

**Krótkie doniesienie • Short communication****Narażenie na promieniowanie w brachyterapii prostaty implantami stałymi bez fluoroskopii**Jesse N Aronowitz<sup>1</sup>, Gerald Connock<sup>2</sup>, Rashid Haq<sup>2</sup>, Mary Jane Morin<sup>2</sup>

*Celem badania było określenie, w sposób ilościowy, narażenia na promieniowanie operatora przeprowadzającego zabieg brachyterapii prostaty przy użyciu implantów stałych bez kontroli fluoroskopowej. Zmierzono dawkę na ręce i całe ciało lekarza przeprowadzającego, bez fartucha ochronnego, kolejno 46 implantacji brachyterapeutycznych przy użyciu aplikatora firmy Mick. Uzyskane wyniki wskazują, że średnia dawka z implantu na lewą rękę wynosiła <30 μSv, natomiast dawka na rękę prawą mieściła się poniżej wartości mierzalnych. Średnia dawka na powierzchnię ciała oraz na całe ciało w przeliczeniu na implant wynosiła <0,5 μSv. Zmierzone dawki stanowią <10% wartości publikowanych dawek, związanych ze wspomaganą fluoroskopią brachyterapią prostaty. Przeprowadzone badanie pozwala wnioskować, że narażenie na promieniowanie radioterapeuty wykonującego zabiegi brachyterapii prostaty można ograniczyć do niezwykle niskiego poziomu poprzez wyeliminowanie kontroli fluoroskopowej.*

**Radiation exposure from permanent prostate brachytherapy without fluoroscopy**

The objective of our study was to quantify the operator's radiation exposure resulting from performing permanent prostate brachytherapy without fluoroscopic guidance. We measured the dose to the hands and body of an unshielded brachytherapist performing 46 consecutive implants, using a Mick applicator. Our results showed that the mean dose per implant to the left hand was <30 μSv whereas the dose to the right hand was below detectable limits. The dose to the body surface and deep body per implant averaged <0.5 μSv. These measurements represent <10% of the published doses associated with fluoroscopy-assisted prostate brachytherapy. From the study we conclude that radiation exposure to the prostate brachytherapist can be reduced to extremely low levels by eliminating fluoroscopic guidance.

**Słowa kluczowe:** brachyterapia, jod<sup>125</sup>, pallad<sup>103</sup>, bezpieczeństwo radiologiczne, rak prostaty

**Key words:** brachytherapy, <sup>125</sup>Iodine, <sup>103</sup>Palladium, radiation safety, prostate cancer

**Wprowadzenie**

Coraz więcej mężczyzn chorych na raka prostaty podejmuje decyzję o poddaniu się brachyterapii, dlatego też coraz bardziej konieczne jest ilościowe określenie oraz zminimalizowanie narażenia personelu na promieniowanie. Istnieją doniesienia o narażeniu na promieniowanie z brachyterapii prostaty pod kontrolą fluoroskopii [1], lecz bez przypadków, gdy zabieg jest wykonywany bez fluoroskopii [2]. Celem niniejszego badania jest określenie

dawki narażenia związanej bezpośrednio ze źródłami promieniotwórczymi, gdy nie jest stosowana fluoroskopia.

**Materiały i metody**

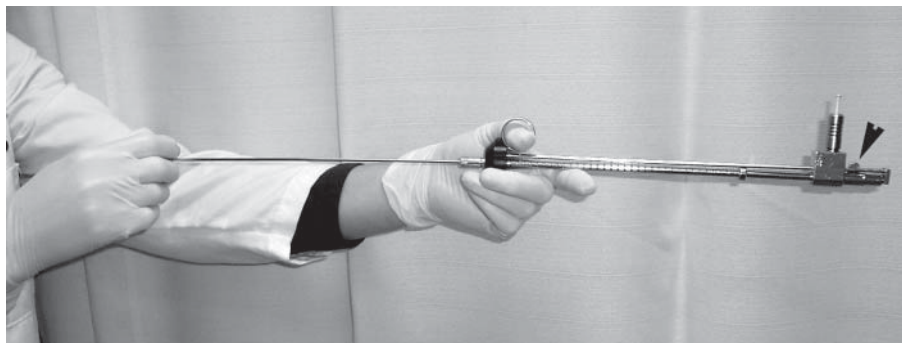
Do pomiaru mocy dawki w powietrzu stosowano dawkomierz Victoreen Ion Chamber Survey Meter model 450 (Fluke Corp., Everett, WA, USA), wycechowany w National Institute of Standards and Technology (Narodowy Instytut Standaryzacji i Technologii). Zmierzono moc dawki wokół pełnych, załadowanych po 15 ziaren Pd<sup>103</sup>, o aktywności 1,03 mCi (1,33 U) na ziarno, plastikowych i metalowych magazynków Mick, osadzonych w gnieździe magazynka powieszono aplikatora Mick (Mick Radio-Nuclear Instruments, Mount Vernon, NY, USA).

Pomiaru równoważnika dawki dokonano dla wszystkich brachyterapeutycznych implantacji prostaty, przeprowadzanych przez jednego z autorów w okresie sześciu miesięcy w University Hospital w Syracuse. Lekarz nosił na każdej dłoni pierścienkowy termoluminescencyjny (TLD) dozymetr z fluorku litu firmy Landauer (Landauer, Glenwood, IL, USA), jak również przypięty do kieszeni na piersi dozymetr Luxel z tlenku glinu firmy Landauer, działający w oparciu o optycznie stymulowaną luminescencję (OSL). Dawkomierze osobiste były noszone wyłącznie podczas przeprowadzanych zabiegów i wymieniane co kwartał.

<sup>1</sup> Department of Radiation Oncology  
University of Massachusetts Medical School  
Worcester, MA 01605, USA

<sup>2</sup> Department of Radiation Oncology  
SUNY Upstate Medical University  
Syracuse, NY 13210, USA

Treść niniejszego doniesienia została przedstawiona we wrześniu 2006 r. w Calgary w Kanadzie na dorocznym spotkaniu Canadian Association of Radiation Oncologists (Kanadyjskie Stowarzyszenie Onkologów Radioterapeutów)



**Ryc. 1.** Aplikator Mick trzyma się w lewej ręce; prawą ręką trzyma się popychacz. Odległość między magazynkiem ziaren i ręką trzymającą aplikator wynosi 21 cm, natomiast odległość między magazynkiem i ręką operującą całkowicie wysuniętym popychaczem wynosi 52 cm. Być może lewa ręka otrzymała wyższą dawkę, ponieważ była używana do przyłączania i odłączania igieł; przycisk odłączający igły znajduje się w odległości <2 cm od magazynka (oznaczony czarną strzałką). Na fotografii widoczny jest lepiej osłonięty (patrz Tabela I) magazynek metalowy.

Zgodnie z oświadczeniem producenta próg czułości dawkomierzy osobistych wynosił 0,01 mSv (1 mrem). Dozymetry pierścieniowe były noszone na palcach serdecznych, filmem zwróconym w stronę powierzchni wewnętrznej (wnętrza dłoni) oraz oznaczone literami „R” i „L” tak, aby były stale zakładane na te same dłonie. Producent dawkomierza pierścieniowego szacował 18% osłabienie sygnału po 90 dniach przy progu czułości równym 0,30 mSv (30 mrem). Nie stosowano żadnych osłon ołowianych (tj. fartuchów ochronnych lub specjalnych rękawic).

Stosowano „ziarna” (implanty stałe) zarówno  $I^{125}$ , jak i  $Pd^{103}$ . Źródła jodowe pochodziły z Implant Sciences Corporation (Wakefield, MA, USA), a źródła palladowe z IBt (Norcross, GA, USA) lub Draximage (Kirkland, Quebec, Kanada).  $Jod^{125}$  był stosowany do monoterapii, natomiast  $Pd^{103}$  był wybierany, gdy brachyterapię kojarzono z teleradioterapią do leczenia guzów prostaty o wyższym stopniu zaawansowania lub większych rozmiarach. Własny nomogram ośrodka określał liczbę i aktywność stosowanych ziaren.

Ziarna były implantowane przy użyciu aplikatora Mick 200TP oraz plastikowych magazynków Mick. Po wprowadzeniu pustych igieł lekarz radioterapeuta, przeprowadzający brachyterapię przy użyciu aplikatora, umieszczał ziarna w prostatie. Rycina 1 przedstawia sposób trzymania aplikatora Mick podczas implantacji. Praworęczny operator trzymał korpus aplikatora w lewej ręce. Popychacz (mandryn) był trzymany prawą ręką. Lewą ręką operator przyłączał i odłączał igły (za pomocą przycisku umieszczonego z przodu gniazda magazynka), natomiast prawą ręką wymieniał magazynki.

Dodatkowo zapytano 11 doświadczonych lekarzy radioterapeutów, wymienionych w wielośrodkowej analizie brachyterapii prostaty [3], o stosowanie fluoroskopii jako pomocniczego narzędzia do implantacji.

**Tab. I. Moce dawki w mrem/h wokół pełnego magazynka Mick**

Typ magazynka	Pozycja pomiarowa środka komory jonizacyjnej	
	5 cm nad magazynkiem	5 cm w lewo od magazynka
Plastikowy	4,0	0,8
Metalowy	0,04	0,7

## Wyniki

Wartości mocy dawki mierzonej w odległości 5 cm od pełnych magazynków Mick, ładowanych po 15 źródeł  $Pd^{103}$ , przedstawiono w Tabeli I. Dla łącznej liczby 46 implantacji, przeprowadzonych w okresie sześciu miesięcy, średnia liczba implantowanych ziaren wynosiła 98 (przy zakresie 64-135). Średnia aktywność 31 implantów  $I^{125}$  wynosiła 42,2 U (33,2 mCi), przy średniej aktywności ziarna 0,406 U (0,32 mCi). Średnia aktywność 15 implantów  $Pd^{103}$  wynosiła 115,7 U (89,0 mCi), przy średniej aktywności ziarna 1,293 U (1,0 mCi). Łączna aktywność implantów wszczepionych podczas 46 zabiegów wynosiła 3043 U (2,36 Ci). Dawki na ciało i rękę lekarza wykonującego zabieg brachyterapii zebrano w Tabeli II.

Spośród 11 ankietowanych lekarzy, przeprowadzających brachyterapię, pięciu z nich w pewnym stopniu stosowało fluoroskopię. Podawane przez nich powody jej stosowania obejmowały weryfikację ułożenia sondy i igły przed wprowadzeniem ziarna oraz ocenę poprawności pozycji ziaren po ich implantacji. Sześciu z 11 lekarzy

**Tab. II. Narażenie na promieniowanie rąk i całego ciała lekarza wykonującego zabieg brachyterapii, uśrednione dla łącznej liczby 46 implantacji. Operator lewą ręką trzyma aplikator, a prawą operuje popychaczem. PPC: poniżej progu czułości**

Miejsce pomiaru	Pomiary dawki narażenia	
	Łączna	Średnia na implantację
Całe ciało, tkanki położone głęboko	0,13 mSv (13 mrem)	3 $\mu$ Sv (0,3 mrem)
Całe ciało, tkanki położone płytko	0,17 mSv (17 mrem)	4 $\mu$ Sv (0,4 mrem)
Lewa ręka	1,10 mSv (110 mrem)	< 30 $\mu$ Sv (< 3 mrem)
Prawa ręka	PPC	< 15 $\mu$ Sv (< 1,5 mrem)

oświadczyło, że przestali korzystać z fluoroskopii, ponieważ nie sądzą, że podnosi ona jakość implantacji i dlatego nie stanowi uzasadnienia dla dodatkowego czasu, ani narażenia na promieniowanie, jakie się z nią wiąże.

### Omówienie

Brachyterapia raka prostaty stała się wiodącą metodą leczenia tego bardzo częstego schorzenia. Niektórzy radioterapeuci wykonują setki implantacji rocznie i dlatego powinni być świadomi towarzyszącego zabiegom narażenia na promieniowanie (ich samych oraz pozostałego personelu) oraz próbować je minimalizować.

Schwartz i in. [1] przedstawili pomiary dawki narażenia, gdy brachyterapia prostaty jest przeprowadzana przy użyciu aplikatora Mick, pod kontrolą ultradźwięków i fluoroskopii. Zarejestrowali dawki na całe ciało o wartościach od 0,074 mSv (7,4 mrem) do 0,15 mSv (15 mrem) na przypadek. Niższe wartości dawek związane były ze skróceniem czasu fluoroskopii (z 16 do 11 minut/przypadek), osiągniętym dzięki nabranemu doświadczeniu. Dawki na ręce były większe: 0,0526 mSv (5,26 mrem) na minutę; średnio >0,5 mSv (>50 mrem) na przypadek. Odczyty dawkomierzy osobistych korelowały z czasem fluoroskopii (a nie z aktywnością implantów) i dlatego wywnioskowano, że fluoroskopia stanowiła „dominujący czynnik”, decydujący o wielkości dawki na całe ciało i ręce.

Podobnie Anglesio i in. [4] donoszą o średniej dawce narażenia na ręce równej 0,42 mSv (42 mrem) na przypadek, w związku ze wspomaganą fluoroskopią brachyterapią prostaty przy użyciu igieł załadowanych ziarnami  $I^{125}$  o średniej łącznej aktywności implantu równej 33,2 U (26,16 mCi). Choć zalecali stosowanie ochronnych rękawic z gumy ołowiowej, przyznali, że rękawice takie „nie były rutynowo stosowane, ponieważ ograniczają czułość dotyku”.

Dawki na inne części ciała niż ręce mogą być znacznie wyższe. Przeprowadzone niedawno przez Hellawella i in. [5] badanie poświęcone procedurom endoulogicznym ujawniło, że dawka na nogi pochodząca z fluoroskopii jest 3-4 razy wyższa niż dawka na ręce.

W oparciu o powyższe doniesienia uważa się, że narażenie lekarza wykonującego zabieg brachyterapii może przekroczyć wartości średnich rocznych dawek granicznych, zalecanych przez ICRP (20 mSv dawki skutecznej na całe ciało, 500 mSv dawki na kończyny), po 200-400 implantacjach [6]. Nawet, jeśli lekarz przeprowadza mniejszą liczbę zabiegów, zasada ALARA („as low as reasonably achievable” – dawka tak niska, jak jest to realnie możliwe) stanowi uzasadnienie dla „wszelkich rozsądnych starań w celu utrzymania narażenia na promieniowanie na poziomie tak małym, poniżej dawki granicznej (...), jak jest to praktycznie osiągalne” [7].

Narażenie na promieniowanie nie ogranicza się do lekarza wykonującego zabieg brachyterapii; pozostały personel w sali operacyjnej jest narażony na promieniowanie wytwarzane podczas fluoroskopii. Na przykład Hellawell i in. [5] zauważyli, że dawka narażenia na

głowę i ręce pielęgniarki może dochodzić do 50% dawki narażenia chirurga.

W niniejszym badaniu zmierzono dawkę narażenia lekarza pochodzącą wyłącznie od źródeł promieniotwórczych, pośrednio szacując w ten sposób możliwe ograniczenie narażenia na promieniowanie po wyeliminowaniu fluoroskopii z procedury brachyterapii prostaty. Autorzy odkryli, że średnia skuteczna dawka na całe ciało lekarza przeprowadzającego brachyterapię wynosiła <0,003 mSv (<0,3 mrem) na przypadek. Średni równoważnik dawki na rękę trzymającą aplikator (lewa dłoń) wynosił <0,03 mSv (<3 mrem) na przypadek.

Dawka sumaryczna była dużo niższa niż zalecane przez ICRP wartości graniczne, nawet, gdyby rocznie przeprowadzono 1.000 implantacji. Dawka narażenia na rękę obsługującą popychacz była niższa od progu pomiaru. Dlatego też sugeruje się, aby lekarz korzystający z aplikatora Mick określił, która ręka otrzymuje wyższą dawkę i stale nosił na niej dawkomierz pierścienkowy. Choć nie zmierzono dawki promieniowania otrzymanej przez pozostały personel, można założyć, w oparciu o niemierzalną dawkę na prawą rękę lekarza wykonującego zabieg oraz prawo odwrotnych kwadratów, że dawka narażenia personelu nie operującego źródłami (np. anesteziolog i pielęgniarka) jest niewielka.

Badanie przerwano po sześciu miesiącach, ponieważ firma Mick Radio-Nuclear Instruments wprowadziła metalowe magazynki, które zmniejszają narażenie na promieniowanie. Przeprowadzone pomiary były zgodne z dostarczonymi przez producenta danymi pomiarowymi dawki narażenia od plastikowych i metalowych magazynków ładowanych po 15 ziaren  $I^{125}$ , o aktywności 0,57 U (0,45 mCi). Dawka promieniowania na górnej powierzchni metalowego magazynku była >90% niższa niż dawka mierzona w tym samym punkcie na magazynku plastikowym. Pomiar na bocznej powierzchni gniazda był jedynie 10% niższy, gdy stosowano magazynki metalowe. Później stwierdzono, że odczyty dawkomierza pierścienkowego na palcu operatora po zmianie na nowsze metalowe magazynki spadły do poziomu niemierzalnego.

W badaniu przeprowadzonym dziesięć lat temu przez Prestidge'a i in. [2] stwierdzono, że środowisko brachyterapeutyczne było podzielone w kwestii stosowania fluoroskopii jako drugiej metody obrazowania podczas brachyterapii prostaty. W niniejszym badaniu przeprowadzono ankietę wśród 11 radioterapeutów, przeprowadzających brachyterapię, którzy wzięli udział w niedawno opublikowanym badaniu wielośrodkowym [3] i odkryto, że sytuacja nie uległa zmianie. Pięciu z 11 lekarzy korzysta w pewnym stopniu z fluoroskopii, a sześciu pozostałych nie. Lekarze niekorzystający z fluoroskopii powoływali się na obawy dotyczące narażenia na promieniowanie i przedłużonego czasu zabiegu. Są zdania, że opieranie się na ultrasonografii strzałkowej do potwierdzenia głębokości penetracji igły oraz migracji ziaren pozwala na pominięcie fluoroskopii, bez uszczerbku dla jakości implantacji. Jednakże zgodnie z posiadaną przez autorów wiedzą, to założenie nie zostało zbadane.

## Wnioski

Wylimowanie fluoroskopii z procedury brachyterapii prostaty może ograniczyć o >90% narażenie na promieniowanie ciała i rąk lekarza przeprowadzającego zabieg. Ponadto ograniczenie narażenia pozostałego personelu obecnego w sali operacyjnej jest prawdopodobnie dużo większe. Wartość kontroli fluoroskopowej w procedurze brachyterapii prostaty nie została dowiedziona i jest kwestionowana, dlatego korzystający z niej radioterapeuci powinni rozważyć, czy modyfikacja techniki pozwoli na jej wylimowanie lub ograniczenie bez znaczącego uszczerbku dla jakości implantu.

**Jesse N. Aronowitz, MD**  
 Levine Cancer Center  
 33 Kendall Street  
 Worcester, MA 01605, USA  
 USA  
 e-mail: jesse.aronowitz@umassmemorial.org

## Piśmiennictwo

1. Schwartz DJ, Davis BJ, Vetter RJ i wsp. Radiation exposure to operating room personnel during transperineal interstitial permanent prostate brachytherapy. *Brachytherapy* 2003; 2: 98-102.
2. Prestidge BR, Prete JJ, Buchholz TA i wsp. A survey of current clinical practice of permanent prostate brachytherapy in the United States. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1998; 40: 461-5.
3. Zelefsky MJ, Kuban DA, Levy LB i wsp. Multi-institutional analysis of long-term outcomes for stages T1-T2 prostate cancer treated with permanent seed implantation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 67: 327-33.
4. Anglesio S, Calamia E, Flandra C i wsp. Prostate brachytherapy with <sup>125</sup>I seeds. *Tumori* 2005; 91: 335-8.
5. Hellawell GO, Mutch SJ, Thevendran G i wsp. Radiation exposure and the urologist: what are the risks? *J Urol* 2005; 174: 948-52.
6. International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 60, *Ann. ICRP* 21; 1991.
7. *Code of Federal Regulations. Standards for Protection Against Radiation*. Washington DC; U.S. Government Printing Office; Title 10 Part 20; 2006.

Otrzymano: 26 listopada 2008 r.

Przyjęto: 4 grudnia 2008 r.