

*Paulina Mach, Wioleta Zielińska-Danch, Maciej Łukasz Goniewicz¹⁾,
Bartosz Koszowski, Jan Czogała, Andrzej Sobczak*

TOKSYCZNOŚĆ DYMU GENEROWANEGO Z FAJKI WODNEJ^{*)}

Zakład Chemii Ogólnej i Nieorganicznej Wydziału Farmaceutycznego
z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej Śląskiego Uniwersytetu Medycznego
Kierownik: dr hab. n. med. *A. Sobczak*

¹⁾ Center for Tobacco Control Research and Education,
University of California San Francisco, USA
Kierownik: prof. *Stanton A. Glantz*

Hasła kluczowe: fajka wodna, tytoń, palenie tytoniu.
Key words: waterpipe, tobacco, smoking.

Fajka wodna cieszy się największą popularnością w krajach północnoafrykańskich, we wschodniej części regionu śródziemnomorskiego oraz w południowo-zachodniej części Azji. Jednak od lat 90. obserwuje się systematyczny wzrost jej popularności w krajach europejskich, w Stanach Zjednoczonych oraz Brazylii, szczególnie wśród ludzi młodych. Przyczynę wzrostu zainteresowania taką formą palenia tytoniu upatruje się w niesłusznej ocenie względnego bezpieczeństwa zdrowotnego w porównaniu do tradycyjnych papierosów, wprowadzaniem zakazów palenia papierosów w miejscach publicznych oraz społecznym charakterem palenia fajki wodnej (dzielenie się, palenie w grupie przyjaciół). Ponadto, liczne zabiegi marketingowe również przyczyniają się do zwiększenia zainteresowania fajką wodną, zwłaszcza wśród ludzi młodych, którzy są z natury bardziej otwarci na nowości i alternatywne rozwiązania. Niepokojącym zjawiskiem jest także wzrost odsetka osób używających wiele form tytoniu (stosują zarówno fajkę wodną, jak i palą papierosy). Wyniki badań przeprowadzonych w Estonii wskazują, że w kraju tym fajkę wodną pali jeden na czterech chłopców, oraz jedna na sześć dziewcząt w wieku 11–15 lat (1). Badania prowadzone na Litwie w latach 2002 i 2007 ukazują prawie czterokrotny wzrost stosowania alternatywnych produktów tytoniowych wśród młodzieży. Na Litwie i na Słowacji odpowiednio 3,0 i 6,3% ankietowanych nastolatków przyznaje się do codziennego palenia fajki wodnej (2).

ZASADA DZIAŁANIA I KONSTRUKCJA FAJKI WODNEJ

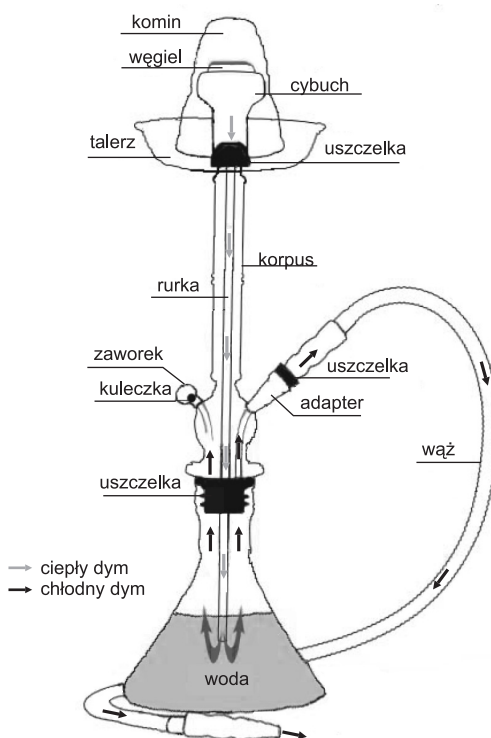
Istnieje wiele tradycyjnych odmian fajki wodnej, które mogą różnić się wielkością, kształtem korpusu i zbiornika z wodą oraz liczbą węży. Podstawowe elemen-

^{*)} Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2010–2011 jako projekt badawczy (Grant MNiSW N N404 025738). Żaden z autorów nie deklaruje konfliktu interesów.

ty są jednak takie same i należą do nich: głowa (zwana także cybuchem), korpus, przewód centralny wewnątrz korpusu, bańka wypełniona wodą oraz wąż zakończony ustnikiem (ryc. 1).

Cybuch umieszczony jest zawsze na korpusie, którego dolna część zanurzona jest w szklanym zbiorniku (bańce) wypełnionym do około połowy objętości wodą. Wężyk (skórzany lub plastikowy), który odprowadza dym ze zbiornika, znajduje się w górnej części korpusu i zakończony jest ustnikiem. Dzięki niemu palacz fajki może się zaciągnąć wytworzonym dymem (3).

Droga dymu jest następująca: wytworzony dym przechodzi przez korpus, następnie przewodem centralnym wchodzi do naczynia z wodą, co objawia się charakterystycznym bulgotaniem. Wreszcie wygenerowany i przefiltrowany przez wodę dym transportowany jest węzmem do ust i płuc palącego. Podczas jednej sesji palenia palacz zazwyczaj wymienia węgielki i tytoń dostosowując tym samym ich ilość do swoich potrzeb czy upodobań.



Ryc. 1. Budowa fajki wodnej (reproduковано i zmodyfikowano za zgodą serwisu fajkawodna.pl).

Fig. 1. Structure of waterpipe (reprinted and modified with kind permission of webpage www.fajkawodna.pl).

SUBSTANCJE TOKSYCZNE ZIDENTYFIKOWANE W DYMIE GENEROWANYM Z FAJKI WODNEJ

Dym generowany podczas palenia fajki wodnej stanowi wysoce złożoną i wielofazową mieszaninę związków chemicznych. Związkami tymi są substancje, które nie są specyficznymi produktami spalania tytoniu (m.in. acetaldehyd czy formaldehyd) oraz związki specyficzne dla jego spalania (np. specyficzne dla tytoniu nitrozaminy). W przypadku wielu związków chemicznych i substancji dodawanych do tytoniu brak jest danych naukowych dotyczących mechanizmów ich spalania czy rozkładu termicznego, w tym określenia produktów tych reakcji. Stwarza to trudności w określeniu zależności pomiędzy substancjami chemicznymi zawartymi w tytoniu, a tymi zainhalowanymi rzeczywiście z dymem tytoniowym. Ponadto, większość publikacji dotyczy chemii dymu papierosowego, a tylko nieliczne bezpośrednio dotyczą dymu generowanego z fajki wodnej.

W dymie generowanym w fajce wodnej zidentyfikowano następujące toksyczne substancje: nikotynę, tlenek węgla, substancje smoliste, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) np. benzo(a)piren, indeno(1,2,3-c,e)piren oraz metale ciężkie, np. ołów, arsen, chrom, kobalt, nikiel.

N i k o t y n a. W latach 1997–2006 w Jordanie, Libanie, Kuwejcie i Indiach – krajach, gdzie palenie shishy jest tradycyjną formą palenia tytoniu, przeprowadzono badania dotyczące narażenia palaczy fajki wodnej na nikotynę. Polegały one na pomiarze stężenia nikotyny w kondensacie powstałym podczas palenia fajki za pomocą laboratoryjnego symulatora palenia fajki wodnej. Badania te wykazały, że stężenie nikotyny w dymie generowanym z fajki wodnej może być różne w zależności od temperatury spalania węgielka, rodzaju tytoniu, typu fajki wodnej, czasu palenia fajki, jak również cech indywidualnych osób palących.

Shihadeh i Saleh w 2005 r. podczas sesji palenia (171 zaciągnięć o objętości 530 cm³/zaciągnięcie) w dymie uzyskanym ze spalania 10 g tytoniu w fajce wodnej zidentyfikowali 2,94 mg nikotyny (4). Dla porównania ilość nikotyny uzyskana w tych samych warunkach w dymie pojedynczego papierosa wynosiła 0,88 mg. Badania wykazały także, że u osób palących codziennie fajkę wodną, średnie stężenie kotyniny (metabolitu nikotyny) w moczu wynosiło 0,785 µg/cm³, co odpowiadało jej stężeniu równoważnemu wypaleniu 10 papierosów. W przypadku osób palących fajkę wodną okazjonalnie (średnio raz na 4 dni) stężenie kotyniny w moczu było odpowiednio niższe i odpowiadało wypaleniu dwóch papierosów na jedną sesję palenia fajki wodnej (5).

W 2003 r. opublikowano wyniki badań mających na celu przestudiowanie składu głównego strumienia dymu powstałego podczas palenia fajki wodnej (6). Ilość nikotyny, jaka generowana jest podczas jeden sesji palenia fajki wodnej była podobna do tej powstałej podczas palenia jednego papierosa, a ilość substancji smolistych była większa o rząd albo nawet dwa rzędy wielkości. Ponadto w dymie generowanym z fajki wodnej stwierdzono wysoki poziom arsenu, chromu i ołowiu.

T l e n e k w ę g l a (CO). Badania *Zahrán* i wspólr. (7) dotyczące narażenia na CO mężczyzn palących fajkę wodną i opublikowane w 1985 r. skupiły się na pomiarze stężenia karboksyhemoglobiny (HbCO) we krwi tych mężczyzn. Badania prowadzono na 1832 zdrowych ochotnikach z Arabii Saudyjskiej, oznaczając analizowany wskaźnik narażenia po 10–40 min od wypalenia przez nich fajki wodnej. Wyniki tych badań wskazują, że stężenie HbCO we krwi osób palących fajkę wodną jest wyższe niż wśród palaczy papierosów (10,1% vs. 6,5%) czy osób niepalących (10,1% vs. 1,6%). Wykazano również liniową zależność pomiędzy intensywnością palenia, a stężeniem HbCO.

Podobne badania przeprowadzono także wśród amerykańskich studentów (8). Badania zostały przeprowadzone wśród 32 studentów (17 kobiet i 15 mężczyzn) Uniwersytetu w Berkeley wykorzystując jako wskaźnik narażenia stężenie CO w powietrzu wydychanym. Mediana stężeń wydychanego CO przed i po sesji wynosiła odpowiednio 4,5 (95% CI 3,5–5,2) ppm oraz 38 (95% CI 23–56) ppm. Zatem palenie fajki powodowało wzrost stężenia wydychanego CO średnio o 32 (95% CI 18–51) ppm. Porównując otrzymane wyniki z danymi literaturowymi możemy stwierdzić, że stężenie wydychanego CO mierzone po sesji palenia fajki wodnej jest znacznie wyższe niż średnie stężenie mierzone u palacza papierosów wypalającego paczkę

papierosów dziennie. Wskazuje to na większe narażenie palaczy fajek wodnych na CO, niż palaczy papierosów.

Substancje smoliste. Według badań *Shihadeh* (6) ilość substancji smolistych powstałych podczas jednej sesji palenia fajki wodnej odpowiada ilości generowanej podczas wypalenia standardowej paczki papierosów typu *light* (20 szt.). Wyniki badań wskazują, że skład frakcji substancji smolistych powstałej z tytoniu palonego w fajce różni się od tej frakcji z papierosów. Wykazano, że podczas palenia fajki wraz ze wzrostem częstotliwości zaciągnięć wzrasta ilość substancji smolistych w dymie.

W cytowanym powyżej badaniu wyjaśniono również procesy termiczne przebiegające podczas palenia fajki. Przypuszcza się, że frakcja cząstkowa dymu generowanego podczas palenia fajki powstaje w procesie prostej destylacji, nie zaś spalania i pirolizy. Wynika to z faktu, że temp. tytoniu podczas palenia fajki wynosi najwyżej 450°C, co jest wielkością zbyt niską, aby doszło do procesu całkowitego spalania, przy czym jest ona niższa od temperatury uzyskanej podczas palenia papierosa (ok. 900°C). W rezultacie palenie fajki przyczynia się do powstania dymu o mniejszej liczbie produktów piroksyntezy niż podczas palenia papierosów (6).

Naukowcy ze *The Syrian Center of Tobacco Studies* opublikowali 2007 r. wyniki badań pomiaru wielkości cząstek stałych powstałych podczas palenia papierosów i shishy (9). Naukowcy zbadali emisję cząstek stałych o średnicy poniżej 2,5 mikrona ($PM_{2,5}$) oraz poniżej 10 mikronów (PM_{10}) przed i w trakcie sesji palenia fajki wodnej. W badaniu wzięło udział 20 palaczy fajki wodnej i 20 palaczy papierosów. Maksymalne stężenie $PM_{2,5}$ w powietrzu zanieczyszczonym dymem z fajki wodnej wyniosło 908 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a dymem z papierosów 575 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksymalne stężenie PM_{10} w powietrzu zanieczyszczonym dymem z fajki wodnej wynosiło 1052 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a dymem z papierosów 653 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

W 2007 r. opublikowano również wyniki badań pomiaru emisji ultradrobnych cząstek powstałych podczas palenia fajki wodnej (10). Mediana średnicy cząstek przy pełniej sesji palenia fajki wodnej (węgiel, tytoń, woda) wyniosła 0,04 μm , dym pochodzący od gorącego tytoniu był źródłem cząstek wielkości od 0,01 do 0,2 μm , a tłący się węgielek cząstek poniżej 0,05 μm .

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). Przeprowadzono badania mające na celu oznaczenie szesnastu WWA w głównym strumieniu dymu (GSD, ang. *mainstream smoke*), powstałego podczas palenia fajki wodnej (11). Stwierdzono, że pojedyncza sesja palenia fajki dostarcza 20 razy więcej wszystkich WWA i 50 razy więcej kancerogennych 4- i 5-pierścieniowych węglowodórów niż wypalenie jednego papierosa referencyjnego w standardowych warunkach laboratoryjnych. Wzajemne zależności stężeń węglowodórów były odmiennie niż w przypadku dymu papierosowego, co może mieć związek z odmiennymi warunkami spalania tytoniu. Badania te wykazały, że palacze fajki wodnej są narażeni na znaczną ilość kancerogennych WWA, mimo, że ich stężenie w przeliczeniu na 1 ml dymu jest wyższe w przypadku dymu pochodzącego z papierosa. W związku z tym, że maksymalna temperatura tytoniu podczas palenia fajki wodnej jest zbyt niska, aby dochodziło do termosyntezy WWA, założono, że głównym ich źródłem w fajce wodnej jest żarzący się węgielek.

W celu potwierdzenia postawionej powyżej hipotezy przeprowadzono badania oceniające znaczenie żarzącego się węgielka jako źródła substancji toksycznych w dymie generowanym przez fajkę, ze szczególnym uwzględnieniem CO i WWA (12). Wykazano, że źródłem ok. 90% CO i 75–92% 4- i 5-pierścieniowych WWA jest żarzący się węgielek. Tłumaczy to fakt, że pomimo niskiej temperatury jaką uzyskuje spalający się tytoń, w dymie generowanym przez fajkę znajdują się znaczne ilości CO i WWA.

Metale ciężkie. Wspomniane już wyniki badań *Shihadeh* z 2003 r. potwierdzają występowanie niektórych metali ciężkich w dymie powstałym podczas palenia fajki wodnej (6). Wykazano, że ilość chromu, kobaltu oraz ołowiu powstała podczas jednej standardowej sesji palenia fajki wodnej (Cr 1340 ng; Co 70 ng; Pb 6870 ng) jest znacznie większa niż ilość powstała w wyniku wypalenie jednego papierosa (Cr 4–70 ng; Co 0,13–0,2 ng; Pb 34–85 ng). Ilość arsenu i niklu była nieznacznie wyższa w przypadku fajki wodnej (As 165 ng; Ni 990 ng) niż w papierosie (As 40–120 ng; Ni do 600 ng), zaś ilość berylu była w omawianym przypadku niższa (65 ng fajka; 300 ng papieros).

Inne substancje toksyczne. Choć nie przeprowadzono dotychczas kompleksowej charakterystyki chemicznej i toksycznej dymu generowanego z fajki wodnej, można przypuszczać, że dym ten może zawierać szereg substancji zidentyfikowanych dotychczas w dymie papierosowym tj. m.in. nitrozoaminy czy reaktywne formy tlenu (ROS).

RYZIKO ZDROWOTNE ZWIĄZANE Z PALENIEM FAJKI WODNEJ

W 2010 r. naukowcy z Uniwersytetu w Buffalo (USA) i Balamond (Liban) opublikowali wyniki badań, których celem była metaanaliza literatury medycznej dotyczącej wpływu palenia fajki wodnej na zdrowie (13). Zidentyfikowano 24 badania spełniające kryteria poszukiwań, na których oparto metaanalizę. Stwierdzono, że palenie fajki wodnej jest istotnym czynnikiem ryzyka wystąpienia raka płuc (OR = 2,12; 95% CI 1,32–3,42), chorób układu oddechowego (OR = 2,3; 95% CI 1,1–5,1), niskiej masy urodzeniowej (OR = 2,12; 95% CI 1,08–4,18), chorób przyzębia (OR = 3,0–5,0). Nie wykazano istotnego związku pomiędzy paleniem fajki wodnej a występowaniem raka pęcherza moczowego (OR = 0,8; 95% CI 0,2–4,0), raka nosogardzieli (OR = 0,48; 95% CI 0,20–1,23), raka przełyku (OR = 1,85; 95% CI 0,95–5,38), dysplazji ustnej (OR = 8,33; 95% CI 0,78–9,47) i bezpłodności (OR = 2,5; 95% CI 1,0–6,3). Grupowe palenie fajki wodnej nie było również istotnie związane z zapadalnością na wirusowe zapalenie wątroby typu C (OR = 0,98; 95% CI 0,80–1,21).

Mimo tego, że woda zawarta w fajce może zaabsorbować część nikotyny, to jej ilość w dymie jest wystarczająca do wywołania efektu biologicznego, w tym do powstania uzależnienia. Przypuszcza się również, że niska zawartość nikotyny w dymie generowanym w fajce wodnej indukuje głębsze zaciągnięcia palacza, co z kolei skutkuje zwiększoną ekspozycją na toksyczne składniki dymu. Stąd ryzyko u palaczy fajek wodnych zapadalności na choroby nowotworowe, choroby układu

sercowo–naczyniowego i oddechowego oraz powikłania ciąży jest porównywalne z ryzykiem występującym u palaczy konwencjonalnych papierosów (14).

Zagrożenie zdrowotne w przypadku palenia fajki wodnej wynika również z faktu, iż podczas sesji palenia, która najczęściej odbywa się w większym gronie, palacze używają tego samego ustnika. Badania wskazują, że może to prowadzić do zwiększonego ryzyka zachorowania na choroby komunikacyjne, a szczególnie gruźlicę. WHO wyraźnie podkreśla w swoim raporcie, że stosowanie fajek wodnych nie stanowi bezpiecznej alternatywy dla palenia papierosów (14).

WPLYW TOPOGRAFII PALENIA FAJKI WODNEJ NA TOKSYCZNOŚĆ DYMU TYTONIOWEGO

Terminem topografia palenia (ang. *smoking topography*) określa się zespół parametrów związanych ze sposobem generowania dymu przez zaciągającego się nim palacza (m.in. objętość i szybkość zaciągania oraz czas przerw między kolejnymi zaciągnięciami). Palacz fajki wodnej w ciągu jednej sesji palenia inhaluje znacznie większą objętość dymu tytoniowego niż palacz papierosów (14, 15, 16). Tabela I przedstawia różnice w topografii palenia fajki wodnej i papierosów. Podsumowując powyższe dane, można stwierdzić, że palacz fajki wodnej może zainhalować taką objętość dymu w ciągu jednej sesji, jaka odpowiada wypaleniu ponad 100 papierosów.

Tabela I. Porównanie topografii dymu generowanego z papierosa z dymem generowanym z fajki wodnej (7–10)
Table I. A comparison of the topography of smoke from cigarette with that from water pipe (7 – 10)

Oznaczany parametr	Dym z papierosa	Dym z fajki wodnej
Czas trwania jednej sesji palenia (min)	5–7	20–80
Objętość dymu wdychana w czasie jednej sesji palenia (l)	0,5–0,7	24,5–133,6
Liczba zaciągnięć w czasie jednej sesji palenia	8–13	69–269
Czas trwania jednego zaciągnięcia (s)	0,8–2,5	2,0–4,4
Objętość jednego zaciągnięcia (cm ³)	40–75	150–1000
IPI (czas przerwy między zaciągnięciami) (s)	10–30	7–19

WNIOSKI

1. Codzienne palenie fajki wodnej powoduje absorpcję do organizmu podobnej ilości nikotyny, jak w przypadku codziennego palenia papierosów.

2. Palacz fajki wodnej inhaluje nie tylko substancje toksyczne pochodzące z tytoniu takie jak nikotyna, substancje smoliste, nitrozominy, ale również substancje emitowane z żarzącego się węgla.

3. Palacz fajki wodnej może zainhalować taką objętość dymu w ciągu jednej sesji, jaka odpowiada wypaleniu ponad 100 papierosów.

P. Mach, W. Zielińska-Danch, M.Ł. Goniewicz, B. Koszowski,
J. Czogała, A. Sobczak

TOXIC EFFECTS OF WATERPIPE SMOKING

PIŚMIENICTWO

1. Parna K., Usin J., Ringmets I.: Cigarette and waterpipe smoking among adolescents in Estonia: HBSC survey results. 1994–2006. *BMC Pub Health*, 2008; 8: 392. – 2. Baska T., Pudule I., Tilgale N., Warren CW., Lee J., Lea V., Jones NR.: Smoking tobacco in waterpipes among adolescents in Europe: the case of Latvia and Slovakia. *Tob. Control.*, 2008; 17: 432. – 3. <http://www.shisha-portal.pl/fajka-wodna,139.html> (dostęp: 10.03.2010). – 4. Shihadeh A., Saleh R.: Polycyclic aromatic hydrocarbons, carbon monoxide, “tar”, and nicotine in the mainstream smoke aerosol of the narghile water pipe. *Food Chem. Toxicol.*, 2005; 43: 655–661. – 5. Neergaard J., Singh P., Job J., Montgomery S.: Waterpipe smoking and nicotine exposure: A review of a current evidence. *Nicotine Tob. Res.*, 2007; 9: 987–994. – 6. Shihadeh A.: Investigation of mainstream smoke aerosol of the narghile water pipe. *Food Chem. Toxicol.*, 2003; 41: 143–152. – 7. Zahan F.M., Ardawi M.S.M., Al-Fayez S.F.: Carboxyhemoglobin concentration in smokers of sheisha and cigarettes in Saudi Arabia. *Br. Med. J. (Clin. Res. Ed.)*, 1985; 291: 1768–1770. – 8. El-Nachef W.N., Hammond S.K.: Exhaled carbon monoxide with waterpipe use in US students. *JAMA*, 2008; 299: 36–38. – 9. Maziak W., Rastam S., Ibrahim I., Ward K.W., Eissenberg T.: Waterpipe-associated particulate matter emission. *Nicotine Tob. Res.*, 2008; 10: 519–523. – 10. Monn C., Kindler P., Meile A., Brändli O.: Ultrafine particle emissions from waterpipes. *Tob. Control*, 2007; 16: 390–393.
11. Sepetdjian E., Shishadeh A., Saliba N.A.: Measurement of 16 polycyclic aromatic hydrocarbons in narghile waterpipe tobacco smoke. *Food Chem. Toxicol.*, 2008; 42: 1582–1590. – 12. Monzer B., Sepetdjian E., Saliba N., Shishadeh A.: Charcoal emissions as a source of CO and carcinogenic PAH in mainstream narghile waterpipe smoke. *Food Chem. Toxicol.*, 2008; 46: 2991–2995. – 13. Akl E.A., Gaddam S., Gunukula S.K., Honeine R., Jaoude T.A., Irazni J.: The effects of waterpipe tobacco smoking on health outcomes: a systematic review. *Int. J. Epidemiol.*, 2010; 39: 834–857. – 14. WHO Study Group on Tobacco Product Regulation (TobReg): Waterpipe Tobacco Smoking: Health Effects, Research Needs and Recommended Actions by Regulators. WHO Document Production Services, Genewa 2005. – 15. Czogała J., Goniewicz M.Ł., Czubek A., Koszowski B., Sobczak A.: Jak naprawdę pali palacz? Wyniki wstępne badań topografii palenia populacji palaczy w Polsce. *Przegl. Lek.*, 2008; 65: 657–662. – 16. Maziak W., Rastam S., Ibrahim I., Ward K.D., Shihadeh A., Eissenberg T.: CO exposure, puff topography and subjective effects in waterpipe tobacco smokers. *Nic. Tob. Res.*, 2009; 11: 806–811.

Adres: 41-200 Sosnowiec, ul. Jagiellońska 4