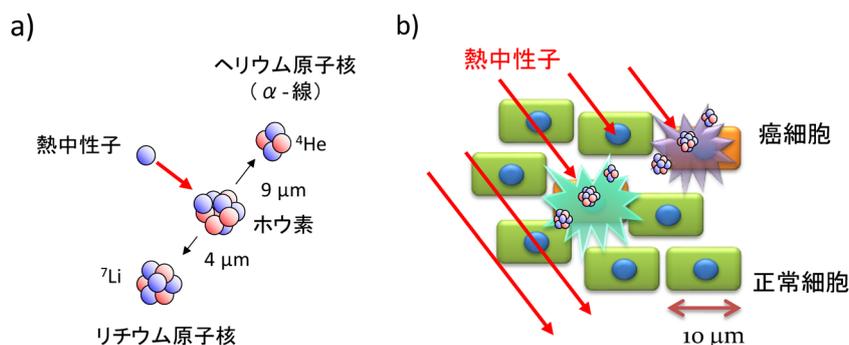


図 1. a) ホウ素中性子捕獲反応、b) ホウ素中性子捕捉療法のシエーマ

細胞には、重粒子は到達しないことから、正常細胞は損傷を免れる(図1(b))⁸⁾。BNCTにおいて、研究用原子炉、近年は小型加速器から取り出される中性子線を体外から照射するが、がん細胞を破壊するのは、がん細胞の場で発生する2つの重粒子線であることから、BNCTは重粒子線治療に分類される放射線治療である。

BNCTの成功の鍵を握るのは、がん細胞に¹⁰Bを選択的に到達させるためのホウ素薬剤である。現在、臨床研究で使用されている薬剤は、ボロノフェニルアラニン(Boronophenylalanine, 以下BPA)という薬剤である。BPAは必須アミノ酸であるフェニルアラニンに¹⁰Bを付加した薬剤である。がん細胞は、タンパク合成が正常細胞と比較して亢進していることから、細胞の表面にタンパク合成に必要なアミノ酸を取り込む輸送体が正常細胞よりも多く存在している。BPAはこのアミノ酸輸送体を介して、がん細胞に選択的に取り込まれる⁹⁾。

III. BNCTと他の放射線治療の相違点

BNCTと他の放射線治療との大きな相違点は以下の3点である。

1) 放射線(中性子)照射前に、ホウ素薬剤の投与が必要である。

この特徴は、BNCTは中性子線でがんを治すのではなく、あらかじめ、がん細胞に集積させておいたホウ素(¹⁰B)との反応から発生する重粒子線が、がん細胞を破壊するというBNCTの原理に基づくものである。ホウ素薬剤のBPAは、中性子照射2時間前から点滴を開始し、点滴を行いながら中性子を照射する。上記に示すようにBPA、中性子のそれぞれ単独ではがん細胞を破壊することはできない。化学放射線治療として、抗がん剤を放射線照射に組み合わせて投与する場合があるが、この場合、放射線単独でもがん細胞を破壊することは可能であり、抗がん剤は、その効果を強めるために投与される。この点が、ホウ素薬剤と抗がん剤の大きな違いである。

2) 治療は原則1日1回照射である。

この特徴は、通常の放射線治療とBNCTにおける、がん細胞とその周囲の正常細胞が受ける放射線量の差に基づくものである。通常の放射線治療では、がん細胞周囲の正常細胞には同じ放射線の量が照射される。1日1回2Gyの分割照射の場合、照

射間隔の24時間で、正常細胞は放射線で受けた損傷から回復する能力が、がん細胞より高い。この回復能力の差を利用して、がんを破壊する放射線の線量を分割して照射すると、正常細胞に対しては分割照射間隔に起こる放射線損傷からの回復により、重篤な有害事象を引き起こすことなく、放射線損傷が蓄積しやすいがん細胞のみが破壊される¹⁰⁾。一方、BNCTにおいては、細胞レベルでがん細胞と正常細胞の受ける放射線の量に大きな差があることから、分割照射は原理的に必要ではなく、1日1回の治療で完遂することが可能である。

3) 放射線(中性子)照射孔に患部を密着させる必要がある。

この特徴は、BNCTで使用される中性子線と通常の放射線で使用されるX線との物理的な性質の違いに基づくものである。中性子線は、他の放射線とは異なり直進性がなく、照射孔から360度の全方向性に進むため、照射孔と患部が離れていると、患部に到達する中性子の量は著しく減少する。そのため、患部を照射孔に密着させる必要がある。研究用原子炉では当然であるが、加速器においても、ガントリー機構はなく固定の垂直あるいは水平中性子ビームである。図2に、これまで京大複合研で患者説明に使用していた、治療体位の図を示す。

IV. BNCTの有害事象

BNCTは有害事象が少ないと言われているが、従来の放射線治療とは発生の時期や症状の呈し方に若干の違いがあるが、軽度から重篤な有害事象は起こる¹¹⁻¹⁶⁾。BNCTの照射部位に対する有害事象は、通常の放射線治療における有害事象と同一であり、その対処法は、従来通りの方法で問題はない。

通常の放射線治療に比べて、BNCT後の照射部位の発赤・腫脹・熱感・痛みなどが起こる放射線皮膚炎は軽いと言われている。ただし皮膚の薄い部位(瞼など)が照射部位に含まれる場合や、化学療法など直近の治療状況によっては、皮膚症状が強くなる可能性もある。また、照射部位の脱毛は必須であり、密着の状況によっては、中性子の漏れ通った部位にも脱毛を起こす場合がある。放射線治療歴によっては永久的な脱毛に至る場合もあるため十分な治療前説明などが必要である。

手術および手術前後の放射線治療(過去の線量でBNCT実施可否などを決定しているが)によるダ

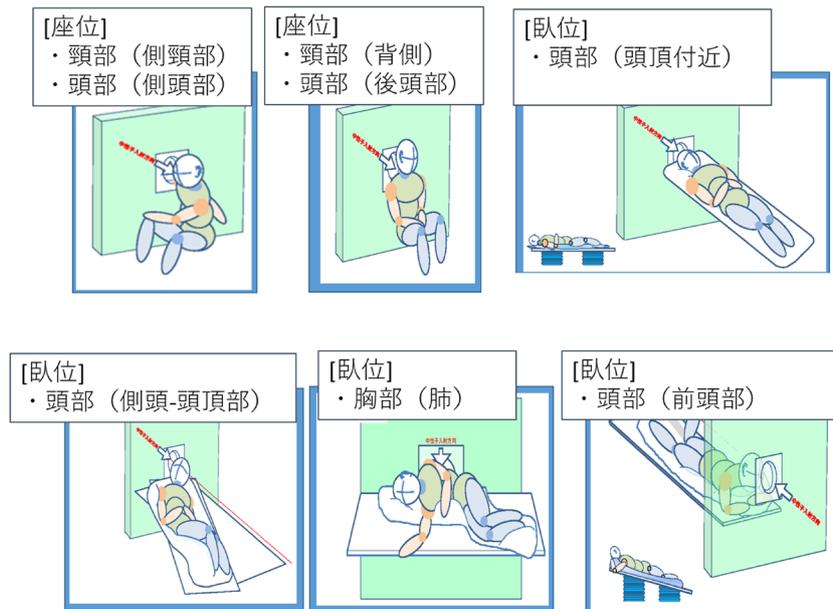


図2. BNCTの治療部位別照射体位（一例）

メーが残る部位への照射は、皮膚症状が想定よりも強く出る可能性がある。以下、照射部位別に、有害事象について記載する。

1) 頭頸部領域

- ・初回のX線による放射線治療と同程度のGrade 2から3の口腔粘膜反応が発生することを想定した線量設定で照射する。そのため放射線治療と同等の急性期症状（口内炎・味覚障害・唾液分泌低下など）が起こる。
- ・照射1～2日後に照射部位の腫脹・発赤が出現する 경우가多いが、照射野に声帯・喉頭蓋が含まれるときは、照射直後から喉頭浮腫の重篤な有害事象に対して、特に注意が必要である。
- ・照射野に脳（頭蓋骨）が含まれる場合、脳浮腫による頭痛や、めまいなどの症状が出現する可能性がある。また、照射野に含まれた脳に脳壊死が発生する可能性がある。

2) 頭部（脳）

- ・痙攣既往がある場合は特に注意が必要であるが、既往の有無に関係なく、照射中・照射直後・照射後に痙攣を起こす可能性がある。その症状は、硬直性痙攣・間代性痙攣や片側の頬や眼瞼のピクつき、一過性の失語などさまざまであり、軽微なものは一見では気づきにくく、見過ごしてしまう可能性もあるため、照射中も声掛けを定期的に行うなど観察を続け、状態の変化に迅速に対応できるようにする。痙攣時は、医師により痙攣抑制効果

のある薬剤を投与し、看護師はバイタル測定など状態観察を続ける。口から泡を吹いたり、流涎時は吸引が必要となることもある。

- ・頭痛・めまいなどの症状にも注意が必要
- ・照射後の脳浮腫・脳壊死（通常の放射線治療と同様）

V. BNCTの手順と看護実務

加速器BNCTシステムをこれから設置する医療機関においては、それぞれの体制に応じた手順で実施されると思われるが、実務には大きな差異はないと考える。また今後は、1日に複数症例のBNCTを実施することが想定されるため、看護師の配置数や役割（分担）についても検討が必要となると思われる。これらを踏まえて、京大複合研におけるBNCTの手順とそれに対応する看護実務などを紹介する。

BNCTは他の放射線治療と同様に、治療1週間から10日前に治療計画のためのCT撮影を実施する。本項では、KURおよび加速器BNCT実施を例として、照射日前治療体位設定時の看護実務および、BNCT治療当日の看護実務の流れを図3に、照射日に複数症例実施した際のタイムスケジュールを図4でまとめた。

BNCTは、照射時間が1時間前後と長く、その間、同一姿勢の保持が必要になることは特に留意すべき点である。シミュレーション時の短時間で感じる苦痛は、長時間の照射時には我慢できない苦痛に



図3. BNCT 処置と対応する看護業務

なりうる。照射台や照射室では、椅子やベッドの硬さや、冷たさ、傾き、同一体位保持による苦痛、照射部位によっては羞恥心、寒さ、暑さにも考慮が必要となる。照射体位設定にあたる医師、診療放射線技師、医学物理士は、患部をいかに照射孔に近づけるかということに傾注するあまり、患者への意識が時に不十分になることがあるため、看護師は、これらのことに留意し、患者の観察や声掛けを行い、患者の苦痛、不具合感の感知に努め、安楽かつ効果的な体位設定を助ける役割がある。また、照射中は、照射時間が長いため、孤独感、恐怖感、閉塞感が伴うことも念頭に入れ、照射の中断・中途終了に至ることなく治療完遂できるよう、看護師の声かけ・援助、介助は重要であり、安全・安楽な照射を実現するための役割は大きい。また、京大複合研ではKUR、加速器システムでBNCTを実施するにあたり、手順表を兼ねた経過記録様式を作成・使用して、医師および看護師は実務にあたっている。

VI. BNCTにおける看護師の役割 (実務以外)

京大複合研においては、前章で紹介したBNCT実務以外で、以下の役割を担いBNCT看護に取り組んでいる。

- 1) 患者が安全・安楽かつ効果的な治療を受けられるように環境を整える。
- 2) 患者との信頼関係を築き、寄り添い、励まし、患者の代弁者にもなる。
- 3) 患者へ治療方法についての説明など、事前のオリエンテーションを行い、正しい情報を提供し、不安の軽減を図り、主体的に治療を受けられるように援助する。
- 4) 患者の情報を多職種の医療スタッフと共有し、連携を図り治療に伴う苦痛の緩和に努める。
- 5) BNCTの特徴に応じた患者ごとの治療計画を理解し、治療計画時及び治療当日の無理のない照射体位設定、及び、再現性向上をサポートし、治療完遂に導く看護を行う。

BNCT当日の看護師のタイムスケジュール (BNCT1日5症例実施(全症例 方向照射の場合):看護師1名で対応していた実例)					
	カラー区分	看護師が対応する	適宜看護師も対応する	可能な場合看護師も対応する	基本的には看護師の対応は不要
	1例目	2例目	3例目	4例目	5例目
8:30	患者到着				
9:00	点滴開始				
	この間状態観察				
10:00	採血後セッティングルームへ移動				
10:20	セッティング開始				
10:30		患者到着			
11:00	採血後 照射開始				
11:05		点滴開始			
	この間モニターでの確認・声掛け	点滴開始後10分程度状態観察、1時間目の採血までの間2~3回程度様子確認を行う			
12:00	照射終了 採血後 BPA点滴終了交換処置室へ移動				
12:05		採血後セッティングルームへ移動			
12:25		セッティング開始			
12:30	尿確認後点滴終了 帰院		患者到着		
13:05		採血後 照射開始			
13:10			点滴開始		
		この間モニターでの確認・声掛け	点滴開始後10分程度状態観察、1時間目の採血までの間2~3回程度様子確認を行う		
14:05	照射終了 採血後 BPA点滴終了交換処置室へ移動				
14:10		採血後セッティングルームへ移動			
14:30		セッティング開始			
14:35	尿確認後点滴終了 帰院		患者到着		
15:10		採血後 照射開始			
15:15			点滴開始		
		この間モニターでの確認・声掛け	点滴開始後10分程度状態観察、1時間目の採血までの間2~3回程度様子確認を行う		
16:10	照射終了 採血後 BPA点滴終了交換処置室へ移動				
16:15		採血後セッティングルームへ移動			
16:30					
16:35		セッティング開始			
16:40	尿確認後点滴終了 帰院		患者到着		
17:15		採血後 照射開始			
17:20			点滴開始		
		この間モニターでの確認・声掛け	点滴開始後10分程度状態観察、1時間目の採血までの間2~3回程度様子確認を行う		
18:15	照射終了 採血後 BPA点滴終了交換処置室へ移動				
18:20		採血後セッティングルームへ移動			
18:40		セッティング開始			
18:45	尿確認後点滴終了 帰院		患者到着		
19:20		採血後 照射開始			
		この間モニターでの確認・声掛け			
20:20	照射終了 採血後 BPA点滴終了交換処置室へ移動				
20:50		尿確認後点滴終了 帰院			

図 4. 看護業務例

6) BNCT 実施時の放射線防護策を含めた安全管理を行う。

上記に示す看護師の役割の1例としては、I章で上述したように、BNCTは、通常の放射線治療では使用されない人によっては恐怖心を抱く可能性のある中性子線を使用する治療であること、KURでの治療では、医療機関とは全く異なる環境で治療を受けることなど、患者が治療に対して、大きな不安をもつ要素が多数ある。また、IIIの章で述べたように、BNCTは、原則1回で終了する治療であるが、その照射時間が1時間前後と長く、その照射体位の保持には、患者の協力が必須であることから、患者のBNCTの理解は不可欠である。特に、BNCTの経験がほとんどない医療機関からの紹介患者の場合、京大複合研の医師による説明が、患者にとって初めてのBNCT詳細説明となる。京大複合研では、

医師の説明後に看護師の立場で患者に治療の準備、スケジュールなどのオリエンテーション実施を任されていたことから、筆者は、図5に示すBNCT説明用DVD、パンフレット、クリニカルパスなどの資料を作成し、事前のオリエンテーションを行ってきた(詳細は、VII章を参照)。

放射線治療における看護師の役割として、日本看護協会「がん放射線療法看護」認定看護師に期待される能力について以下の項目が定められている¹⁷⁾。

1. がん放射線療法を受ける患者の身体的・心理的・社会的・スピリチュアルな状況を包括的に理解し、個別的なケアを計画、実施できる。
2. 放射線の特徴及びがん放射線療法の治療計画を理解し、治療の再現性の向上・計画期間の遵守のための看護を実践できる。
3. がん放射線療法の有害事象についてアセスメン

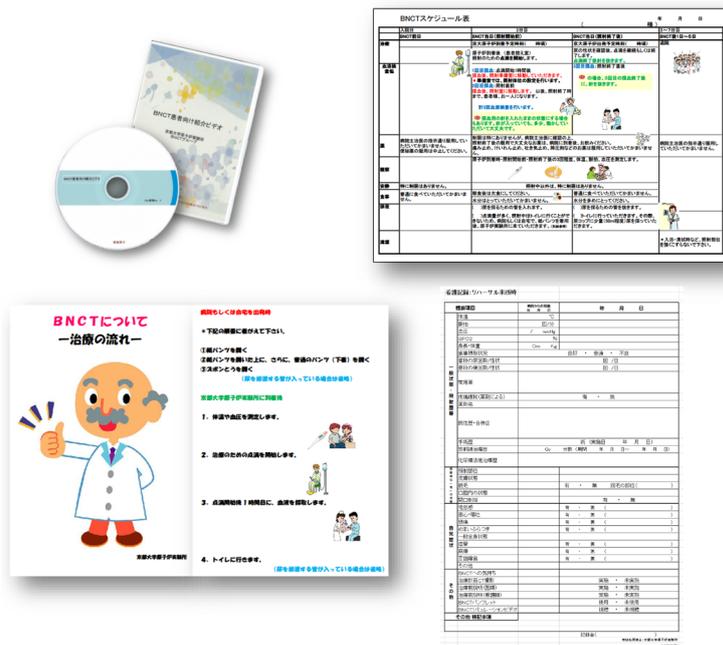


図 5. 患者のオリエンテーション用に作成した資料

- トし、効果的な予防と症状緩和ができる。
4. がん放射線療法において確実な放射線防護策、安全管理を実践できる。
 5. がん放射線療法を受ける患者・家族が、セルフケア能力を維持し、QOL 向上のための効果的な看護を実践できる。
 6. がん放射線療法を受ける患者・家族の権利を擁護し、自己決定を尊重した看護を実践できる。
 7. より質の高い医療を推進するため、多職種と協働し、チームの一員として役割を果たすことができる。
 8. がん放射線療法看護の役割モデルを示し、看護職者への指導・相談対応ができる。

BNCT における看護師の役割も特に変わるものではなく、京大複合研で実施可能な範囲において、上述した6つの役割に、これらが含まれている。

久米は¹⁸⁾ 看護師は患者と接する機会が多く、患者にとって身近な存在であり、患者のニーズをキャッチしやすいこと、患者の生活を支える役割を担っていることから看護師がコーディネーターとして適していると述べている。また、根本¹⁹⁾ は、放射線腫瘍医の立場から、看護師に求める役割として、同意取得時や治療内容の説明時には、医師の説明時間が十分とれない現場も多く、看護師から補助説明や生活上の留意点などの説明があると、安心する患者は大変多いと述べている。BNCT においても、患者の

不安やニーズをキャッチして、患者の思いなどを理解・共感し、主体的に治療を受けられるよう援助することに重きを置きオリエンテーションを行っている。また、上野ら²⁰⁾ は、「放射線治療継続の支えになったもの」の一つとして、看護師の対応や医師の言葉など医療者の支えを挙げており、患者に寄り添い、励ますなどの看護師の対応は、BNCT においても、長時間の照射を、完遂へ導く支えになるものと考えられる。

VII. オリエンテーションの内容

DVD 視聴 (BNCT 患者向け紹介: シミュレーションビデオ) およびパンフレットを用いて治療の流れと治療方法、注意事項などの説明を行う。以下に、注意事項等の主な説明内容を示す。

1) 治療日当日までの日常生活の過ごし方

①十分な水分と栄養補給

- ・食事や水分の摂取不足による脱水傾向は、照射後のスムーズな排泄 (ホウ素薬剤の排出) を妨げる原因になりうるため、治療前からの食事や水分摂取が大切であることを説明する。

②薬について

- ・常用薬の服用は継続するよう説明する。
- ・疼痛緩和薬を服用している場合は、普段通りの服用に加えて、照射中の (がん性) 疼痛コントロールを目的として、照射体位セッティング直

前にも服用してもらう場合があることを説明する。

- ・前日の緩下剤服用は、照射中の便意や失禁を考慮して、中止するよう説明する。

③排泄練習について

- ・紙パンツ（オムツ）着用での照射を希望する場合は、排泄練習を行っておくことを勧める。

④その他

- ・基本的に食事や運動など、日常生活上の制限はないことを説明する。

2) BNCTにおける体位設定時の注意

照射時間が1時間前後と長く、その間、同一姿勢の保持など、患者の協力が必要になるため、シミュレーション時の短時間で感じる苦痛は、長時間の照射時には我慢できない苦痛になりうることをしっかりと説明し、シミュレーション時に感じる軽微な痛みや不具合は我慢せず、遠慮なく話してもらえよう説明する。

3) 照射当日・照射終了後の流れや注意事項の説明

- ・照射当日（来所前）の食事については、医療機関主治医の指示に従うよう説明する（京大複合研内は禁食）。
- ・水分摂取（照射セッチティング開始から照射中を除く）の制限はない。照射終了後のスムーズな排泄を促すためにも、定期的な水分摂取を心掛けるよう説明する。照射後は、特に水分をしっかりと（500ml以上）摂取すること。
- ・照射終了後の日常生活の注意点などは、医療機関主治医の指示に従うよう説明する。

VIII. BNCT 看護経験例

脳腫瘍や聴覚障害（補聴器は、中性子照射により故障することがあり使用できない）を伴う患者は、事前説明を十分理解できないまま治療実施に至るケースや、照射中のスピーカー越しの音が聞き取りづらく、意思疎通が図れなくなるなどの理由から、照射中パニックに陥り（自制が効かない・無理に立ち上がろうとするなど）中途終了に至るケースを2例経験しており、この経験がオリエンテーション導入のきっかけとなった。また、BNCTでは、バイタル測定、排泄・点滴管理、血液採取などの実務は必須であるが、患者観察において、BNCT総時間を通しての会話も重要である。特に脳疾患患者においては、BNCT開始前とBNCT終了後の言葉数の違

いや、返答の変化から、早期に副作用（痙攣など）に気づき、迅速な対応につながる経験をしている。患者からは『看護師さんとの会話が、治療の不安をやわらげ、リラックスして治療に望め、あっという間の4時間でした、ありがとうございました』など言葉をいただくこともあり、限られた短い時間で、患者との良き人間関係・信頼関係を築くことができた成功例の一つと言える。

IX. 今後のBNCT看護への期待

今後、医療機関で多くのBNCTが実施されることから、以下の2項目の体制の整備は重要である。

1. BNCTの専門的知識を有する看護師の育成

BNCTに従事する看護師として、以下の2点のスキルが備わっていることが、大変重要である。

- 1) BNCTの特性、治療計画、および治療手順を理解し、治療完遂のための看護実践ができる。

BNCTの看護業務では、患者の不安軽減などの精神的援助に加えて、ホウ素薬剤の点滴、複雑な照射体位設定の介助、数回の採血、バイタルサインチェック、点滴を行いながら照射するための輸液管理、照射終了後の移動と看護実務が多いことなど、通常の放射線治療の看護実務とは大きく異なることを理解して実践することが重要である。

- 2) BNCTは中性子による治療のため、従来の放射線防護策での対応が難しい部分があることを理解し、安全管理を実践できる。

敏捷な行動と連携で作業時間を短縮し、照射直後には放射化している照射ベッド周囲からなるべく早く距離をとること、鉛エプロン等防護服の装着では、中性子線の防護はできないこと、照射ベッドなどの放射化によるガンマ線に対する防護も、エプロン程度の鉛の厚みでは難しいことなど、BNCTにおける放射線防護を正しく理解することが必要である。

今後、日本中性子捕捉療法学会、加速器BNCTシステムを有する医療機関等が主催するBNCT講習会において、BNCT看護の教育の場が提供されていくことが重要である。

2. 有害事象の予防や症状緩和のための体制づくり

現状BNCTが実施できる医療機関は少ないため、患者は日本全国のみならず海外からも治療を受けに来ることを想定しなければならない。また、短い入

院期間・1回（1日）の照射で完遂など、BNCTの特徴を踏まえ、通常の放射線治療における有害事象の対策・体制²¹⁾を基本として、BNCTに対応できる体制を整えていくことが求められる。今後以下の体制は、BNCTに従事する医師、看護師により整備される必要がある。

- 1) 森本²²⁾は、X線などの放射線治療では、治療に伴う諸症状に対応しながら、目標とする照射量を達成するまで、連続して治療を受けなければならない。治療計画時に治療期間に起こりうる副作用症状の説明をすることにより、患者はセルフケアを行えると述べている。BNCTは1日1回の照射で完遂のため、毎日照射を受けに来る場合のように、副作用に苦しみながら治療を継続する必要がない。その反面、副作用症状が出る前や、軽い症状が出始めたときに直接観察や指導ができない場合もあるため、想定される有害事象についての事前説明・指導など、患者・家族へのセルフケア支援はより重要となる。
- 2) 紹介元医療機関と連携し、患者が容易に迷わず相談・受診ができる体制作り（看護師間の連携強化を含む）が必要であり、患者が治療後の状況や不安な思いなどをいつ、どこからでも気軽に容易に相談でき、看護師の専門的なアドバイス・ケアを受けられる体制が理想である。（SNSなどを利用した遠隔看護、テレナーシングシステム²³⁾、医療保険制度や診療報酬体系の確立）など。

X. おわりに

KURで始まったBNCTが、医師をはじめ研究者の努力と研鑽により、研究的治療（原子炉BNCT）から臨床治療（加速器BNCT）へと大きく変化していく過程をBNCT専門の医師・研究者とともに経験することができた。BNCTに携わる国内外唯一の看護師として、直面する問題解決に取り組みながら、研究治療・臨床治療の位置づけとは関係なく、それを必要とする患者・人に目を向け、寄り添う看護に徹する17年間であった。

京大複合研のBNCTは近く終了するが、それは同時に、医療BNCTの始まりでもある。現在、加速器BNCT照射システムを有する医療機関は、一般財団法人脳神経外科疾患研究所附属南東北BNCT

研究センター、大阪医科大学関西BNCT共同医療センター、国立がん研究センターの3施設のみだが、今後は、日本のみならず世界でBNCTを行う医療機関も増えていくものと思われ、放射線看護を専門とする看護師が活躍する機会も増えるだろう。2012年・2014年に複合研で開始されたBNCTの治験は、第II相が終了し承認に向けて進んでいる。それと並行し、医学・物理・薬学などさまざまな分野でワーキンググループなどが発足し、相互の協力のもと、医療機器の評価・開発・実用化のためのガイドラインや、BPA-BNCT治療ガイドブック、BNCT用ホウ素薬剤評価法の策定や、国際共通のBNCTガイドラインの作成など、医療BNCTに向けて動きだしている。

荒尾²⁴⁾が、放射線治療の高精度化はさらに発展することが予測され、看護において治療内容を理解し治療計画に基づいた看護実践は、広く浅い知識では対応できないと言われているように、放射線看護に関わる多くの看護師がBNCTを学び理解し、深き知識を有する看護師がこれからのBNCTを広く支えてくれることを期待する。

謝辞

看護業務、看護活動において多くの示教・力添えをいただき、さまざまな方面でご協力くださった、京都大学複合原子力科学研究所の医師・研究者・技術職員の皆様に深く感謝申し上げます。

研究助成

本研究による研究助成は受けていない。

利益相反

本研究による利益相反は存在しない。

引用文献

- 1) Kato I, Ono K, Sakurai Y, et al. Effectiveness of BNCT for recurrent head and neck malignancies. *Applied Radiation and Isotopes*. 2004, 61(5). 1069-1073.
- 2) 川端信司. BNCTの臨床：脳. *RADIOISOTOPES*. 2015, 64(1). 93-102.
- 3) 加藤逸郎. BNCTの臨床：頭頸部—頭頸部がんにおけるBNCTの適応と可能性について—. *RADIOISOTOPES*. 2015, 64(1). 103-114.
- 4) 平塚純一, 神谷信彦, 笹岡俊輔, 他. BNCTの臨床：皮膚悪性黒色腫. *RADIOISOTOPES*. 2015, 64(1). 115-121.

- 5) 田中浩基. サイクロトロン加速器 BNCT 照射システム (C-BENS) の開発と今後の展望. RADIOISOTOPES. 2015, 64(1). 29–36.
- 6) 西沢義子, 野戸結花, 一戸とも子, 他. 高度看護実践としての放射線看護の枠組みと将来展望. 日本放射線看護学会誌. 2015, 3(1). 2–9.
- 7) 大石ふみ子, 白鳥さつき, 伊藤眞由美, 他. 放射線診療に携わる看護師が職業被爆について抱く不安に関する質分析. 日本放射線看護学会誌. 2018, 6(1). 22–32.
- 8) 中川義信. 中性子捕捉療法の理論. 日本中性子捕捉療法学会 (編). BNCT 基礎から臨床応用まで: BNCT を用いて治療にかかわる人のためのテキスト (初版). 大阪公立大学共同出版会, 大阪, 2018. pp. 7–9.
- 9) 切畑光統, 服部能英. ホウ素薬剤の開発状況と将来展望. 日本中性子捕捉療法学会 (編). BNCT 基礎から臨床応用まで: BNCT を用いて治療にかかわる人のためのテキスト (初版). 大阪公立大学共同出版会, 大阪, 2018. pp. 13–18.
- 10) 早川和重. がん放射線治療の基礎知識 (2010 年度日本消化器外科学会教育集会) (検索日 2020.8.4). <https://www.jsjgs.or.jp/cgi-html/edudb/pdf/20100041.pdf>
- 11) 中井 啓, 山本哲哉, 川端信司, 他. 脳腫瘍. 日本中性子捕捉療法学会 (編). BNCT 基礎から臨床応用まで: BNCT を用いて治療にかかわる人のためのテキスト (初版). 大阪公立大学共同出版会, 大阪, 2018. pp. 69–96.
- 12) Suzuki M, Kato I, Aihara T, et al. Boron neutron capture therapy outcomes for advanced or recurrent head and neck cancer. Journal of Radiation Research. 2014, 55(1). 146–153.
- 13) Miyatake S, Kawabata S, Kuroiwa T, et al. Modified boron neutron capture therapy for malignant gliomas performed using epithermal neutron and two boron compounds with different accumulation mechanisms: An efficacy study based on findings on neuroimages. Journal of Neurosurgery. 2005, 103(6). 1000–1009.
- 14) Kawabata S, Miyatake S, Kuroiwa T, et al. Boron neutron capture therapy for newly diagnosed glioblastoma. Journal of Radiation Research. 2009, 50(1). 51–60.
- 15) Kankaanranta L, Seppälä T, Koivunoro H, et al. Boron neutron capture therapy in the treatment of locally recurred head and neck cancer: final analysis of a phase I/II trial. International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics. 2012, 82(1). e67–e75.
- 16) Wang LW, Chen YW, Ho CY, et al. Fractionated BNCT for locally recurrent head and neck cancer: Experience from a phase I/II clinical trial at Tsing Hua Open-Pool Reactor. Applied Radiation and Isotopes. 2014, 88. 64–68.
- 17) 日本看護協会: 認定看護師教育基準カリキュラム. 2020 年 2 月改正. 日本看護協会公式 HP (検索日 2020.8.4). https://nintei.nurse.or.jp/nursing/qualification/cn_curriculum_a.
- 18) 久米恵江. がん放射線治療を受ける患者の看護は何か. 久米恵江, 祖父江由紀子, 土器屋卓志, 他 (編). がん放射線療法ケアガイド (新訂版) 中山書店, 東京, 2013.7.
- 19) 根本建二. ここまで進んだ放射線療法: 放射線療法の展望と看護師に求めるもの. がん看護. 2013, 18(6). 633–637.
- 20) 上野かおり, 松木麻美, 土橋由美子, 他. 放射線治療を一時中断しその後完遂した頭頸部癌患者の支えについての検討: 4 事例へのインタビューより. 日本放射線看護学会誌. 2016, 4(1). 12–19.
- 21) 藤本美生. 放射線療法を受ける患者へのセルフケア支援. がん看護. 2013, 18(6). 589–591.
- 22) 森本悦子. がん治療における放射線療法と看護実践の展望. Yamanashi Nursing Journal. 2006, 4(2). 11–17.
- 23) 北山秋雄, 清水嘉子, 安田貴恵子, 他. 遠隔看護システム開発の現状と展望 (JITA2010 MISHIMA 日本遠隔医療学会学術大会) (検索日 2020.8.5). <https://www.nagano-nurs.ac.jp/irc/kouken/enkaku/datas/2010jittaabst.pdf>
- 24) 荒尾晴恵. 放射線治療看護の専門性確立までの歩みと今後の展望: 日本がん看護学会の取り組みから. 公益法人日本放射線腫瘍学会 (編). 放射線治療看護の現状と今後 JASTRO Newsletter. 2018, 130(4). 22–23.