

BEZPIECZEŃSTWO W ELEKTROCHIRURGII

Safety in electrosurgery



Piotr Jarzynkowski, Janina Książek

Zakład Pielęgniarstwa Chirurgicznego, Katedra Pielęgniarstwa, Gdański Uniwersytet Medyczny

Pielęgniarstwo Chirurgiczne i Angiologiczne 2014; 4: 141–145

Praca wpłynęła: 26.02.2014; przyjęto do druku: 30.04.2014

Adres do korespondencji:

mgr **Piotr Jarzynkowski**, Zakład Pielęgniarstwa Chirurgicznego, Gdański Uniwersytet Medyczny, ul. Dębinki 7, 80-952 Gdańsk, e-mail: petergdansk@o2.pl

Streszczenie

Elektrochirurgia wykorzystuje przepływ prądu przemiennego przez tkanki pacjenta w celu osiągnięcia pożądanego efektu klinicznego: cięcia i koagulacji. Diatermie elektrochirurgiczne wykorzystywane są w 80% zabiegów chirurgicznych. Stanowią podstawowe wyposażenie bloków operacyjnych, gabinetów zabiegowych, pracowni endoskopowych oraz szpitalnych oddziałów ratunkowych. Artykuł ma na celu przedstawienie podstawowych zasad działania sprzętu elektrochirurgicznego, co stanowi ważne zagadnienie w pracy pielęgniarek. Po zapoznaniu się z treścią artykułu czytelnik będzie znał zasady bezpiecznego użytkowania diatermii elektrochirurgicznej i – co najważniejsze – będzie wiedział, jak aplikować elektrody neutralne, aby zminimalizować ryzyko oparzenia pacjenta.

Słowa kluczowe: elektrochirurgia, diatermia elektrochirurgiczna, bezpieczeństwo.

Wstęp

Generator elektrochirurgiczny wytwarza prąd przemienny o częstotliwości powyżej 200 kHz, czyli takiej, która nie poraża nerwów i mięśni. Wysoka częstotliwość i odpowiednia modulacja prądu pozwalają w bezpieczny sposób uzyskać pożądane efekty termiczne: cięcie i koagulację [1] (ryc. 1.).

Tryby elektrochirurgiczne

Diatermia elektrochirurgiczna może pracować w dwóch podstawowych trybach: monopolarnym i bipolarnym [2].

Tryb monopolarny

W trybie monopolarnym prąd wysokiej częstotliwości aplikowany jest do tkanki za pomocą elektrody czynnej

Summary

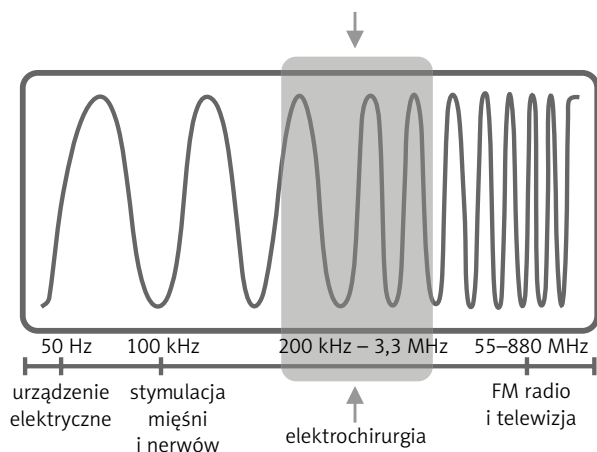
Electrosurgery uses the alternating current flow through the patient's tissues in order to achieve the desired clinical effect: cutting and coagulation. Electrosurgical units are used in 80% of surgical procedures. They constitute the basic equipment of operating rooms, treatment rooms, endoscopic operating rooms and emergency departments. The article presents basic principles of operation of electrosurgical equipment, which is an important issue in the work of nurses. After reading the article, you will know the rules of safe use of electrosurgical units, and most importantly, how to apply neutral electrodes in order to minimize the risk of patient's burns.

Key words: electrosurgery, electrosurgical unit, security.

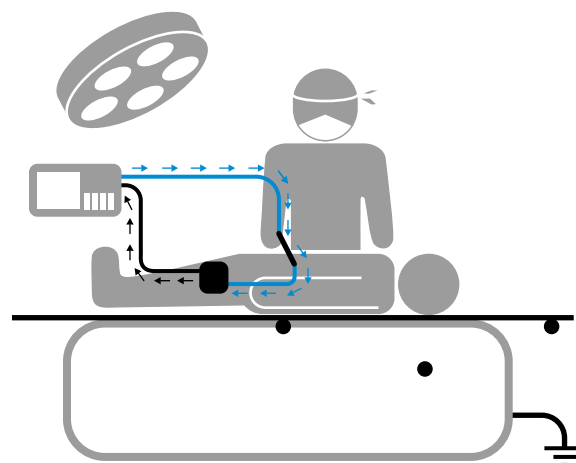
(nożyk, kulka). Uzyskanie efektu cięcia bądź koagulacji jest możliwe dzięki kumulacji na małej powierzchni elektrody czynnej prądu o dużej gęstości. Powoduje to wzrost temperatury i odparowanie wody z tkanek bezpośrednio otaczających elektrodę czynną, a w efekcie hemostazę lub przecięcie tkanki. Następnie prąd płynie do elektrody neutralnej i jest rozpraszany na jej powierzchni, dzięki czemu zmniejsza się jego gęstość, a w miejscu aplikacji elektrody neutralnej nie powstaje niepożądany efekt cieplny. W trybie monopolarnym prąd wysokiej częstotliwości przepływa przez ciało pacjenta [3] (ryc. 2.).

Tryb bipolarny

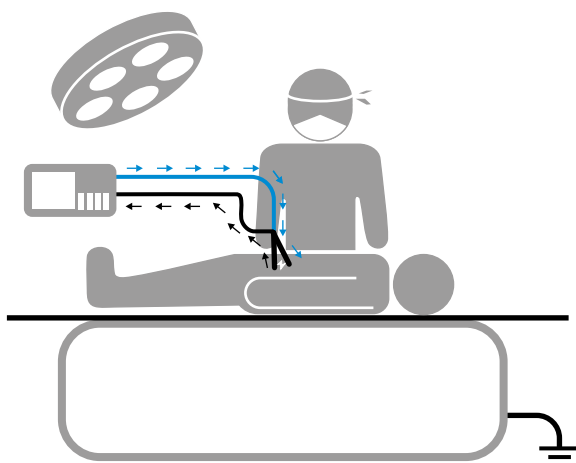
W trybie bipolarnym prąd wysokiej częstotliwości przepływa pomiędzy branszami instrumentu bipolarnego, np. szczypce bipolarne, i koncentruje się wyłącznie na małej powierzchni tkanki znajdującej się pomiędzy nimi. Tryb bipolarny nie wymaga użycia elektro-



Ryc. 1. Częstotliwość prądu



Ryc. 2. Tryb monopolarny



Ryc. 3. Tryb bipolarny

dy neutralnej, gdyż obie elektrody: czynna i bierna, są zintegrowane w ramionach szczypiec bipolarnych. Praca w trybie bipolarnym jest bezpieczniejsza od pracy w trybie monopolarnym, ponieważ prąd nie przepływa przez ciało pacjenta [3] (ryc. 3).

Efekt kliniczny w elektrochirurgii

Diatermia elektrochirurgiczna generuje prąd w sposób ciągły (niemodulowany) lub impulsowo (modulowany). W zależności od stopnia modulacji uzyskuje się zróżnicowane efekty elektrochirurgiczne, które dzieli się na cięcie i koagulację.

Cięcie to rozdzielanie tkanek na skutek eksplozji komórek pod wpływem działania dostarczonego ciepła. Intensywna aplikacja energii ogrzewa tkankę nawet do 100°C i powoduje parowanie wody zawartej w komórkach. Na skutek wzrostu ciśnienia pary błona komórkowa ulega rozerwaniu [4].

Koagulacja służy do hemostazy krwawiących tkanek. W trybie koagulacji aplikowana jest mniejsza moc

i tkanka jest podgrzewana do temperatury 80–100°C. Przy takiej temperaturze para wodna opuszcza komórkę bez gwałtownego rozerwania błony, co prowadzi do wysuszenia i skurczenia się komórki z denaturacją białek. Wynikiem tych procesów jest koagulacja [4, 5].

Koagulacja argonowa

Koagulacja argonowa została wprowadzona po raz pierwszy do medycyny w 1971 r. Pierwsze zastosowania kliniczne dotyczyły zabiegów wykonywanych techniką klasyczną (otwartą). W roku 1991 wprowadzono specjalistyczne systemy koagulacji argonowej do zastosowania w zabiegach gastroenterologicznych. Argon jest gazem szlachetnym, bezwonny i bezbarwny, obojętny chemicznie i pozbawiony działania fizjologicznego. Zasadą działania koagulacji argonowej jest przewodzenie prądu wysokiej częstotliwości do tkanki poprzez strumień zjonizowanego argonu, tzw. plazmą argonową. Koagulacja argonowa ma wiele cech odróżniających ją od klasycznych metod koagulacji. Jedną z najważniejszych jest bezkontaktowy sposób działania, co znacznie przyspiesza i ułatwia pracę. W koagulacji argonowej obserwuje się mniejszą karbonizację tkanki oraz płytszą penetrację. Poza wymienionymi zaletami argon ma również zdolności pochłaniania dymu elektrochirurgicznego. Największe zastosowanie koagulacji argonowej znajduje w zabiegach endoskopii gastroenterologicznej, w chirurgii narządów mięszo-wych. Do tej metody koagulacji niezbędny jest wyspecjalizowany generator elektrochirurgiczny, odpowiednie elektrody czynne oraz źródło gazu [6, 7].

Oparzenie i porażenie

Oparzenie, czyli termiczne uszkodzenie tkanek, powstaje przy przepływie prądu przez ciało. Podczas pra-

cy z użyciem diatermii elektrochirurgicznej oparzenie może być spowodowane:

- wysoką gęstością prądu w miejscu aplikacji elektrody neutralnej, co wynika z niepoprawnej aplikacji elektrody neutralnej,
- efektem kanałowym spowodowanym naturalną tendencją prądu do przepływu przez struktury o mniejszym oporze elektrycznym,
- źle odizolowanymi poszczególnymi częściami ciała pacjenta – prąd płynie również po powierzchni skóry,
- prądami upływu wysokiej częstotliwości – aby nie spowodowały oparzenia, pacjent musi być odizolowany od ziemi oraz operatora, nie może się stykać z żadnymi elementami metalowymi stołu operacyjnego,
- stosowaniem techniki „koagulacji przez narzędzia”,
- występowaniem pola elektromagnetycznego (bardzo rzadko) – aby uniknąć tego rodzaju oparzeń, pacjent nie może mieć żadnej biżuterii.

Oparzenie może wystąpić również na skutek działania ciepła pochodzącego od płynów i gazów, np. zapalenie płynów do odkażania skóry, zapalenie gazów anestetycznych, zapalenie gazów metabolicznych występujących w jelicie grubym, takich jak wodór i metan [8, 9].

Jednak najczęstszym rodzajem oparzenia podczas zabiegów z użyciem diatermii elektrochirurgicznej jest oparzenie od elektrody neutralnej wielorazowej. Oparzenia te klasyfikuje się wg skali oparzeń termicznych. Postępowanie pielęgniarskie w przypadku takich oparzeń jest identyczne jak w innych rodzajach oparzeń termicznych i uzależnione w głównej mierze od stopnia oparzenia. Oparzenia w elektrochirurgii niosą za sobą skutki medyczne oraz prawne. Coraz częściej słyży się o sprawach sądowych, gdzie pacjent pozywa szpital, a odszkodowania sięgają setek tysięcy złotych. W ostatnich latach częstość występowania oparzeń w elektrochirurgii znacząco spadła, w głównej mierze dzięki temu, że większość placówek używa wyłącznie elektrod jednorazowych oraz że bezpieczeństwo i jakość usług medycznych są traktowane priorytetowo.

Porażenie to pobudzenie nerwów i mięśni w wyniku przepływu prądu niskiej częstotliwości przez ciało pacjenta. Jest ono często mylone z oparzeniem. Porażenie podczas używania diatermii elektrochirurgicznej występuje bardzo rzadko. W aparatach elektrochirurgicznych używany jest prąd pomocniczy służący do kontroli elektrody neutralnej oraz startu koagulacji bipolarnej. Prąd ten płynie przez ciało pacjenta, ale ze względu na niskie natężenie nie powoduje żadnych negatywnych skutków. Aby zapobiec porażeniu, należy używać diatermii spełniającej normy bezpieczeństwa, podłączać sprzęt elektrochirurgiczny do gniazd elektrycznych z uziemieniem, używać kabla uziemiającego w celu wyrównania potencjałów, a także uziemiać stół operacyjny oraz wszystkie urządzenia elektryczne i elementy mogące przewodzić prąd [10, 11].

Bezpieczeństwo pracy z diatermiami elektrochirurgicznymi

Elektrody neutralne i czynne

Bezpieczeństwo pracy ze sprzętem elektrochirurgicznym w równej mierze dotyczy znajomości zasad działania diatermii elektrochirurgicznej, jak również właściwego postępowania się narzędziami elektrochirurgicznymi – elektrodą czynną i neutralną. Wraz z rozwojem technologii generatorów elektrochirurgicznych zauważa się znaczną poprawę w zakresie bezpieczeństwa. Na podstawie rejestru zdarzeń niepożądanych związanych z zastosowaniem elektrochirurgii metodę tę uważa się za bardzo bezpieczną [12].

Elektroda neutralna zbiera prąd wysokiej częstotliwości w trybie monopolarnym i pozwala na jego bezpieczne odprowadzenie do diatermii. Najbezpieczniejszym rodzajem elektrody neutralnej jest elektroda jednorazowa dwudzielna. Zaletą takiej płytki jest specjalnie rozproszona po obwodzie taśma przewodząca, która sprawia, że „zbierany” z ciała pacjenta prąd rozchodzi się równomiernie na całej powierzchni elektrody. Dodatkowo pas ten pozwala na niekierunkową jej aplikację. Drugim rodzajem elektrod neutralnych są elektrody neutralne wielorazowe silikonowe, które wymagają szczególnej uwagi podczas aplikacji oraz w czasie trwania całego zabiegu [13, 14].

Zasady aplikacji elektrody neutralnej:

- elektrodę neutralną należy aplikować tak, aby była skierowana dłuższą krawędzią w kierunku pola operacyjnego (nie dotyczy elektrod jednorazowych z taśmą okalającą),
- przed aplikacją należy dokładnie sprawdzić stan elektrody, w przypadku elektrod jednorazowych – datę ważności,
- elektrody neutralnej nie wolno moczyć i pokrywać żelem,
- niedopuszczalne jest przeklekanie elektrody jednorazowej czy używanie jej u kilku pacjentów,
- elektrodę należy aplikować tak, aby przylegała całą powierzchnią do skóry pacjenta,
- należy pamiętać, aby między elektrodę neutralną a skórę nie dostawały się żadne płyny,
- elektroda neutralna powinna być zaaplikowana w pobliżu pola operacyjnego, nie bliżej niż w odległości 20 cm,
- odłączając elektrodę, nie wolno ciągnąć za kabel,
- elektrodę wielorazową należy mocować w sposób, który uniemożliwi jej samoczynne przemieszczanie – należy użyć specjalnej taśmy mocującej,
- elektrodę neutralną należy aplikować na suchą i obtuszoną skórę [3].

Elektroda czynna dostarcza prąd wysokiej częstotliwości w miejsce aplikacji. Elektrody czynne dzielą się na monopolarne, bipolarne, do zabiegów chirurgii otwartej i laparoskopowej. Mogą być wielorazowe i jednorazowe. Ważne jest, aby w czasie trwania zabiegu zwracać



Ryc. 4. Elektroda neutralna wielorazowa

szczególną uwagę na zanieczyszczenia elektrod, które należy na bieżąco usuwać [3] (ryc. 4., 5.).

Elektrochirurgia a urządzenia do elektrostymulacji serca

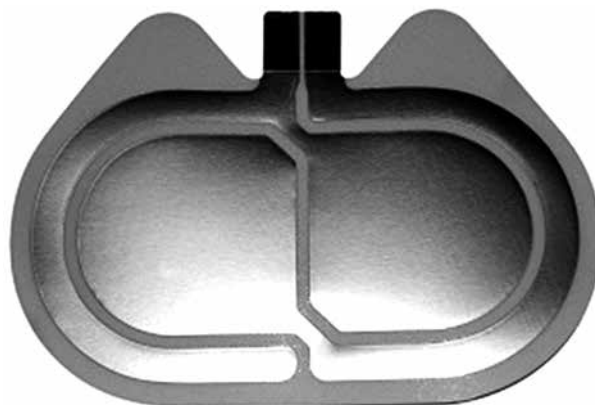
Pacjenci z wszczepionymi urządzeniami do elektrostymulacji serca mogą być zagrożeni w trakcie stosowania elektrochirurgii. Zabieg ten jest bezpieczny, jeśli jest odpowiednio monitorowany. Ryzyko nieprawidłowego działania rozrusznika zwiększa się w przypadku stosowania trybów monopolarnych, dlatego jeśli to możliwe, zaleca się u takich pacjentów stosowanie techniki bipolarnej. Większość rozruszników jest w stanie wytrzymać użycie elektrochirurgii monopolarnej, ale mimo to zaleca się konsultację kardiologiczną oraz takie umieszczenie elektrody neutralnej, aby prąd płynął jak najdalej od serca i możliwie najkrótszą drogą pomiędzy elektrodami. Należy stosować krótkie impulsy energii i nieprzerwanie monitorować funkcję serca chorego w trakcie całego zabiegu [15].

Przypadkowe oparzenia bezpośrednie

Nieoczekiwane oparzenia bezpośrednie są zazwyczaj wynikiem niezamierzonej aktywacji akcesoriów i dotyczą zarówno pacjenta, jak i personelu. Oparzeniu może ulec każda część ciała pacjenta, np. jeśli akcesoria leżą na stole operacyjnym i przypadkowo zostaną aktywowane. Dlatego bardzo ważna jest ich obserwacja, a aktywacja akcesoriów powinna następować wówczas, gdy znajdują się w polu widzenia. Sprawdzanie wszystkich przewodów aktywnych oraz kabli łączących powinno być postępowaniem rutynowym [16, 17].

Bezpieczeństwo personelu medycznego

Personel pracujący na sali operacyjnej oraz w innych miejscach, gdzie używa się urządzeń medycznych, jest narażony na ekspozycję na działanie pola elektro-



Ryc. 5. Elektroda neutralna jednorazowa

magnetycznego. Ekspozycja zawodowa na pole elektromagnetyczne występuje wtedy, gdy pracownik znajduje się w polu o natężeniu ze stref ochronnych ustalonych w rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. W elektrochirurgii źródłami ekspozycji elektromagnetycznej są przewody łączące generator z elektrodami czynnymi oraz elektroda neutralna. Wartości natężenia pola elektrycznego i magnetycznego zależą od trybu pracy (cięcie, koagulacja), rodzaju stosowanych elektrod oraz mocy [18].

Zalecane metody ograniczenia ekspozycji elektromagnetycznej

Do metod tych należą:

- stosowanie najmniejszych efektywnych nastaw mocy diatermii elektrochirurgicznych,
- unikanie szczególnie popularnych w prywatnych gabinetach diatermii pracujących na bardzo wysokich częstotliwościach, tzw. radiowych,
- używanie, jeśli jest to możliwe, elektrod bipolarnych,
- dbanie o to, aby przewody elektrod były układane jak najdalej od personelu oraz metalowego wyposażenia sali operacyjnej, stanowiących tzw. wtórne źródła pól elektromagnetycznych,
- prowadzenie przewodów elektrody czynnej i biernej razem w taki sposób, aby personel nie znajdował się między nimi,
- dbanie o to, aby kable były jak najmniej poskręcane,
- przeprowadzanie okresowych pomiarów kontrolnych pola elektromagnetycznego,
- poddawanie pracowników okresowym badaniom lekarskim i szkoleniom ze względu na pracę w obrębie działania pola elektromagnetycznego,
- regularne przeprowadzanie przeglądów diatermii wg zaleceń producenta przez autoryzowane serwisy [18, 19].

Podsumowanie

Każda interwencja chirurgiczna stanowi połączenie wiedzy i doświadczenia personelu medycznego z nowoczesnymi technikami chirurgicznymi. Elektrochirurgia jest skuteczną i bezpieczną metodą wykorzystywaną we wszystkich specjalizacjach zabiegowych, począwszy od prostych zabiegów ambulatoryjnych aż po wysokospecjalistyczne procedury operacyjne. Jedną z ważniejszych zalet stosowania diatermii elektrochirurgicznej jest niewielka śródoperacyjna utrata krwi oraz szybsze i prawidłowe gojenie się ran pooperacyjnych. Ponadto po zabiegach chirurgicznych z użyciem diatermii zaobserwowano znacznie mniej zakażeń pooperacyjnych oraz stwierdzono, że pacjenci odczuwają mniejsze dolegliwości bólowe [20, 21].

W ostatnich latach znacznie wzrosły jakość i poziom świadczeń medycznych, jak również poziom wiedzy pacjentów na temat procedur medycznych. Dużo miejsca poświęca się bezpieczeństwu personelu, ale przede wszystkim pacjenta. Dlatego znajomość działania sprzętu elektrochirurgicznego oraz zasad jego bezpiecznego używania jest tak ważna i daje komfort podejmowania właściwych decyzji w zakresie procedur chirurgicznych oraz pewność wyboru najlepszej opieki nad pacjentem.

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

Piśmiennictwo

1. Massarweh NN, Cosgriff N, Slakey DP. Electrosurgery: history, principles and current and future uses. *J Am Coll Surg* 2006; 202: 520-521.
2. Rokita E. Elektrochirurgia w ginekologii. *Nowy Gabinet Ginekologiczny* 2012; 4: 18-21.
3. Emed sp. z o.o. Zasady bezpiecznego używania sprzętu elektrochirurgicznego, 2010: 7-8.
4. Tucker RD, Platz CE, Landas SK. Histologic characteristics of electrosurgical injuries. *J Am Assoc Gynecol Laparoscopists* 1997; 4: 201-206.
5. Barlow DE. Endoscopic applications of electrosurgery: A review of basic principles. *Gastrointest Endosc* 1982; 28: 73-76.
6. Ginsberg GG, Barkun AN, Bosco JJ, et al. Technology status evaluation report: The argon plasma coagulator. *Gastrointest Endosc* 2002; 55: 807-810.
7. Farin G, Grund KE. Technology of argon plasma coagulation with particular regard to endoscopic applications. *Endosc Surg Allied Technol* 1994; 2: 71-77.
8. Strocchi A, Bond JH, Ellis C, Levitt MD. Colonic concentrations of hydrogen and methane following colonoscopic preparation with an oral lavage solution. *Gastrointest Endosc* 1990; 36: 580-582.
9. Sałasiński K. Bezpieczeństwo elektryczne w zakładach opieki zdrowotnej. *COSIW SEP Warszawa* 2006; 20-25.
10. Gryz K, Karpowicz J. Źródła pól elektromagnetycznych – monitory ekranowe. *Bezpieczeństwo Pracy* 2002; 4: 13-17.
11. Norma PN-EN 61140:2005. Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym – wspólne aspekty instalacji i urządzeń.
12. Vilos G, Latendresse K, Gan BS. Electrophysical properties of electrosurgery and capacitive induced current. *Am J Surg* 2001; 182: 222-225.
13. Electrosurgical units. *Health Devices* 1998; 27: 93-111.
14. Veitch A, Fairclough P. Endoscopic diathermy in patients with cardiac pacemakers. *Endoscopy* 1998; 30: 544-547.
15. Madigan JD, Choudhri AF, Chen J, et al. Surgical management of the patient with an implanted cardiac device. *Ann Surg* 1999; 230: 544-547.
16. Veck S. An introduction to the principles of safety of electrosurgery. *Br J Hosp Med* 1996; 55: 27-30.
17. Sparking from and ignition of damaged electrosurgical electrode cables. *Health Devices* 1998; 27: 301-303.
18. Jarosiewicz G. Bezpieczeństwo i higiena pracy w polach elektromagnetycznych. *Zeszyty Inspektora Pracy. Główny Inspektorat Pracy, Warszawa* 2008; 32-33.
19. Ulmer BC. Use of electrosurgery in the perioperative setting. *Plast Surg Nurs* 2002; 22: 173-178.
20. Kearns SR, Connolly EM, McNally S, et al. Randomized clinical trial of diathermy versus scalpel incision in elective midline laparotomy. *Br J Surg* 2001; 88: 41-44.
21. Chrysos E, Athanasakis E, Antonakakis S, et al. A prospective study comparing diathermy and scalpel incisions in tension-free inguinal hernioplasty. *Am Surg* 2005; 71: 326-329.