

シンポジウム 6 : 転移性前立腺癌の新しい薬物療法・放射線療法

密封小線源療法を用いた革新的放射線治療 :
転移性前立腺癌時代の局所治療戦略久留米大学医学部泌尿器科学講座¹⁾ 久留米大学医学部放射線医学講座²⁾名 切 信^{* 1)}・末 金 宏 基¹⁾・上村慶一郎¹⁾・小 宮 景 介¹⁾・黒 瀬 浩 文¹⁾
平 野 泰 嗣¹⁾・松 永 祥 弘¹⁾・植 田 浩 介¹⁾・西 原 聖 顕¹⁾・塩 山 岳²⁾
村木宏一郎²⁾・服 部 睦 行²⁾・淡河恵津世²⁾・井 川 掌¹⁾

抄録 :

近年、低腫瘍量転移性前立腺癌 (mPCa) において原発巣照射の有効性が示され、局所治療の役割が再評価されている。当院では密封小線源療法 (LDR-Brachytherapy : LDR-BT) に独自の超辺縁配置法 (Super Peripheral Loading : SPL) を導入し、被膜外浸潤を含む高精度線量投与を実現してきた。本稿では、SPL を基盤とした LDR-BT 併用療法の治療成績と、生物学的効果線量の観点からみた mPCa における新たな局所治療戦略について概説し、今後の治療展望を考察する。

(西日泌尿. 88 : 298-299, 2026)

キーワード : 転移性前立腺癌, 密封小線源療法, 局所療法, 生物学的効果線量, 超辺縁配置法

緒 言

近年、mPCa の治療体系は大きく変化している。STAMPEDE 試験や HORRAD 試験をはじめとする臨床試験の蓄積により、限局～低腫瘍量の転移例において原発巣照射が生存延長に寄与することが示され、全身療法が進歩した現代においても局所治療の重要性が再び注目されるようになった^{1,2)}。しかし、腫瘍量、全身療法との併用、照射強度と範囲など最適な局所治療戦略については依然として標準化が進んでおらず、mPCa における局所治療の位置づけは今なお進化の途上にある。

LDR-BT は、腫瘍へ持続的に高線量を集中投与できる治療である。当院では、被膜外浸潤領域まで線量を確保するために「SPL」を独自に確立し、局所進行癌や転移性症例においても適応可能な高精度放射線治療として発展させてきた。本稿では、当院の SPL を基盤とした治療戦略と、転移性前立腺癌における LDR-BT の新たな可能性について概説する。

<転移性前立腺癌に対する局所治療の治療成績>

mPCa における局所治療の意義は、これまで十分に検証されてこなかったが、STAMPEDE 試験や HORRAD 試験では低腫瘍量 mPCa において原発巣照射が全生存期間を有意に改善することが示され、原発巣制御が全身療法の効果を高めうることを示唆されている。

局所治療としては EBRT 単独, HDR boost, LDR-

BT 併用など複数の選択肢が存在するが、LDR-BT は極めて高い線量集中性と腫瘍選択性を有している点で理論的優位性をもつ³⁾。当院の LDR-BT 900 例以上の解析では、Low/Intermediate リスクで5年生化学的無再発生存率 (BRFS) はそれぞれ 98.3%, 95.8%, High・Very High リスク群では 100% と極めて良好であり、局所進行癌に対する三者併用療法 (LDR-BT + EBRT + ADT) においても良好な局所制御が得られている⁴⁾。これらの成績は LDR-BT が高い局所制御能力を有し、mPCa における治療戦略にも応用可能であることを示している。

<当院の治療戦略 : SPL を基軸とした精緻な治療設計>

前立腺癌の被膜外浸潤の多くは被膜から 1~2 mm 以内に存在する。この領域に確実に線量を届けることが局所進行癌制御の鍵である。当院が独自に確立した SPL は、線源を被膜直下あるいは意図的に被膜直上へ配置することで、従来の辺縁配置では不十分となりがちな被膜外領域まで線量を確保することを可能にした。線源は前立腺の輪郭に沿って丸みを帯びた配列となり、線源から数 mm で減衰する放射線の特性を最大限に活かした三次元的線量分布を形成する。

cT3 症例では精嚢基部や被膜外浸潤部の線源固定が不安定となるため、当院では LDR-BT 後に IMRT での boost 照射を行い、D90 が 110Gy 未満の領域では生物学的効果線量 (BED) >200Gy となるよう線量補正を行う。このような治療設計の精緻化により、局所進行癌から転移性前立腺癌まで安定した線量分布と高い局所制御を実現している。

* 〒 830-0011 福岡県久留米市旭町 67 番地
TEL 0942-31-7572, FAX 0942-34-2605
E-mail mnakiri@med.krume-u.ac.jp

＜当院で進める前向き研究：LDR-BT 併用療法と UHRT の可能性＞

現在当院では、この知見を転移性前立腺癌に応用する前向き研究を進めている。対象は低腫瘍量 mPCa であり、「ADT + 前立腺局所 LDR-BT + EBRT」という三者併用療法が生存アウトカムおよび局所制御に与える影響を検証している。LDR-BT は EBRT より線量集中性に優れ、併用により生物学的効果線量 (BED) は 200 ～ 220Gy に到達し、他の放射線治療では得られない高い腫瘍制御力を示す。高 BED でありながら正常組織の耐容線量を越えずに治療効果を最大化できる点は大きな利点であり、併用療法は生物学的合理性に富む治療戦略である。すなわち、LDR-BT は EBRT との併用によって局所制御力・線量強度・安全性を同時に高める“生物学的メリットに富む局所治療”へと進化している。全身療法が高度化した現代において、原発巣制御は生存アウトカムを規定する重要な要素であり、高 BED 治療は mPCa における新たな治療基盤となる可能性を有する。

さらに原発巣照射の新たな選択肢として、LDR-BT 後に施行する超寡分割照射 (UHRT: Ultra Hypofractionated Radiation Therapy 25Gy / 5 回) の安全性・有効性についても検討を行っている。UHRT は短期間で治療を完結できる利点に加え、治療期間の短縮、医療費の抑制も期待される。SPL によって辺縁に配置された線源をマーカーとして用いることで高い精度の画像照合が可能となる。これにより、前立腺癌の低 α/β 比に基づく生物学的合理性を活かしつつ、LDR-BT と組み合わせることで治療強度のさらなる最適化が期待される。

結 語

本稿では、当院における LDR-BT の技術的進化と SPL を基盤とした治療戦略、さらに mPCa における局

所治療の新たな位置づけについて概説した。局所治療強度や適応に関する議論は今後も継続されるが、高い線量集中性と生物学的優位性を併せ持つ LDR-BT は mPCa 治療の中核に位置づく可能性が高い。

本稿を締めくくるにあたり、維新企画である本セッションにならない、私たちも前立腺癌治療に“確かな維新”を起こすべく、科学的根拠に基づいた安全で効果的な治療の実践を続けていきたい。前立腺癌診療の新たなパラダイム構築に向け、志を新たに歩みを進める所存である。

文 献

- 1) Parker CC, James ND, Brawley CD, et al.: Radiotherapy to the primary tumour for newly diagnosed, metastatic prostate cancer (STAMPEDE): a randomised controlled phase 3 trial. *Lancet*. 2018; **392** (10162): 2353-2366.
- 2) Boevé LMS, Hulshof MCCM, Vis AN, et al.: Effect on survival of androgen deprivation therapy alone compared with androgen deprivation therapy plus primary tumour radiotherapy for metastatic prostate cancer in the HORRAD trial. *Eur Urol*. 2019; **75** (3): 410-418.
- 3) Zaorsky NG, Palmer JD, Hurwitz MD, et al.: What is the ideal radiotherapy dose to the prostate in metastatic prostate cancer? A systematic review of the literature. *Prostate Cancer Prostatic Dis*. 2017; **20** (3): 245-254.
- 4) Nakiri M, Ogasawara N, et al.: Clinical outcomes of iodine-125 low-dose-rate brachytherapy for localized prostate cancer: A single-institution review in Japan. *J Contemp Brachytherapy*. 2022; **14** (2): 157-168.

INNOVATIVE RADIOTHERAPY WITH LOW-DOSE-RATE BRACHYTHERAPY: LOCAL TREATMENT STRATEGIES FOR METASTATIC PROSTATE CANCER

MAKOTO NAKIRI, HIROKI SUEKANE, KEI-ICHIRO UEMURA, KEISUKE KOMIYA, HIROFUMI KUROSE, TAISHI HIRANO, YOSHIHIRO MATSUNAGA, KOUSUKE UEDA, KIYOAKI NISHIHARA, AND TSUKASA IGAWA

Department of Urology, Kurume University School of Medicine, Fukuoka, Japan

GAKU SHIOYAMA, KOUICHIRO MURAKI, CHIKAYUKI HATTORI AND ETSUYO OGO

Department of Radiology, Kurume University School of Medicine, Fukuoka, Japan

Abstract

Recent evidence has shown a survival benefit of primary tumor irradiation in patients with low-volume metastatic prostate cancer, renewing interest in local treatment. At our institution, low-dose-rate brachytherapy (LDR-BT) with a unique Super Peripheral Loading technique enables precise dose delivery, including extracapsular extension. We review its clinical outcomes and future perspectives.

(Nishinohon J. Urol. **88**: 298-299, 2026)

key words: Metastatic prostate cancer, Low-dose-rate brachytherapy, Local therapy, Biologically effective dose, Super Peripheral Loading