

KINGA BELOWSKA-BIEŃ, ZYGMUNT ZDROJEWICZ

Ocena stężenia estradiolu u kobiet poddanych zabiegom radonowym

Estimating Estradiol Concentrations in Female Patients Exposed to Radon Baths

Katedra i Klinika Endokrynologii i Diabetologii AM we Wrocławiu

Streszczenie

Wprowadzenie. Radon jest źródłem małych dawek promieniowania jonizującego, które ma stymulujący wpływ na gruczoły wydzielania wewnętrznego. Korzystne działanie radonu stwierdzono w leczeniu wielu chorób, przede wszystkim niepłodności żeńskiej i zaburzeń hormonalnych okresu przekwitania u kobiet.

Cel pracy. Ustalenie, czy bodziec balneoterapeutyczny stosowany cyklicznie może wpływać na profil wydzielania estradiolu i czy rodzaj zastosowanego bodźca (kąpiel radonowa) ma istotne znaczenie dla tego procesu.

Materiał i metody. Badaniem objęto 54 kobiety w wieku 42–77 lat (mediana 50 lat), leczone w uzdrowisku Świeradów-Zdrój z powodu pourazowych zmian układu ruchu. Wszystkie pacjentki przebywały w uzdrowisku 24 dni i poza wymienionymi chorobami nie podawały w wywiadzie innych znaczących schorzeń. Grupę kontrolną stanowiło 21 kobiet w wieku 38–54 lat (mediana 50), które z podobnych powodów jak pacjentki leczone w Świeradowie-Zdroju przebywały 24 dni na leczeniu uzdrowiskowym w Szczawnie-Zdroju. W czasie leczenia uzdrowiskowego ani bezpośrednio przed przyjazdem pacjentki nie przyjmowały żadnych leków, które mogłyby wpływać na wyniki wykonywanych badań. Kobiety nie miesiączkowały i zakończyły okres prokreacji. Pacjentki zostały podzielone na trzy grupy (osoby z grupy 1. i 2. były leczone w Świeradowie-Zdroju, a z 3. grupy w Szczawnie-Zdroju). Chore zakwalifikowane do 1. grupy były poddawane 15-minutowym kąpielom radoczyнным o temperaturze 37°C i średniej radioaktywności 706,7 Bq/l (19,1 nCi/l), w zakresie 444–777 Bq/l (12–21 nCi/l); pacjentki zakwalifikowane do 2. i 3. grupy pobierały kąpiele lecznicze w wodach mineralnych nieradoczyнных. Wszystkim pacjentkom trzykrotnie pobierano obwodową krew żylną (pacjentkom z 3. grupy dwukrotnie) – przed rozpoczęciem terapii, po 7 i po 14 zabiegach (pacjentkom z 3. grupy – przed rozpoczęciem terapii i po 7 zabiegach).

Wyniki. Analiza wyników uzyskanych zarówno czasie leczenia, jak i po jego zakończeniu potwierdziła, że kompleksowe leczenie uzdrowiskowe ma korzystny stymulujący wpływ na funkcje wewnątrzwydzielnicze, a zastosowanie leczenia z użyciem nośników radonowych ma znaczący wpływ na wydzielanie estradiolu. Stymulacja narządów wydzielania wewnętrznego zachodzi nie tylko pod wpływem radonu dostarczanego w czasie zabiegów leczniczych, ale także w wyniku działania małych dawek naturalnego promieniowania jonizującego stanowiącego tak zwane „tło radoczyнное” (Adv Clin Exp Med 2005, 14, 1, 113–121).

Słowa kluczowe: radon, estradiol.

Abstract

Introduction. Radon is a source of low doses ionizing radiation, which has a stimulating influence on secretory glands. The benefit effects of radon have been confirmed in treatment of various diseases, especially female infertility and menopausal hormone deficiency in women.

Objectives. The goal of this study was to identify the influence of radon media treatment (radon-active water baths) on the endocrine system by means of assessing the estradiol concentration in the serum of females.

Material and Methods. The research encompassed 54 women aged 42–77 (average 50) treated in the health resort of Świeradów-Zdrój due to posttraumatic disorders of the musculoskeletal system. All the patients remained 24 days in the spa and they failed to report any other major disorders during the medical interview. Furthermore the research encompassed 21 women aged 38–54 (average 50) who were exposed to 24-day-long spa treatment in Szczawno-Zdrój due to corresponding diseases as the patients cured in Świeradów-Zdrój. In the course of and directly prior to the spa treatment the patients refrained from taking any medicine that would have an impact on the results of the performed research. The women did not menstruate having entered after-procreation age. The patients

were divided into three groups (group 1 and 2 patients were treated in Świeradów-Zdrój, group 3 patients were treated in Szczawno-Zdrój). Group 1 patients were exposed to 15-minute-long radon-active baths at the temperature of 37°C and average radioactivity of 706.7 Bq/l (19.1 nC/l), ranged 444–777 Bq/l (12–21 nC/l). Group 2 and 3 patients were exposed to healing baths in non radon-active mineral water. Blood samples from group 1 and 2 patients were taken three times – before the treatment, after 7 and 14 baths, and from group 3 patients – before the treatment and after 7 baths.

Results. The analysis of the research results obtained during and after the treatment acknowledged that comprehensive health spa treatment shows positive stimulating influence on the endocrine functions; at the same time it demonstrates that the radon media based treatment significantly impacts the secretion of estradiol. Endocrine organs stimulation occurs not only as a consequence of the operation of radon delivered during the healing treatment but also as a result of the patients' exposition to low doses ionizing radiation which constitutes so called "radon-active background" (*Adv Clin Exp Med* 2005, 14, 1, 113–121).

Key words: radon, estradiol.

Rozwój nauk przyrodniczych i dziedzin medycznych, m.in. fizjologii, patofizjologii, fizyki, stworzył solidny fundament pod nową gałąź medycyny – balneologię i medycynę fizykalną, które są działem medycyny klinicznej wykorzystującym do leczenia, rehabilitacji i profilaktyki różne postaci energii fizycznej występujące w przyrodzie, a w pewnych przypadkach również bodźce chemiczne i inne naturalne czynniki lecznicze (np. klimat). Metody stosowane w fizjoterapii należą do tzw. naturalnych metod leczniczych, ponieważ usprawniają i pobudzają fizjologiczne mechanizmy samoobrony i zdrowienia organizmu. Wyróżnia się następujące metody fizjoterapii: termoterapię, fototerapię, magnetoterapię, mechanoterapię, ultrasonoterapię, elektroterapię, aerozoloterapię, klimatoterapię i balneoterapię, hydroterapię i inne.

Podstawą fizykoterapii jest reakcja zakłócająca homeostazę, jaką wywołuje naturalny bodziec o określonych cechach, oddziałując na wybrany receptor w organizmie żywym. W medycynie fizykalnej bodźce fizykoterapeutyczne są dawkowane w formie serii zabiegów. Podstawową metodą leczenia uzdrowiskowego jest balneoterapia i klimatoterapia. Nośniki radonu stosowane w balneoterapii to najczęściej woda lub powietrze zawierające radon i produkty jego rozpadu promieniotwórczego.

Radon jest źródłem małych dawek promieniowania jonizującego. Nazwa „promieniowanie jonizujące” wiąże się z głównym skutkiem, jaki wywołuje przejście promieniowania przez materię, a więc z jonizacją środowiska absorbującego, która może doprowadzić np. do rozrywania wiązań chemicznych. Środowisko człowieka zawiera wiele źródeł promieniowania jonizującego, które powodują stałe napromienianie organizmów żywych. Źródłami tymi są naturalne radionuklidy w skorupie i atmosferze Ziemi oraz promieniowanie kosmiczne. Średnie dawki tego promieniowania wynoszą około 1,5–4,0 mBq/rok [1, 2]. Spośród wszystkich naturalnych źródeł promieniowania na powierzchni Ziemi radon ma największe znaczenie [3].

Radon to promieniotwórczy pierwiastek chemiczny należący do helowców i naturalnej rodziny promieniotwórczej uranu, o liczbie atomowej 86, liczbie masowej najtrwalszego izotopu 222 [4]. Powstaje bezpośrednio z radu-226 (^{226}Ra) w wyniku rozpadu α . Jest gazem szlachetnym, bezbarwnym, bezwonnym, o cząsteczkach jednoatomowych; jest bierny chemicznie. Alfaterapię stosuje się przede wszystkim w postaci kąpeli w wannach lub basenach, inhalacji (zbiorowych lub indywidualnych), kuracji pitnej oraz płukania jamy ustnej [5, 6]. Wszystkie rodzaje zabiegów wykorzystujące wody radoczynne, z wyjątkiem kuracji pitnych, działają przede wszystkim przez radon wchłaniany przez układ oddechowy. Płuca uważa się za narząd krytyczny, przez który wchłaniania się najwięcej radonu. Przez skórę wchłaniania się jedynie 0,3–0,5% radonu zawartego w wodzie kąpielowej, a 1–2% absorbuje się na skórze. Stopień wchłaniania radonu przez skórę zależy od stanu jej ukrwienia i natłuszczenia – im jest większy, tym wyższy stopień wchłaniania radonu. Na skórze osadza się także nalot promieniotwórczych produktów rozpadu radonu, który ulega starciu o około 20% dopiero po kąpeli pod natryskiem, z użyciem mydła i po wytarciu ręcznikiem. Szybkość osadzania nalotu jest największa w ciągu pierwszych 10 minut, w kolejnych 10 minutach jest niewielka, następnie narasta między 20. a 30. minutą kąpeli. Po tym czasie ponownie się zmniejsza i osiąga stan nasycenia. Adsorpcja na skórze owłosionej jest dwa razy większa niż na skórze gładkiej. Czas pozostawania radonu w organizmie jest krótki: 59% radonu jest eliminowane po 15–30 minutach [7]. Ostateczny zanik radonu w organizmie do ilości nieuchwytnych analitycznie występuje po 2–3 godzinach. Haława wykazał, że nad powierzchnią wody radoczynnej unosi się „poduszka” powietrzno-radonowa o wysokości około 20 cm, którą oddychają pacjenci i to właśnie radon dyfundujący z wody do powietrza i wdychany przez pacjenta ma największe znaczenie [8–10]. Haława udowodnił, że wzrost radioaktywności

krwi badanych pacjentów pochodził w 68% z radonu inhalowanego nad powierzchnią wody, a w 33% z radonu przenikającego przez skórę. W czasie kąpieli radonowej część radonu dyfunduje przez skórę zgodnie z gradientem stężeń z wody do krwi [11]. Radon wchłaniany w czasie kąpieli przez skórę rozprzestrzenia się w ustroju w taki sam sposób, jak w przypadku inhalacji [12]. Z krwią radon jest przenoszony po całym organizmie, gdzie stężenie ustala się w zależności od jego rozpuszczalności w danym rodzaju tkanki. Część radonu, która nie zostaje zaabsorbowana w tkankach jest przenoszona z krwią do płuc, skąd jest usuwana z wydychanym powietrzem. Jest to tzw. „skórno-płucny transfer radonu” [13].

Mimo ustalonego działania leczniczego radonu, nie ma jednoznacznej teorii na temat mechanizmu jego działania. Przyjmuje się, że działanie zabiegów radonowych jest dwuetapowe. Pierwszy etap to bezpośrednie, krótkotrwałe działanie promieniowania α emitowanego przez radon na receptory naczyniowe, z następowym zwiększeniem przepływu krwi przez tkanki. Promieniowanie to działa w czasie stosowania zabiegów i przez krótki czas po ich zakończeniu. Drugi etap to działanie produktów rozpadu radonu emitujących promieniowanie β i γ , które rozpoczyna się po zastosowaniu kilku zabiegów i polega na pośrednim lub bezpośrednim działaniu na gruczoły wydzielania wewnętrznego. Efekt tego działania ujawnia się po kilku, kilkunastu dniach (zazwyczaj około 2 tygodni) od początku kuracji i utrzymuje się przez około 2–3 miesiące po jej zakończeniu [14].

W świetle najnowszych doniesień i prowadzonych obserwacji klinicznych uważa się, że pozytywne skutki działania małych dawek promieniowania wyraźnie przeważają nad potencjalnym ryzykiem wynikającym z narażenia na małe dawki promieniowania jonizującego. Z obserwacji japońskich wynika, że naturalne narażenie na małe dawki promieniowania, na jakie są narażeni mieszkańcy regionu Misasa, znanego z wysokiej naturalnej radioaktywności środowiska i źródeł, ma korzystne działanie ochronne [15]. Gorące źródła Misasy (9,5 kBq/l w 1953 r., temperatura 65°C) są znane od 800 lat. Tamtejsza ludność korzysta z nich kilka razy dziennie. Nie wykazano wśród niej zwiększonej liczby mutacji, zapadalności na nowotwory, bezpłodności ani zaburzeń w obrazie morfologicznym krwi. Według Morinagi liczba zgonów z powodu nowotworów jest tam mniejsza niż w okolicznych miejscowościach (3,66 vs. 6,68%) [16].

W krajach, w których natężenie naturalnego promieniowania tła jest wyższe (np. w Brazylii) zaobserwowano niższy wskaźnik zapadalności na choroby nowotworowe [17]. Wykazano też, że na-

rażenie na małe dawki promieniowania po wybuchu bomby atomowej (na obszarach odpowiednio odległych od miejsca wybuchu bomby) mogło korzystnie wpłynąć na zachorowalność na białaczkę na tym obszarze. Hattori wykazał, że narażenie na małe dawki promieniowania jonizującego powoduje stymulację mechanizmów naprawczych DNA, wzrost ilości i aktywności dysmutazy ponadtlenkowej, wzrost przepuszczalności błon komórkowych, zahamowanie wzrostu nowotworów na modelach zwierzęcych i ludzkich oraz wywiera korzystny wpływ na nadciśnienie tętnicze i cukrzycę [18]. Yamaoka wykazał na modelu zwierzęcym korzystny wpływ małych dawek radonu na zachodzące z wiekiem zmiany związane z peroksydacją lipidów w ośrodkowym układzie nerwowym [19]. Spowodowane inhalacjami radonowymi zmiany w stężeniach amin biogennych pełniących funkcje neuroprzekazników wynikają ze spadku aktywności dekarboksylazy aromatycznych L-aminokwasów – głównego enzymu w metabolizmie amin biogennych. Stymulacja wydzielania adrenaliny i noradrenaliny z nadnerczy może mieć związek ze wzrostem przepływu tkankowego. Potwierdzono korzystne hipoglikemizujące i przeciwbólowe działanie zabiegów radoczynnych [20]. Radon ma długotrwałe działanie przeciwzapalne, odczulające i przeciwsłabowe [21, 22], a także przyspiesza proces regeneracji naskórka [23]. Zabiegi radonowe poprawiają ukrwienie i elastyczność skóry [24]. Stwierdzono korzystne działanie radonu na tkankowe procesy regeneracyjne u chorych leczonych aerozolami radonowymi z powodu nadżerek szyjki macicy [25]. Wykazano korzystny wpływ kąpieli radonowych na regulację biorytmów u przewlekle chorych pacjentów, u których jeszcze przed zachorowaniem występowały zaburzenia rytmów okołodobowych. Wody radoczynne wpływają korzystnie na gospodarkę węglowodanową i lipidową oraz zwiększają wytwarzanie witamin z grupy B i C [26]. Radon przyspiesza regenerację uszkodzonych włókien nerwowych. Mechanizm tego działania polega prawdopodobnie na powodowaniu miejscowego przegrzania i nasileniu syntezy oraz wydzielania neurohormonów.

Liczne obserwacje kliniczne poparte badaniami naukowymi potwierdzają korzystne działanie radonu w wielu schorzeniach, przede wszystkim w chorobach reumatycznych i narządu ruchu [27–30], w nadciśnieniu tętniczym [31–33], chorobie wieńcowej [34, 35] i chorobach naczyń obwodowych [36–40], w chorobach obwodowego układu nerwowego [41], układu oddechowego [42, 43], a także w zaburzeniach okresu przekwitania u kobiet [44] oraz niepłodności żeńskiej i męskiej [45, 46]. Działanie małych dawek pro-

mieniowania jonizującego, jakich dostarczają zabiegi radonowe, pobudza czynność autonomicznego układu nerwowego, a tym samym układu dokrewnego, głównie elementy osi przysadka mózgowa–nadnercza oraz na gonady.

Źródła radocenne są skuteczne w leczeniu niepłodności żeńskiej i męskiej oraz zaburzeń hormonalnych okresu przekwitania u kobiet, a także związanych z wiekiem zmian hormonalnych u mężczyzn. Wyniki leczenia dotyczą nie tylko subiektywnej poprawy samopoczucia chorych, ale przede wszystkim przejawiają się wzmożoną sekrecją hormonów płciowych, głównie estradiolu u kobiet.

Estradiol (E_2) – steroidowy hormon płciowy żeński, najbardziej aktywny z naturalnych estrogenów, wytwarzany jest głównie w jajnikach (w pęcherzykach Graafa), a w mniejszych ilościach przez łożysko i korę nadnerczy. Wydzielanie estradiolu u kobiet w okresie reprodukcyjnym odbywa się cyklicznie, z wiekiem natomiast stopniowo zmniejsza się w miarę wygasania funkcji jajników i przechodzenia w okres menopauzy [47]. Menopauza rozpoczyna się u większości kobiet około 50. roku życia (45–55 lat), a sposób, w jaki się zaczyna (gwałtowny lub powolny) zależy od wygaszania czynności jajników, które stopniowo tracą wrażliwość na działanie gonadotropin przysadkowych, w wyniku czego owulacja występuje coraz rzadziej, a jajniki stopniowo ulegają inwolucji i przerośnięciu tkanką łączną. W odpowiedzi na te procesy wzrasta wydzielanie gonadotropin przysadkowych, zwłaszcza FSH, a także LH – na początku okresowo, a następnie w sposób ciągły.

Material i metody

Do badań wybrano dwa uzdrowiska: Świeradów-Zdrój – miejscowość słynąca ze źródeł radonowych i narażenia na małe dawki promieniowania jonizującego, którego źródłem jest radon i produkty jego rozpadu oraz Szczawno-Zdrój – uzdrowisko, w którym narażenie na radon i promieniowanie α praktycznie nie występuje.

Badaniem objęto 54 kobiety w wieku 42–77 lat (mediana 50 lat), leczone w uzdrowisku Świeradów-Zdrój z powodu pourazowych zmian układu ruchu. Wszystkie pacjentki przebywały w uzdrowisku 24 dni i poza wymienionymi chorobami nie podawały w wywiadzie innych znaczących schorzeń.

Badaniem objęto także 21 kobiet w wieku 38–54 lat (mediana 50 lat), które z podobnych powodów jak pacjentki leczone w Świeradowie-Zdroju przebywały 24 dni na leczeniu uzdrowskowym w Szczawnie-Zdroju.

W czasie leczenia uzdrowskowego ani bezpo-

średnio przed przyjazdem pacjentki nie przyjmowały żadnych leków, które mogłyby wpływać na wyniki wykonywanych badań. Kobiety nie miały ciąży i zakończyły okres prokreacji.

Pacjentki zostały podzielone na następujące grupy:

- 1. grupa (badana) – poddawana zabiegom radonowym w postaci kąpeli w wodzie radocennej w Świeradowie-Zdroju,
- 2. grupa (kontrolna) – poddawana kąpielom innym niż radonowe w Świeradowie-Zdroju,
- 3. grupa (kontrolna) – poddawana zabiegom kąpielowym w Szczawnie-Zdroju.

Liczebność i strukturę wieku pacjentek zakwalifikowanych do badań przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Liczebność i struktura wiekowa pacjentek zakwalifikowanych do badań

Table 1. Quantity and age structure of patients qualified to the research

Grupa 1. leczona w Świeradowie-Zdroju (Group 1 treated in Świeradów health resort)	Liczebność grupy (Group quantity)	n = 33
	wiek – mediana (age – median)	45–58 (50)
Grupa 2. – kontrolna – leczona w Świeradowie-Zdroju (Group 2 treated in Świeradów health resort)	liczebność grupy (group quantity)	n = 21
	wiek – mediana (age – median)	42–77 (50)
Grupa 3. – kontrolna – leczona w Szczawnie-Zdroju (Group 3 treated in Szczawno health resort)	liczebność grupy (group quantity)	n = 21
	wiek – mediana (age – median)	38–54 (50)

U pacjentek zastosowano następujące zabiegi balneologiczne:

1. pacjentki zakwalifikowane do 1. grupy pierwszej były poddawane 15-minutowym kąpielom radocennym o temperaturze 37°C i średniej radioaktywności 706,7 Bq/l (19,1 nCi/l), zawartej w zakresie 444–777 Bq/l (12–21 nCi/l),

2. pacjentki zakwalifikowane do 2. grupy pobierały 15-minutowe kąpiele lecznicze w wodach mineralnych nieradocennych (kąpiele świerkowe, perełkowe) o temperaturze 37°C,

3. pacjentki zakwalifikowane do 3. grupy poddawane były 15-minutowym kąpielom leczniczym w wodach mineralnych nieradocennych (kąpiele świerkowe, perełkowe) o temperaturze 37°C.

U pacjentek zakwalifikowanych do wszystkich trzech grup stosowano zabiegi uzupełniające:

gimnastykę ogólną i indywidualną, masaże suche i podwodne oraz natryski złożone.

Wodę do kąpeli radoczynnych pobierano ze źródła „Waclaw”. Próbki wody do oznaczania radoczynności pobierano codziennie bezpośrednio z wanien kąpielowych. Radoczynność wody oznaczano z użyciem radiometru uniwersalnego cyfrowego URS-3 i sondy SSU-70.

Wszystkim pacjentkom z 1. i 2. grupy pobierano po 20 ml obwodowej krwi żyłnej z żyły łokciowej. Krew pobierano w pozycji siedzącej, w 3. dniu pobytu w uzdrowisku (przed rozpoczęciem kuracji), następnie po 7 i po 14 kąpielach, po upływie 30–120 minut od zakończenia kąpeli. Pacjentkom z 3. grupy obwodową krew żylną z żyły łokciowej, także 20 ml, pobierano przed rozpoczęciem kuracji, a następnie po 7 kąpielach w podobnym czasie od zakończenia zabiegów.

Wszystkie oznaczenia hormonalne wykonano metodą radioimmunologiczną w Pracowni Testów Hormonalnych w Klinice Endokrynologii i Diabetologii AM we Wrocławiu z użyciem zestawów odczynników Coat-A-Count firmy DPC.

Wyniki

Wszystkie pacjentki zakwalifikowane do badań ukończyły 24-dniową terapię i u wszystkich chorych z 1. i 2. grupy trzykrotnie pobrano krew.

U pacjentek z 3. grupy krew pobierano dwukrotnie, tzn. przed rozpoczęciem leczenia i po wykonaniu 7 zabiegów, co pozwoliło na zbadanie, czy dynamika zmian stężeń badanych hormonów jest taka sama jak w grupach pacjentek narażonych na działanie radonu pochodzącego z zabiegów i tła naturalnego. U żadnej pacjentki nie stwierdzono objawów pogorszenia stanu zdrowia, które wymagałyby przerwania lub modyfikacji leczenia balneologicznego. Wyjściowo badane grupy nie różniły się znamienne pod względem cech demograficznych i klinicznych.

Wartości stężeń estradiolu (E_2) w surowicy krwi kobiet leczonych kąpielami radoczynnymi w Świeradowie-Zdroju (1. grupa) przedstawiono w tabeli 2.

Wartości stężeń estradiolu u pacjentek z grupy badanej wzrastały podczas leczenia istotnie statystycznie od wartości 13,90 pg/ml, przez 15,05 pg/ml w czasie zabiegów, a następnie nieco obniżały się do 14,90 pg/ml po zakończeniu leczenia.

Wartości stężeń estradiolu w surowicy krwi kobiet leczonych kąpielami nieradoczynnymi w Świeradowie-Zdroju (2. grupa) przedstawia tabela 3.

Wartości stężeń estradiolu u pacjentek z grupy kontrolnej leczonej w Świeradowie-Zdroju wzrastały podczas leczenia istotnie statystycznie od wartości 16,40 pg/ml, przez 16,90 pg/ml w czasie zabiegów, a następnie nieco obniżały się do

Tabela 2. Stężenia E_2 w surowicy krwi kobiet z 1. grupy (n = 33)

Table 2. Estradiol concentrations in blood serum of group 1 women (n = 33)

	min. (min) pg/ml	mediana (median) pg/ml	maks. (max) pg/ml	SD	%
Przed zabiegami (Before treatment)	6,90	13,90	167,00	34,89	100
Po 7 zabiegach (After 7 baths)	7,30	15,05	64,00	13,29	108,2734
Po zakończeniu terapii (After whole therapy)	5,40	14,90	74,50	14,89	107,1942

Tabela 3. Stężenia E_2 w surowicy krwi kobiet z 2. grupy (n = 21)

Table 3. Estradiol concentrations in blood serum of group 2 women (n = 21)

	min. (min) pg/ml	mediana (median) pg/ml	maks. (max) pg/ml	SD	%
Przed zabiegami (Before treatment)	10,00	16,40	130,00	36,87	100
Po 7 zabiegach (After 7 baths)	8,20	16,90	183,00	39,99	103,0488
Po zakończeniu terapii (After whole therapy)	6,20	16,60	45,80	9,96	101,2195

Tabela 4. Stężenia E₂ w surowicy krwi kobiet z 3. grupy (n = 21)**Table 4.** Estradiol concentrations in blood serum of group 3 women (n = 21)

	min. (min) pg/ml	mediana (median) pg/ml	maks. (max) pg/ml	SD	%
Przed zabiegami (Before treatment)	5,20	12,50	30,00	5,87	100
Po 7 zabiegach (After 7 baths)	5,30	12,00	29,00	5,46	96

16,60 pg/ml po zakończeniu leczenia. Obserwowany w trakcie zabiegów wzrost stężenia estradiolu w tej grupie nie był tak znaczący jak w 1. grupie (7,194 vs. 1,219%).

Wartości stężeń estradiolu w surowicy krwi kobiet leczonych kąpielami nieradoczynnymi w Szczawnie-Zdroju (3. grupa) przedstawiono w tabeli 4.

Wartości stężeń estradiolu u pacjentek z grupy kontrolnej leczonej w Szczawnie-Zdroju zmieniały się w czasie leczenia od wartości wyjściowej 12,50 pg/ml do 12,00 pg/ml podczas zabiegów, a zmiany te mieściły się w granicach błęd.

Omówienie

Wyniki badań uzyskane w czasie leczenia pacjentek kąpielami radoczynnymi potwierdzają korzystne, stymulujące działanie małych dawek promieniowania jonizującego na wydzielanie estradiolu u kobiet poddanych leczeniu balneologicznemu z wykorzystaniem radonu. Podobne spostrzeżenia poczynił wcześniej Halawa, badając zaburzenia endokrynologiczne okresu przekwitania u kobiet [48]. Pacjentki, które zakwalifikowano do grupy badanej były w podobnym wieku (45–58 lat, mediana 50 lat), ale wykazywały znacznie mniejsze stężenia estradiolu na wszystkich etapach leczenia (odpowiednio 13,9, 15,05 i 14,9 pg/ml), potwierdzające rozpoczęty okres menopauzy i odpowiadające normom laboratoryjnym dla tego okresu. Wykazano istotny statystycznie wzrost stężenia estradiolu po 7 kąpielach u kobiet z grupy badanej (o 8,273%), z następnym nieznacznym spadkiem stężeń (do końcowego wzrostu stężenia estradiolu o 7,194%). Nieznaczące zmniejszenie wydzielania estradiolu podczas leczenia jest przypuszczalnie związane z procesem adaptacji organizmu do działania małych dawek promieniowania jonizującego. Nie obserwowano znacznych zmian stężeń estradiolu u kobiet z obu grup kontrolnych w porównaniu z grupą badaną, chociaż w 2. grupie zmiany stężeń zachodziły w przedziale istotności statystycznej (od wartości wyjściowej 16,4 pg/ml, przez 16,9 pg/ml do wartości po lecze-

niu 16,6 pg/ml). U kobiet z 3. grupy nie wykazano znaczących statystycznie zmian stężeń estradiolu, co wskazuje, że zasadnicze znaczenie dla wydzielania estradiolu ma rodzaj zastosowanego bodźca (kąpiel z zawartością radonu). Można przypuszczać, że czynnikiem różnicującym dynamikę zmian stężeń hormonów w 2. i 3. grupie jest dodatkowe działanie małych dawek naturalnego promieniowania jonizującego pochodzących z tzw. „naturalnego tła radonowego”.

Problem „naturalnego tła radonowego” nie został jednoznacznie rozstrzygnięty. Wydaje się jednak, że zarówno najstarsze przekazy ustne o długowieczności i zdrowiu mieszkańców okolic źródeł radoczynnych i tzw. „dolin młodości”, jak i wyniki badań naukowych prowadzonych w tych okolicach, nakazują wzięcie pod uwagę działania małych dawek naturalnego promieniowania jonizującego na narażone organizmy. Ustalenie aktywności produktów rozpadu warunkujących obecność tła radonowego w sąsiedztwie źródeł radoczynnych jest trudne ze względu na liczbę czynników, od których ta aktywność zależy. Minta et al. oszacowali, że w zamieszkałej części uzdrowiska Łądek-Zdrój promieniowanie tła utrzymuje się w granicach 3,7–111 Bq/l (0,1–3,0 nCi/l) [49]. Badania w zakresie oddziaływania tła radonowego na podstawie odczynowości skóry stałych mieszkańców Świeradowa-Zdroju i stałych zdrowych mieszkańców miasta pozbawionego oddziaływania „tła radonowego”, przeprowadzone przez Bernacką et al., potwierdzają wpływ tła promieniotwórczego w tym mieście [50]. Okolice Świeradowa-Zdroju są zbudowane ze skał okrywy metamorficznej (różne odmiany gnejsów, granitognejsów i łupków), które charakteryzują się podwyższoną koncentracją uranu i radu, co ma decydujący wpływ na formowanie się wód radoczynnych [51]. Średnie stężenia radonu w wodzie wodociągowej wahają się w Świeradowie-Zdroju w granicach 15–30 Bq/l [52], a we wszystkich indywidualnych studniach stwierdza się przekroczenie dopuszczalnej przez EPA (Environmental Protection Agency) zawartości radonu, tzn. 11 Bq/l. Stężenia radonu w studniach indywidualnych w Świeradowie-Zdroju w skrajnych przypadkach przekraczają

stężenia występujące w wodach leczniczych. Można więc przypuszczać, że dodatkowym bodźcem korzystnie wpływającym na aktywność wydzielniczą gonad i sekrecję estradiolu u kobiet leczonych uzdrowiskowo jest, oprócz kompleksu czynników składających się na leczenie uzdrowskowe, także wpływ naturalnego tła radocznego.

Mimo znanego związku, jaki zachodzi między ilością tkanki tłuszczowej a metabolizmem hormonów płciowych, nie wykazano korelacji między wskaźnikiem masy ciała (BMI – *body mass index*) badanych kobiet a podatnością gruczołów wydzielania wewnętrznego na działanie radonu.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że małe dawki promieniowania jonizującego pochodzące z radonu pobudzają wydzielanie estradiolu u kobiet poddanych kąpielom wykorzystując radon. Mimo korzystnych wyników alfaterapii w leczeniu żeńskich zaburzeń hormonalnych związanych z wiekiem, należy pamiętać, że zabiegi wykorzystujące radon powinny być stosowane zgodnie ze wskazaniami i tylko wtedy, gdy korzyść z nich płynąca przewyższa potencjalne ryzyko [53].

W ostatnim dziesięcioleciu nastąpił wyraźny wzrost zainteresowania radonem i działaniem ma-

łych dawek promieniowania jonizującego na organizm człowieka. Główną kwestią wymagającą rozwiązania pozostaje dokładne określanie dawki podawanej pacjentowi w czasie zabiegów. Metody pomiaru stężeń radonu są stale doskonalone [54–56], a prowadzone badania sugerują, że wkrótce będzie możliwe dokładne jego dawkowanie, co ostatecznie potwierdzi, iż ryzyko związane z promieniowaniem pochodzącym z radonu jest znikome. Drugim zagadnieniem do wyjaśnienia jest określenie dokładnego mechanizmu działania radonu. W tym celu w najważniejszych ośrodkach klinicznych zajmujących się radonem są prowadzone badania działania promieniowania na poziomie komórkowym.

W dobie intensywnych poszukiwań „eliksiru młodości” i prób opracowania idealnych schematów hormonalnej terapii zastępczej, naturalnym sposobem leczenia uzupełniającego może być kompleksowe leczenie uzdrowskowe oparte na nośnikach radonu. Uwalniane małe dawki promieniowania jonizującego są bezpieczne i korzystnie wpływają na funkcje układu wewnętrzwydzielniczego, a zwłaszcza na wydzielanie estradiolu.

Piśmiennictwo

- [1] **Kwiecińska D:** The influence of low doses of ionizing radiation on biological systems. *Zag Biofiz Współcz* 1988, 13, 41–42.
- [2] **Luckey TD:** Hormesis from ionizing radiation. *Health Physics* 1984, 46, 705–706.
- [3] **Hryniewicz AZ:** Człowiek i promieniowanie jonizujące. PWN, Warszawa 2001, 5, 194–202.
- [4] Nowa Encyklopedia Powszechna PWN, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995, 5, 439–440.
- [5] **Straburzyńska-Lupa A:** Nowe spojrzenie na radonoterapię w piśmiennictwie ostatnich lat. *Balneol Pol* 2000, 42, 3–4, 122–132.
- [6] **Kochański WJ:** Podstawy stosowania kuracji pitnej. *Balneol Pol* 1999, 41, 1–2, 110–116.
- [7] **Deetjen P, Jöckel H:** Gibt es noch Indikationen für eine Therapie mit Radonbädern? *Internist Prax* 1992, 32, 353–355.
- [8] **Halawa B:** Wpływ radonu uwalnianego z wody w czasie kąpieli radoczonej na radioaktywność krwi i przepływ krwi. *Pol Tyg Lek* 1973, 28, 1638–1640.
- [9] **Bowie C, Bowie SH:** Radon and health. *Lancet* 1991, 337, 409–413.
- [10] **Chaffey CM, Bowie C:** Radon and health an update. *J Public Health Med* 1994, 16, 465–470.
- [11] **Peterman BF, Prekins CJ:** Dynamics of radioactive chemically inert gases in the human body. *Radiat Prot Dosim* 1988, 22, 5–12.
- [12] **Harley NH:** Methodology issues in risk assessment for radon. *Environ Health Perspect* 1991, 90, 177–180.
- [13] **Grunewald M, Grunewald WA:** Radon (Rn)-Transfer während der Balneotherapie in der Best'schen Wanne. *Phys Rehab Cur Med* 1995, 5, 189–195.
- [14] **Halawa B:** Mechanizm działania radonu na organizm ludzki w świetle badań własnych. *Probl Uzdr* 1987, 1–2, 45–52.
- [15] **Hattori S:** Health effects of low-dose level radiation – scientific research on radiation hormesis in Japan. In: *Radon in der Kurortmedizin*. Hrsg.: Pratzel HG, Deetjen P, ISMH Verlag, Geretsried 1997, 57–62.
- [16] **Morinaga H:** Medical experiences in the Japanese radon spa Misasa. *Z Phys Med Baln Med Wochenschr* 1998, 97, 332–333.
- [17] **Grade GA, Ling JL:** How serious is the radon problem? *Postgrad Med* 1990, 87, 197–202.
- [18] **Hattori S:** Current status and perspectives of research on radiation hormesis in Japan. *Chin Med J* 1994, 107, 420–424.
- [19] **Yamaoka K, Komoto Y, Suzuka I, Edamatsu R, Mori A:** Effects of radon inhalation on biological function – lipid peroxide level, superoxide dismutase activity and membrane fluidity. *Arch Biochem Biophys* 1993, 302, 37–41.
- [20] **Yamaoka K, Komoto Y:** Experimental study of alleviation of hypertension, diabetes and pain by radon inhalation. *Physiol Chem Phys Med NMR* 1996, 28, 1–5.
- [21] **Arkuszewska C, Broniarczyk-Dyła G, Dziankowska-Bartkowiak B:** Bezpośrednie i odległe wyniki leczenia łuszczycy w Łądku-Zdroju. *Przegl Dermatol* 1986, 73, 28–30.

- [22] **Ponikowska I, Straburzyński G:** Wstępne badania przydatności testów skórnych do oceny reaktywności organizmu na bodźce fizjoterapeutyczne. *Balneol Pol* 1989, 31, 33–38.
- [23] **Kochański JW:** Lecznicze zastosowanie radonu-222 w uzdrowisku Łądek. *Probl Uzdr* 1978, 4, 47–65.
- [24] **Waszczykowska E, Dąbkowski J:** Leczenie uzdrowskowe wybranych chorób skóry w Łądku-Zdroju. *Folia Med Lodz* 2002, 29, 95–101.
- [25] **Robaczyński J, Witka J, Wawrzekiewicz M, Hirowska K, Kozirowski A:** Zastosowanie aerozolu radonowego w leczeniu nadżerek szyjki macicy. *Balneol Pol* 1984/85, 28, 1–4, 99–100.
- [26] **Markiewicz K, Grabowski D, Szatkowski J:** Wpływ skojarzonego leczenia klimatyczno-balneologicznego w Łądku-Zdroju na lipidy surowicy krwi u chorych na miażdżycę. *Pol Tyg Lek* 1973, 28, 1065–1067.
- [27] **Yamaoka K, Mitsunobu F, Hanamoto K, Mori S, Tanizaki Y, Sugita K:** Study on biologic effects of radon and thermal therapy on osteoarthritis. *J Pain Symptom Manage* 2004, 5, 1, 20–25.
- [28] **Minta P:** Przegląd dokonań i możliwości uzdrowiska łądeckiego w leczeniu chorób narządu ruchu. *Folia Med Lodz* 2002, 29, 69–78.
- [29] **Galiamow AG, Valeev RG:** Radon therapy and the use of acupuncture reflexotherapy in patients with cervical and lumbar osteochondrosis. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult* 1990, 6, 50.
- [30] **Szczeklik E, Mrozek J, Bobrowska J:** Wyniki leczenia choroby gośćcowej – gośćca pierwotnie przewlekłego wodami radonowymi Świeradowa. *Pol Arch Med Wewn* 1954, 24, 892–898.
- [31] **Halawa B:** Wpływ inhalacji radonowych na aktywność reninową osocza, stężenia aldosteronu, noradrenaliny i adrenaliny w surowicy krwi, całkowitą objętość wody ciała i wydalanie z moczem kwasu wanilinomigdałowego u chorych na nadciśnienie tętnicze pierwotne. *Balneol Pol* 1987, 30, 1–4, 53–58.
- [32] **Halawa B:** Badania mechanizmów hipotensyjnego działania radonu u chorych na nadciśnienie tętnicze pierwotne. *Probl Uzdr* 1984, 23, 3–4.
- [33] **Halawa B:** Wpływ inhalacji radonowych na niektóre wskaźniki hemodynamiczne, aktywność reninową osocza i poziom aldosteronu w surowicy krwi u chorych na nadciśnienie tętnicze. *Probl Uzdr* 1980, 21, 29–31.
- [34] **Kasprzak WP, Straburzyński G, Ofierzyński A, Straburzyńska-Lupa A, Pawelska J:** Wpływ inhalacji powietrzem sztolni w Kowarach zawierającym media radonowe na stan kliniczny chorych z schorzeniami układu oddechowego, dławicą piersiową i nadciśnieniem. *Balneol Pol* 1989, 31, 1–4, 195–198.
- [35] **Halawa B:** Badania nad mechanizmem działania inhalacji radonowych u chorych z przewlekłą niewydolnością wieńcową. *Balneol Pol* 1978, 23, 1–4, 101–104.
- [36] **Kochański W:** Zastosowanie wód radoczynnych w leczeniu chorób naczyń obwodowych. *Acta Angiol* 2000, 6, 1/2, 63–72.
- [37] **Dziwisz M, Dziński A, Górski P, Okraszewski J, Szuflet Z, Torzecki M:** Wartość leczenia uzdrowskowego w Łądku-Zdroju chorych na zarostowe choroby tętnic obwodowych. *Balneol Pol* 1982/83, 27, 27–32.
- [38] **Minta P:** Spostrzeżenia nad wpływem leczniczych dawek radonu 222 na zrost złamań trzonów kości długich. *Wiad Lek* 1981, 34, 1485–1487.
- [39] **Halawa B:** Ocena wyników leczenia inhalacjami radonowymi niektórych schorzeń układu krążenia. *Probl Uzdr* 1983, 62, 183–184.
- [40] **Halawa B, Róg-Malinowski M, Milewicz A:** Wpływ leczenia wodami radoczynnymi Świeradowa na przepływ krwi przez tkanki badany za pomocą radioaktywnego ksenonu. *Pol Tyg Lek* 1969, 24, 1880–1881.
- [41] **Kochański JW:** Lecznicze zastosowanie radonu-222 w uzdrowisku Łądek. *Probl Uzdr* 1978, 4, 47–67.
- [42] **Halawa B:** Ocena wyników leczenia dychawicy oskrzelowej inhalacjami radonowymi w sztolni w Kowarach. *Probl Uzdr* 1980, 1, 23–24.
- [43] **Marshall BE, Fenko AN:** The use of air-radon baths for rehabilitating the immune system of patients with bronchial asthma. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult* 1991, 6, 6–10.
- [44] **Robaczyński J:** Leczenie w Świeradowie-Zdroju stanów klimakterycznych i objawów pokastracyjnych u kobiet z zastosowaniem radonu. *Balneol Pol* 1987, 30, 1–4, 59–66.
- [45] **Karasek M, Suzin J, Kochański JW:** Terapia radonem jako leczenie wspomagające w niepłodności u mężczyzn. W: *Leczenie uzdrowskowe. Osiągnięcia, problemy, perspektywy*. Węgierski Instytut Kultury – Warszawskie Towarzystwo Lekarzy Medycyny Fizykalnej, Warszawa 1998, 47–51.
- [46] **Karasek M, Dec W, Kochański JW:** Radon-therapy in male infertility. *Folia Med Lodz* 1994, 21, 77–84.
- [47] **Longcope C, Hui SL, Johnston Jr CC:** Free estradiol, free testosterone and sex hormone binding globulin in perimenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab* 1987, 64, 3, 513–518.
- [48] **Halawa B:** Wpływ inhalacji radonowych na poziom gonadotropin i estrogenów w surowicy krwi kobiet po okresie przekwitania. *Pol Tyg Lek* 1976, 31, 8, 301–304.
- [49] **Minta P, Kochański W, Styczyn J:** Badania nad ilością krwinek białych u osób mieszkających w sąsiedztwie źródeł radoczynnych. *Fizjoterapia* 2002, 10, 1, 50–53.
- [50] **Bernacka K, Hryszko S, Róg-Malinowski M, Zarzycki W, Bogdanikowa B:** Wpływ leczenia wodami radonowymi Świeradowa-Zdroju na jałowy wysięk skórny oznaczany testem okienka skórno. *Pol Tyg Lek* 1976, 31, 2009–2011.
- [51] **Marszałek H:** Hydrogeologia górnej części zlewni Kamiennej w Sudetach Zachodnich. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1996, 1–100.
- [52] **Pachocki KA, Gorzkowski B, Wilejczyk E, Smoter J:** Zawartość radonu ^{222}Rn w wodzie do picia w Świeradowie-Zdroju i Czerniawie-Zdroju. *Roczn PZH*, 2000, 51, 1, 43–52.

- [53] **Pavia M, Bianco A, Pileggi C, Angelillo IF:** Meta-analysis of residential exposure to radon gas and lung cancer. Bull World Health Org 2003, 81, 10, 732–738.
- [54] **Gutierrez JL, Garcia-Talavera M, Pena V, Nalda JC, Voytchev M, Lopez R:** Radon emanation measurements using silicon photodiode detectors. Appl Radiat Isot 2004, 60, 2–4, 583–587.
- [55] **Dersch R:** Primary and secondary measurements of (222) Rn. Appl Radiat Isot 2004, 60, 2–4, 387–390.
- [56] **Neznal M, Matolin M, Just G, Turek K:** Short-term temporal variations of soil gas radon concentration and comparison of measurement techniques. Radiat Prot Dosim 2004, 108, 1, 55–63.

Adres do korespondencji:

Kinga Belowska-Bień
Katedra i Klinika Endokrynologii i Diabetologii AM we Wrocławiu
Wybrzeże L. Pasteura 4
50-368 Wrocław

Praca wpłynęła do Redakcji: 30.03.2004 r.

Po recenzji: 28.04.2004 r.

Zaakceptowano do druku: 7.05.2004 r.

Received: 30.03.2004

Revised: 28.04.2004

Accepted: 7.05.2004