

医学物理士認定機構

医学物理教育カリキュラムガイドライン（2020年度版）

目次

序文

1. 医学物理教育カリキュラムガイドラインの発行にあたって
2. 医学物理教育コースの概要
3. 大学院教育課程
4. 臨床研修課程
5. 短期臨床研修教育コース
6. 生涯教育
7. 最後に

別紙1：講義カリキュラムガイドライン

別紙2：臨床研修カリキュラムガイドライン

Version 1.1 (2011. 4. 28)

Version 1.2 (2011. 10. 1)

Version 2.1 (2014. 3. 15)

Version 2.2 (2014. 10. 10)

Version 2.3 (2015. 8. 17)

Version 3.1 (2018. 11. 14)

Version 3.2 (2020. 7. 11)

Version 3.3 (2022. 5. 21)

2018 年度改訂序文

医学物理教育カリキュラムガイドライン 2014 年度版を公開後、4 年が経過した。本ガイドラインは、3 年毎に改訂することを定めていたが、臨床研修カリキュラムの十分な改定を行うために公開を 1 年延期し、今回 2018 年版を公開する。

医学物理には、放射線治療、放射線診断、核医学、保健物理の分野がある。2008 年の日本医学放射線学会医学物理士委員会発行の初版ガイドラインと、2011 年の医学物理士認定機構設立後の初回ガイドライン改定時には 放射線治療分野において医学物理士の需要が高まっていることを受け、放射線治療分野でのみ医学物理士教育の内容を定めた。その後、各大学院教育において放射線診断や核医学の研究を行う者も増えたため、2014 年改訂では、講義基準を放射線診断、核医学の医学物理教育にも広げ、これらを専攻する大学院生にも対応できるものとした。また、放射線治療分野に関しては 3 年間の状況変化を加味し、必要な教育内容を加えている。臨床研修カリキュラムガイドラインに関しては、当時の教育資源と社会的需要を鑑み、放射線治療分野のみとしていた。

今回の改訂では、医学物理士の業務拡充および専門分野の明確化を踏まえ、放射線治療分野だけでなく、放射線診断、核医学分野の医学物理教育にも臨床研修カリキュラムを設けた。これにより、放射線診断、核医学分野を専門とする医学物理士を目指す大学院生等も、臨床研修を履修できるガイドラインとなった。

また、講義基準においては、若干の修正を加え、これまでの各大学院における医学物理教育が継続できるよう項目を簡略化した。

なお、このガイドラインは、2018 年 8 月に当機構としての案を公表し、パブリックコメントを受けて改訂した。改訂にかかわった関係者、パブリック コメントをお寄せ下さった皆様のご協力に感謝する。

2018 年 9 月 29 日

医学物理士認定機構

代表理事 白土 博樹

2014 年度改訂序文

2011 年 10 月に放射線治療分野の医学物理教育カリキュラムガイドラインを公開し 3 年が経過した。3 年毎に改訂することを定めており、今回 2014 年版を公開する。

医学物理には、放射線治療、放射線診断、核医学、保健物理の分野がある。2011 年時点では放射線治療分野において医学物理士の需要が高まっていることを受け、放射線治療分野でのみ医学物理士教育の内容を定めた。今回は、講義基準を放射線診断、核医学の医学物理教育にも広げ、これらを専攻する大学院生にも対応できるものとした。放射線治療分野に関しては 3 年間の状況変化を加味し、必要な教育内容を加えている。

しかし、臨床研修カリキュラムガイドラインに関しては、教育資源と社会的需要を鑑み、今回も放射線治療分野のみとしている。放射線診断、核医学の医学物理教育コースにおける臨床施設基準と臨床研修に関しては各大学院の整備状況を見ながら引き続き準備を進める。

なお、このガイドラインは、2014 年 4 月に当機構としての案を Version 2.1 として公表し、パブリックコメントを受けて Version 2.2 に改訂した。改訂にかかわった関係者、パブリックコメントをお寄せ下さった皆様のご協力に感謝する。

2014 年 10 月 10 日

医学物理士認定機構

代表理事 山田 章吾

2011 年度初版序文

医学物理学とは、物理工学の知識・成果を医学に応用・活用する学術分野である。医学物理学が他の物理学と異なるのは、患者、医療受給者、市民の健康に関与し責任を持つ点である。本邦では、医学物理学の系統立った大学院教育カリキュラムの整備が他の先進国と比して遅れていた。しかし、近年の技術革新に伴って、医学物理学がより広範で深遠な学問分野となった今日、その専門家の育成に必要な教育内容も広範囲になり、本邦独自の医学物理教育のためのガイドラインを設定する必要が生じた。

医学物理には、放射線治療、放射線診断、核医学、保健物理の分野がある。放射線治療物理は、がんを主とした疾病に対する電離放射線を用いた治療と密接に関連する医学物理の専門分野であり、本邦ではこの分野の医学物理士の需要が高まっている。そこでまず、本ガイドラインは放射線治療分野での医学物理士についての教育内容を定めた。診断領域や核医学分野の医学物理士については別にガイドラインを定める準備が進められており、ここでは述べない。

放射線治療分野が急速に発展している状況において、この分野で修士あるいは博士を取得し、将来医学物理士として業務に従事することを目的とする学生にとって、修めるべき教育内容の明確な指標が必要であり、大学院教育を行う指導者にとって教育指針が必要となる。このガイドラインは、放射線治療分野で修士や博士を取得し、医学物理臨床研修を経て医学物理士を目指す大学院生に必要なカリキュラムを示した。また、理工系、放射線技術系の修士や博士を取得後に医学物理士を目指す者に対する医学物理臨床研修生として必要なカリキュラムを示した。本ガイドラインは、医学物理士認定機構による医学物理士認定を目指す者への教育ガイドラインであると共に、医学物理士認定を受けた者への生涯教育の内容も含んでいる。

なお、このガイドラインは、2011年5月に当機構としての案を Version 1.1 として公表し一般のコメントをいただいた。Version 1.2 はコメントを受けて改訂したものである。詳細なコメントをいただいたことを感謝いたします。

2011 年 10 月 1 日

医学物理士認定機構
代表理事 山田 章吾

1. 医学物理教育カリキュラムガイドラインの発行にあたって

2007年、文部科学省は「がんプロフェッショナル養成プラン」を設定した。その目的は、質の高いがん専門医等を養成し得る内容を有する優れたプログラムに対して財政支援を行うことにより、大学院の教育の活性化を促進し、今後のがん医療を担う医療人の養成推進を図ることにある。これに対応するため、2008年2月に日本医学放射線学会（以下、JRS）医学物理士委員会は、放射線治療分野の医学物理士育成と資質向上を目指した「医学物理大学院教育カリキュラムガイドライン」、「放射線治療物理レジデント訓練プログラムのガイドライン」を定めた。医学物理士の認定等に関する事業は、JRSが日本医学物理学会（以下、JSMP）の協力のもとに行っていたが、2008年12月に新たに公益法人制度が開始されたこと等を契機として、JRSとJSMPが設立母体となり2009年3月に一般財団法人 医学物理士認定機構（以下、JBMP）を設立し、医学物理士認定業務を移管した。当初 JBMPは医学物理教育カリキュラムガイドラインについては JRS 医学物理士委員会が定めたガイドラインを継承し暫定的に使用していたが、2011年に、新たな「放射線治療分野の医学物理教育カリキュラムガイドライン」を定めた。

2008年にJRS医学物理士委員会から発行された「医学物理大学院教育カリキュラムガイドライン」では、カリキュラムを構築するにあたり、①医学物理士養成のための指導者の不足、②医学物理士養成のための施設・設備の不足、の2つを影響因子として挙げた。これまでには、これらの影響の軽減のため、医学物理教育カリキュラムの段階的な整備・充実をガイドラインに盛り込み、10年後に目標水準を達成するように時間的配慮を行ってきた。ガイドライン発行から10年が経過し、日本の現状に相応した基準を定めることができ、目標水準に適合した施設を医学物理士養成施設として認定できるまでとなった。2014年の改訂では、医学物理教育コースの内容整備の一助となるよう放射線診断学、核医学、保健物理学/放射線防護学の講義の内容充実および整理を行った。

今回の改定では、より日本の現状に相応したガイドラインとなるよう、これまでの講義カリキュラムを再検討し整理した。また、懸案であった臨床研修カリキュラムに放射線診断および核医学の内容を追加した。CAMPEPと同等の内容まで到達することを目指し、一層の医学物理教育カリキュラムガイドラインの充実を行なった。

2. 医学物理教育コースの概要

複数の大学院等に跨る医学物理教育コースがあること等を考慮し、ここで定める医学物理教育コースカリキュラムガイドラインでは個別施設の認定だけではなく、医学物理教育コース認定を基本とし、複数の施設の複合団体での申請が可能な指針となるように配慮し定めた。

以下に、本ガイドラインにおける医学物理教育コースの基本的な考え方を示す。医学物理教育コースの種類は①修士号取得を目標とした修士課程（2年）、②博士号取得を目標とした博士課程（3～5年、修士・博士一貫課程を含む）、③修士または博士号保有者の臨床研修課程（2年以上）④短期臨床教育コース（100時間以上）の4通りである。限られた年限・時間内で最大の教育効果を発揮させるためには、履修年限・時間に応じて講義および臨床研修の履修のウェイトを変えた医学物理教育コース設定が必要である。本ガイドラインでは、①修士課程（2年）は講義のみ必修で臨床研修は選択、②博士課程（3～5年、修士・博士一貫課程を含む）は講義および臨床研修とともに必修、③臨床研修課程（2年以上）及び④短期臨床教育コース（100時間以上）は臨床研修のみ必修で講義は選択、とする3通りの医学物理教育コースの設定を推奨する。さらに、医学物理士が資質を維持するために講習会および臨床研修での継続的生涯教育が必要である。

3. 大学院教育課程

3-1 概説

JBMP が認定する医学物理教育コースである修士および博士課程は別紙 1「講義カリキュラムガイドライン」に記載されている内容を満たすことが推奨される。基礎教育科目、必修科目、選択科目が設けられている。基礎教育科目は、それまでの教育課程で物理学的・医学的思考の基礎となる科目を選択してこなかった大学院生用に設定されている。これらを既に学部等で履修し、十分に習得した大学院生は医学物理教育コースを設けている大学院の判断で履修を免除できる。医学物理学は物理学の一分野であり、物理学とそれを実践するための数学が必要である。また、基礎医学科目には、解剖学、生理学、腫瘍病理学がある。必修科目には、放射線物理学、統計学、保健物理学/放射線防護学、放射線診断物理学、核医学物理学、放射線治療物理学、放射線計測学、医療・画像情報学といった医学物理系科目の他、医学系科目として放射線診断学、核医学、放射線腫瘍学、放射線生物学、その他として放射線関連法規および勧告/医療倫理が設定されている。これらも、既に履修した大学院生は医学物理教育コースを設けている大学院の判断で履修を免除できる。また、今後の医学物理士には、グローバルな視野と水準での活動が求められるため、科学英語を選択科目とした。実習・演習では、保健物理学/放射線防護学、放射線診断物理学、核医学物理学、放射線治療物理学、放射線計測学、医療・画像情報学の全てを必修としているが、時間配分は医学物理教育コースを設けている大学院の裁量に任されている。博士課程に在籍する医学物理士認定者、または医学物理士認定試験の合格者の講義カリキュラムの履修においては、医学物理教育コースのコース代表者の判断で履修免除の科目を決定することができる。

「講義カリキュラムガイドライン」の他、博士課程では別紙 2「臨床研修カリキュラムガイドライン」に基づく臨床研修を必修とし、特別研究（課程論文）の指導時間も修士課程よりも多く設定している。本ガイドラインでは各分野の「臨床研修カリキュラムガイドライン」を示している。医学物理士になるためには、臨床研修が必要であるが、修士課程では時間的制約から臨床研修を課程内に含むことは一般的に困難で、学位取得後に適切な臨床研修が必要である。また、大学院では研究論文作成による学位取得を目指すことが必須であるため、最新の臨床や研究に触れる環境は欠かすことはできない。

医学物理教育コースの大学院課程を修了することにより、①医学物理士として臨床業務を行う能力、②医学物理教育者としての能力、③医学物理研究者としての能力、④放射線防護・放射線管理上の適切な助言を与える能力等が培われるようコースが設定されている。

3-2 医学物理教育コース代表者

医学物理教育コース代表者は認定された医学物理教育コースに対する責任をもつ。主な業

務は以下の 5 つである。

- (1) 該当する教育課程の編成と指針に責任をもつ。
- (2) 該当する課程の設備、教育スタッフ、教育的資料等を適切に用意する。
- (3) 大学院生の募集・受け入れに責任をもつ。
- (4) 該当する課程に十分な時間を使って関与し、大学院生を教育・指導する。
- (5) 大学院生が該当する課程で成長することに責任をもち、万一、十分な成長が成し遂げられない場合は適切な措置を講じる。

3-3 課程の教員

講義ではそれぞれの専門科目を教育するのに適切な教員を配置するべきである。医学物理系科目については、JBMP 医学物理士認定を受けた医学物理士である教員が担当することが推奨される。

臨床研修では、臨床での医学物理学、放射線医学等を教育する適切な教員を配置するべきである。また、臨床研修の医学物理系項目を教育・指導するために当該分野の専門家を配置するべきである。教員は課程に対して十分な時間を使って関与し、研修者を適切な方向に導く必要がある。教員が臨床研修に十分関与することが臨床研修プログラムの成功に不可欠である。

博士課程では臨床研修が必修となるため臨床研修責任者（JBMP の認定を受けた医学物理士として 5 年以上の臨床経験をもち、受入れ施設で臨床業務に携わっている常勤の医学物理士）の配置、専従の医学物理士 2 名以上（注 1）、治療分野では治療専門医、診断・核医学分野ではそれぞれの専門医の少なくとも 1 名が含まれなければならない。さらに、専従の診療放射線技師をスタッフに加えると共に、放射線生物学の教員を配置することが望ましい。

（注 1） 臨床研修責任者と専従の医学物理士は兼ねることができる。

3-4 博士課程における臨床研修の評価

医学物理教育コース代表者は臨床研修の継続的な評価および大学院生の学修レベルと臨床研修成績の評価票の作成に対する責任をもつ。継続的に学修の進捗を確認するために、大学院生は少なくとも隔週に異なる指導教員と順次面談し、月に一度、大学院生は医学物理教育コース代表者と面談することが望ましい。面談結果を適切に文書化することにより、大学院生の評価基準を標準化できる。各指導教員による臨床研修終了時に筆記試験を実施し、少なくとも年に一度、医学物理教育コースを運営する委員会と教員による口頭試験を実施し、大学院生の成績と進捗を文書化することが望ましい。また、全ての評価結果を大学院生と議論し、議論の内容を記録し、医学物理教育コース代表者は大学院生の他施設における過去の研修内容を記録し、博士課程の一部に充当することを検討しなければならない。

博士課程の学生の人数は施設が適切な教育経験を与えられる規模に依存して決めるべきで

あり、その施設の医学物理士の数を超えないことが望ましい。

3-5 臨床研修の評価

放射線治療分野の研修内容は別紙2を参照されたい。教員は臨床基準に基づいて大学院生を教育すると共に、大学院生が自ら臨床業務を実施できることを修了要件とする必要がある。ただし、修士課程では時間的制約から臨床研修を課程内に含むことは一般的に困難で、学位取得後に適切な臨床研修が必要である。博士課程の臨床研修到達レベルは、別紙2に記載してある臨床研修の内容を臨床研修責任者の監督なしで行うことができるが、実施結果は臨床研修責任者による確認を必要とするレベルとする。

大学院生には各自が実践した臨床研修内容の詳細なレポートを作成させるべきである。このレポートは定期的に医学物理教育コース代表者と医学物理教育コースを運営する委員会によりチェック・評価され、外部チェックのために利用可能な状態にしておく必要がある。

3-6 医学物理学研究に関する評価

3-1に示したように、医学物理教育コースの大学院課程を修了することにより、臨床的な能力等に加えて臨床を発展させる研究能力が培われる事が期待される。研究能力を評価する1つの指標として、国内外の学術大会における発表、論文発表等が挙げられる。課程の教員は大学院生の研究成果を適切に管理する必要がある。

4. 臨床研修課程

臨床研修課程の目的は、医学物理士としての基本的臨床業務を単独で遂行できるレベルに到達することにある。そのために必要な知識を身につけながら実務経験を積むことが必要になる。この JBMP より認定されている医学物理教育コースで教育・研修を受けた後は、放射線治療の基本的医学物理業務を単独で遂行でき、必要な場合は経験ある医学物理士と協議して複雑な業務を遂行できなければならない。修士課程では時間的制約から臨床研修を課程内に含むことは一般的に困難で、学位取得後に適切な臨床研修が必要である。

4-1 必要とされる知識

臨床研修生は限られた時間で臨床業務を自ら遂行できるレベルに到達することを目標としているため、JBMP認定の大学院医学物理教育コース修了生であることが望ましい。

臨床研修生に対して、定期的に医学物理の知識を評価することは極めて重要である。放射線治療分野の臨床研修生の応募資格は4-2-7に記載されており、修了時までに必ず身につけるべき事項を別紙2に記載した。

4-2 臨床研修課程の構成と実施内容

4-2-1 臨床研修課程の構成

各分野の詳細な構成については別紙 2 を参照されたい。ただし、放射線診断分野と核医学分野の内容に重複があり、放射線診断分野と核医学分野の臨床研修プログラムを効率良く統合したい場合、放射線診断分野のコース修了後に 1 年間の核医学分野のコースを履修できるカリキュラム構成も可能である。

臨床研修期間中に、臨床的な研究開発プロジェクトに関与することも重要である。また、必要に応じて関連・連携施設で適切な臨床研修が実施されるべきである。

4-2-2 医学物理教育コース代表者

医学物理教育コース代表者は臨床研修生課程全体に対する責任をもつ。医学物理教育コース代表者の業務は以下の 5 つである。

- (1) 該当する臨床研修課程の編成と指針に責任をもつ。
- (2) 該当する臨床研修課程の設備、教育スタッフ、教育的資料等を適切に用意する。
- (3) 応募者が 4-2-7 に該当することを確認し、臨床研修生の募集・受け入れに責任をもつ。
- (4) 該当する臨床研修課程に十分な時間を使って関与し、臨床研修生を教育・指導する。
- (5) 臨床研修生が本課程で成長することに責任をもち、万一、十分な成長が成し遂げられない場合は適切な措置を講じる。

4-2-3 臨床研修課程の教員

臨床研修課程では当該分野の放射線物理学、放射線医学、放射線生物学などを教える適切な人数の教員を用意しなければならない。臨床研修の教員は臨床研修を教育・指導するため割り当てられた当該分野の専門家でなければならぬ。また、教員は教育プログラムに十分な時間と労力を費やす必要がある。臨床研修課程の教員が臨床研修に十分関与することが本プログラムの成功につながる。臨床研修課程の教員は下記の学術的な活動に関与している必要がある。

- (1) 地域的、全国的な学会および海外での国際学会への参加
- (2) 自分自身の生涯教育プログラムへの参加
- (3) 論文投稿や学会発表

臨床研修課程の教員には、臨床研修責任者（JBMP の認定を受けた医学物理士として 5 年以上の臨床経験をもち、受入れ施設で臨床業務に携わっている常勤の医学物理士）の配置、専従の医学物理士 2 名以上（注 1）、専従の放射線科専門医（治療分野では治療専門医、診断・核医学分野ではそれぞれの専門医の少なくとも 1 名）が含まれなければならない。さらに、専従の診療放射線技師をスタッフに加えると共に、放射線生物学の教員を配置することが望ましい。

（注 1） 臨床研修責任者と専従の医学物理士は兼ねることができる。

4-2-4 臨床研修の内容

教員は系統的な医学物理教育コースに基づいて臨床研修生を教育すると共に、臨床研修生が単独で放射線腫瘍学の全ての分野で臨床業務の手順を実施できることを確認する必要がある。臨床研修生は各自が実践した臨床業務の詳細なリストを所持しておくべきである。このリストは定期的に医学物理教育コース代表者と臨床研修を運営する委員会によりチェック・評価され、外部チェックのために利用可能な状態にしておくべきである。

臨床研修カリキュラムの内容は別紙 2 を参照されたい。

4-2-5 臨床研修生の数

臨床研修生の人数は施設が適切な教育経験を与えられる規模に依存して決めるべきであり、その施設の医学物理士の数を超えないことが望ましい。

4-2-6 臨床研修生の評価

医学物理教育コース代表者はプログラムの継続的な評価および各臨床研修生の学習レベルと研修成績の評価票の作成に対する責任をもつ。継続的に学習の進捗を確認するために、臨床研修生は少なくとも隔週に異なる指導教員と順次面談することが望ましい。また、月に一

度、臨床研修生は医学物理教育コース代表者と面談することが望ましい。面談結果を適切に文書化することにより、研修生の評価基準を標準化することができる。各指導教員による研修終了時に筆記試験を実施するべきである。さらに、少なくとも年に一度、研修プログラムを運営する委員会と教員による口頭試験を実施して、研修生の成績と進捗を文書化する必要がある。全ての評価結果を臨床研修生と議論し、議論の内容を記録することが推奨される。

4-2-7 臨床研修生の応募条件

臨床研修生に応募するためには、以下の要件を満たしている必要がある。

(1) 学位

以下のいずれかの修士号または博士号を取得していること。

- A) JBMP から認定を受けている医学物理教育コース
- B) JBMP から認定されていない医学物理教育コース
- C) 放射線技術学に関する専攻
- D) 物理学に密接に関与する分野の専攻

(注) 将来的には、A)からの進学が推奨される。

5. 短期臨床研修教育コース

短期臨床研修教育コースの目的は、医学物理士としての基本的及び発展的な臨床業務を必要に応じて単独で遂行できるレベルに到達することにある。そのために必要な知識を身につけながら実務経験を積むことが必要になる。短期臨床研修教育コースにあっては、定められた臨床研修カリキュラムガイドラインの中から、コースの目的・特徴に合致した内容を習得する。

短期臨床研修教育コースの設置にあっては、十分な教育・研修環境を確保するため、臨床研修カリキュラムガイドラインに則った博士課程もしくは臨床研修課程が JBMP から認定されていることが必要である。

5-1 必要とされる知識

研修生は、限られた時間で臨床業務の一部を自ら遂行できるレベルに到達することを目標としている。短期臨床研修生に対して、定期的に医学物理の知識を評価することは極めて重要であり、各コースで成績と進捗を文書化する必要がある。

5-2 短期臨床研修教育コースの構成と実施内容

5-2-1 短期臨床研修教育コースの構成

各分野の詳細な構成については別紙 2 を参照されたい。この中から、各短期臨床研修教育コースの目的に合致した研修内容を合計 100 時間以上実施する必要がある。100 時間の研修課程の中で、必要に応じて関連・連携施設で適切な臨床研修が実施されるべきである。

5-2-2 医学物理教育コース代表者

医学物理教育コース代表者は短期臨床研修教育コース全体に対する責任をもつ。医学物理教育コース代表者の業務は以下の 5 つである。

- (1) 該当する短期臨床研修教育コースの編成と指針に責任をもつ。
- (2) 該当する短期臨床研修教育コースの設備、教育スタッフ、教育的資料等を適切に用意する。
- (3) 該当する臨床研修課程に十分な時間を使って関与し、短期臨床研修生を教育・指導する。
- (4) 臨床研修生が本課程で成長することに責任をもち、万一、十分な成長が成し遂げられない場合は適切な措置を講じる。

5-2-3 短期臨床研修教育コースの教員

短期臨床研修教育コースでは、教員は教育プログラムに十分な時間と労力を費やす必要が

ある。短期臨床研修教育コースの教員が臨床研修に十分関与することが本プログラムの成功につながる。

短期臨床研修教育コースの教員には、臨床研修責任者（JBMP の認定を受けた医学物理士として 5 年以上の臨床経験をもち、受入れ施設で臨床業務に携わっている常勤の医学物理士）の配置、専従の医学物理士 2 名以上（注 1）、専従の放射線科専門医（治療分野では治療専門医、診断・核医学分野ではそれぞれの専門医の少なくとも 1 名）が含まれなければならない。さらに、専従の診療放射線技師をスタッフに加えることが望ましい。

（注 1） 臨床研修責任者と専従の医学物理士は兼ねることができる。

5-2-4 短期臨床研修の内容

教員は系統的な医学物理教育コースに基づいて短期臨床研修生を教育すると共に、短期臨床研修生が単独で臨床業務の一部の手順を実施できることを確認する必要がある。短期臨床研修生は各自が実践した臨床業務の詳細なリストを所持しておくべきである。このリストは定期的に医学物理教育コース代表者と臨床研修を運営する委員会によりチェック・評価され、外部チェックのために利用可能な状態にしておくべきである。

臨床研修カリキュラムの内容は別紙 2 を参照されたい。このカリキュラムの一部を短期間で実施する。

5-2-5 研修生の数

短期臨床研修生の人数は、施設が適切な教育経験を与えられる規模に依存して決めるべきであり、博士課程または臨床研修の大学院生または研修生数も勘案して受け入れなければならない。

5-2-6 研修生の評価

医学物理教育コース代表者は、短期臨床研修生の学習レベルと研修成績に対して責任を持つ。継続的に学習の進捗を確認するために、臨床研修生は定期的に複数の指導教員と面談することが望ましい。また、研修終了前に、研修プログラムを運営する教員による口頭試験や筆記試験などの試験を実施して、研修生の成績を評価する必要がある。面談および試験結果は適切に文書化し、評価を標準化する必要がある。

6. 生涯教育について

医学物理学の知識は多岐にわたり、それに関わる技術は急速に進歩している。そのため、医学物理士がその資質を維持し、向上させるためには定期的な生涯教育の場が必要である。その内容は、別紙 2 に示した医学物理の実践に必要な知識と実務の再教育である。そのためには講習会等の座学と共に、臨床研修が必要と考える。

JBMP は生涯教育に有用な講習会等を認定し、その指針を示す必要がある。

7. 最後に

医学物理教育コースのゴールは、医学物理士としての教育を受けることにより、医学物理の臨床業務を一人で実践できる知識と能力を獲得することである。本邦では臨床研修の必要性が高まり、2008年になって初めてJRS医学物理士委員会により「医学物理大学院教育カリキュラムガイドライン」、「放射線治療物理レジデント訓練プログラムのガイドライン」が示された。しかし、これは欧米の研修プログラムを基準に作成したものであり、日本の現状への配慮が不十分であった。2011年度版ガイドラインでは、がんプロフェッショナル養成プランに採択された放射線治療分野の医学物理学教育施設からの意見を基に作成されており、日本の放射線治療分野の医学物理士が身につけるべき「講義カリキュラムガイドライン」と「臨床研修カリキュラムガイドライン」により修士・博士課程と臨床研修に最低限必要な条件を示した。また、今回の改訂において、放射線診断学分野、核医学分野の臨床研修カリキュラムガイドラインを追加した。CAMPEPと同等の内容まで到達することを目指し、一層の医学物理教育カリキュラムガイドラインの充実を行なった。

本ガイドラインの特徴は、様々な学部修了者に対応するための基礎科目的基準を含むガイドラインを、日本独自の基準に基づき作成した点である。医学物理教育施設が本ガイドラインで述べられた内容を満たす修士・博士課程や臨床研修課程を運営することにより、修了生が所定のレベルに到達することを信じるものである。複数の施設が協力してこれらの内容を満たすことも今後の日本の医学物理教育のために有効である。

別紙1：講義カリキュラムガイドライン

1. 講義カリキュラム一覧表

表1に講義カリキュラムの科目、最小単位、教育目標の一覧表を示す。表1付録として各分野の学生の履修例を示した。これらを単独施設で必ずしも満たす必要はなく、他施設との連携により満たすことも推奨される。

表1：講義カリキュラムの科目、最小単位、教育目標

科目		最小単位数	教育目標
基礎教育科目	基礎物理学 (注1)	力学	医学物理学の基礎となる基礎物理学系科目の履修を通して医療に応用できる物理的思考を身につける。 8以上 (力学、電磁気学 は必修とする。)
		電磁気学	
		熱力学・統計力学	
		量子力学	
		原子核物理学	
		物理数学 (注2)	
専門科目	基礎医学 (注1)	解剖学	医学物理学の基礎となる基礎医学系科目の履修を通して臨床に応用できる人体の構造と機能及び疾病を系統立てて理解し、関連科目を習得するための基礎能力を養う。 4以上 (解剖学、生理学 は必修とする。)
		生理学	
		腫瘍病理学	
専門科目	放射線物理学		医療に応用される放射線及び放射性同位元素の物理的性質に関する知識を習得する。基礎物理学で得た知識に基づく特殊相対論、量子論、原子と原子核の構造、X線の発生、放射能、放射線と物質との相互作用及び放射線量について理解する。
	統計学		科学的根拠に基づいた意思決定を行うために、客観的な立場から情報<データ>を分析する医療統計をはじめとする統計的方法を習得し、データ分析の方法について学修する。
	保健物理学/放射線防護学		各種放射線の特性と人体への影響を学ぶとともに、医療における放射線安全管理の基本的考え方（目標、方策等）を理解し、放射線安全管理システム構築と運用に必要な基礎を学修する。医療現場で必要とされる医用放射線安全管理の基礎知識を身につける。また、最新の技術、ガイドライン、研究など新たな知

科目	最小単位数	教育目標
放射線診断物理学	1 (2) この分野を主専攻とする場合は、2単位履修することが望ましい。	見にも目を向け、広い視点から保健物理学/放射線防護学について学修する。 電離放射線、超音波、核磁気共鳴（NMR）等、主に疾患による形態上の変化を画像化して診断に用いる技術の原理を理解し、臨床現場でどのように適用されているのかを学修する。また、最新の技術、ガイドライン、研究など新たな知見にも目を向け、広い視点から放射線診断物理学について学修する。
核医学物理学	1 (2) この分野を主専攻とする場合は、2単位履修することが望ましい。	核医学検査の検査法から放射性医薬品について学修する。検査の原理及びシンチカメラ（SPECT）やPETといった撮像装置については撮像原理だけでなく、その画像再構成法、各種補正法、品質管理も含め、放射性医薬品については使用する核種の物理的性質や集積機序などの化学的性質について学修する。さらに、最新技術の情報・知識を提供し、核医学検査に伴う内部被ばく線量評価についても理解する。
放射線治療物理学	1 (2) この分野を主専攻とする場合は、2単位履修することが望ましい。	放射線治療（X線・電子線・小線源）について、その特徴、放射線治療装置、放射線治療計画法（計算アルゴリズムを含む）、線量校正、照射方法、品質管理を物理的現象に基づいて理解する。また、放射線治療時に使用される患者固定具、位置決め装置等についても理解する。さらに、最新の治療技術（定位放射線治療や強度変調放射線治療などの高精度放射線治療、粒子線治療、中性子捕捉療法など）、関連するガイドライン、研究など、新たな知見にも目を向け、広い視点から放射線治療物理学について学修する。
放射線計測学	2	放射線計測の基礎となる放射線と物質との相互作用を学び、そこから生じる物理量の定義と単位を理解し、医療分野で必要とされる放射線量の測定、エネルギー測定、放射能測定など、放射線計測の原理から応用まで系統的に学修する。放射線治療の放射線測定や医療

科目	最小単位数	教育目標
		被ばく線量測定に加え、環境放射能測定などの医療分野以外の応用計測や計測システムに関する具体例も学修する。
医療・画像情報学	1	医療画像情報及びそのシステム構成を理解し、医療画像に用いられる画像処理及び画像評価に関する情報理論、信号理論、画像の数式表現、画像変換を学修する。画像や情報の医療における運用に必要な知識を習得し、標準規格、関連法規、セキュリティ管理を含めて理解する。
放射線診断学	1	X線撮影、CT、MRI、超音波などの診断機器で取得された画像から人体の各部位における正常画像解剖と異常像について学修する。
核医学	1	放射性医薬品の薬理作用及び集積機序と適応疾患を関連させて理解する。また、各部位のシンチグラフィ（SPECTを含む）とその適応疾患及び各種PETとその適応疾患について検査手法及び機能・代謝画像について理解する。さらに、試料測定、内用療法及び核医学におけるQCについて理解する。
放射線腫瘍学	1	放射線治療の各種照射方法と、処方（線量と分割法）の決め方について理解する。また各論として、対象疾患ごとの具体的な照射法や、照射に伴う有害事象について学修する。
放射線生物学	1	医療で放射線を有効かつ安全に用いるために、放射線による生物効果・障害について理解する。悪性腫瘍の放射線治療に対する照射方法の改良は現在も活発に行われており、これらの理解に必要な知識を習得する。
放射線関連法規及び勧告/医療倫理	1	放射線関連法規及び勧告を学修し、臨床医学と科学的研究における、医療従事者としての心構えや倫理上の問題を解決できる素養を身につける。
科学英語（選択）（注2）	1	国際学会での発表と討論、英語の学術論文作成に必要な英語力を身につける。国際学会での発表と討論、英語の学術論文作成に必要な英語力を身につける。科学全般及び医学物理

科目	最小単位数	教育目標
		学で必要とされる英語表現を学び、その上で論文やプレゼンテーションで用いる英語表現及び構成を学修する。
実習・演習 (保健物理学/放射線防護学、放射線診断物理学、核医学物理学、放射線治療物理学、放射線計測学、医療・画像情報学) (注3)	2	実習と演習により、講義内容の理解を深める。保健物理学/放射線防護学、放射線診断物理学、核医学物理学、放射線治療物理学、放射線計測学、医療・画像情報工学の実習と演習を通して、医学物理士として具有すべき知識・技術を学修する。
臨床研修	1 (修士) 10 (博士)	別紙2「臨床研修カリキュラムガイドライン」を参照すること。
特別研究 (課程論文)	2 (修士) 5 (博士)	医学物理学に関連するテーマについて大学院生が主体的に研究を行い、問題解決能力を習得する。
日本の大学院設置基準に適合しなければならない。		
注1：基礎教育科目の内容は、物理系（応用物理系含む）、医学系の学部教育科目相当以上であることが望ましい。腫瘍病理学はその内容を放射線腫瘍学に含むことも可能である。		
注2：物理数学、科学英語は必修ではないが、強く履修を勧める。		
注3：全ての分野が含まれていることが望ましいが、配分は各教育施設で定めることが可能である。		
注4：学部あるいは修士課程において履修した科目は、履修を免除できるシステムが構築されていることが望ましい。		
注5：上記内容が履修されていれば、その他の科目立ては各教育施設で独自に可能である。		
注6：各科目の詳細については、表2-1から表2-21を参照のこと。		

表 1 付録：履修科目の学修例

例 1 放射線治療分野

力学、電磁気学、量子力学、原子核物理学、物理数学、解剖学、生理学、腫瘍病理学、放射線物理学、統計学、保健物理学/放射線防護学 I、放射線診断物理学 I、核医学物理学 I、放射線治療物理学 I、放射線治療物理学 II、放射線計測学、医療・画像情報学、放射線診断学、核医学、放射線腫瘍学、放射線生物学、放射線関連法規および勧告/医療倫理、科学英語、実習・演習、特別研究

例 2 放射線診断分野

力学、電磁気学、量子力学、原子核物理学、物理数学、解剖学、生理学、放射線物理学、統計学、保健物理学/放射線防護学 I、放射線診断物理学 I、放射線診断物理学 II、核医学物理学 I、放射線治療物理学 I、放射線計測学、医療・画像情報学、放射線診断学、核医学、放射線腫瘍学、放射線生物学、放射線関連法規および勧告/医療倫理、科学英語、実習・演習、特別研究

例 3 核医学分野

力学、電磁気学、量子力学、原子核物理学、物理数学、解剖学、生理学、放射線物理学、統計学、保健物理学/放射線防護学 I、放射線診断物理学 I、核医学物理学 I、核医学物理学 II、放射線治療物理学 I、放射線計測学、医療・画像情報学、放射線診断学、核医学、放射線腫瘍学、放射線生物学、放射線関連法規および勧告/医療倫理、科学英語、実習・演習、特別研究

2. 履修科目の具体的内容

履修科目毎の具体的内容を表2-1から表2-21に示す。

表 2-1 基礎物理学

表 2-1-1 力学

項目	例
1. 力と運動	(a) 運動方程式
	(b) 作用・反作用の法則
	(c) 運動量と力積
	(d) 糸の張力の問題
2. 運動方程式の解法	(a) 等加速度運動
	(b) 抵抗のある運動
	(c) 振動
	(d) ファン・デル・ポールの方程式
3. 力学的エネルギー	(a) 力学的エネルギーと保存則
	(b) 力学的エネルギー（保存則が成立しない場合）
4. 角運動量	(a) ベクトル積
	(b) 角運動量とモーメント
5. 万有引力	(a) 万有引力
	(b) 惑星の運動
6. 剛体の運動	(a) 平面運動
	(b) 固定点周りの運動
	(c) 運動方程式
	(d) 歳差運動
7. 解析力学	(a) 仮想仕事の原理
	(b) 変分法
	(c) ダランベール原理
	(d) ハミルトン原理と小作用の原理
	(e) ラグランジュ方程式
	(f) 正準方程式
8. 特殊相対性理論	(a) 慣性座標系
	(b) ローレンツ変換
	(c) 4元ベクトル
	(d) 運動量、質量、力学的エネルギー
	(e) 運動方程式

表 2-1-2 電磁気学

項目	例
1. 電場と電位	(a) クーロンの法則
	(b) 電場と電気力線
	(c) 電荷に伴うエネルギー
	(d) ガウスの法則
	(e) 種々の電場とエネルギー
2. 磁場	(a) 磁場と磁力線
	(b) ローレンツ力
	(c) ピオ・サバールの法則、アンペールの法則
3. 電磁誘導	(a) 誘導電場
	(b) 電磁誘導の法則
	(c) 起電力
4. マクスウェル方程式	(a) 電荷保存則と連続方程式
	(b) 変位電流
	(c) マクスウェル方程式
	(d) 電磁波
5. 電磁場のエネルギー	(a) 荷電粒子系のエネルギー
	(b) 静電場と静磁場のエネルギー
6. 導体に伴う静電場	(a) 導体と静電場
	(b) 鏡像法
	(c) 一意性の定理
	(d) ラプラス方程式とポアソン方程式
7. 回路	(a) 抵抗とジュール熱
	(b) Pelier 効果、Thomson 効果、Seebeck 効果
	(c) 熱起電力と熱伝対とそれらによる温度測定法
	(d) 電気回路
8. 誘電体と磁性体	(a) 誘電体と分極
	(b) 分子電極
	(c) 真電荷と電束密度
	(d) 磁性体と磁化ベクトル
	(e) 磁場と磁化電流
9. 接触電位と電極電位	(a) 接触電位差
	(b) フェルミ準位

表 2-1-3 热力学・统计力学

項目	例
1. 温度と状態方程式	(a) 单原子分子の理想気体
	(b) エネルギーと圧力
	(c) 状態方程式
2. 热力学諸過程	(a) 可逆過程と不可逆過程
	(b) 热機関
	(c) エントロピー
	(d) 热力学法則の数式化と応用
3. 平衡条件と巨視的状態量	(a) 平衡状態と状態数
	(b) 等重率の原理
	(c) カノニカル分布
	(d) 状態数と热平衡
	(e) 温度とエントロピー
	(f) 自由エネルギー
	(g) 热力学第3法則
	(h) 化学ポテンシャル
4. 力学と確率	(a) 量子力学と確率
	(b) エルゴートの仮定
	(c) 統計力学的母集団と統計概念
5. ポルツマン分布と分配関数	(a) ポルツマン分布
	(b) 分配関数
6. 化学反応	(a) 化学反応
	(b) 化学平衡
7. 相転移	(a) 固体・気体の相転移
	(b) ファンデルワールス理論
	(c) 液体・気体の相転移
	(d) 潜熱
	(e) 強磁性体の相転移
8. 超伝導と磁場	(a) 超電導の基本的性質
	(b) 超電導相転移の熱力学
	(c) ロンドン方程式
	(d) 第2種超伝導体
9. 量子統計力学	(a) プランク分布
	(b) デバイ理論
	(c) フェルミ-ディラック統計
	(d) ボーズ-アインシュタイン統計

表 2-1-4 量子力学

項目	例
1. 前期量子論	(a) 光量子
	(b) 角運動量
	(c) プランクの輻射法則
	(d) ド・ブロイ波
2. シュレーディンガー方程式	(a) 不確定性原理
	(b) 自由粒子
	(c) 水素原子
	(d) 散乱問題
	(e) ハイゼンベルクの運動方程式
3. 近似解法	(a) 摂動論
	(b) 変分法
4. 散乱問題	(a) 断面積
	(b) ボルン近似
	(c) 部分波展開と位相のずれ
5. 相対論的量子力学	(a) クライン・ゴルドンの方程式
	(b) ディラックの方程式
	(c) パウリ表現

表 2-1-5 原子核物理学

項目	例
1. 原子核の大局的性質	(a) 大きさと密度の飽和性
	(b) 質量と結合エネルギー
	(c) 質量公式
	(d) スピン・パリティ
	(e) 電磁モーメント
2. 核力と 2 体問題	(a) 重陽子
	(b) 核子-核子散乱
	(c) 中間子
3. 原子核構造	(a) 裂模型と魔法数
	(b) 集団模型
	(c) クラスター模型
4. 原子核反応	(a) 反応断面積
	(b) 直接反応とボルン近似
	(c) 共鳴反応と複合核
	(d) 原子核反応の運動学
5. 原子核の寿命と壊変	(a) 崩壊と相互作用
6. 核分裂と核融合	

表 2-2 物理数学

項目	例
1. 線形代数	(a) 行列演算
	(b) 線形一次方程式
	(c) 固有値問題
	(d) ベクトル解析
2. 微分・積分学	(a) 常微分、偏微分
	(b) 一次元積分・多次元積分
	(c) 関数論基礎
3. フーリエ解析	(a) フーリエ級数・変換
	(b) ラプラス変換
4. 微分・積分方程式	(a) 常微分方程式・偏微分方程式
	(b) 積分方程式
5. 数値計算法	(a) 一次方程式の数値解法
	(b) 行列固有値問題の数値解法
	(c) 数値微分・積分

表 2-3 基礎医学

表 2-3-1 解剖学

項目	例
1. 解剖学総論	(a) 解剖学的命名法
	(b) 人体部位
	(c) 解剖学的な位置と方向
2. 脳神経	(a) 脳
	(b) 脊髄
	(c) 中枢神経と末梢神経
3. 感覚器	(a) 視聴覚器
	(b) 平衡感覚器・内耳・嗅覚器
	(c) 味覚器
	(d) 体性感覚器
4. 呼吸器	(a) 肺、気管、気管支
	(b) 胸膜、胸郭
5. 乳房	(a) 乳房
	(b) 腋窩、鎖骨上窩
6. 循環器	(a) 心、大血管
	(b) 縱隔
7. 消化器	(a) 口腔、咽頭
	(b) 食道
	(c) 胃、十二指腸、小腸
	(d) 結腸、直腸、肛門
	(e) 肝臓、胆道系、脾臓
8. 泌尿器	(a) 腎臓、腎孟
	(b) 尿管、膀胱、尿道
9. 生殖器	(a) 男性生殖器
	(b) 女性生殖器
10. 内分泌・免疫	(a) 脳下垂体
	(b) 甲状腺
	(c) 副腎
	(d) リンパ管、リンパ節
	(e) 脾臓
11. 骨軟部	(a) 骨格系
	(b) 筋肉

表 2-3-2 生理学

項目	例
1. 細胞の一般生理	(a) 細胞の微細構造と機能
	(b) 細胞環境
2. 神経と筋の生理	(a) 膜興奮性とイオンチャネル
	(b) 筋肉とその収縮
	(c) 興奮の伝達
3. 大脳の機能	(a) 大脳皮質と機能局在
	(b) 大脳皮質活動とその調節、連合野の機能
4. 感覚機能	(a) 体性感覚
	(b) 視覚、聴覚、平衡感覚
	(c) 味覚、嗅覚
5. 運動機能	(a) 筋と運動ニューロン
	(b) 脳幹、脊髄
	(c) 大脳皮質と大脳基底核
	(d) 小脳
6. 自律機能	(a) 自律神経系
	(b) 視床下部と辺縁系
7. 血液	(a) 血液の組成と性状
	(b) 赤血球、鉄の代謝、血液型、輸血
	(c) 白血球、免疫
	(d) 血液凝固
	(a) 血液循環
	(b) 循環系の調節
8. 呼吸	(a) 気道・肺胞の構造と機能
	(b) 呼吸運動、肺気量、換気力学
	(c) 肺循環、ガス交換、血液ガス
9. 消化と吸収	(a) 消化液の分泌
	(b) 消化管の運動と吸収
	(c) 消化管ホルモン、免疫機能
10. 体液調節と尿の生成、排泄	(a) 体液調節
	(b) 尿の生成
	(c) 尿の排泄
11. 内分泌	(a) 視床下部ホルモン
	(b) 下垂体ホルモン、成長ホルモン、プロラクチン
	(c) 副腎皮質ホルモン、副腎髄質ホルモン、副腎皮質刺激ホルモン

項目	例
	(d) 性ホルモン
	(e) 甲状腺刺激ホルモン、甲状腺ホルモン
	(f) 上皮小体ホルモン、カルシトニン
	(g) 脇島ホルモン
13. 生殖	(a) 生殖機能
	(b) 妊娠と分娩

表 2-3-3 腫瘍病理学

項目	例
1. 病理診断	(a) 細胞診断
	(b) 生体組織診断、術中病理診断
	(c) 染色法
2. 疾病の分類	(a) 変性、奇形
	(b) 炎症と免疫障害
	(c) 腫瘍
3. 生命現象と病理	(a) 個体死、脳死と臓器死のずれ
	(b) 組織・細胞死
	(c) 寿命と老化、老化に付随した病気、病変
4. 腫瘍病理総論	(a) 腫瘍の定義
	(b) 良性腫瘍
	(c) 悪性腫瘍
5. 腫瘍の病理学的分類	(a) 形態的特性による分類
	(b) 悪性度からみた分類
	(c) 宿主反応の特性による分類
	(d) 増殖・進展度による分類
	(e) TNM 分類
6. 腫瘍の形態と構造	(a) 腫瘍の肉眼形態
	(b) 腫瘍の組織形態
7. 腫瘍の発生と進展	(a) 腫瘍の発生
	(b) 増殖と成長
	(c) 悪性腫瘍における浸潤と転移
	(d) 腫瘍の境界領域
	(e) 重複癌
8. 腫瘍病理各論	(a) 脳神経腫瘍
	(b) 頭頸部腫瘍
	(c) 呼吸器腫瘍
	(d) 乳腺腫瘍
	(e) 消化管腫瘍
	(f) 消化器腫瘍
	(g) 泌尿器腫瘍
	(h) 婦人生殖器腫瘍
	(i) 骨軟部腫瘍
	(j) 造血器腫瘍
	(k) 小児腫瘍

表 2-4 放射線物理学

項目	例
1. 原子と原子核の構造	(a) 原子構造の基本的定義
	(b) 多電子原子
	(c) 放射性壊変と放射能
2. 放射線の分類	(a) 種類と線源
3. 放射線場の量と単位	(a) 相互作用の係数とその関係量
	(b) 線量計測
	(c) 放射線防護
	(d) 放射線の単位と用語
4. X 線の発生	(a) 特性 X 線の発生
	(b) 加速荷電粒子
	(c) X 線ターゲット
5. 光子と物質の相互作用	(a) 古典散乱
	(b) 光電効果
	(c) コンプトン散乱
	(d) 電子対生成、3 電子生成
	(e) 光核反応
6. 光子線束の減衰	(a) 半価層、10 分の 1 價層
	(b) 細い線束と広い線束
	(c) ビルドアップ係数
	(d) スペクトル効果、線質硬化と軟化
7. 荷電粒子線	(a) 臨床に用いられる荷電粒子線の種類
	(b) 荷電粒子線源
	(c) 荷電粒子線と物質の相互作用
	(d) 荷電粒子線の線量計算
8. 中性子線	(a) 中性子の分類と性質
	(b) 中性子線源
	(c) 中性子カーマと吸収線量計算
	(d) 中性子の線質係数
9. 放射性壊変	(a) 崩壊定数
	(b) 放射能の単位
	(c) 平均寿命と半減期
	(d) 過渡平衡と永続平衡
	(e) 放射化
10. 荷電粒子平衡	(a) 荷電粒子平衡と線量計測

表 2-5 統計学

項目	例
1. 基礎	(a) データの分類
	(b) データの図表化
	(c) 基本統計量
2. 確率	(a) 確率
	(b) 確率分布
3. 推定、検定	(a) 推定
	(b) 統計的仮説検定
4. 回帰分析	(a) 単回帰分析
	(b) 多変量解析
5. 医学統計	(a) 人口統計
	(b) 健康指標（生命表、指標）
	(c) 生存率算出規約
	(d) 検定
6. ROC 解析	(a) 決定行列
	(b) ROC 曲線
	(c) 診断正誤率評価
	(d) 制御率-条件評価
	(e) 優位性の検定
7. 医療統計用ソフトウェア	(a) 医療統計用ソフトウェアに関する概説

表 2-6 保健物理学/放射線防護学 I

項目	例
1. 序論および歴史	(a) 放射線の発見 (b) 放射線の利用 (c) 放射線の障害 (d) 放射線防護活動
2. 防護関連組織・機関	(a) 国際組織・機関 (ICRP、ICRU、UNSCEAR、IAEA、OECD/NEA、WHO、FAO、IRPA) (b) 各国組織・機関 (NCRP、NRPB (HPA)、IRSN、BfS、Euratom、BEIR 委員会) (c) 国内組織・機関 (原子力委員会、原子力規制委員会)
3. 放射線の線源と利用	(a) 放射線源 (b) 医学、理工学、産業における利用
4. 放射線の生物影響・リスク	(a) 影響の分類 (b) リスク評価
5. 線量の分類	(a) 物理量 (b) 防護量 (c) 実用量 (d) 線量評価用ファントム
6. 放射線防護体系	(a) ICRP 効告 (b) 被ばくの区分 (c) 防護目的・方法 (d) 放射線影響・線量 (e) 防護の流れ
7. 放射線防護・管理実務	(a) モニタリング (b) 被ばく評価 (c) 測定器 (d) 教育研修
8. 防護関連規制	(a) 関連法規 (b) 国際・国内ガイドライン
9. 医療放射線防護・管理	(a) 特徴 (b) 放射線診断 (c) 核医学 (d) 放射線治療

項目	例
10. その他の防護	(a) 環境の防護
	(b) 非電離放射線の防護
	(c) 災害・事故による環境汚染対策

表 2-7 保健物理学/放射線防護学 II

項目	例
1. 放射線防護体系	(a) 防護目的・方法
	(b) 放射線影響・線量
	(c) 防護の流れ
2. 外部被ばく評価	(a) 個人線量計
	(b) サーベイメータ
	(c) 測定
	(d) 評価
	(e) 管理
3. 内部被ばく評価	(a) 摂取量評価
	(b) 管理
4. 遮蔽設計	(a) 遮蔽設計の概要
	(b) 遮蔽材料
	(c) 遮蔽計算法
5. 医療放射線防護・管理	(a) 方法
	(b) 診断参考レベルと被ばく線量評価
6. 患者被ばく線量の低減	(a) 小児放射線検査
	(b) 各種放射線検査
7. 放射性廃棄物の保管	(a) 密封線源
	(b) 非密封線源
8. 放射性廃棄物の処理	(a) 放射性廃棄物の処理

表 2-8 放射線診断物理学 I

項目	例
1. X線撮影・透視	(a) X線の線質
	(b) X線装置と付属機器
	(c) 画像センサ
	(d) X線造影剤
	(e) X線画像の形成と画質
2. X線CT	(a) X線CTの原理
	(b) X線CTの画像形成と画像処理
	(c) X線CTの造影剤
	(d) X線CTの画質
3. 磁気共鳴	(a) 核磁気モーメント
	(b) 磁気共鳴信号
	(c) MRIの画像形成
	(d) MRI装置
	(e) 撮像法
	(f) 造影剤
	(g) 安全性
4. 超音波	(a) 超音波の生体特性
	(b) 超音波の画像形成
	(c) 超音波診断装置
5. QA/QC	(a) 各装置のQA/QC

表 2-9 放射線診断物理学 II

項目	例
1. X線撮影・透視	(a) 断層撮影・トモシンセシス
	(b) 画質の決定因子と向上対策
2. X線CT	(a) 線量プロファイル
	(b) CTDI (computed tomography dose index)
	(c) MSAD (multiple scan average dose)
	(d) 画質の決定因子と向上対策
	(e) コーンビームCT
3. 磁気共鳴	(a) 核磁気共鳴の画像化
	(b) 基本的撮像法
	(c) MRS (Magnetic resonance spectroscopy)
4. 超音波	(a) 超音波造影剤
	(b) ハーモニックイメージング
	(c) 超音波治療用装置

表 2-10 核医学物理学 I

項目	例
1. 放射性同位元素	(a) 定義
	(b) 壊変形式
	(c) RI の製造
2. 放射性医薬品	(a) 特徴
	(b) 単光子放出核種の標識化合物
	(c) 陽電子放出核種の標識化合物
3. 測定装置	(a) 核医学におけるイメージング
	(b) ガンマカメラ
	(c) SPECT (SPECT/CT) 装置
	(d) PET (PET/CT) 装置
	(e) 測定装置の性能評価
4. 画像処理	(a) フィルタ処理
	(b) 減弱補正
	(c) 散乱線補正
	(d) 分解能補正
	(e) 統計解析画像
	(f) 核医学イメージングの画像再構成
5. トレーサ動態・定量解析	(a) 代謝パラメータ・機能情報
	(b) コンパートメントモデル
	(c) 定量解析
6. イメージング装置の QA/QC	(a) ドーズキャリブレータ (ウェル型検出器を含む)
	(b) サーベイメータ等の管理用機器

表 2-11 核医学物理学 II

項目	例
1. ガンマカメラの性能評価	(a) 固有性能 (b) 総合性能
2. SPECT (SPECT/CT) 装置の性能評価	(a) 均一性 (b) 空間分解能 (c) 感度 (d) 回転中心
3. PET (PET/CT) 装置の性能評価	(a) 空間分解能 (b) 感度 (c) 計数率特性 (d) 均一性 (e) 画像濃度の均一性 (f) 計数補正の精度 (g) 減弱・散乱線補正の精度 (h) 画像の位置合わせ精度
4. イメージング装置の QA/QC	(a) ガンマカメラ (b) SPECT 装置 (c) SPECT/CT 装置 (d) PET 装置 (e) PET/CT 装置 (f) 画像処理・表示装置 (g) 関連規格
5. 内部被ばくの線量評価	(a) 投与量 (b) 線量計算 (c) 被ばく線量評価 (d) 退出基準

表 2-12 放射線治療物理学 I

項目	例
1. 放射線の特性	(a) 高エネルギーX線の特性 (b) 電子線の特性 (c) 陽子線、炭素線の特性 (d) 中性子線の特性 (e) 治療用小線源の特性
2. 放射線治療関連装置・機器	(a) 放射線治療用加速器総論 (b) 放射線治療装置総論 (c) 放射線治療計画装置総論 (d) 患者固定・位置照合・呼吸同期装置総論
3. 線量校正	(a) 放射線計測器の校正 (b) X線線量校正 (c) 電子線線量校正 (d) 小線源線量校正
4. 放射線治療計画装置	(a) 線量計算の歴史 (b) CT値と線量計算の関係 (c) X線の線量計算 (d) 電子線の線量計算 (e) 小線源の線量計算 (f) その他の線量計算
5. 放射線治療計画	(a) ICRU体積の定義 (b) X線治療計画総論 (c) 高精度放射線治療計画総論 (d) 電子線治療計画総論 (e) 小線源治療計画手総論 (f) 線量分布評価指標
6. QA/QC	(a) アクセプタンス、コミッショニング (b) 定期的な機器のQA/QC (c) 治療計画のQA/QC

表 2-13 放射線治療物理学 II

項目	例
1. 放射線治療関連装置・機器	(a) X 線治療装置
	(b) 電子線治療装置
	(c) 陽子線・炭素線治療装置
	(d) 中性子線治療装置
	(e) 小線源治療装置
2. 放射線治療計画・照射手法	(a) 固定照射
	(b) 回転照射
	(c) 強度変調放射線治療
	(d) 定位放射線治療
	(e) 電子線治療
	(f) 小線源治療 (HDR、LDR)
	(g) その他の特殊な治療
	(h) 陽子線・重粒子線・中性子線治療
	(i) 線量分布解析
3. QA/QC	(a) 放射線治療計画用 CT の QC
	(b) 放射線治療計画装置の QC
	(c) 小線源治療装置の QC
	(d) 位置照合装置の QC
	(e) 呼吸同期装置の QC
	(f) 線量計測装置の QC

表 2-14 放射線計測学

項目	例
1. 線量計測	(a) 線量計の種類と一般的な特性
	(b) ICRU の線量計測の量と単位の定義
	(c) 絶対線量計測と相対線量計測
2. 熱量計による線量計測	(a) 基本原理と計測法
	(b) 熱量欠損と熱量平衡
	(c) 熱電対とサーミスタ
	(d) 断熱、等温および、定温での温度技術
3. 化学（フリッケ）線量計	(a) 基本原理と計測技術
	(b) G 値と放射化学収率吸収スペクトロスコピー
4. 空洞理論	(a) 空洞理論の概要
	(b) 阻止能の平均化
	(c) 境界近傍の線量
5. 電離箱	(a) 電離箱の基本特性
	(b) W 値
6. 相対線量計測技術	(a) 熱蛍光線量計 (TLD)
	(b) フィルム
	(c) 半導体線量計
	(d) 光刺激ルミネッセンス線量計 (OSL)
	(e) 蛍光ガラス線量計
	(f) MOSFET 線量計とダイヤモンド検出器
	(g) ゲル線量計
7. パルスモード検出器	(a) GM 計数管
	(b) 比例計数管
	(c) シンチレーション検出器
	(d) 放射線サーベイメータ
	(e) 中性子検出器

表 2-15 医療・画像情報学

項目	例
1. 情報理論	(a) 確率と情報量
	(b) 確率過程
	(c) エントロピー
	(d) 通信路
	(e) 符号化
2. 信号理論	(a) 信号
	(b) スペクトル
	(c) 波形伝送
3. 画像工学	(a) 画像の取り扱い
	(b) 画像処理
	(c) 画像再構成
	(d) 画像解析
	(e) 画像圧縮
4. 医療情報学	(a) 医療における情報
	(b) 医療情報システム
	(c) セキュリティ
	(d) 標準化と PHD
5. その他	(a) 人工知能
	(b) ニューラルネット
	(c) ファジイ理論

表 2-16 放射線診断学

項目	例
1. 放射線診断総論	(a) X 線撮影 (b) X 線 CT (c) MRI (d) 超音波 (e) Interventional Radiology
2. 脳神経	(a) 正常画像解剖 (b) 脳血管障害 (c) 外傷 (d) 脳腫瘍 (e) 炎症性疾患
3. 頭頸部	(a) 正常画像解剖 (b) 頭頸部領域の疾患
4. 呼吸器・循環器	(a) 正常画像解剖 (b) 肺がん (c) 肺感染症 (d) 無気肺 (e) 縦隔疾患 (f) 循環器の奇形 (g) 後天性心疾患 (h) 動脈・静脈疾患
5. 乳腺	(a) 正常画像解剖 (b) 乳がん
6. 消化器	(a) 正常画像解剖 (b) 食道疾患 (c) 胃潰瘍 (d) 胃がん (e) 大腸がんとポリープ (f) 炎症性腸疾患 (g) 肝臓・胆・膵疾患
7. 泌尿器	(a) 正常画像解剖 (b) 尿路結石・水腎症 (c) 腎がん (d) 副腎疾患 (e) 前立腺疾患
8. 婦人科	(a) 正常画像解剖

項目	例
	(b) 子宮の疾患
	(c) 卵巣疾患
	(d) 産科領域
9. 骨軟部	(a) 正常画像解剖 (b) 骨軟部腫瘍 (c) 外傷 (d) 関節炎
10. 脊椎・脊髄	(a) 正常画像解剖 (b) 腫瘍 (c) 外傷 (d) 変性疾患
11. 小児	(a) 正常画像解剖 (b) 各臓器の疾患

表 2-17 核医学

項目	例
1. 放射性医薬品	(a) 放射性医薬品の特徴
	(b) 製造法、調製法
	(c) QC
2. シンチグラフィ	(a) 脳血流シンチグラフィ
	(b) 甲状腺シンチグラフィ
	(c) 副腎皮質・髓質シンチグラフィ
	(d) 肺血流・換気シンチグラフィ
	(e) 心筋シンチグラフィ
	(f) 肝受容体・肝胆道シンチグラフィ
	(g) 異所性胃粘膜シンチグラフィ
	(h) 唾液腺シンチグラフィ
	(i) 腎動態・静態シンチグラフィ
	(j) 骨シンチグラフィ
	(k) ガリウムシンチグラフィ
	(l) タリウム腫瘍シンチグラフィ
3. PET 装置	(a) PET の特徴
	(b) 主な PET 用放射線医薬品
	(c) FDG-PET の対象
	(d) FDG 製剤以外の主な対象
4. 試料測定	(a) 血液体量・血球寿命
	(b) ラジオアッセイ
5. RI 内用療法	(a) 対象疾患
	(b) 投与方法・投与量
6. QA/QC	(a) 放射線医薬品の取り扱いと管理

表 2-18 放射線腫瘍学

項目	例
1. 放射線腫瘍学総論	(a) 放射線治療の特色
	(b) 放射線治療の QC のあり方
	(c) 放射線治療の有害事象
2. 脳神経	(a) 原発性脳腫瘍
	(b) 転移性脳腫瘍
	(c) 脊髄腫瘍
3. 頭頸部	(a) 口腔癌
	(b) 咽頭癌
	(c) 喉頭癌
	(d) その他の頭頸部癌
4. 呼吸器	(a) 非小細胞肺癌
	(b) 小細胞肺癌
	(c) その他の胸部腫瘍
5. 乳腺	(a) 早期乳癌
	(b) 進行乳癌
	(c) 再発乳癌
6. 消化器	(a) 食道癌
	(b) 肝臓癌
	(c) 局所進行膵癌
	(d) 直腸癌
	(e) 肛門癌
	(f) その他の消化器腫瘍
7. 泌尿器	(a) 前立腺癌外部照射
	(b) 膀胱癌
	(c) その他の泌尿器腫瘍
8. 婦人科	(a) 子宮頸癌
	(b) 子宮体癌
	(c) その他の婦人科腫瘍
9. 骨軟部	(a) 原発性骨腫瘍
	(b) 転移性骨腫瘍
	(c) 軟部組織腫瘍
10. 造血器	(a) 悪性リンパ腫
	(b) 骨髄腫
	(c) 白血病（全身照射）
12. 小児	(a) 神経芽細胞腫

項目	例
	(b) ウイルムス腫瘍
	(c) その他の小児腫瘍

表 2-19 放射線生物学

項目	例
1. 生物学的作用	(a) 物理的过程
	(b) 化学的过程
	(c) 生物学的作用の発現
2. 生物学的基礎過程	(a) DNA・染色体の損傷・異常・修復
	(b) 細胞に対する作用
	(c) 感受性
	(d) 生物学的効果比
3. 人体への影響	(a) 組織・臓器に対する作用と機能維持
	(b) 個体レベルの作用
	(c) 放射線防護の生物学
	(d) 放射性障害と回復
4. 腫瘍・治療に関する因子	(a) 肿瘍・正常組織に対する作用
	(b) 放射線感受性修飾の物理学的要因
	(c) 併用療法の生物学

表 2-20 放射線関連法規および勧告/医療倫理

項目	例
1. 放射線障害防止法関係法令	(a) 法律・施行令・施行規則・告示
	(b) 関係法令
2. 医療法および施行規則	(a) 法律
	(b) 施行規則
3. 労働安全衛生法および 電離放射線障害防止規則	(a) 法律
	(b) 規則
4. その他の関連法規	(a) 人事院規則
5. 報告および規格	(a) 報告と規格
	(b) 日本規格協会
6. 医療倫理	(a) 医の倫理
	(b) 生命倫理
	(c) インフォームドコンセント
	(d) 利益相反の開示
7. 研究倫理	(a) 研究倫理とは
	(b) 研究に関する国際的規範・関係諸法令
	(c) 研究における不正行為と法
	(d) 研究計画のあり方
	(e) 被験者保護の原則 (生命倫理の尊重・個人情報保護)
	(f) 利益相反
	(g) 研究ノートとデータ管理
	(h) 知的財産権

表 2-21 科学英語

項目	例
1. 英語表現	(a) 数量
	(b) 数式、代数、微分・積分
	(c) 物理量
	(d) 医学物理専門用語
2. 英語論文の執筆から投稿	(a) 論文の分類
	(b) 論文の構成
	(c) 原稿の準備と校正
	(d) 投稿から出版まで
	(e) 英語論文と査読で用いられる表現
3. プrezentation	(a) プrezentationの種類・構成・準備
	(b) 発表と討論
	(c) 英語präsentationで用いられる表現

別紙2：臨床研修カリキュラムガイドライン

A. 放射線治療分野

1. 臨床研修期間

臨床研修課程、博士課程の臨床研修期間は2年以上とする。

博士課程のコース決定にあっては、並行して学位論文研究を行うことを妨げない。

短期臨床検証教育コースにあっては、研修期間を1年以内で100時間以上の研修時間
を必須とする。

2. 臨床研修例

2-1 放射線治療に関連した医学物理に関わる臨床研修

2-1-1 以下の内容の医学物理業務を習得する。

- (1) 放射線治療計画（治療準備含む）
- (2) 放射線治療（照射録チェック含む）
- (3) 放射線治療装置の QC
- (4) 放射線治療計画の QC (MU 計算含む)
- (5) 放射線治療計画用 CT シミュレータの QC
- (6) 位置照合装置の QC
- (7) 放射線防護

臨床研修の例の詳細は表3-1から表3-7を参照すること。

2-1-2 放射線治療の種類

- (1) X線
- (2) 電子線
- (3) 小線源
- (4) 粒子線

2-1-3 到達度の設定

博士課程の大学院生と臨床研修課程の研修生の臨床研修の到達度を下記のように設定
する。ただし、電子線治療による特殊治療、粒子線治療、受け入れ試験、コミッショニ
ングは、指導教員の判断で到達度を定めて良い。

1. 博士課程の大学院生

表3-1から表3-7に記載してある臨床研修の内容を臨床研修責任者の監督なしで行うこ
とができるが、実施結果は臨床研修責任者による確認を必要とする。

2. 臨床研修課程の研修生

各施設で設定している許容される臨床標準に沿って表 3-1 から表 3-7 に記載してある臨床研修の内容を 1 人で行うことができる。

3. 短期臨床研修教育コースの研修生

各施設で設定している許容される臨床標準に沿って表 3-1 から表 3-7 に記載してある臨床研修の内容のうち、短期臨床研修教育コースの目的に合致した項目を 1 人で行うことができる。

2-2 臨床研究等のプロジェクト

望ましいが必須ではない。

3 実施方法

3-1 臨床研修内容の各項目につき適切なローテーションを組む等し、各項目の研修が行える体制がある。1 年毎に研修進捗状況を評価するため、口頭・実技・筆記等で試験を行い、終了時に臨床研修の成果の評価を行う。

- ローテーションの一例

- (1) 放射線治療基礎
- (2) 線量計算・線量計測
- (3) 密封小線源治療
- (4) 単純な外部照射治療計画
- (5) IMRT を含む複雑な外部照射治療計画
- (6) 粒子線治療（関連・連携施設）
- (7) 照射録チェック
- (8) 治療装置、治療計画装置受け入れ検査、コミッショニング
- (9) 臨床に関わる研究プロジェクト、または新しい治療法の立ち上げプロジェクト

3-2 医学物理士の臨床業務に必要なカンファレンス・講義に参加する。

4. 臨床研修生の教育課程に関する付帯事項

通常の臨床研修に加えて、臨床業務に必要な知識に関する講義を実施することが望ましい。

- 臨床講義等の一例

- (1) 放射線治療物理学
- (2) 放射線診断物理学
- (3) 核医学物理学

- (4) 放射線生物学
- (5) 放射線治療に関わる解剖・生理・病理
- (6) 放射線治療に関する月1回程度のセミナー発表

5 臨床施設基準

放射線治療分野の臨床研修を実践するために、臨床施設は以下の臨床施設基準を満たす必要がある。なお、以下のいずれかが不足している場合は、関連・連携施設で適切な臨床研修を実施すること。

- (1) 2つ以上の高エネルギーX線および電子線を発生することができる放射線発生装置を有すること。
- (2) 高精度放射線治療を実施可能な放射線治療装置を有すること。
- (3) 放射線治療計画に用いることが可能なCT装置を有すること。
- (4) 密封小線源治療を行うために必要な装置・設備を有すること。*
- (5) 粒子線治療を行うために必要な装置・設備を有すること。*
- (6) 3次元治療計画装置を有すること。
- (7) 放射線治療補助器具を作る設備を有すること。
- (8) 線量の校正および測定のための装置・設備を有すること。

*不足している場合は、関連・連携施設で適切な臨床研修を実施できる体制の構築に努めること。

6 臨床研修症例

医学物理教教育コース代表者は、臨床研修生の経験を深めるために、十分な臨床研修症例数と種類を準備しなければならない。前述した各放射線治療に関して臨床研修生が十分な臨床研修を受けられるように、十分な年間新規患者数が必要である。外部照射に関する年間新規患者数は500名以上必要であり、20例以上のIMRT、10例以上のSRS、SRT、SBRT、及び1例以上のTBIを含む必要がある。また、10例以上の密封小線源治療を行っていることも必要である。これらの特殊な治療も含めていずれかが不足している場合は、関連・連携施設で適切な臨床研修が実施すること。

7 施設の支援

臨床研修を実施している施設は患者・教育資源に加えて、予算と臨床研修場所に関して施設管理者の立場から支援しなければならない。会議室および視聴覚設備が用意されなければならない。本課程を長期にわたり資金援助することが最も重要である。

8 教育環境

臨床研修は、同一施設の放射線腫瘍医臨床研修を運営、または参加している医師との間で、知識や経験について交流・交換できる環境で実施すること。

9 カンファレンス

研修が進んだ臨床研修生は、カンファレンスや教育回診に参加するべきである。カンファレンスの内容や日時、出席した臨床研修生、医学物理士、放射線腫瘍医、他のスタッフについての記録を残す必要がある。部門内の新患カンファレンスを含む放射線腫瘍学カンファレンス、毎週のチャートレビュー、問題症例カンファレンス、医学物理・線量測定カンファレンスなどが必要である。がんの治療成績、放射線生物学、文献レビューのカンファレンスも含むことが望ましい。

10 図書館

放射線治療物理学と関連する放射線腫瘍学および基礎科学に関する雑誌、参考図書、関係資料が臨床研修生の研究のために、容易にアクセスできるように必要な設備を整備しなければならない。臨床研修生に必要な雑誌、参考図書、関係資料の全リストは、AAPM レポート 197 等に掲載されている。さらに、インターネット上の教育資源にもアクセスできる環境を準備しなければならない。

11 放射線腫瘍学に関わる医学物理士が必ず身につけるべき専門能力

以下に記載された事項は放射線腫瘍学に関わる医学物理士が必ず身につけなければならぬ事項である。

責任を任される以下の主要分野で専門能力を発揮しなければならない。

- (1) 治療装置の校正
- (2) 線量計測および計算
- (3) 治療計画装置を用いた治療計画
- (4) 治療補助具の設計・製作
- (5) 計画および治療に用いるハードウェアとソフトウェアの受け入れ試験・コミッショニングを含む QA/QC
- (6) 放射線治療全体の精度に関する不確定性の見積りリスク管理
- (7) 放射線治療専門医、研修医、医学物理士、医学物理研修生、放射線治療品質管理士、技師、他のスタッフの研修
- (8) 保健専門家および一般人に対する放射線治療物理と放射線の影響に関わる啓蒙活動
- (9) 患者への治療内容の説明

放射線治療物理に関する臨床的・基礎的な研究能力および新しい治療法・治療装置に対する対応能力も重要である。

表 3-1 治療計画（治療準備含む）

項目	例
1. X線治療	(a) 3D-CRT
	(b) 回転照射
	(c) 強度変調放射線治療（複数部位であること）
	(d) 定位放射線治療（体幹部も含むこと）
	(e) その他の特殊な治療（TBI）
	(f) 線量分布評価指標
2. 電子線治療	(a) 固定照射
	(b) バーチャル SSD、実効 SSD
	(c) 全身皮膚照射（TSEI）
	(d) 術中照射
	(e) アーク照射
3. 粒子線治療	(a) 陽子線治療
	(b) 炭素線治療
	(c) その他
4. 小線源治療	(a) 組織内照射（HDR、LDR）
	(b) 腔内照射（HDR、LDR）
	(c) 前立腺シードインプラント
5. 放射線治療準備	(a) 放射線治療計画用 CT撮影
	(b) 患者固定具作成
	(c) 放射線治療計画確認
	(d) 放射線治療計画転送
	(e) 放射線治療計画 QA/QC

表 3-2 放射線治療（照射録チェック含む）

項目	例
1. 患者セットアップ	(a) 患者固定
	(b) 位置照合
2. 安全確認	(a) 放射線治療計画確認
	(b) 患者確認
	(c) タイムアウト
3. QA/QC	(a) 照射録チェック
4. 放射線治療技術	(a) X線治療
	(b) 電子線治療
	(c) 密封小線源治療
	(d) 粒子線治療

表 3-3 治療装置 QA/QC

項目	例
1. 受け入れ試験、コミッショニング ^{注)}	(a) 機械的性能試験
	(b) 安全性試験
	(c) 放射線防護試験
	(d) 出力、線質試験
	(e) ビームデータ取得
2. 校正	(a) 計測器
	(b) ファントム
	(c) X線（標準計測法 12）
	(d) 電子線（標準計測法 12）
	(e) 小線源
	(f) 粒子線
3. QA/QC	(a) 機械的項目
	(b) 出力、線質に関わる項目
4. 治療装置の特性	(a) 放射線発生原理
	(b) 機械的特性
	(c) ビーム補正装置
	(d) データの入出力

注) 装置の立ち上げは必要なく、エッセンスの習得を行う。

表 3-4 放射線治療計画に関わる QA/QC (MU 計算含む)

項目	例
1. 放射線治療計画装置	(a) 受け入れ試験、コミッショニング ^{注)}
	(b) 線量計算アルゴリズム
	(c) ビームモデリング
	(d) ビームモデリングに必要な計測データ
	(e) 治療計画装置 QA/QC
2. MU 計算	(a) MU 計算法
	(b) MU 計算に必要な測定データ
3. QA/QC	(a) 機械的項目
	(b) 出力、線質に関わる項目

注) 装置の立ち上げは必要なく、エッセンスの習得を行う。

表 3-5 放射線治療計画用 CT シミュレータ QA/QC

項目	例
1. 受け入れ試験、コミッショニング	(a) 機械的性能試験
	(b) 安全性試験
	(c) 放射線防護試験
	(d) 線量、線質試験
	(e) 画質性能試験
	(f) 幾何学的試験
2. 校正	(a) CT 値電子密度変換テーブル
3. QA/QC	(a) 幾何学的確度
	(b) 画質
	(c) 画像取得プロトコル

表 3-6 位置照合装置 QA/QC

項目	例
1. 受け入れ試験、コミッショニング	(a) 機械的性能試験
	(b) 安全性試験
	(c) 放射線防護試験
	(d) 線量、線質試験
	(e) 画質性能試験
	(f) 幾何学的試験
2. 校正	(a) CT 値電子密度変換テーブル
	(b) 幾何学的校正
3. QA/QC	(a) 幾何学的確度
	(b) 画質
4. 治療時の位置照合	(a) 2 次元照合方法
	(b) 3 次元照合方法
	(c) 光学的方法
	(d) その他の方法

表 3-7 放射線防護

項目	例
1. 規則、勧告、許可の理解	(a) 所轄官庁、都道府県、施設内
	(b) 放射線安全委員会
	(c) 放射性医薬品の製造および取扱規則（薬事法）
	(d) 医療法施行規制（医療法）
	(e) 放射線障害防止法
	(f) 国際放射線防御委員会（ICRP）勧告
2. 放射線計測装置	(a) 校正
	(b) 定期的 QC
	(c) 特性
3. 個人線量モニタ	(a) バッジ（フィルム、TLD、OSL、蛍光ガラス線量計）
	(b) その他（ポケット、chirper 等）
	(c) レポートと評価

B. 放射線診断分野

B. 放射線診断分野

1. 臨床研修期間

臨床研修課程、博士課程の臨床研修期間は2年以上とする。

博士課程のコース決定にあっては、並行して学位論文研究を行うことを妨げない。また、放射線診断分野と核医学分野の内容に重複があり、臨床研修プログラムを効率良く統合したい場合、放射線診断分野のコース修了後に1年間の核医学分野のコースを履修できるカリキュラム構成も可能である。

短期臨床検証教育コースにあっては、研修期間を1年以内で100時間以上の研修時間を必須とする。

2. 臨床研修内容

2-1 放射線診断に関連した医学物理に関わる臨床研修

2-1-1 以下の内容の医学物理業務を習得する。

- (1) デジタル撮影
- (2) 透視
- (3) マンモグラフィ
- (4) CT 装置
- (5) MRI
- (6) SPECT および PET
- (7) 超音波装置
- (8) 電子画像管理システム/電子スケジュール・レポートシステム

臨床研修の内容の詳細は表3-8を参照すること。

2-1-2 到達度の設定

博士課程の大学院生と臨床研修課程の研修生の臨床研修の到達度を下記のように設定する。

1. 博士課程の大学院生

表3-8に記載してある臨床研修の内容を臨床研修責任者の監督なしで行うことができるが、実施結果は臨床研修責任者による確認を必要とする。

2. 臨床研修課程の研修生

各施設で設定している許容される臨床標準に沿って表3-8に記載してある臨床研修の内容を1人で行うことができる。

3. 短期臨床研修教育コースの研修生

各施設で設定している許容される臨床標準に沿って表3-8に記載してある臨床研修の内

容のうち、短期臨床研修教育コースの目的に合致した項目を1人で行うことができる。

2-2 臨床研究等のプロジェクト

望ましいが必須ではない。

3 実施方法

3-2 臨床研修内容の各項目につき適切なローテーションを組む等し、各項目の研修が行える体制がある。1年毎に研修進捗状況を評価するため、口頭・実技・筆記等で試験を行い、終了時に臨床研修の成果の評価を行う。

・ローテーションの一例

- (1) 放射線診断の基礎
- (2) デジタル撮影
- (3) 透視
- (4) マンモグラフィ
- (5) CT 装置
- (6) MRI
- (7) SPECT および PET
- (8) 超音波装置
- (9) 電子画像管理システム/電子スケジュール・レポートシステム
- (10) 臨床に関わる研究プロジェクト、または新しい撮影法の立ち上げプロジェクト

*ただし、それぞれのモダリティにおいて線量計算・線量計測、装置受け入れ試験、コミッショニングを実施すること。

3-2 医学物理士の臨床業務に必要なカンファレンス・講義に参加する。

4. 臨床研修生の教育課程に関する付帯事項

通常の臨床研修に加えて、臨床業務に必要な知識に関する講義を実施することが望ましい。

・臨床講義等の一例

- (1) 放射線診断物理学
- (2) 核医学物理学
- (3) 放射線生物学
- (4) 放射線診断に関する解剖・生理・病理
- (5) 放射線診断に関する月1回程度のセミナー発表

5 臨床施設基準

放射線診断分野の臨床研修を実践するために、臨床施設は以下の臨床施設基準を満たす必要がある。なお、以下のいずれかが不足している場合は、関連・連携施設で適切な臨床研修を実施すること。

- (1) CR(computed radiography)やフラットパネル検出器を含むデジタル撮影(digital radiography;DR)装置を有すること。
- (2) フラットパネル画像システムを含む透視装置を有すること（イメージインテンシファイアによる透視装置も利用できることが望ましい。）。
- (3) フルフィールドデジタルマンモグラフィを有すること（ステレオバイオプシー装置が利用できることが望ましい。）。
- (4) 1台以上のCT(computed tomography)装置を有すること。
- (5) 2種類の異なる磁場強度を有するMRI(magnetic resonance imaging)装置を有すること。
- (6) 2社以上の異なるベンダーの超音波画像装置を有すること。
- (7) 1台以上のSPECT(single photon emission CT)およびPET(positron emission tomography)装置を有すること。
- (8) 画像処理や画像解析が実施できるワークステーションが1台のモダリティに1台以上有すること。
- (9) PACS(picture archiving and communication systems)のような電子画像管理システムを有すること。
- (10) RIS(radiology information systems)のような電子スケジュール・レポートシステムを有すること。

6 臨床研修症例

医学物理教教育コース代表者は、臨床研修生の経験を深めるために、十分な臨床研修症例数と種類を準備しなければならない。前述した各放射線診断に関して臨床研修生が十分な臨床研修を受けられるように、十分な画像診断および画像ガイド下生検の年間患者数が必要である。

7 施設の支援

臨床研修を実施している施設は患者・教育資源に加えて、予算と臨床研修場所に関して施設管理者の立場から支援しなければならない。会議室および視聴覚設備が用意されなければならない。本課程を長期にわたり資金援助することが最も重要である。

8 教育環境

臨床研修は、同一施設の放射線診断専門医臨床研修を運営、または参加している医師との間で、知識や経験について交流・交換できる環境で実施すること。

9 カンファレンス

研修が進んだ臨床研修生は、カンファレンスや教育回診に参加するべきである。カンファレンスの内容や日時、出席した臨床研修生、医学物理士、放射線診断医、他のスタッフについての記録を残す必要がある。部門内のカンファレンスを含む放射線診断学カンファレンス、毎週のチャートレビュー、問題症例カンファレンス、医学物理・線量計測カンファレンスなどが必要である。文献レビューのカンファレンスも含むことが望ましい。

10 図書館

放射線診断物理学と関連する基礎科学等に関する雑誌、参考図書、関係資料が臨床研修生の研究のために、容易にアクセスできるように必要な設備を整備しなければならない。臨床研修生に必要な雑誌、参考図書、関係資料の全リストは、AAPM レポート 249 等に掲載されている。さらに、インターネット上の教育資源にもアクセスできる環境を準備しなければならない。

11 放射線診断学に関わる医学物理士が必ず身につけるべき専門能力

以下に記載された事項は放射線診断学に関わる医学物理士が必ず身につけなければならない事項である。

責任を任される以下の主要分野で専門能力を発揮しなければならない。

- (1) 年間のシステム評価
- (2) X 線撮影装置の性能評価
- (3) 透視撮影装置の性能評価
- (4) マンモグラフィ装置の性能評価
- (5) ステレオ乳房バイオプシーの性能評価
- (6) CT 装置の性能評価
- (7) デジタル検出器の性能評価
- (8) MRI 装置の性能評価
- (9) SPECT 装置の性能評価
- (10) PET 装置の性能評価
- (11) 超音波装置の性能評価
- (12) 画像ガイド下生検装置の性能評価

- (13) 線量計測および計算
- (14) 診断に用いるハードウェアとソフトウェアの受け入れ試験・コミュニケーションを含む QA/QC
- (15) 放射線診断全体の精度に関する不確定性の見積りとリスク管理
- (16) 放射線診断専門医、研修医、医学物理士、医学物理研修生、技師、他のスタッフの研修
- (17) 保健専門家および一般人に対する放射線診断物理と放射線の影響に関する啓蒙活動

放射線診断物理に関する臨床的・基礎的な研究能力および新しい診断法・診断装置に対する対応能力も重要である。

表 3-8 診断分野における臨床研修の内容

項目	例
1. X 線撮影	(a) 受入れ試験
	(b) 品質管理
	(c) X 線の発生から画像形成の理解
	(d) 入射皮膚線量の決定
	(e) 患者臓器の放射線量推定
	(f) 放射線被ばく管理
2. 画像保存および表示	(a) 人間の視覚システムの理解
	(b) 画像化処理における視覚特性の理解
	(c) 表示性能を測定するための統計的手法の理解
	(d) プロセッサとプリンタの受入れ試験および品質管理
	(e) アーチファクトの特定と分離
	(f) ディスプレイのコントラスト伝達関数
	(g) 画像用ワークステーションの表示品質評価
	(h) 視聴環境条件の評価
	(i) センシトメータ(感光計)、デンシトメータ(濃度計)、昼光フィルムローダ、暗室プロセッサの理解
3. 血管撮影および透視撮影	(a) 受入れ試験
	(b) 品質管理
	(c) 入射線量率の決定
	(d) 放射線被ばく管理
	(e) X 線の発生から画像形成の理解
	(f) X 線造影剤の組成および用途の理解
	(g) パラメータ設定による被ばく線量および画質への影響の理解
	(h) 透視撮影における被ばく制御の理解
4. CT	(a) 受入れ試験
	(b) 品質管理
	(c) CT 線量指標の決定
	(d) 放射線被ばく管理
	(e) X 線の発生から画像形成の理解
	(f) CT 値の物理的解釈
	(g) パラメータ設定による被ばく線量および画質への影響の理解
5. US	(a) 受入れ試験
	(b) 品質管理
	(c) 振動の発生から画像形成の理解
	(d) パラメータ設定による画質への影響の理解

項目	例
6. 乳房撮影	(a) 受入れ試験 (b) 品質管理 (c) 平均乳腺線量の決定 (d) 画像評価における観察条件の検討 (e) X 線の発生から画像形成の理解 (f) 露光制御の方法と乳房圧迫の目的の理解 (g) X 線発生装置、画像取得装置、パラメータ設定による被ばく線量および画質への影響の理解
7. MRI	(a) SPECT および PET の受入れ試験 (b) SPECT および PET の品質管理 (c) MRI 装置の安全利用のための要件および手順の理解 (d) MRI 装置の配置の立案 (e) RF の発生から画像形成の理解 (f) k 空間の役割の理解 (g) パラメータ設定による画質への影響の理解
8. 核医学	(a) 受入れ試験 (b) 品質管理 (c) 核医学システム、線量校正器、計数システムの校正 (d) 放射線被ばく管理（内部被ばくを含む。） (e) 放射性医薬品、放射線安全、防護に関する法令および規制 (f) 核医学施設の遮蔽計算 (g) 体内残留放射能量、1 センチメートル線量当量率の計算と退出基準の理解 (h) 放射性同位元素の生成から画像形成の理解
9. 画像情報	(a) DICOM 規格による PACS の統合の理解 (b) 受入れ試験 (c) 品質管理 (d) 線量報告機能の理解 (e) IHE を適用したワークフローの理解 (f) 画像用ワークステーションの表示品質評価 (g) RIS に関する機能の理解 (h) 画像表示機能の提供と理解
10. 医療安全	(a) 放射線管理区域の適切な設備設計および放射線遮蔽を決定 (b) MRI 安全指針および手順の再検討 (c) 超音波に関する生物学的効果の理解 (d) as-low-as-reasonably-achievable (ALARA) 概念の実現

項目	例
	(e) 放射線に関する国内および国際規制および勧告の再検討
	(f) 患者、公衆、放射線業務従事者の抑制すべき線量を理解
	(g) 外部放射線被ばく防護の原則、方法の理解
	(h) 内部被ばくの原因、被ばくから保護する方法の理解
	(i) 線量限度と線量計測システムの理論と使用方法の理解
	(j) 単一および連続エネルギー線源の計数およびエネルギー検出器の理解
	(k) 放射線検出器の設計上の考慮すべき事項の理解
	(l) 検出器による長所と短所の理解

C. 核医学分野

1. 臨床研修期間

臨床研修期間は 2 年以上とする。

博士課程のコース決定にあっては、並行して学位論文研究を行うことを妨げない。また、放射線診断分野と核医学分野の内容に重複があり、臨床研修プログラムを効率良く統合したい場合、放射線診断分野のコース修了後に 1 年間の核医学分野のコースを履修できるカリキュラム構成も可能である。

短期臨床検証教育コースにあっては、研修期間を 1 年以内で 100 時間以上の研修時間を必須とする。

2. 臨床研修内容

2-1 核医学に関連した医学物理に関わる臨床研修

2-1-1 以下の内容の医学物理業務を習得する。

- (1) ガンマカメラおよび SPECT
- (2) PET
- (3) SPECT/CT および PET/CT
- (4) 放射線被ばくと線量の測定と計算
- (5) 核医学線量校正
- (6) 放射性医薬品の製造または標識合成
- (7) 電子画像管理システム/電子スケジュール・レポートシステム

臨床研修の内容の詳細は表 3-9 から表 3-12 を参照すること。

2-1-2 到達度の設定

博士課程の大学院生と臨床研修課程の研修生の臨床研修の到達度を下記のように設定する。

1. 博士課程の大学院生

表 3-9 から表 3-12 に記載してある臨床研修の内容を臨床研修責任者の監督なしで行うことができるが、実施結果は臨床研修責任者による確認を必要とする。

2. 臨床研修課程の研修生

各施設で設定している許容される臨床標準に沿って表 3-9 から表 3-12 に記載してある臨床研修の内容を 1 人で行うことができる。

3. 短期臨床研修教育コースの研修生

各施設で設定している許容される臨床標準に沿って表 3-9 から表 3-12 に記載してある臨床研修の内容のうち、短期臨床研修教育コースの目的に合致した項目を 1 人で行

うことができる。

2-2 臨床研究等のプロジェクト

望ましいが必須ではない。

3 実施方法

3-3 臨床研修内容の各項目につき適切なローテーションを組む等し、各項目の研修が行える体制がある。1年毎に研修進捗状況を評価するため、口頭・実技・筆記等で試験を行い、終了時に臨床研修の成果の評価を行う。

・ローテーションの一例

- (1) 核医学の基礎
- (2) ガンマカメラ
- (3) 単一光子放出コンピュータ断層撮影 (SPECT)
- (4) 陽電子放射断層撮影 (PET)
- (5) SPECT/CT
- (6) PET/CT
- (7) 核医学線量校正
- (8) 放射性医薬品の製造または標識合成
- (9) 臨床に関わる研究プロジェクト、または新しい撮影法の立ち上げプロジェクト

*ただし、それぞれのモダリティにおいて画像解析、線量計算・線量計測、装置受け入れ試験、コミッショニングを実施すること。

3-2 医学物理士の臨床業務に必要なカンファレンス・講義に参加する。

4. 臨床研修生の教育課程に関する付帯事項

通常の臨床研修に加えて、臨床業務に必要な知識に関する講義を実施することが望ましい。

・臨床講義等の一例

- (1) 核医学物理学
- (2) 放射線診断物理学
- (3) 放射線生物学
- (4) 放射線診断に関わる解剖・生理・病理
- (5) 放射線診断に関する月1回程度のセミナー発表

5 臨床施設基準

核医学分野の臨床研修を実践するために、臨床施設は以下の臨床施設基準を満たす必要がある。なお、以下のいずれかが不足している場合は、関連・連携施設で適切な臨床研修を実施すること。

- (1) ガンマカメラを有すること。
- (2) SPECT を有すること。
- (3) SPECT/CT を有すること。
- (4) 陽電子放射断層撮影（PET）を有すること。
- (5) PET/CT を有すること。
- (6) 画像解析用コンピュータを有すること。
- (7) 核医学線量校正装置を有すること。
- (8) 甲状腺プローブとガンマウェルカウンターを有すること。
- (9) 放射性医薬品の製造または標識合成の施設を有すること。

6 臨床研修症例

医学物理教教育コース代表者は、臨床研修生の経験を深めるために、十分な臨床研修症例数と種類を準備しなければならない。前述した核医学に関して臨床研修生が十分な臨床研修を受けられるように、高線量ヨウ素内用療法を含む十分な年間患者数が必要である。

7 施設の支援

臨床研修を実施している施設は患者・教育資源に加えて、予算と臨床研修場所に関して施設管理者の立場から支援しなければならない。会議室および視聴覚設備が用意されなければならない。本課程を長期にわたり資金援助することが最も重要である。

8 教育環境

臨床研修は、同一施設の核医学専門医の臨床研修を運営、または参加している医師との間で、知識や経験について交流・交換できる環境で実施すること。

9 カンファレンス

研修が進んだ臨床研修生は、カンファレンスや教育回診に参加するべきである。カンファレンスの内容や日時、出席した臨床研修生、医学物理士、核医学専門医、他のスタッフについての記録を残す必要がある。部門内のカンファレンスを含む核医学カンファレンス、毎週のチャートレビュー、問題症例カンファレンス、医学物理カンファレンスなどが必要である。文献レビューのカンファレンスも含むことが望ましい。

10 図書館

核医学物理学と関連する基礎科学に関する雑誌、参考図書、関係資料が臨床研修生の研究のために、容易にアクセスできるように必要な設備を整備しなければならない。臨床研修生に必要な雑誌、参考図書、関係資料の全リストは、AAPM レポート 249 等に掲載されている。さらに、インターネット上の教育資源にもアクセスできる環境を準備しなければならない。

11 核医学に関わる医学物理士が必ず身につけるべき専門能力

以下に記載された事項は核医学に関わる医学物理士が必ず身につけなければならない事項である。

責任を任される以下の主要分野で専門能力を発揮しなければならない。

- (1) 年間のシステム評価
- (2) 核医学装置の性能評価
- (3) 核医学装置の品質保証
- (4) 放射線被ばくと線量の測定と計算
- (5) 医用画像品質の改善および維持
- (6) 核医学専門医、研修医、医学物理士、医学物理研修生、技師、他のスタッフの研修

核医学物理に関する臨床的・基礎的な研究能力および新しい診断法・診断装置に対する対応能力も重要である。

表 3-9 ガンマカメラ、SPECT、PET

項目	例
1. 受入れ試験	(a) 装置構成、操作、臨床使用の理解
	(b) 文献的考察 (AAPM、NEMA、IEC など)
	(c) 項目の理解
	(d) 受入れ試験項目に必要な機器の理解
	(e) 受入れ試験項目に必要な機器の物理的検査
	(f) 実施
2. 校正と品質保証	(a) 核医学画像に必要な校正の理解
	(b) 校正と品質管理プログラムの設定と管理
	(c) 校正および所定の品質管理の実施
3. 年次試験	(a) 年 1 回実施される試験の理解
	(b) 受入れ試験と年間試験との関係の理解
	(c) 試験結果の分析とそれらの初期結果との比較

表 3-10 CT スキャナ (SPECT または PET に付属するもの)

1. 受入れ試験	(a) 装置構成、操作、臨床使用の理解
	(b) 受入れ試験項目に必要な機器の理解
	(c) 機器の目視点検の実施 (遮蔽、据付の評価を含む)
	(d) CT スキャナの受入れ試験項目の実施
2. 校正と品質保証	(a) 付属 CT スキャナに必要な校正の理解
	(b) 校正と品質管理プログラムの設定と管理
	(c) 校正および所定の品質管理の実施
3. 年次試験	(a) CT スキャナの年次試験の実施
	(b) 付属 CT スキャナの年次試験の実施

表 3-11 非画像系機器

1. 受入れ試験	(a) 装置構成、操作、臨床使用の理解
	(b) 性能評価に必要な知識の習得
	(c) エネルギー分解能、検出効率、感度などの評価
	(d) 計数可能な最小放射能に関する試験の実施
2. 校正と品質保証	(a) 日常的に必要な品質管理の理解
	(b) 校正と品質管理プログラムの設定と管理
	(c) 校正および所定の品質管理の実施
3. 年次点検	(a) 各種非画像系装置における年次点検の実施

表 3-12 放射線安全

1. 汚染防止	(a) 日常業務に必要な国や地域の法令および規制の一覧作成
	(b) 核医学部門で必要な記録に関する理解
	(c) 汚染防止と核種の受入・放出に関するサーベイの実施
	(d) 区域汚染と核種の受入に関するスミア試験の実施
2. 防護	(a) 遮蔽計算の概念と計算について必要な知識の理解
	(b) 患者、公衆、放射線業務従事者の被ばく線量限度の理解
	(c) SPECT または PET 施設の遮蔽計算の実施
	(d) 放射性医薬品の製造または標識合成区域の線量計測の実施
	(e) 放射線管理区域に必要な標識の理解
	(f) 放射性医薬品を投与された患者の退出に関する規制の理解
	(g) 放射線同位元素/放射性医薬品が流出した後の汚染拡大を防止する行動計画の理解
	(h) 放射線同位元素/放射性医薬品が流出した後の汚染除去手順の理解
	(i) 国が定める医療事故の定義と報告の理解
	(j) 放射性医薬品による患者吸収線量計算の方法の理解
	(k) 報告義務の有無を決定するために必要な計算を実施
	(l) 胎児への被ばくにおける医療事故の定義と報告の理解
	(m) 胎児の被ばく線量計算に関する方法
3. 患者の線量計測	(n) 胎児の被ばく線量計算の実施
	(o) 放射性物質の輸送に関する規制を含む、核医学に関連する国の規制の理解
	(p) 放射性物質の使用許可の理解
	(q) 勧告機関と as-low-as-reasonably-achievable (ALARA) 概念の理解
4. 情報学	(a) 投与量および単位の理解
	(b) 医学的内部線量 medical internal radiation dose (MIRD) 法を用いた内部臓器線量計算の理解
	(c) MIRD 法による線量計算の実施
	(d) 治療のための投与線量決定の理解
	(e) RIS の理解
	(f) モダリティシステムへの接続 (DICOM) を含む PACS の理解

5. 放射性調剤	(a) ジェネレータ溶出手順の理解
	(b) ジェネレータ溶出液の品質管理の理解
	(c) 投与量の計算（アクティビティアッセイ）
	(d) 治療用投与量の準備（ベータエミッターを含む）
6. データ処理	(a) 薬理学的摂取および排泄に関する解剖学および生理学的理解
	(b) 関心領域（ROI）/曲線生成、ヒストグラム解析、心臓解析などのコンピュータ解析および技法の理解
	(c) 動的モデル化の原理の理解
7. 内用療法	(a) 関連する法令および規制の理解
	(b) 患者から放出される放射線量の計算および退出基準の理解
	(c) 内用療法後に書面による患者への指示内容の理解