

Е. Е. Степура, Т. В. Ипполитова

Электрофизиологические особенности биоэлектрической активности головного мозга лошадей

Аннотация.

Цель: изучение биоэлектрической активности головного мозга и определение параметров электроэнцефалограмм у спортивных и нетренированных лошадей.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись лошади в возрасте от 2 до 20 лет в количестве 150 голов. Животные находились в активном тренинге, а также использовались в прокате для обучения верховой езде, вес в среднем составил 550,78 кг, породы – орловская рысистая, русская рысистая, американская рысистая и ганноверская. Во время регистрации ЭЭГ лошадей фиксировали с помощью недоуздка на развязках. Опыты проводили в утренние или дневные часы за 1 час до кормления / тренинга или спустя 1 час после. Регистрацию ЭЭГ проводили накладными электродами в 6-и униполярных отведениях при помощи специального запатентованного шлема Ипполитовой / Гаусс для регистрации ЭЭГ у животных, электроды на котором располагаются по проекциям разных долей мозга, что позволяет неинвазивно, без применения седативных веществ и выбривания шерсти регистрировать электрическую активность мозга. Запись ЭЭГ продолжали в течение 10-15 мин. Оценку мозговой ритмики мы проводили по следующим показателям: Индекс выраженности ритмов (ИВР) – степень проявления ритма, процент времени, в течение которого регистрируется данный ритм (%). Частота – число полных колебаний, совершаемых в единицу времени, сек. [Гц]. Амплитуда – наибольшее отклонение (от среднего) значения величины, размах колебаний.

Результаты. В результате проведенных исследований и анализа полученных данных ЭЭГ установлены волны биоэлектрической активности головного мозга у лошадей следующих диапазонов: альфа-ритм (α -ритм) – 7,1 – 13 Гц, амплитуда до 100 мкВ; бета-1-ритм (низкочастотный β -1-ритм) – 13,1 – 25 Гц, амплитуда – 3-5 мкВ; бета-2-ритм (высокочастотный β -2-ритм) – 25,1 – 40 Гц, амплитуда – 3-5 мкВ; дельта-ритм (δ -ритм) – 0,3 – 4 Гц, амплитуда до 40 мкВ; тета-ритм (θ -ритм) – 4,1 – 7 Гц, амплитуда около 30 мкВ; гамма-ритм (γ -ритм) – выше 40,1 мкВ. При анализе ЭЭГ ритмов у животных наиболее выраженным ритмом спонтанной активности головного мозга в покое у исследуемых лошадей является дельта-ритм во всех отведениях и полушариях. Наблюдаем колебания частотой 0,3 – 4 Гц и амплитудой до 40 мкВ. Форма волн правильная, синусовая. Подобные колебания представляют собой дельта-ритм.

Ключевые слова: электроэнцефалография, лошади, головной мозг, ритмы, центральная нервная система.

Авторы:

Степура Е. Е. – кандидат биологических наук; доцент кафедры биологии и физиологии человека института естествознания и спортивных технологий (ИЕСТ) Московского городского педагогического университета г. Москвы; 105568, Москва, ул. Чечулина, 1.

Ипполитова Т. В. – доктор биологических наук, профессор; Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина; 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23.

Введение. В ветеринарной медицине огромное значение имеет определение функционального состояния организма животного, что необходимо для поддержания его здоровья и увеличения продуктивности. Физиологические функции, которые обеспечивают определенный уровень жизнедеятельности организма, регулирует центральная нервная система [1].

Оценить функциональное состояние центральной нервной системы и дать объективную оценку электрофизиологических показателей позволяет метод электроэнцефалографии [2]. Данный метод впервые был предложен и дал начало изучению электрических процессов мозга немецким физиологом Д.-Реймоном в 1849 году, который показал, что мозг, так же как нерв и мышца, обладает

электрогенными свойствами [3].

Метод электроэнцефалографии – это наиболее доступный способ оценки биоэлектрического состояния как здорового мозга, так и при неврологических расстройствах, позволяющий оценивать и функциональную динамику мозга, а следовательно и эффективность медикаментозной терапии [4]. Регистрирующие электроды располагают в определенных областях головы так, чтобы на записи были представлены все основные отделы мозга. Получаемая запись – электроэнцефалограмма – является суммарной электрической активностью многих миллионов нейронов, представленной преимущественно потенциалами дендритов и тел нервных клеток: возбуждательными и тормозными постсинаптическими потен-

циалами и частично - потенциалами действия тел нейронов и аксонов [5].

Наличие регулярной ритмики на ЭЭГ свидетельствует, что нейроны синхронизуют свою активность. В норме эта синхронизация определяется главным образом ритмической активностью пейсмекеров (водителей ритма) неспецифических ядер таламуса и их таламокортикальных проекций. Изучение биопотенциалов мозга и выявление особенностей ЭЭГ у животных нам позволит прогнозировать потенциальные возможности животного [6].

Функциональное состояние головного мозга является важнейшим показателем активности ЦНС [7]. Изучение активности мозга по его электрическим ритмам является одним из эффективных подходов к анализу его работы. А метод электроэнцефалографии может позволить объективно оценивать функциональное состояние центральной нервной системы у лошадей и спортивных лошадей, находящихся в активном тренинге.

В доступной отечественной и зарубежной литературе мало изучены и описаны ЭЭГ у лошадей, имеются лишь единичные сведения по этому вопросу. Впервые 1956 г. Голикову А.Н. и Любимову Е.И. удалось зарегистрировать биотоки мозга жеребят шлейфным осциллографом системы МПО-2 [8]. Y. Ruckebusch (1972) проводил исследования процесса сна с использованием ЭЭГ у лошадей [9]. Последние зарубежные исследования по электроэнцефалографии посвящены использованию метода при проведении общей анестезии, где ЭЭГ используется для оценки глубины наркоза и степени аналгезии (Mysinger P. W., Redding R. W., Vaughan J. T. (1985) и Ram C. Purohit (Auburn University, 1985)) [10, 11]. Николаева Э. Б. (2004) в своих работах исследовала биоэлектрическую активность головного мозга рысистых лошадей биполярными накладными электродами в 4-х отведениях [12]. У крупного рогатого скота Кравайнис Ю. Я. (2009) исследовал ЭЭГ, впервые были определены параметры ЭЭГ показателей молодняка с разными типами ВНД в динамике, с рождения до 18-месячного возраста [6]. Гаусс К. Р. (2013) изучал влияние акупрессурного воздействия на функциональное состояние сердечно-сосудистой и центральной нервной систем собак и лошадей и разработал специальный шлем для регистрации ЭЭГ у животных [13]. Ипполитова Т.В. и Вирясова Н.А. в своих исследованиях усовершенствовала методику регистрации ЭЭГ у лошадей в 6-и униполярных отведениях накладными электродами, что позволило проводить оценку

функционального состояния головного мозга. Разработанная схема размещения электродов, соответствующая топографии функциональных зон головного мозга лошади, наиболее полно отражает биоэлектрическую активность коры больших полушарий. У лошадей были выявлены волны биоэлектрической активности головного мозга следующих диапазонов: дельта (0,3 – 4 Гц, амплитуда до 40 мкВ), тета (4,1 – 7 Гц, амплитуда около 30 мкВ), альфа (7,1 – 13 Гц, амплитуда до 100 мкВ), бета-1 (13,1 – 25 Гц, амплитуда - 3-5 мкВ), бета-2 (25 – 40 Гц, амплитуда - 3-5 мкВ) и гамма (выше 40 Гц). В результате преобладающим ритмом спонтанной активности в покое у спортивных лошадей является дельта-ритм, а меньше других диапазонов выражена альфа-активность и высокочастотная бета-активность. Также автором была установлена достоверная асимметрия между правым и левым полушариями по дельта-ритму в затылочном и теменном отделах мозга у исследуемых животных. В работах выявлены достоверные отличия спонтанной ЭЭГ у лошадей разного возраста: бета-1, бета-2 и альфа-ритм, которые свидетельствуют об ориентировочной реакции, у молодых лошадей более выражены, чем у других групп. У лошадей старше 18-и лет именно бета-1, бета-2 и альфа-ритм проявляются слабее, чем у более молодых, а преобладание тета-ритма в обоих полушариях и альфа-ритма в левом полушарии от лобного отведения достоверно можно связывать со специализацией лошадей. Изучены особенности спонтанной ЭЭГ у лошадей разного типа ВНД [14-20].

В настоящее время в практической ветеринарии невозможно использовать электроэнцефалографию для изучения и диагностики функционального состояния ЦНС у спортивных и нетренированных лошадей вследствие недостаточного количества данных, а ранее применяемые методы имели ряд существенных недостатков, например, регистрация ЭЭГ под действием наркотических средств, неудовлетворительное прилегание электродов, использование громоздкой аппаратуры и др., что неизбежно вело к возникновению артефактов.

Исходя из этого, нашей **целью** данной работы было изучить биоэлектрическую активность головного мозга и установить параметры электроэнцефалограмм у спортивных и нетренированных лошадей.

Материалы и методы. Исследовано было 150 клинически здоровых лошадей, которые содержались в одинаковых условиях.

Исследования проводились в Конном Клубе «Рязанский табунок» Требухино (поселок Ласковский, Рязань), КСК «Росинант» (Рязанская область, д. Хирино), Пермский племенной конный завод №9 (Рязанская область, Сапожковский район, село Черная Речка). Объектом исследования являлись лошади в возрасте от 2 до 20 лет, находились в активном тренинге, а также использовались в прокате для обучения верховой езде, вес в среднем составил 550,78 кг, породы — орловская рысистая, русская рысистая, американская рысистая и ганноверская.

Во время регистрации ЭЭГ лошадей фиксировали с помощью недоуздка на развязках. Опыты проводили в утренние или дневные часы за 1 час до кормления / тренинга или спустя 1 час после. Регистрацию ЭЭГ проводили накладными электродами в 6-и униполярных отведениях при помощи специального запатентованного шлема Ипполитовой / Гаусс для регистрации ЭЭГ у животных, электроды на котором располагаются по проекциям разных долей мозга, что позволяет неинвазивно, без применения седативных веществ и выбривания шерсти регистрировать электрическую активность мозга. Электроды размещают парами на расстоянии 1 см от саггитальной линии на каждой стороне лба голове лошади.

Шлем для ЭЭГ выполнен в виде жесткой прозрачной пластины с множественными отверстиями, представленный на рисунке 2. Внутри которых подвижно установлены накладные трубчатые электроды, закрепляемые на голове животного, не доставляющие никаких неудобств животному.

Шерсть на голове животного в месте прилегания электродов обезжировали 70%-м раствором спирта, а на электроды перед исследованием наносили электроконтактный гель. Запись ЭЭГ продолжали в течение 10–15 мин. Показатели состояния мозговой активности оценивали по данным ЭЭГ при помощи полиграфического анализатора «CONAN-4.5», используя визуальный метод и математическую обработку данных при помощи программы «Statistica 10.0»

Оценку мозговой ритмики мы проводили по следующим показателям: Индекс выраженности ритмов (ИВР) — степень проявления ритма, процент времени, в течение которого регистрируется данный ритм (%). Частота — число полных колебаний, совершаемых в единицу времени, сек. (Гц). Амплитуда — наибольшее отклонение (от среднего) значения величины, размах колебаний.

Результаты и обсуждение. В наших исследованиях была проведена регистрация биоэлектри-

ческой активности головного мозга у лошадей в 6-ти униполярных отведениях накладными электродами. В результате анализа полученных данных ЭЭГ мы выявили волны биоэлектрической активности головного мозга у лошадей следующих диапазонов: альфа-ритм (α -ритм) — 7,1 — 13

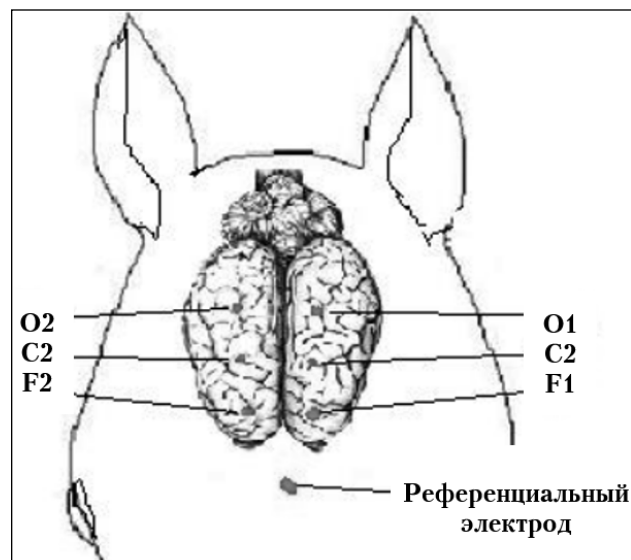


Рис. 1. Схема расположения электродов на проекциях головного мозга лошади (F1 - левое лобное отведение; F2 - правое лобное отведение; C3 - левое теменное отведение; C4 - правое теменное отведение; O1 - левое затылочное отведение; O2 - правое затылочное отведение)



Рис. 2. Шлем Ипполитовой / Гаусс для регистрации ЭЭГ у животных

Гц, амплитуда до 100 мкВ; бета-1-ритм (низкочастотный β -1-ритм) — 13,1 — 25 Гц, амплитуда — 3-5 мкВ; бета-2-ритм (высокочастотный β -2-ритм) — 25,1 — 40 Гц, амплитуда — 3-5 мкВ; дельта-ритм (δ -ритм) — 0,3 — 4 Гц, амплитуда до 40 мкВ; тета-ритм (Θ -ритм) — 4,1 — 7 Гц, амплитуда около 30 мкВ; гамма-ритм (γ -ритм) — выше 40,1 мкВ.

В ходе проведенных нами исследований у лошадей установили степень выраженности проявления и установлены параметры ритмов в различных исследуемых зонах головного мозга: лобные, теменные и затылочные отведения как в правом, так и в левом полушариях. Полученные данные представлены в таблице 1. Как мы видим из анализа таблицы 1, все полученные виды ритмов хорошо выражены как по амплитуде, так и по частоте в левом и правом полушариях у всех исследуемых животных — лошадей.

При анализе ЭЭГ значительных отличий индекса выраженности ритмов у исследуемых животных в обоих полушариях головного мозга не наблюдается, т.е. межполушарная асимметрия не выражена.

По полученным ритмам головного мозга лошадей возможно предположить о приоритетном процессе, который происходит в данный момент в мозге лошади.

Таким образом в проведенных научных исследованиях при анализе ЭЭГ было отмечено, что во всех отведениях наиболее выраженным ритмом спонтанной активности головного мозга в покое у лошадей наблюдается дельта-ритм.

Также отмечается, что тета и низкочастотная бета-активность достаточно хорошо выражены,

что свидетельствуют о состоянии активного бодрствования животного.

Во время регистрации электроэнцефалограммы меньше всего выражены альфа-ритм, гамма-ритм, а также высокочастотная бета-активность. В левом и правом лобном отведениях наиболее выражен дельта-ритм, а наименьше выражен гамма-ритм. В теменном отведении наблюдается такая же картина, в левом и правом полушариях наименьше выражен гамма-ритм, а наиболее — дельта-ритм. В затылочном отведении в левом и правом полушариях наиболее выражен дельта-ритм, а наименьшее значение наблюдается в левом полушарии альфа-ритм, а в правом — тета-ритм.

Заключение. В результате проведенных исследований и анализа полученных данных ЭЭГ мы выявили волны биоэлектрической активности головного мозга у лошадей следующих диапазонов: альфа-ритм (α -ритм) — 7,1 — 13 Гц, амплитуда до 100 мкВ; бета-1-ритм (низкочастотный β -1-ритм) — 13,1 — 25 Гц, амплитуда — 3-5 мкВ; бета-2-ритм (высокочастотный β -2-ритм) — 25,1 — 40 Гц, амплитуда — 3-5 мкВ; дельта-ритм (δ -ритм) — 0,3 — 4 Гц, амплитуда до 40 мкВ; тета-ритм (Θ -ритм) — 4,1 — 7 Гц, амплитуда около 30 мкВ; гамма-ритм (γ -ритм) — выше 40,1 мкВ.

Таким образом, при анализе ЭЭГ ритмов у животных наиболее выраженным ритмом спонтанной активности головного мозга в покое у исследуемых лошадей является дельта-ритм во всех отведениях и полушариях. Наблюдаем колебания частотой 0,3 — 4 Гц и амплитудой до 40 мкВ. Форма волн правильная, синусовая. Подобные колебания представляют собой дельта-ритм.

Таблица 1. Степень индекса выраженности ритмов (%) в различных зонах головного мозга лошадей, (n=150), $M \pm m$

Полушария головного мозга	Ритмы					
	Альфа-ритм	Бета-1-ритм	Бета-2-ритм	Дельта-ритм	Тета-ритм	Гамма-ритм
<i>Лобное отведение (Fp)</i>						
Левое полушарие головного мозга	75,32 \pm 3,79	82,72 \pm 3,99	81,32 \pm 2,41	95,62 \pm 2,75	70,63 \pm 2,11	66,62 \pm 2,19
Правое полушарие головного мозга	75,69 \pm 3,72	84,61 \pm 2,81	77,93 \pm 2,71	93,41 \pm 2,12	75,46 \pm 3,01	67,93 \pm 2,22
<i>Теменное отведение (C)</i>						
Левое полушарие головного мозга	79,42 \pm 3,86	85,71 \pm 2,96	81,33 \pm 2,18	93,35 \pm 2,23	77,41 \pm 2,11	59,62 \pm 2,71
Правое полушарие головного мозга	78,72 \pm 3,99	87,53 \pm 2,12	80,15 \pm 2,36	93,79 \pm 2,01	74,52 \pm 2,53	52,92 \pm 2,78
<i>Затылочное отведение (O)</i>						
Левое полушарие головного мозга	70,71 \pm 2,88	80,33 \pm 2,22	80,47 \pm 4,32	94,23 \pm 2,12	72,74 \pm 3,98	88,31 \pm 3,98
Правое полушарие головного мозга	75,95 \pm 2,31	88,49 \pm 2,28	82,82 \pm 4,96	96,36 \pm 1,24	72,93 \pm 3,88	82,23 \pm 4,01

Литература

1. Бианки В. Л. Асимметрия мозга животных. — Л.: Наука, 1985. — 295 с.
2. Гусельников В. И. Электрофизиология головного мозга / М.: Высшая школа, 1976. — 163 с.
3. Дмитриева Н. В. Системная электрофизиология: Системный анализ электрофизиологических процессов / М.: КД Либроком, 2015. — 252 с.
4. Коган А. Б. Электрофизиология / М.: Высшая школа, 1963. — 179 с.
5. Кокорина Э. П. Методика оценки свойств высшей нервной деятельности / Л.: Наука, 1971. — 18 с.
6. Кравайнис Ю. Я. Электроэнцефалограмма у бычков и телочек / Ю. Я. Кравайнис // Ветеринария. — 2005. — № 9. — С. 36-40.
7. Павлов И.П. Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных. Полн. собр. соч. МЛ, Изд-во АН СССР, 1969. Т.3.
8. Голиков А.Н., Любимов Е.И. Новое в физиологии нервной системы сельскохозяйственных животных / М.: Колос, 1980. — 171 с.
9. Ruckebusch Y. L. Bueno / Y. L. Ruckebusch // Veterinares. — 1972. — Vol. 3. — №3. — P. 399-420.
10. Mysinger P. W. Electroencephalographic patterns of clinically normal, sedated, and tranquilized newborn foals and adult horses / P. W. Mysinger, R. W. Redding, J. T. Vaughan // Am. J. Vet. Res. — 1985. — № 46. — P. 36-41.
11. Purohit R. C. Effect of xylazine and ketamine hydrochloride on the electroencephalogram and electroencephalogram of horse / R. C. Purohit, P. W. Mysinger, R. W. Redding // Am. J. Vet. Res. — 1981. — № 42. — P. 615-619.
12. Николаева Э. Б., Хомутникова Ю. А. Методика регистрации электроэнцефалограммы у лошадей // Болезни лошадей: диагностика, профилактика, лечение: Материалы четвертой научно-пр. конф. по болезням лошадей. — М., 2003. — С. 80-82.
13. Гаусс К. Р., Ипполитова Т. В. Устройство, позволяющее фиксацию и установку измерительных электродов ЭЭГ на голове животного. Патент на полезную модель № 20. — 2008. 007 953.5 DPMA (ФРГ), 2008.
14. Параметры электроэнцефалограмм спортивных лошадей разного возраста и типа ВНД Вирясова Н. А. диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева". 2019.
15. Вирясова Н. А. Новое в регистрации электроэнцефалограмм у спортивных лошадей / Н. А. Вирясова, Т. В. Ипполитова // Биомашсистемы. — 2018. — Т. 2. — № 4. — С. 222-234.
16. Вирясова Н. А. Особенности биоэлектрической активности головного мозга спортивных лошадей / Н. А. Вирясова, Т. В. Ипполитова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. — 2018. — № 2. — С. 99-111.
17. Вирясова Н. А. Особенности ЭЭГ у спортивных лошадей в зависимости от возраста / Н. А. Вирясова, Т. В. Ипполитова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. — 2017. — № 4. — С. 78-86.
18. Вирясова Н. А. Особенности электроэнцефалографической картины у спортивных лошадей с разными типами высшей нервной деятельности (ВНД) / Н. А. Вирясова, Т. В. Ипполитова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. — 2016. — № 7. — С. 57-65.
19. Вирясова Н. А. Параметры электроэнцефалограмм спортивных лошадей / Н. А. Вирясова, Т. В. Ипполитова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. — 2016. — № 2. — С. 58-63.
20. Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГУ, 2002. — 379 с.

Stepura E., Ippolitova T.

Electrophysiological features of bioelectrical activity of the horse brain

Abstract.

Purpose: to study the bioelectrical activity of the brain and determine the parameters of electroencephalograms in sports and untrained horses.

Materials and methods. The object of the study were horses aged from 2 to 20 years in the amount of 150 heads. The animals were in active training and were also used for rental training in horse riding; their average weight was 550.78 kg; the breeds were Oryol Trotter, Russian Trotter, American Trotter and Hanoverian. During EEG recording, horses were restrained using a halter at the junctions. Experiments were carried out in the morning or afternoon, 1 hour before feeding/training or 1 hour after. EEG registration was carried out with patch electrodes in 6 unipolar leads using a special patented Ippolitova / Gauss helmet for recording EEG in animals, the electrodes on which are located along the projections of different lobes of the brain, which allows non-invasively, without the use of sedatives and shaving hair, to record the electrical activity of the brain. EEG recording continued for 10-15 minutes. We assessed brain rhythms using the following indicators: Rhythm severity index (RSI) – the degree of manifestation of the rhythm, the percentage of time during which a given rhythm is recorded (%). Frequency – the number of complete oscillations performed per unit of time, sec. (Hz). Amplitude is the largest deviation (from the average) value of a quantity, the range of oscillations.

Results. As a result of the research and analysis of the obtained EEG data, waves of bioelectrical activity of the brain in horses were established in the following ranges: alpha rhythm (α -rhythm) – 7.1 – 13 Hz, amplitude up to 100 μ V; beta-1 rhythm (low-frequency β -1 rhythm) – 13.1 – 25 Hz, amplitude – 3-5 μ V; beta-2 rhythm (high-frequency β -2 rhythm) – 25.1 – 40 Hz, amplitude – 3-5 μ V; delta rhythm (δ rhythm) – 0.3 – 4 Hz, amplitude up to 40 μ V; theta rhythm (Θ -rhythm) – 4.1 – 7 Hz, amplitude about 30 μ V; gamma rhythm (γ rhythm) – above 40.1 μ V. When analyzing EEG rhythms in animals, the most pronounced spontaneous brain activity at rest in the horses studied is the delta rhythm in all leads and hemispheres. We observe oscillations with a frequency of 0.3–4 Hz and an amplitude of up to 40 μ V. The waveform is regular, sinus. Such oscillations represent the delta rhythm.

Key words: electroencephalography, horses, brain, rhythms, central nervous system.

Authors:

Stepura E. – PhD (Biol. Sci.); Associate Professor of the Department of Biology and Human Physiology, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies (IEST), Moscow City Pedagogical University, Moscow; 105568, Moscow, st. Chechulina, 1.

Ippolitova T. – Dr. Habil. (Biol. Sci.), Professor; Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MBA named after K. I. Scriabin; 109472, Moscow, st. Academician Skryabina, 23.

References

1. Bianki V. L. Asymmetry of the animal brain. – L.: Nauka, 1985. – 295 p.
2. Guselnikov V.I. Electrophysiology of the brain / M.: Higher school, 1976. – 163 p.
3. Dmitrieva N. V. Systemic electrophysiology: System analysis of electrophysiological processes / M.: KD Librocom, 2015. – 252 p.
4. Kogan A. B. Electrophysiology / M.: Higher School, 1963. – 179 p.
5. Kokorina E. P. Methodology for assessing the properties of higher nervous activity / L.: Nauka, 1971. – 18 p.
6. Kravainis Yu. Ya. Electroencephalogram in bulls and heifers / Yu. Ya. Kravainis // Veterinary medicine. – 2005. – № 9. – P. 36-40.
7. Pavlov I.P. Twenty years of experience in the objective study of higher nervous activity (behavior) of animals. Full collection op. ML, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1969. Vol. 3.
8. Golikov A.N., Lyubimov E.I. New in the physiology of the nervous system of agricultural animals / M.: Kolos, 1980. – 171 p.

9. Ruckebusch Y. L. Bueno / Y. L. Ruckebusch // Veterinares. — 1972. — Vol. 3. — № 3. — P. 399-420.
10. Mysinger P. W. Electroencephalographic patterns of clinically normal, sedated, and tranquilized newborn foals and adult horses / P. W. Mysinger, R. W. Redding, J. T. Vaughan // Am. J. Vet. Res. — 1985. — № 46. — P. 36-41.
11. Purohit R. C. Effect of xylazine and ketamine hydrochloride on the electroencephalogram and electroencephalogram of horse / R. C. Purohit, P. W. Mysinger, R. W. Redding // Am. J. Vet. Res. — 1981. — № 42. — P. 615-619.
12. Nikolaeva E. B., Khomutnikova Yu. A. Methodology for recording the electroencephalogram in horses // Horse diseases: diagnosis, prevention, treatment: Materials of the fourth scientific-pr. conf. on diseases of horses. M., 2003. — P. 80-82.
13. Gauss K. R., Ippolitova T. V. A device that allows fixation and installation of EEG measuring electrodes on the head of an animal. Utility model patent No. 20. — 2008. 007 953.5 DPMA (Germany), 2008.
14. Parameters of electroencephalograms of sports horses of different ages and types of GND Viryasova N.A. dissertation for the degree of candidate of biological sciences / Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev". 2019.
15. Viryasova N. A. New in recording electroencephalograms in sports horses / N. A. Viryasova, T. V. Ippolitova // Biomashsystems. — 2018. — Vol. 2. — № 4. — P. 222-234.
16. Viryasova N. A. Features of bioelectrical activity of the brain of sports horses / N. A. Viryasova, T. V. Ippolitova // Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy. — 2018. — No. 2. — P. 99-111.
17. Viryasova N. A. Features of EEG in sports horses depending on age / N. A. Viryasova, T. V. Ippolitova // Veterinary, zootechnics and biotechnology. — 2017. — № 4. — P. 78-86.
18. Viryasova N. A. Features of the electroencephalographic picture in sports horses with different types of higher nervous activity (HNA) / N. A. Viryasova, T. V. Ippolitova // Veterinary, zootechnics and biotechnology. — 2016. — № 7. — P. 57-65.
19. Viryasova N. A. Parameters of electroencephalograms of sports horses / N. A. Viryasova, T. V. Ippolitova // Veterinary, zootechnics and biotechnology. — 2016. — № 2. — P. 58-63.
20. Kulaichev A.P. Computer electrophysiology. 3rd ed., revised. and additional. — M.: Moscow State University Publishing House, 2002. — 379 p.