

陽子線治療センター

Proton Beam Therapy Center



筑波大学では、1983年より陽子線治療の研究を本格的に始め、日本で最も長い歴史を有しています。特に肝臓がんなどの体の深い部分にできるがんに対しては、世界に先駆けて陽子線治療を行い、現在ではこの治療法が世界のスタンダードとして高く評価されています。

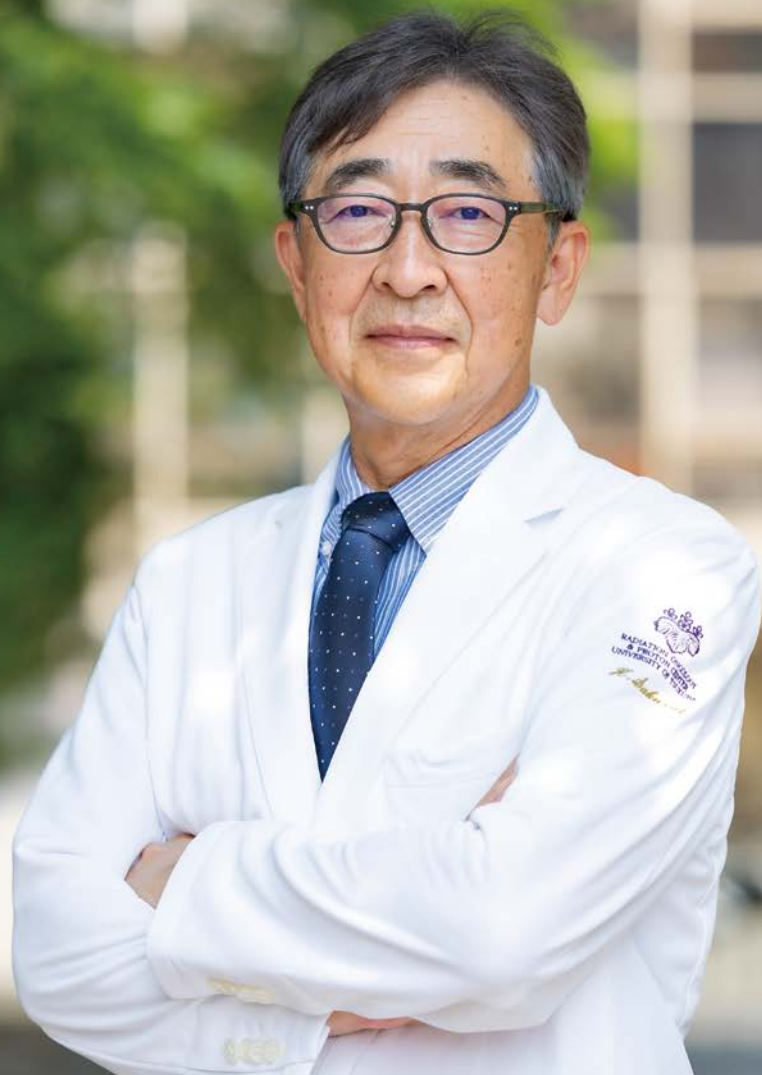
陽子線治療は、がんの病巣にピンポイントで照射できるため、まわりの正常な細胞への影響が少なく、副作用も軽くすむのが特徴です。体への負担が少ないため、高齢の方や体力が低下している方でも治療ができます。また、お子さんや若い方の成長を妨げるリスクが低く、将来の二次がん予防にも有効です。

当センターは筑波大学附属病院に併設され、内科や外科など多くの専門医と密に連携しながら、患者さん一人ひとりに合わせた最適な治療をチームで提供しています。

現在のがん治療は、手術や抗がん剤、放射線などを組み合わせた「集学的治療」が主流で、陽子線治療もその大切な選択肢の一つです。2025年9月からは新たな治療装置を導入し、より高精度な治療が可能になりました。

これからも患者さんの生活の質（QOL）を大切にしながら、より有効な陽子線治療を目指して日々の診療や研究に取り組んでいきます。陽子線治療をお考えの方は、どうぞお気軽にご相談ください。

筑波大学附属病院
陽子線治療センター部長
櫻井 英幸



陽子線治療が進化し さらに高度な治療が可能になりました

沿革

1973年	KEK（現・高エネルギー加速器研究機構）において大型陽子加速器を利用したがんの粒子線治療が提案される	2001年	病院内に新施設が完成。旧センターが廃止され、同名の「陽子線医学利用研究センター」が発足
1975年	KEK、放射線医学研究所、筑波大学が粒子線プロジェクトの推進で合意	2004年	国立大学法人への移行に伴い、附属病院関連センターの位置づけとなる
1976年	筑波大学に「高LET粒子線の医学生物学的利用調査」ワーキンググループが結成され、同年12月に「高LET放射線利用による生物化学研究委員会準備会」に改称、全学的にプロジェクトが推進される	2008年	先進医療として承認される
1977年	大型陽子加速器による共同実験を開始	2014年	診療部門として「陽子線治療センター」が発足
1979年	「粒子線医科学センター」（10年限）に改称	2016年	小児固形がんの陽子線治療が保険適用となる
1982年	施設完成。陽子線による生物実験を開始	2018年	前立腺がん、頭頸部悪性腫瘍（一部）、骨軟部腫瘍の陽子線治療が保険適用となる
1983年	世界初の垂直ビームによる臨床研究を開始	2022年	肝細胞がん、肝内胆管がん、局所進行性膵がん、局所大腸がんの陽子線治療が保険適用となる
1990年	「粒子線医科学センター」が10年年限を迎え、新たに「陽子線医学利用研究センター」が発足	2024年	早期肺がんの陽子線治療が保険適用となる
		2025年	新陽子線治療棟完成、新装置での治療開始

陽子線治療とは

陽子線に期待される高い治療効果

がん治療は、外科療法・放射線療法・薬物療法の三本柱を中心に進歩してきました。この中の放射線療法は、放射線を病変にあて、がん細胞を小さくしたり死滅させたりする治療法です。従来はX線やγ線が用いられてきましたが、近年は陽子線や重粒子線なども使われるようになりました。

なかでも、陽子線治療では、水素の原子核である陽子を加速器で加速させ、ビーム状にして体内に照射します。X線などとは物理的な性質が異なり、体内のがん細胞にエネルギーを集中させることが可能なため、高い治療効果と体への影響の少なさが注目されています。

病巣にピンポイントで照射

現在も放射線治療の主流はX線です。X線は、体の表面近くでもっとも線量が多く、体内へ進むにつれて線量が減少していく特性があり、病巣付近の正常な組織にも影響を与えています。

一方陽子線は、「設定した深さに到達したときに最大の効果を発揮し、停止する」という性質（ブラッグピーク）があります。この特性を活かし、病巣の深さに合わせて集中的に照射し、正常な組織への影響を軽減することが可能です。

スポットスキニング照射で高い精度を実現

陽子線の照射にはいくつかの方式があり、当センターでは「スポットスキニング照射法」を採用しています。これは、細く絞った陽子線を一点ずつ病巣に照射していく方法です。

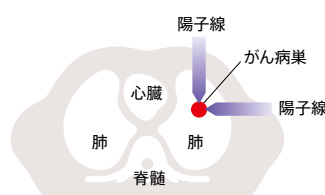
まず、立体的に病巣をとらえたCT画像で、病巣を層状に分割します。このデータをもとに、層ごとに高速でスポット照射を繰り返していきます。複雑な形状の病巣にも高い精度で対応でき、治療の安全性と効果がさらに高まりました。

放射線療法

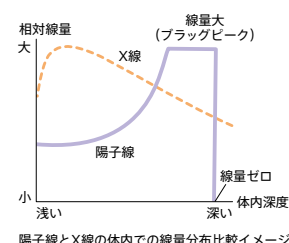
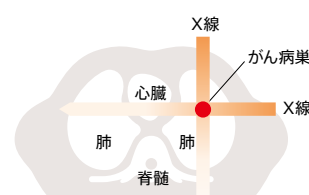
粒子線
陽子線 重粒子線

X線・γ線

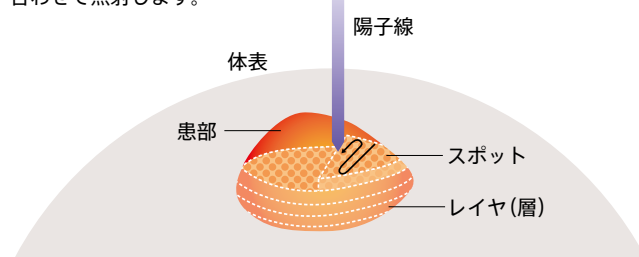
陽子線治療



X線治療



患部を数千の微小領域(スポット)に分けて、また病巣のレイヤ深度に合わせて照射します。



陽子線治療のメリット

・優れた治療効果

がん病巣のみに、ピンポイントで高いエネルギーで照射できるため、優れた治療効果が期待できます。

・入院の必要がありません

多くの方が毎日の通院で治療を受けられます。1回の治療時間は15～30分程度ですので、治療後もそのまま帰宅できます。

・生活の質（QOL）の向上に貢献

治療前とほとんど変わらない日常生活を続けられることが多く、高いQOLが維持できます。

・手術が難しい人にも対応

体への負担が少ないため、高齢者や体力のない方、合併症がある方でも治療が可能です。

・二次がん発生リスクの抑制

正常組織への照射を最小限に抑えられるため、将来のがん発生リスクが低減できます。小児や若年者にも有効な治療法です。

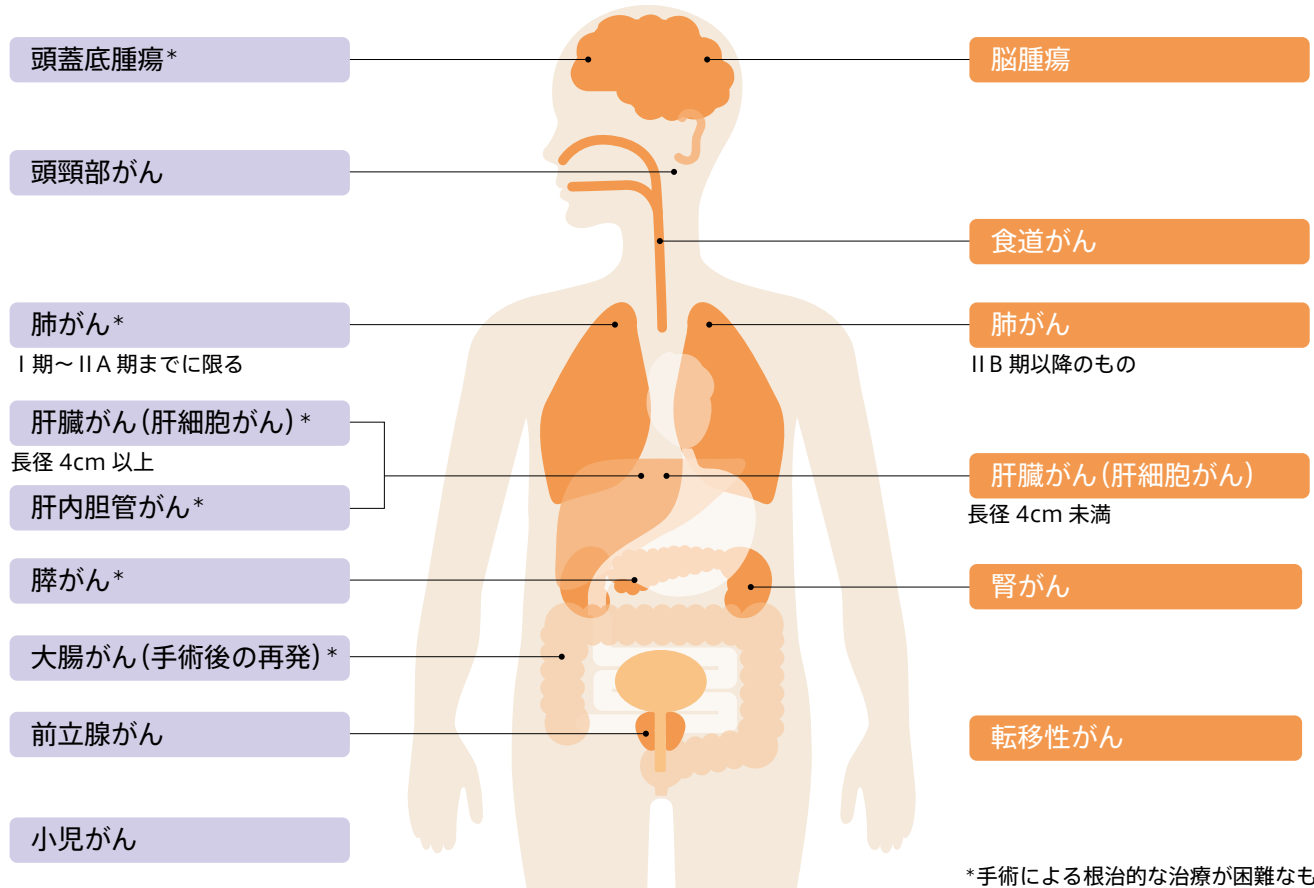
陽子線の副作用

陽子線治療は、従来の放射線治療に比べて体への負担の少ない治療法ですが、副作用がまったくないわけではありません。照射部位や線量、患者さんの体質によって異なりますが、照射部位の日焼けのような炎症や倦怠感などがみられることがあります。治療の前には必ず専門医から説明がありますので、よく理解して治療を検討してください。

治療の対象となる主な病気と治療実績

陽子線治療はがん治療の有効な選択肢の一つですが、すべての病気に適応する治療法ではありません。
陽子線治療が最適かどうか、当センターの専門医が総合的に診断します。

■ 公的医療保険適用 ■ 先進医療



治療を受けるための基本的な条件

- 他の臓器への転移がなく、病巣が狭い範囲に限られている
- 陽子線治療を希望する部位に、過去の放射線治療歴がない
- 約30分間、動かずに横になることができる
- 病気についての告知を受けている
- 患者さん本人が陽子線治療を希望している

肝臓がん

治療期間: 2~7週間



肝臓自体ががんを再発しやすい状態であることが多いため、専門医による治療後の経過観察が重要です。より精密な照射のため、金属マーカーを挿入することがあります。

治療の条件

- 病巣が3つ以下
- 肝機能がある程度保たれている

前立腺がん

治療期間: 3~5週間



血液、画像、病理検査を行い、治療方針を決定します。できれば受診の際に、検査所見（特に生検組織標本）をお持ちください。より精密な照射のため、金属マーカーを挿入することがあります。

治療の条件

- 臓器、リンパ節への転移がない
- 病巣のリスク状態によってホルモン治療を併用

肺がん

治療期間: 2~7週間



肺がんは、がん細胞の形態によって、いくつかの種類があります。肺に病変が限局した肺がんの場合は、病変の部位と場所にもよりますが最短で約2週間の通院治療が可能です。

治療の条件

- リンパ節転移があるが、肺以外には転移がない
- 病変は肺のみで、外科治療を希望しない、または行えない

頭頸部がん

治療期間：4～7週間



頭頸部がんにはさまざまな種類があります。多くの場合、手術や化学療法も組み合わせて治療を行います。腺様嚢胞がんは、無症状肺転移があっても適応になる可能性があります。

治療の条件

- 口腔咽喉頭の扁平上皮がん以外の頭頸部がんである
- リンパ節への転移がなく、病巣が1つの照射範囲に収まる大きさ

脳腫瘍

治療期間：5～6週間



脳腫瘍は頭蓋内で発生する原発性脳腫瘍と、転移性腫瘍とに分けられます。原発性脳腫瘍の場合は、可能な限り手術で腫瘍を摘出した後に治療方針を決定します。

治療の条件

- 悪性神経膠腫、手術による摘出が困難な髄膜腫や神経鞘腫など
- 転移性腫瘍ではない

食道がん

治療期間：6～7週間



食道がんは、内視鏡的切除や手術などの外科的治療が主な治療法です。手術が難しい場合に、化学療法を併用した放射線治療を行います。治療中と治療後は禁酒が必要です。

治療の条件

- 他の臓器、骨などへの転移がない

頭蓋底腫瘍

治療期間：5～6週間



頭蓋骨の底、脳を支える部分にできる腫瘍です。できる限り視神経や脳幹などを避けて照射します。重要な神経や機能が密集する部位なので診察時に詳しい説明をします。

治療の条件

- 手術が不可能
- 手術で完全に摘出できない

膵がん

治療期間：5週間



早期発見が困難で、完治が難しいがんです。手術が困難な場合には化学療法を併用した放射線治療を行います。当センターでは、温熱療法（ハイパーサーミア）も併用しています。

治療の条件

- 他の臓器への転移や播種がない
- 糖尿病の場合は血糖値のコントロールが必要なケースあり

小児がん

治療期間：2～6週間



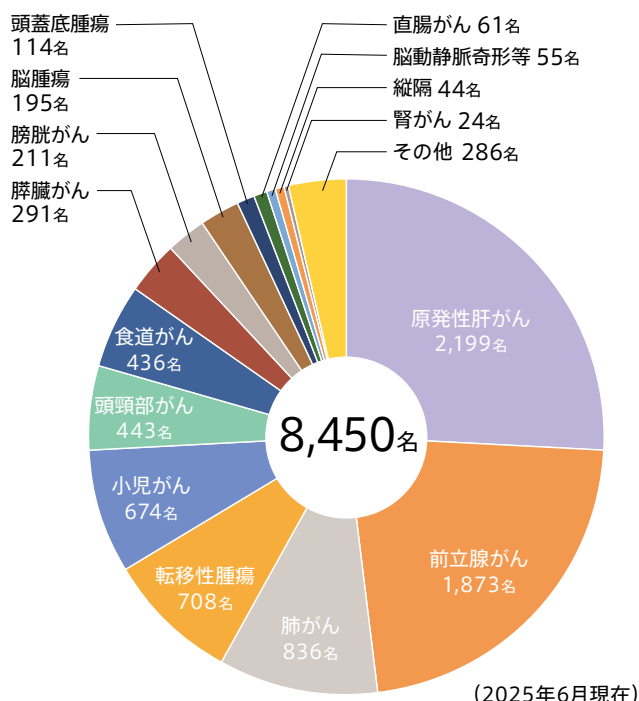
化学療法や手術と組み合わせて治療する必要がありますので、まず主治医と相談してください。また、治療のタイミングが大切なので、早めにご相談ください。

治療の条件

- 放射線治療が必要な小児固形がん

※ここに記載のない疾患についてはお問い合わせください。

治療実績



1983年から2000年までの間にKEK（現・高エネルギー加速器研究機構）で治療した実績を含む

当センターの治療の特徴

肝臓や肺は呼吸によって動くため、陽子線を照射するのが難しい臓器です。当センターでは呼吸の動きをセンサーで感知して照射を行う「呼吸同期照射法」を世界に先駆けて開発。動く臓器のがんにも高精度な治療を可能にし、数多くの実績を重ねてきました。

また、成長や副作用への配慮が必要な小児がんなどにも積極的に対応。大学病院の各診療科と連携をとってきめ細やかな治療を提供し、国内でも有数の治療実績を築いています。こうした先進的な技術と実績により当センターの陽子線治療は国内外から高く評価され、幅広い種類の腫瘍に対応できることが大きな特徴です。患者さん一人ひとりに最適な治療を提案し、安心して治療に臨んでいただけるよう努めています。

陽子線治療の流れ

病巣に正確に陽子線を照射するためには、治療計画を立て、体を固定する器具を作成するなど、患者さん一人ひとりに合わせた準備が欠かせません。治療を開始するまでの流れをご説明します。

受診方法

初診予約

まずは初診予約をお願いいたします。初診予約は、かかりつけの主治医の先生とよく相談されてからお取りください。初診日までに、検査結果やCTなどの画像、診療情報提供書（紹介状）をご用意ください。

予約先

筑波大学附属病院 予約センター

TEL: 029-853-3570（平日8:30～17:00）

初診時に必要なもの

- 紹介状（主治医からの診療情報提供書）
- 検査結果、資料、CTやMRIの画像データ（CD）など
- 保険証（マイナ保険証、資格確認書）
- 診察券（当院を受診されたことがある方）

治療の流れ

1

初診診察

紹介状やこれまでの検査結果などをふまえ、専門医が診察を行います。病巣や体の状態を把握し、陽子線治療の適応を判断。必要に応じて検査を行い、現在の症状や治療法をわかりやすく説明します。



2

治療の準備 7～10日間

陽子線治療には、患者さんごとに作成する「固定具」がとても重要です。固定具を装着してCT撮影を行い、このデータをもとに治療計画を立てます。

固定具の作成

陽子線照射中に照射位置がずれないようにするため、体型に合わせて専用の固定具を作ります。頭、体、骨盤など部位に応じて固定の仕方が異なります。

1回あたりの治療時間は15～30分。この間、体を動かさずに静止できるように固定具を調整します。安心して治療を受けていただくため、患者さんの意見を伺いながら作成します。



陽子線治療計画用CTの撮影

固定具を装着した状態で、専用のCTによる撮影を行います。治療方針を検討するため、さまざまな撮影を行うことがあります。

治療計画作成

病状に合わせて陽子線を照射する角度、深さ、量、回数などを計算し、具体的かつ綿密な照射計画を立てます。その後、担当医をはじめ、他の医師、医学物理士、診療放射線技師、看護師など、治療に関わるスタッフ全員で計画内容を確認・共有。チーム全体で話し合い、最適な治療が提供できるよう準備を進めます。



陽子線の確認作業

使用予定の照射装置で陽子線を実際に照射・測定し、計算結果との一致を確認します。治療計画との相違がないかを、医師と医学物理士がしっかりとチェックします。

3

陽子線治療 2～7週間

いよいよ陽子線治療開始です。照射回数は、病気の種類や治療部位で異なり、10～56回までさまざまです。照射は“毎日”行う必要があるため、平日は連日の通院が必要です。なお、1回あたりの治療時間は15～30分です（メンテナンス日や祝日を除く）。

治療開始日のオリエンテーション

治療日程を説明し、外来通院の予約日時を決定します。このほか、治療についての条件や注意事項なども丁寧にお伝えします。

照射位置の照合

陽子線を正確に照射するため、X線画像とロボットカウチ（6方向に動く高精度の診療台）を使い、体の位置を細かく調整。治療計画に基づいて、2方向からのX線撮影や、カウチ上での簡易CT（CBCT）撮影を行い、取得した画像から位置を照合します。

高精度なスポットスキニング照射

位置合わせ後に実際の照射に移ります。照射中は治療部位を動かさないようご協力をお願いします。

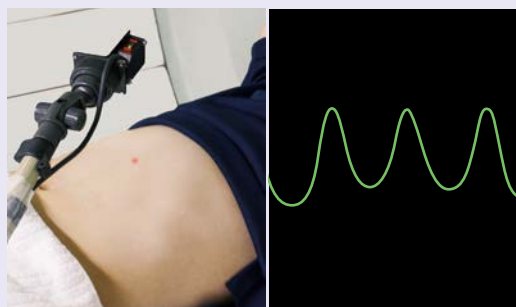
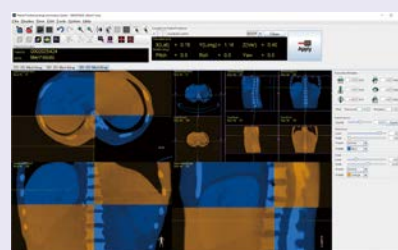
1回の照射時間は、腫瘍の大きさによって異なります。これは、当院で採用しているスポットスキニング照射法が、腫瘍の形に合わせて正確に照射を行うためであり、必要な時間がそれぞれ異なるからです。

正確・安全性を高める呼吸同期システム

呼吸で動く臓器（肺・肝臓・脾臓など）への照射は、呼吸を計測する非接触のレーザーセンサーを装着して行います。この同期システムで呼吸の動きによるズレの影響を最小限に抑えることができるようになり、現在は筑波大学から全国に広まっています。

治療中も安心の診察体制

治療期間は週1回以上の診察を行い、治療経過の説明や質問への対応を行っています。不安な点があれば遠慮なくご相談ください。必要に応じて、採血、レントゲン、CT撮影などの検査を行うことがあります。



4

治療後のフォローアップ 治療後～5年間

陽子線治療を終えた後も、当センターでは紹介元の主治医と連携しながら、継続的なフォローアップを行います。外来への通院は3カ月に1度で、主治医のもとでの治療経過や検査結果について診察します。5年間は当センターの専門医も経過観察を行い、必要なアドバイスをします。不安な点や質問があれば、いつでもご相談ください。



治療施設および設備

当センターは、子どもから高齢の方まで幅広い年齢の患者さんを迎え入れる施設として、安心して治療を受けられるような環境づくりを行うとともに、高精度な照射を可能とする陽子線治療装置を導入し、安全かつ効果的な治療の提供を行います。



1階受付

陽子線治療センターに入ると、受付と待合スペース、診察室があります。

治療室へは1階渡り廊下から治療棟に進み、エレベータで3階まで上がります。



3階待合スペースと治療受付

3階の待合スペースは、治療前にリラックスしてお過ごしいただく場所です。

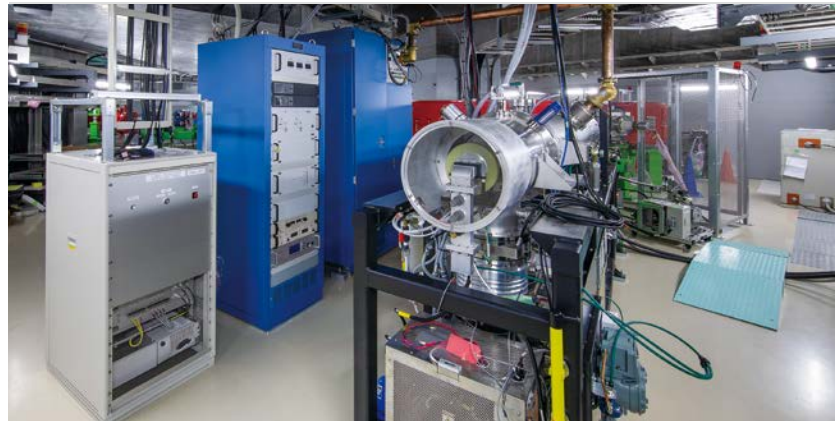
着替えは、ディズニーキャラクターが描かれた更衣室をご利用いただきます。どのキャラクターの部屋か、ワクワクしながら準備できるよう工夫しています。治療の準備が整いましたら、診療放射線技師が治療室までご案内します。



治療室

3階治療エリアには、スポットスキニング照射法装置のある治療室が2室あります。一方の治療室では、ディズニーキャラクターや物語の世界が治療の不安を和らげます。もう一方はシックで洗練された雰囲気。緊張感をやわらげ、落ち着いて治療を受けられるようにしています。





©HANA FACTORY



©HANA FACTORY



©HANA FACTORY



ライナック

陽子線治療のスタート地点にあたる装置です。水素から取り出した陽子をまずこの装置で加速します。加速された陽子は、次の「シンクロトロン」へと送られます。

シンクロトロン

送られてきた陽子をこのリング状の装置でさらに加速します。光速の約60%の速さに到達するとがんの深い場所まで届く力を持つため、体格に関わらず体内の病巣を治療できます。

ガントリー

治療室内で陽子線をがんに向けて照射する装置です。ガントリーは360度回転でき、あらゆる角度から精密な照射が可能です。

また加速器制御室では、陽子線が安定した状態で患者さんに届くように、常に専門スタッフが管理しています。どんなときもすぐに対応できるので、安心して治療に臨めます。



治療室1



治療室2

陽子線治療の費用

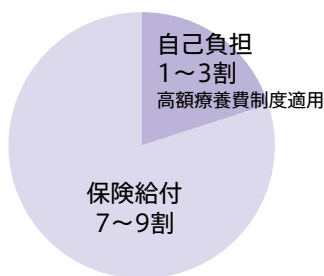
陽子線の治療費は、がんの種類や保険のご加入状況によって異なります。
ご自身の具体的な治療費等は窓口にてご相談ください。

※2024年6月現在、保険診療、先進医療として認定されている疾患を記載しております。

	公的医療保険で治療できる病気	公的医療保険で治療できない病気
病気の種類 *手術による根治的な治療が困難なもの	小児腫瘍 頭頸部悪性腫瘍（口腔・咽喉頭の扁平上皮がんを除く） 骨軟部腫瘍* 前立腺がん（転移のないもの） 肝細胞がん（長径4cm以上）* 肝内胆管がん* 局所進行性膵がん* 局所大腸がん（手術後の再発）* 早期肺がん（Ⅰ期からⅡA期までのものに限る）*	肺がん（ⅡB期以降のもの）、食道がん、脳腫瘍、腎がん、膀胱がん、転移性がん など ※詳しくはお問合せください 筑波大学附属病院 陽子線治療センター TEL: 029-853-7100 MAIL: proton_therapy@pmrc.tsukuba.ac.jp https://www.pmrc.tsukuba.ac.jp/
区分	保険診療	先進医療
費用	一部負担（1～3割） 公的保険の自己負担割合に応じて、 <u>1～3割の自己負担</u> で治療が可能です。ただし、病気や治療、検査内容によって総費用は異なります。	陽子線治療技術料：全額自己負担 初回 297万4千円 陽子線治療の技術料は照射（治療）回数にかかわらず一律です。民間医療保険の先進医療特約の対象となります。
高額療養費制度	適用になります 詳しくは各市町村の健康保険担当窓口やご加入の健康保険組合にご相談ください。	適用になりません

保険診療

陽子線治療技術料・診察・検査・投薬・入院など



保険診療による陽子線治療の場合は、通常の医療費と同様に自己負担割合に応じた額（1～3割）で治療が可能です。
（ただし、治療や検査内容等によって総費用は異なります）
なお、保険診療においては、高額療養費制度が適用になります。

70歳未満		70歳以上	
標準所得	10～27万円	現役所得	10～27万円
		一般所得	2万円
低所得	4～6万円	低所得	1～2万円

*上記治療費はあくまでも目安となります。

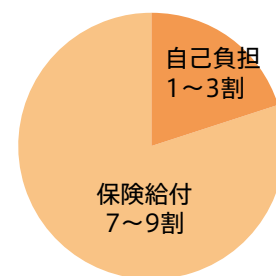
詳しくは、厚生労働省のWebページをご覧ください。各市区町村の健康保険担当窓口やご加入の健康保険組合にご相談ください。

先進医療

陽子線治療技術料



診察・検査・投薬・入院など



陽子線治療の技術料は297万4千円で、全額自己負担となります。ほかに診察・検査・投薬・入院費などが必要になりますが、この費用は健康保険など公的医療保険の対象です。

※陽子線治療の技術料（297万4千円）は、民間医療保険の先進医療特約の対象となります。詳細は、ご加入の生命保険会社へお問い合わせください。

お問い合わせ

陽子線治療に関するお問い合わせを随時受け付けております。どうぞお気軽にお問い合わせください。

以下の質問項目の回答をFAX、郵便、Eメールにて下記までお送りください。
または、ホームページからもお問合せを受け付けております。医師が拝見し、
文書にてご返信いたします。

- ・返信は約1週間を目安にお待ちください。
- ・問い合わせは、患者さん本人、患者さんより了解を得たご家族の方からに限らせていただいております
(電話では応じていません)。

筑波大学附属病院 陽子線治療センター

〒305-8576 茨城県つくば市天久保2-1-1
TEL: 029-853-7100
MAIL: proton_therapy@pmrc.tsukuba.ac.jp
<https://www.pmrc.tsukuba.ac.jp/>

- 診断されている病名
- 転移はありますか（どこの臓器ですか）。
- 過去に放射線治療をうけたことはありますか（どこの部位ですか）。
- 治療中の病気はありますか（診断名はなんですか）。
- 患者さんの性別と年齢
- その他の質問事項

詳しくはこちら



下記も必ずご記入ください

- 問い合わせされた方のお名前
- 患者さんとの続柄
- 連絡先（住所）、電話番号、FAX、Eメールアドレス



よくある質問

Q 以前、放射線治療を受けたことがあります。陽子線治療は受けられますか？

A 基本的には受けることができません。陽子線も放射線の一種なので、多くの放射線を照射すると、重大な副作用のリスクがあるからです。ただし、治療を希望する部位が以前と違う場合は、陽子線治療が可能なこともあります。詳しくはお問い合わせください。

Q 転移があると治療できませんか？

A 広範囲に転移が見られる場合には、一般的には陽子線治療はできません。転移の場所や数、体の状態によって可能な場合もあるので、お問い合わせください。

Q 治療中は入院が必要ですか？

A 基本的には入院の必要はありません。多くの方が、仕事や普段と同じような生活の続けながら治療を受けています。医師が入院の必要性を認めた場合にのみ、入院での治療を行います。

Q 近くに宿泊施設はありますか？

A 当センターの近くには、ホテルやウィークリーマンションなどさまざまな宿泊施設があります。ご紹介などは行っておりませんので、宿泊先の手配はご自身でお願いします。

Q 紹介状は必要ですか？

A 正しい診断をするために必要です。
主治医の先生にご準備いただき、受診の際は必ずご持参ください。

交通アクセス



車でお越しの方

※カーナビゲーションにて電話番号を入力する場合には、
代表電話番号 029-853-3900 を入力してください。

常磐自動車道「桜・土浦IC」から当院へ（約20分）

1. つくば方面出口
2. 東大通りの妻木（さいぎ）交差点を左折
3. 2つ目の信号を右折
4. 次の信号を左折

首都圏中央連絡自動車道（圏央道）「つくば牛久IC」から当院へ（約25分）

1. つくば方面出口から稲岡交差点を左折
2. 西大通りを直進し、春日3丁目交差点を右折

国道6号線から当院へ

1. ひたち野うしく駅近く、西大通り入口から西大通りを直進
2. 春日3丁目交差点を右折

※病院内の駐車場は混雑が予想されますので時間の余裕をもってご来院ください。



公共交通機関でお越しの方

つくばエクスプレス（TX）ご利用の方

1. つくば駅A3出口から地上、つくばセンターへ。
2. つくばセンターバスターミナルから以下の行き先へ。
行き先：「石下駅」「下妻駅」「筑波大学病院」
降車バス停：「筑波大学病院」

JR常磐線ご利用の方

土浦駅西口3番のりばから「筑波大学病院」行き
荒川沖駅西口4番のりばから「筑波大学病院」行き
ひたち野うしく駅東口1番のりばから「筑波大学病院」行き

筑波大学附属病院 陽子線治療センター

〒305-8576 茨城県つくば市天久保2-1-1

TEL: 029-853-7100 FAX: 029-853-7102

MAIL: proton_therapy@pmrc.tsukuba.ac.jp

<https://www.pmrc.tsukuba.ac.jp/>