

EDWARD KOMAR

Elektronarkoza u zwierząt

Z Kliniki Chirurgicznej Instytutu Chorób Niezakaźnych Wydziału Weterynaryjnego AR w Lublinie

Znieczulenie ogólne uzyskiwane przy pomocy środków farmakologicznych posiada jeszcze pewne niedoskonałości, których nie można uniknąć. Należą do nich: względnie powolne uzyskiwanie stanu narkozy, niemożność jej natychmiastowego przerwania oraz długi sen ponarkotyczny. Wad tych natomiast nie ma znieczulenie elektryczne, które cechuje: szybkie, niemal natychmiastowe wprowadzenie pacjenta w sen narkotyczny, możliwość przerwania snu (przez wyłączenie prądu) w każdym momencie i prawie natychmiastowy powrót do pełnej sprawności po wyłączeniu prądu. Do zalet tych dochodzi jeszcze dość istotny w weterynarii czynnik, a mianowicie niski koszt narkozy. Bodźcem do napisania niniejszego artykułu stał się brak w polskim piśmiennictwie weterynaryjnym danych o znieczulaniu zwierząt prądem elektrycznym.

Pierwsze próby zastosowania prądu stałego do znieczulania ryb w wodzie poczynił wiedeński lekarz Mach w 1875 r. (4, 5, 12, 13). W 1890 r. d'Arsonval znieczulał króliki prądem stałym przerywanym o wysokiej częstotliwości (4, 12), a Leduc w 1902 r. rozpoczął badania nad wywoływaniem elektronarkozy u psów i ludzi, prądem stałym przerywanym o różnej częstotliwości, napięciu i natężeniu (3, 4, 5, 21). Dane o stosowaniu prądu elektrycznego do znieczulania zwierząt odnoszą się głównie do prac eksperymentalnych. W przypadkach klinicznych elektronarkoza stosowana była do zabiegów operacyjnych (trwających czasem nawet kilka godzin) u psów (1, 3, 4, 5, 10, 15); kotów (7, 8, 15); lisów i soboli (20); świń (12, 17); bydła (17, 20); koni (10, 17) i owiec (17). W znieczuleniu tym wykonywano takie operacje jak: wycięcie jajników i macicy, repozycje złamań, laparotomie, resekcje jelit, usuwanie przepuklin (1, 4, 7, 8, 10, 12, 15, 17, 20).

Teorii wyjaśniających zjawisko elektronarkozy jest wiele (14, 18, 19). Autorzy ich przyjmują, że przyczyną tego stanu mogą być:

a) zaburzenia w informacji biologicznej mózgu na skutek zablokowania przenoszenia informacji przez odpowiednio dobrane wartości prądu elektrycznego i jego częstotliwości.

b) uwalnianie pod wpływem działania prądu hormonów lub metabolitów, które mogą wpływać na centralny układ nerwowy, a przede wszystkim na podwzgórze i istotę siatkowatą.

c) synchronizacja aktywności mózgu z działaniem prądu, przez co dochodzi jak gdyby do przedłużonego napadu epileptycznego.

d) wygaszanie pobudzenia napływającego z przeciwnego kierunku w stosunku do prądu, aż do zaniku pobudzenia.

e) trwała depolaryzacja impulsów katodowych o określonej częstotliwości.

f) wyczerpanie przenoszenia synaptycznego (blok synaptyczny)

g) hamowanie synaptyczne

h) pobudzenie specyficznych ośrodków hamowania, powstających jako odpowiedź na ciągłe pobudzenie

i) działanie pośrednie, przez zmiany miejsca przemian lub stężenia elektrolitów.

Ta mnogość teorii nie wyjaśnia w istocie mechanizmu elektronarkozy. Wyjaśnienie takie będzie możliwe wówczas, gdy uda się określić, na jaki odcinek łańcucha reakcji bólowej działa blokująco prąd elektryczny. Badania ostatnich lat pozwoliły na stwierdzenie, że większość środków znieczulających ogólnie (farmakologicznych) działa poprzez blokowanie ośrodków korowych i związanych z nimi ośrodków podkorowych, na drodze wyłączenia wstępującej aktywacji kory (2, 9). Uważa się, że w przebiegu elektronarkozy dochodzi do blokowania pobudzenia wstępującego z istoty siatkowatej na korę mózgową (2, 9).

Przy wywoływaniu elektronarkozy bardzo duże znaczenie odgrywają elektrody. Odnosi się to do ich: konstrukcji, rodzaju kontaktu i sposobu umocowania. Elektrody powinny posiadać stały opór i zapewnić ścisły kontakt między generatorem prądu a obiektem narkotyzowanym. Najczęściej używane są elektrody igłowe. Pozwalają one na dokładne zlokalizowanie przepływu prądu przez tkanki i w tym celu często są izolowane aż do ostrza. Jest to ważne, ponieważ występowanie elektronarkozy warunkuje przepływ prądu przez określone ośrodki centralnego układu nerwowego. Wadą elektrod igłowych jest uszkodzanie ciągłości tkanek przy ich wprowadzaniu jak też częste powodowanie oparzenia, po włączeniu zbyt wysokich wartości prądu. Przy stosowaniu elektrod płytkowych, których niewątpliwą zaletą jest naskórne ułożenie, należy mieć na uwadze większy opór tkanek i w związku z tym konieczność zapewnienia dobrego kontaktu i odpowiedniego ich umocowania. Miejsce przyłożenia elektrod winno być wygolone, oczyszczone, odtłuszczone i pokryte pastą kontaktową (np. pasta do EKG) lub zwilżone hipertonicznym roztworem chlorku sodowego. Nie bez znaczenia jest również rodzaj materiału z jakiego wykonane są elektrody. Naj-

lepsze są ze srebra, złota lub platyny. Gorsze jakościowo z miedzi posrebrzanej lub mosiądzu. Umocowanie elektrod płytkowych uzyskuje się za pomocą kapturów z otworami do ich umocowania lub taśm kauczukowych albo gumowych. Elektrody mogą być ułożone poprzecznie lub podłużnie (w stosunku do długiej osi ciała). Przy przepływie poprzecznym konieczne są wyższe wartości prądu, a objawy uboczne są niewielkie, natomiast przy podłużnym ułożeniu wystarczają niskie wartości prądu, lecz elektronarkozie takiej towarzyszy depresja oddechowa, łzotok, zwężenie źrenicy (cyt. za 12).

W przypadkach gdy nastąpi nawet krótka przerwa w kontakcie czaszka-elektroda tj. w dopływie prądu, dochodzi do natychmiastowego obudzenia się pacjenta. Największym problemem przy eksperymentalnym opracowywaniu zasad wykonywania instalacji do elektronarkozy jest odmiennosc topografii mózgu człowieka i zwierzęcia. Do trudności związanych z potrzebą odmiennego zakładania elektrod u różnych zwierząt doświadczalnych i przy znacznych odchyleniach indywidualnych kształtów czaszki, dochodzi jeszcze dodatkowo różna wielkość oporów poszczególnych tkanek otaczających centralny układ nerwowy i zmiany oporu powstające przez przesunięcia elektrolitowe, pocenie się i inne czynniki.

W literaturze najczęściej spotyka się dane o ułożeniu elektrod: obuskroniowym (1, 4, 5, 12, 15, 20); czołowo-potylicznym (7, 8, 12, 15); podniebiennie-potylicznym (15); oczodołowo-potylicznym i czołowo-łędźwiowym (1); oboczynym (12) oraz o ułożeniach czoło-odbyt i usta-odbyt (10).

W zależności od sposobu uzyskiwania stanu znieczulenia wyróżnia się (wg 11):

- I. ogólne znieczulenie elektryczne
- II. miejscowe znieczulenie elektryczne
- III. elektronarkozę zdalną.

Ogólne znieczulenie elektryczne może być uzyskiwane w formie:

- A. elektronarkozy „czystej”
- B. elektronarkozy kombinowanej
- C. elektronarkozy zależnej od rodzaju użytego prądu.

Elektronarkoza „czysta” jest uzyskiwana działaniem samego tylko prądu, bez podawania jakichkolwiek środków farmakologicznych. Może być ona osiągana na drodze:

1. wstępującej, która polega na stopniowym zwiększaniu natężenia prądu, pozwalającego zwierzęciu na łagodne zasypianie bez ekscytacji. Jednakże zwiększanie natężenia prądu może wywołać skurcze, bezdech lub stan podobny do elektroszoku. Narkoza wywołana drogą wstępującą nigdy nie osiągnie głębokości właściwej dla stadium tolerancji chirurgicznej,

2. zstępującej. Przy tej formie wprowadzenia, początkowo stosuje się wysokie natężenia prądu, przez co dochodzi do wystąpienia klinicznego obrazu elektroszoku i zespołu skurczowego. Po kilku sekundach natężenie prądu obniża się do wysokości wystarczającej dla utrzymania stanu narkozy. Przy tym sposobie wprowadzania może dojść do wystąpienia zaburzeń ze strony układu naczyniowego (tachykardii, arytmii i zatrzymania pracy serca), wynaczynień w mózgu, przerwania mięśni oraz bezwiednego oddawania kału i moczu. Komplikacje te przyczyniły się do opracowania tzw. elektronarkozy kombinowanej.

W elektronarkozie kombinowanej dla uniknięcia komplikacji w okresie wprowadzania pacjenta w znieczulenie, zalecane jest farmakologiczne jego przygotowanie przy użyciu środków przeciwbólowych, nasennych, uspokajających lub zwiotczających mięśnie. Prąd elektryczny zostaje włączony z chwilą wystąpienia działania zastosowanych uprzednio środków.

Elektronarkoza może być: 1. jednoprądowa i 2. wieloprądowa. Jednoprądowa może być uzyskana przy użyciu prądu: stałego, zmiennego, impulsowego lub modulowanego. Prądy te mogą mieć różną częstotliwość tj.: a) niską — do 200 Hz; b) średnią — 200 Hz do 1 kHz i c) wysoką — ponad 1 kHz. Przy prądach impulsowych używane są częstotliwości w zakresie 70—100 Hz, a przy prądzie zmiennym sinusoidalnym w zakresie 700 Hz do 2 kHz.

Prądy o niskiej częstotliwości powodują zmiany w miejscu przyłożenia elektrod, natomiast prądy o wysokiej częstotliwości dają słabsze objawy miejscowe, a sen narkotyczny uzyskuje się po łagodnym wprowadzeniu. Jednakże dla uzyskania stadium tolerancji konieczny jest prąd o silniejszym działaniu.

W elektronarkozie wieloprądowej chodzi o kombinację różnych rodzajów prądu, przy czym próbuje się eliminować działania uboczne poszczególnych prądów. Można w tym celu używać prąd stały z nałożonym prądem zmiennym, prądy interferencyjne i modulowane — wysokiej częstotliwości. Jedną z dalszych form jest połączenie prądu stałego i szerokopasmowego. Ten ostatni obejmuje częstotliwości od 5 Hz do 50 kHz, a natężenie w granicach 2,5 do 110 mA.

Miejscowe znieczulenie elektryczne może być uzyskane w przypadkach, gdy w obwód prądu zostanie włączony pień nerwowy. Może być ono jedno- lub wieloprądowe. Stosuje się tu takie same rodzaje prądu jak do elektronarkozy. Metoda znalazła zastosowanie w przypadkach leczenia dolegliwości chronicznych, jak np. przy neuralgiach, zmianach reumatycznych, po wypadnięciach dysku itp.

Zdalna elektronarkoza polega na wykorzystaniu działania znieczulającego pola magne-

tycznego, prądów bardzo wysokiej częstotliwości lub pola elektrostatycznego.

Dobór wartości prądu elektrycznego dla ludzi następuje wg kryteriów określonych w neurofizjologii. Bierze się tu pod uwagę: częstotliwość, czas trwania impulsu i przerwy. Masymalny efekt działania osiąga się, gdy długość impulsu zbliżona jest do chronaksji, częstotliwość do labilności, a stopień narastania amplitudy do wielkości akomodacji (6). Dlatego biorąc pod uwagę chronaksję kory mózgowej, długość impulsu winna wynosić 0,5 milisekundy, a częstotliwość powinna przekraczać częstotliwość krytyczną tj. 100 Hz. Mózgu nie można rozpatrywać jako ciała jednorodnego, ponieważ np. włókna wewnątrzkorowe charakteryzują się chronaksją 0,1–0,4 milisekundy, a ciała zwojów głębokich: 0,9–1,7 milisekund (6).

Wg danych z literatury najodpowiedniejsze są następujące wartości: dla psów — 700 Hz, 35–40 mA, 40 V (4); dla świń zstępująca — 20 kHz do 100 Hz (12).

Określenie głębokości elektronarkozy sprawia duże trudności. Ze względu na podłączone napięcia do mózgu nawet badanie elektroencefalograficzne okazało się niewystarczające.

Kryteria klinicznej oceny głębokości narkozy elektrycznej zostały opracowane w oparciu o dane dotyczące zachowania się gałki ocznej, mięśni, oddychania i krążenia (16). Przy obserwacji oka zwraca się uwagę na: odruch powiekowy i rogówkowy, szparę powiekową, ustawienie gałki ocznej, źrenice i jej reakcję na światło oraz na łzawienie. W głębokim znieczuleniu elektrycznym brak jest: odruchu powiekowego i rogówkowego, reakcji źrenicy na światło i łzotoku; powieki są zamknięte, gałka oczna ustawiona centralnie, źrenica rozszerzona. Przy obserwacji mięśni określa się zachowanie się mięśni twarzy i mięśni posturalnych oraz ich reakcji na ból. Oddechy w elektronarkozie są zwolnione, głębokie, czasem z przedłużonym bezdechem. Badaniem układu krążenia stwierdza się: arytmie, tachykardie, znaczne podwyższenie ciśnienia krwi. W literaturze podawany jest jeszcze inny podział głębokości narkozy — na stopnie od I do IV (21). Stopień I — występuje przy obniżeniu wartości prądu poniżej wartości koniecznej dla utrzymania narkoz. Zwierze śpi, ale reaguje na bodźce bólowe poruszaniem się. Odruch źreniczny zachowany. W II stopniu jest już znieczulenie chirurgiczne. Brak odpowiedzi na bodźce bólowe. Oddychanie jest dostateczne. Mięśnie szkieletowe zwiótzały. Brak odruchu źrenicznego. Przy dalszym wzroście wartości prądu osiąga się stopień III. Zwierzę wtedy śni. Występuje pełna analgeza, zwiększony tonus mięśni szczególnie kończyn, ponadto pojawiają się trudności w oddychaniu. Stopień IV charakteryzują objawy skurczowe. Praktycznie II stopień poznaje się

po utracie odruchu źrenicznego, którą poprzedza utrata odruchu rogówkowego. Odruch źreniczny nie może być brany pod uwagę u zwierza, które przed elektronarkozą otrzymały atropinę.

W przebiegu elektronarkozy, a szczególnie w okresie wprowadzania bardzo często pojawia się ślinotok i zatrzymanie oddechu. Dotyczy to najczęściej przypadków z wprowadzaniem zstępującym (4, 5, 8, 12). Obserwowano tachykardię (5), wzrost ciśnienia krwi (8, 12, 15), drgawki mięśni i ich zeszywnienia (5, 8, 15, 16), oddawanie kału i moczu (5, 15). Ponadto stwierdzano oparzenia pod elektrodami lub przy nich (13), wakuolizację i hiperchromię jąder komórek nerwowych oraz wybroczyny w mózgu i oponie miękkiej (5).

Jak dotychczas elektronarkoza nie znalazła szerszego znaczenia praktycznego ze względu na trudności natury technicznej, jak też i liczne działania uboczne. Jednakże prostota jej wywoływania, szybkie wprowadzenie i możliwość przerwania w dowolnym momencie, szybki powrót do normy po wyłączeniu prądu oraz jej niski koszt są czynnikami zachęcającymi do poszukiwania sposobów jej wprowadzenia i szerokiego stosowania w praktyce weterynaryjnej.

Piśmiennictwo

1. Ananew G. M., Golubeva V. J., Gurcova V. E., Kaschevskaya A. L., Levitskaja A. L., Khudy Yu. V.: *Anesthesiology*, 21, 215, 1960.
2. Anochin K. P., Kuzim J. M., Sudakov V. K., Zukowski D. V., Abramow B. Ju., Alber O. W., Bunina P. T.: *Vest. Akad. Med. Nauk SSSR*, 24, 22, 1969.
3. Geddes A. L., Hoff E. H., Voss C.: *Cardiovasc. Res. Center Bull.*, 3, 38, 1964.
4. Hardy J. D., Turner M. D., McNeil C. D.: *J. Surg. Res.*, 1, 152, 1961.
5. Herin R. A.: *Am. J. vet. Res.*, 29, 601, 1968.
6. Ivanov-Muromskij A. K.: *Samoregulacja głównego mózga. Naukova Dumka, Kijew*, 1971.
7. Klemm W. R., O'Leary T.: *Anesthesiology*, 25, 776, 1964.
8. Komar E.: *Obserwacje kliniczne nad stosowaniem prądu elektrycznego do narkoz u małych zwierząt. Biuletyn V Zjazdu PTNW, Olsztyn*, 1974, 191.
9. Kuzin J. M., Zukowski D. V., Saczkow J. W.: *Eksper. chir.*, 8, 57, 1963.
10. Makaszow W. A.: *Veterinarija, Moskwa*, 27, 40, 1950.
11. Marinov S. P. V.: *The terminology of electroanaesthesia, an attempt at the classification of electroanaesthetic phenomena. Proc. of the Second International Symposium on Electrotherapeutic Sleep and Electroanaesthesia, Graz, 1969. Excerpta Medica Foundation, ICS, Nr 212, Amsterdam 1970*, 55.
12. Mickwitz v. G., Reinhard H. J.: *Dt. tierärztl. Wschr.*, 73, 49, 1966.
13. Müller A.: *Schweizer Arch. Tierheilk.*, 112, 215, 1970.
14. Müller A.: *Zentbl. VetMed.*, R. A, 15, 413, 1968.
15. Northway R. B.: *Vet. Med. small Anim. Clin.*, 66, 198, 1971.
16. Rama Rao R. K., Rao N. L., Bhalla K. S.: *Clinical signs of electroanaesthesia. Proc. of the First International Symposium on Electrotherapeutic Sleep and Electroanaesthesia, Graz 1966. Excerpta Medica Foundation, ICS, No 136, Amsterdam 1967*, 269.
17. Short Ch. E.: *J. Am. vet. med. Ass.*, 145, 1104, 1964.
18. Short Ch. E.: *Curr. Res. Anesth. Analg.*, 44, 517, 1965.
19. Short Ch. E.: *Curr. Res. Anesth. Analg.*, 46, 540, 1967.
20. Sundukov P. S., Kalniczenko W. K., Naczatow H. Ju.: *Veterinarija, Moskwa*, 49, 98, 1973.
21. Wulfsohn N., Mc Bride W.: *S. Afr. med. J.*, 36, 941, 1962.

Adres autora: dr habil. Edward Komar, ul. Sowińskiego 7/18, 20-040 Lublin.