

Rozwój zakrętu zębatego w życiu płodowym bydła – obserwacje w mikroskopie elektronowym

IZABELA KRAKOWSKA, MAŁGORZATA MATYSEK, JADWIGA JAWORSKA-ADAMU

Katedra Anatomii i Histologii Zwierząt Wydziału Medycyny Weterynaryjnej AR, ul. Akademicka 12, 20-033 Lublin

Krakowska I., Matysek M., Jaworska-Adamu J.

Development of the hippocampus gyrus dentate during bovine fetal life – observations using an electron microscope

Summary

The aim of the study was to use an electron microscope to determine when the appropriate structures of mature nerve and glial cells in bovine hippocampus gyrus dentate start to appear during fetal life and how this development occurs in different age groups. Samples for examination under electron microscopes were taken from fetal brains at 16, 18, 20, 23 and 29 weeks of life.

The ultrastructure development during the different periods of development was described and the outcome produced as electronograms. The results of the study indicate that the ultrastructural development of neurons and glial cells of the studied regions ends in the last trimester of pregnancy.

Keywords: bovine, gyrus dentate

Zakręt zębaty (*gyrus dentatus*), stanowiący część tworzącego hipokampa (*formatio hippocampi*) opisywano u człowieka (2, 11) oraz u zwierząt (1) ze względu na powiązania z niektórymi schorzeniami neurologicznymi, takimi jak: choroba Alzheimera, choroba Parkinsona, płasawica Huntingтона czy BSE. *Gyrus dentatus* to szare, cienkie pasmo, leżące przyśrodkowo w stosunku do zakrętu hipokampa (*gyrus parahippocampalis*) z charakterystycznymi poprzecznymi karbowaniami na jego powierzchni, które ku przodowi zanikają. W budowie zakrętu zębatego wyróżnia się trzy warstwy: warstwę drobinową, warstwę komórek ziarnistych i warstwę komórek różnokształtnych. U większości gatunków zwierząt ma on kształt litery C i oddzielony jest od pola CA1 hipokampa oraz podpory przez szczelinę hipokampa. Warstwa komórek różnokształtnych u wielu gatunków zwierząt przedstawia inne ułożenie niż ma to miejsce u człowieka. U szczura i u naczelnych (z wyjątkiem człowieka), podobnie jak u bydła, określono wyraźnie przynależność tej warstwy do zakrętu zębatego.

Celem badań było określenie przy pomocy mikroskopu elektronowego, w którym okresie życia płodowego bydła pojawiają się struktury charakterystyczne dla dojrzałych komórek nerwowych oraz komórek glejowych i jak przebiega ich rozwój w poszczególnych przedziałach wiekowych.

Materiał i metody

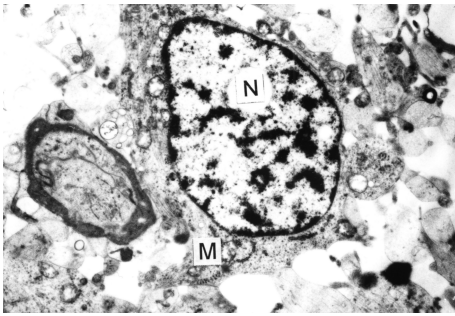
Twór hipokampa do badań w mikroskopie elektronowym pobrano z mózgowi płodów bydłych w wieku: 16, 18, 20, 23 i 29 tygodni. Płody uzyskano z zakładów mięsnych i ubojni od krów rasy czarno-białej, w wieku od 3-6 lat. Wiek płodów określono na podstawie tabeli Baraldiego. Po pobraniu

materiał utrwalono w mieszaninie 2% aldehydu glutarowego z 2% paraformaldehydem w 0,1 M buforze kakaodylenowym, odwodniono w alkoholu etylowym i zatopiono w żywicy, a następnie krojono na ultramikrotomie. Uzyskane ultracienkie skrawki (o grubości około 500-600 angstromów) kontrastowano przez 15 minut w 8% octanie uranylu w 0,5% kwasie octowym przez 45 minut oraz w cytrynianie ołowiu wg metody Reynoldsa. Skrawki oglądano i fotografowano w mikroskopie elektronowym Tesla BS-500.

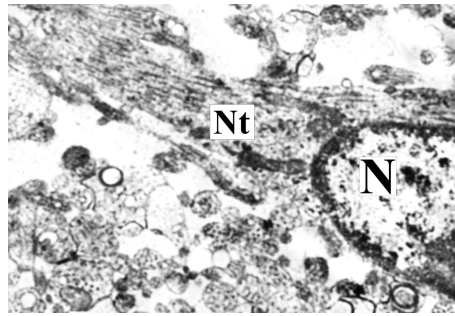
Wyniki i omówienie

Wyniki uzyskanych badań dowodzą, że zakręt zębaty hipokampa jest częścią formacji hipokampa, która wykazuje najszybszy rozwój u płodów bydła w drugim trymestrze ciąży; dotyczy to większości ultrastruktur tego obszaru. W ostatnim trymestrze ciąży stwierdzono zakończenie rozwoju ultrastruktur należących zarówno do neuronów, jak i komórek glejowych zakrętu zębatego, co świadczy o ich dojrzałości.

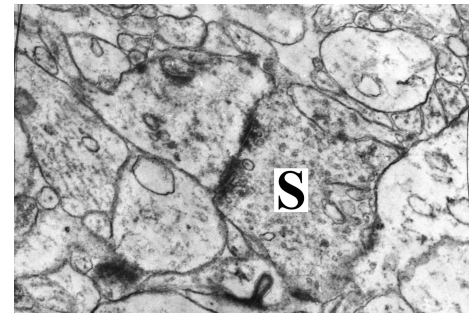
W 16. tygodniu życia płodowego bydła komórki zakrętu zębatego nie są jeszcze rozwinięte. W 18. tygodniu życia płodowego u bydła niektóre komórki glejowe zakrętu zębatego są już częściowo wykształcone (ryc. 1), a pomiędzy komórkami nerwowymi obserwuje się liczne naczynia krwionośne o średnicy pojedynczych krwinek. Są one wysłane komórkami śródbłonna, zawierającymi duże jądro z chromatyną oraz rozciągniętą cytoplazmę wyścielającą naczynie. W 20. tygodniu życia płodowego w zakręcie zębatym występują zorganizowane ultrastruktury komórek nerwowych i glejowych (ryc. 2). Zaczynają pojawiać się blaszki mielinowe oraz połączenia synaptyczne. W wykształconych komórkach nerwowych widoczne są skupiska chromatyny jądrowej, któ-



Ryc. 1. Ultrastruktura oligodendrocytu płodu w 18. tyg. życia (pow. ok. 35 000×)
Objaśnienia: M – mitochondria, N – jądro



Ryc. 2. Ultrastruktura komórki nerwowej płodu w 20. tyg. życia (pow. ok. 35 000×)
Objaśnienia: N – jądro, Nt – neurotubule



Ryc. 3. Ultrastruktura synapsy akso-aksonalnej z pęcherzykami synaptycznymi płodu w 29. tyg. życia (pow. 30 000×)
Objaśnienia: S – synapsa

re ułożone są wokół jąderka. Charakterystyczny jest układ i kształt skupisk chromatyny, w którym nie ma regularności, a chromatyna układa się inaczej w komórkach glejowych niż w komórkach nerwowych. Takie różnorodne rozmieszczenie chromatyny pozwala na odróżnienie komórek glejowych od komórek nerwowych w tym okresie rozwojowym.

W 23. tygodniu życia płodu cytoplazma komórek nerwowych opisywanego obszaru zawiera liczne mitochondria i wolne rybosomy; wyraźna jest również siateczka śródplazmatyczna ziarnista, która przyjmuje postać wąskich kanałów z niewielką ilością rybosomów na powierzchni. Aparat Golgiego ma kształt zaokrąglonych cystern i wąskich kanałów. Występuje większa ilość komórek oligodendrogleju z dużymi mitochondriami. Widoczne są również podziały jąder komórkowych. W tym okresie życia płodowego występuje już zjawisko migracji monocytów ze szpiku kostnego do mózgowia.

W następnym okresie rozwojowym, czyli w 29. tygodniu życia płodowego, w komórkach nerwowych są również widoczne liczne mitochondria, siateczka śródplazmatyczna, aparat Golgiego i rybosomy. Struktury są większe niż w poprzednim okresie oraz mają wyraźniejsze zarysy. Występuje więcej połączeń synaptycznych, w komórkach nerwowych widoczne są stożki aksonalne. Aksony otacza kilkuwarstwowa osłonka mielinowa. Neurony mają dobrze wykształcone jądro komórkowe z wyraźną błoną jądrową i występującymi w niej porami oraz wszystkie pozostałe struktury cytoplazmatyczne. Synapsy posiadają wyraźną szczelinę synaptyczną i szerokie zagęszczenia postsynaptyczne; pęcherzyki synaptyczne są liczne (ryc. 3).

Badania rozwoju ultrastruktur OUN w okresie prenatalnym dotyczą głównie procesu mielinizacji i rozwoju samych neuronów (5, 7, 9). Według badań przeprowadzonych na zwierzętach (3, 4) neuroblasty, które przekształcają się w komórki ziarniste zakrętu zębatego, migrują najpierw do powierzchniowych warstw, a dopiero później układają się w warstwie głębszej. Zakręt zębaty płodu bydła w wieku 13 tygodni życia można porównać z tą samą strukturą płodu człowieka w wieku 16 tygodni (6, 10). Badania prowadzone na innych gatunkach zwierząt, np. u szczura potwierdzają, że u zwierząt następuje wcześniejsze dojrzewanie ultrastruktur tkanki nerwowej niż ma to miejsce u człowieka

(13). U szczurów stwierdzono, że w przypadku zakrętu zębatego najszybszy rozwój następuje w okresie postnatalnym (8, 12). Natomiast u myszy wykazano, że komórki ziarniste zakrętu zębatego są najpóźniej dojrzewającymi strukturami, w tworze hipokampa (3). Najbardziej charakterystyczne zmiany w obrębie zakrętu zębatego u bydła obserwuje się na przełomie 18. i 20. tygodnia życia płodowego. Najlepiej i najdokładniej widoczne są w mikroskopie elektronowym, ponieważ możliwe jest prześledzenie procesu dojrzewania poszczególnych ultrastruktur tego obszaru. W porównaniu z zakrętem zębatego u człowieka jest to bardzo szybki rozwój.

W ostatnich latach przedstawiają teorię (6), że czas, w którym następuje rozwój płodowy komórek zakrętu zębatego ma związek z ich odpornością na neurodegenerację w przypadku wystąpienia czynników chorobowych.

Piśmiennictwo

1. Aggleton J. P.: A description of the amygdalo-hippocampal interconnections in the macaque monkey. *Exp. Brain Res.* 1986, 64, 515-526.
2. Amaral D., Insausti R., Cowan W. M.: The commissural connections of the monkey hippocampal formation. *J. Comp. Neurol.* 1984, 224, 307-336.
3. Angevin J. B. Jr.: Time of neuron origin in the hippocampal region. An autoradiographic study in the mouse. *Exp. Neurol.* 1965, 2, 1-70.
4. Bentivoglio M.: The Golgi apparatus emerges from nerve cells. *Trends Neurosci.* 1998, 21/5, 195-200.
5. Brodal A., Harrison R. G.: Observations on the chemical composition of myelin and the smallest size of myelinated nerve fibers in the central nervous system. *Quart. J. Micr. Sci.* 1948, 89, 89.
6. Dąmbska M., Laure-Kamionowska M.: Myelination as a parameter of normal and retarded brain maturation. *Brain Develop.* 1990, 12, 214-220.
7. Fleischhauer K., Wartenberg H.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen über das Wachstum der Nervenfasern und über das Auftreten von Markscheiden im Corpus callosum der Katze. *Zschr. Zellforsch.* 1967, 83, 568-572.
8. Minkwitz H.: Zur Entwicklung der Neuronenstruktur des Hippocampus während der par und postnatalen Ontogenese der Albinoratte. *J. Hirnforsch.* 1976, 17, 213-231.
9. Mossakowski M. J., Gajkowska B., Tsitsishvili A.: Ultrastructure of neurons from the CA1 sector of Ammon's horn in short-term cerebral ischemia in Mongolian gerbils. *Neuropatol. Pol.* 1989, 27, 39-53.
10. Müller F., O'Rahilly R.: The first appearance of the future cerebral hemispheres in the human embryo at stage 14. *J. Anat. Embryol.* 1988a, 177, 495-511.
11. Rosene D. L., Van Hoesen G. W.: The hippocampal formation of the primate brain. A review of some comparative aspects of cytoarchitecture and connections, [w:] Jones G. E., Peters A. (eds.): *Cerebral cortex.* Plenum Press, 1987, 6, 345-456.
12. Shirley A.: Development of the hippocampal region in the rat, morphogenesis during embryonic and early postnatal life. *J. Comp. Neurol.* 1980, 190, 115-134.
13. Szczech J.: Mielinizacja układu limbicznego w rozwoju ontogenetycznym szczura. *Neuropat. Polska* 1978, 16, 25.

Adres autora: dr Izabela Krakowska, ul. Akademicka 12, 20-033 Lublin