

Л.М. Богданова, С. К. Матішева

Особливості електрокардіограми у самиць чорноморських дельфінів афалін (*Tursiops truncatus*)

Розроблено методи реєстрації та механічні прилади для запису ЕКГ. Досліджено особливості ЕКГ здорових і хворих самиць чорноморських афалін. Виявлені відхилення, характерні для хворих самиць дельфінів: порушення ритму, зміни спрямованості зубців і їх полярності, наявність екстрасистол, а також зміни розрахункових показників серцевої діяльності.

ВСТУП

Діяльність серця дельфінів методами електрокардіографії досліджували і раніше [1, 4–8]. Найбільше реєстрували електрокардіограми (ЕКГ) при вивченні еколого-фізіологічних відмінностей їх поведінки в різних умовах. Ці методи не використовували для отримання інформації про стан здоров'я чи патологію серцевої діяльності дельфінів, оскільки вони не характеризують поверхневі електрокардіопотенціали та їх зміни у дельфінів, життя яких проходить у провідниковій морській воді. Не надавалося належного значення і узгодженості щодо типових схем встановлення електродів і відведення електрокардіопотенціалів, їх реєстрації і трактування. В останні десятиліття поширюється утримання морських ссавців в океанаріумах, де вони беруть участь в шоу-виставах, а також хворіють і розмножуються в умовах неволі. Тому потрібно шукати можливість їхнього діагностування та лікування. Разом з клінічними та біохімічними дослідженнями крові у дельфінів [2, 3] метод електрокардіографії може знайти застосування для ранньої діагностики захворювань і своєчасного лікування порушень діяльності серця. Інформація про встановлені на основі систематизованого аналізу типові показники ЕКГ, зареєстрованих в однотипних

умовах у чорноморських дельфінів-афалін, з врахуванням як виду тварин і їх функціонального стану, так і патології, нечисленна.

Мета наших досліджень – розробка методичних можливостей відведення поверхневого електрокардіопотенціалу і реєстрації ЕКГ та її структурних комплексів у здорових і хворих самиць-дельфінів.

МЕТОДИКА

Обстежено 55 адаптованих до умов неволі статевозрілих самиць чорноморських дельфінів-афалін віком від 10 до 35 років, масою 180–250 кг. Серед них – 30 здорових і 25 хворих. У обох групах було по 3 самиці віком більше як 25 років. Серцевий ритм і ЕКГ реєстрували на електрокардіографі «Малыш» та на електроенцефалографі «Альвар». Дельфінів обстежували при підйомі їх із води на місток вольєра, при знаходженні у ванні з наповненою морською водою, та під час вільного плавання у відсіку вольєра. ЕКГ реєстрували після того, як самиця ставала спокійною та у неї відновлювався первинний ритм дихання. В період обстежень у дельфінів брали кров з вени хвостового плавника для визначення клінічних показників і оцінки функціонального стану. Розроблені методи та технічні пристрої, які дають змогу реєструвати

© Л.М. Богданова, С. К. Матішева

ЕКГ у дельфінів, визначені місця їх локалізації.

Електроди на тілі дельфінів встановлювали в таких точках: два закріплювали біля основи лівого та правого грудних плавників, два – на середній частині хвостового стебла справа та зліва. Використовували електроди круглої форми, які були виготовлені із нержавіючої сталі та вбудовані всередині гумових еластичних присосок на спеціальних металевих пружинках, що забезпечувало добрий контакт їх з тілом дельфіна та ізоляцію від водного середовища. Для реєстрації ЕКГ дельфінів в умовах вільного плавання застосовували електроди аналогічної конструкції, що мають довгі відвідні провідники, які були приєднані до електрокардіографа «Малыш» і не заважали вільному пересуванню тварин у відсіку утримання. Для реєстрації ЕКГ дельфінів при вільному пересуванні у відсіку вольера їх заздалегідь навчали підпливати до містка для закріплення та подальшого зняття тренером електродів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У здорових дельфінів є притаманні їм особливості серцевого ритму і ЕКГ порівняно з хворими, а також з людиною. Ритм

серцевих скорочень у здорових дельфінів і людей, надалі названий нормою, синусовий. Незважаючи на те, що середня частота серцевих скорочень у дельфінів в умовній нормі становить $50\text{--}70 \text{ хв}^{-1}$ і близька до такої, як у людини, у них у здоровому стані відмічається лабільність серцевого ритму протягом дихального циклу. Різко виражена дихальна аритмія, частий ритм на початку дихальної паузи сповільнюється в її кінці (рис. 1). В різні фази дихального циклу частота серцевих скорочень змінюється в широких межах: від 150 до 100 хв^{-1} відразу після вдиху до $70\text{--}40 \text{ хв}^{-1}$ перед черговим видихом–вдихом. Тобто спостерігається дихальна аритмія з вираженою брадикардією в кінці дихального циклу. Через $1\text{--}2$ с після вдиху серцевий ритм підвищується більше ніж удвічі. Брадикардія, яка настає безпосередньо після вдиху, утримується протягом $0,6\text{--}0,9$ с. Тахікардія, котра змінює її, триває до $9\text{--}12$ с, що становить 32% тривалості дихального циклу, і різко змінюється брадикардією, яка триває більшу частину дихального циклу (65% дихальної паузи). Перехід від тахікардії до брадикардії відбувається протягом $0,6\text{--}0,9$ с. Частий ритм становить усього $25\text{--}28\%$ від загального числа серцевих скорочень упродовж дихального циклу.

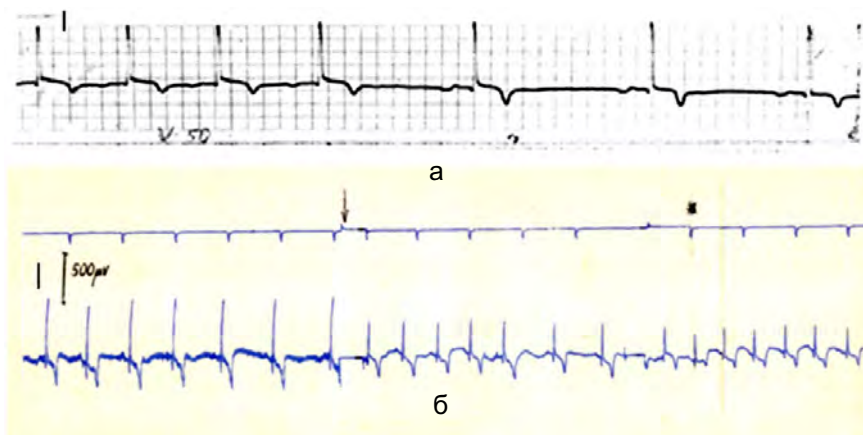


Рис. 1. Електрокардіограма (ЕКГ) здорової самиці афаліни (а). Ритм синусовий, характерна дихальна аритмія (брадикардія наприкінці дихальної паузи); ЕКГ здорової самиці афаліни (б): у ванні без води, далі – у ванні, що заповнена морською водою, стрілкою позначений момент занурення дельфіна у воду

При подібних формі та тривалості кардіоінтервалів на ЕКГ амплітуда зубців у здорових дельфінів, яких піднімали з води на сухий місток, значно вища, ніж у цих самих тварин, коли їх обстежували у ванні, наповненій водою, а також під час реєстрації безпосередньо в період вільного плавання в акваторії вольера (див. рис. 1).

На ЕКГ у здорових дельфінів, як і у людини, реєструється п'ять зубців: Р, Q, R, S і Т, які мають різну амплітуду відносно ізоелектричної лінії. Особливістю ЕКГ дельфінів є те, що в нормі у них зубець Т у типових стандартних відведеннях негативний, а у людини він позитивний. У стандартних відведеннях амплітуда цього зубця становить 0,2–0,25 від амплітуди зубця R. Амплітуда зубця Р може змінюватися впродовж дихального циклу в межах 0,1–0,2 R. Зубець Q більш виражений в III стандартному відведенні. Амплітуда його в стандартних відведеннях коливається від 0 до 0,2 R. Зубець R на ЕКГ найвищий, як у людини та наземних тварин. Його амплітуда коливається від 5 до 15 мВ. У старих тварин реєструється низьковольтна ЕКГ, зубець R може бути менше ніж 5 мВ. В період стресових ситуацій і при підвищеному тиску його амплітуда може збільшуватися до 13–15 мВ. Упродовж дихального циклу вона змінюється: відразу після дихального акту – значно менша, ніж в його середині, що може бути пов'язано зі зниженням ударного об'єму крові внаслідок зменшення венозного повернення перед видихом [8]. Зубець S добре виражений упродовж дихального циклу, він змінюється в межах 0,2–2R. Інтервал S-T у здорових

тварин або знаходиться на ізолінії, або при сповільненому серцевому ритмі над нею на 0,05–0,2 мм. При частому ритмі серцевих скорочень інтервал S-T може набувати випуклої форми (опуклість обернена вниз). Тривалість зубців і інтервалів ЕКГ дельфінів також має особливості, наприклад, інтервали R-R у афаліні змінюються в межах 0,5–1,5 с, тоді як у людини – від 0,85 до 0,95 с. Тривалість комплексу QRS у дельфінів у нормі менша, ніж у людини. Вона коливається в межах 0,02–0,08 с, а зубця Р у здорових дельфінів – від 0,02 до 0,1 с. Інтервал P-Q варіює в межах 0,14–0,20 с. Інтервал S-T менший, ніж у людини. При частоті серцевих скорочень 120 хв⁻¹ S-T становить 0,16 ± 0,02 с. Час електричної систоли у афаліні коливається в межах 0,18–0,24 с. Вона зменшується при тахікардії до 0,12–0,16 с і збільшується при брадикардії до 0,24–0,26 с. Систолічний показник у дельфінів непостійкий та змінюється залежно від тривалості серцевого циклу, який у свою чергу змінюється впродовж дихального циклу. Цей показник у здорових дельфінів менший, ніж у людини. Так, при частоті 45–50 хв⁻¹ він становить 15 % від усього серцевого циклу, при частоті 60–90 хв⁻¹ – знаходиться в межах 30 %, а при тахікардії (від 120 до 130 хв⁻¹) підвищується до 35–37 %. Тобто, кожній частоті серцевих скорочень відповідає свій систолічний показник (таблиця).

Тривалість одного серцевого циклу у здорових чорноморських афаліні у середньому становить 0,85±0,15 с, що більше, ніж у людини. При частоті серцевих скорочень 65–70 хв⁻¹ апное у дельфінів становить 54–

Середні значення інтервалів ЕКГ (с) у здорових, хворих афаліні і у людини

Об'єкт	R-R	P	P-Q	QRS	Q-T	S-T	Систолічний показник, %
Афаліні							
здорові	0,90±0,40	0,05±0,01	0,16±0,02	0,04±0,01	0,24±0,02	0,20±0,02	29,6±4,6(15-40)
хворі	0,70±0,20	0,08±0,03	0,20±0,01	0,06±0,02	0,28±0,02	0,22±0,01	39,9±8,8(30-55)
Людина	0,89±0,06	0,07±0,02	0,16±0,04	0,08±0,02	0,36±0,04	0,27±0,01	45,0±12(30-60)

55 % від часу всього серцевого циклу, тоді як у людини – 45 %. Наведені результати свідчать про більш економну роботу серця здорових дельфінів-афалін порівняно з людиною.

За допомогою методу електрокардіографії можна оцінити стан здоров'я та визначити правильний діагноз насамперед з врахуванням складності виявлення серцево-судинної патології у дельфінів за зовнішніми ознаками. На відміну, наприклад, від легеневої патології, коли підвищується частота дихання, спостерігаються чхання та плювання мокротинням, відсутність тривалих дихальних пауз, періодичні «зависання» тварини на поверхні води. При виразковій хворобі шлунка почервоніє глотка, з'являється слиз у ротовій порожнині перед годівлею, зменшується кількість споживаного корму, тварина «зависає» на поверхні води з підтягнутим до низу хвостовим стеблом.

ЕКГ дельфінів з серцевою патологією відрізняється від такої здорових дельфінів (рис. 2). Амплітуда зубця Т змінюється, він

стає загостреним, іноді двофазним, може бути ізоелектричним або складати 1/2 від амплітуди зубця R, а у тяжких випадках – бути рівним амплітуді R. При тривалій легеневій патології на ЕКГ зубець Р може мати високу амплітуду і становити 1/3–1/2 від амплітуди зубця R, а зубець Т може бути позитивним, що може свідчити про наявність гіпоксії міокарда.

Траплялися випадки, коли при тривалій серцевої патології зубець Р був дво- чи багатогорбим, маючи високу амплітуду, що визначалося як тремтіння передсердя (див. рис. 2,а).

На ЕКГ деяких хворих дельфінів зубець S ставав двофазним, а комплекс RST – розтягнутим і випуклим. Інколи у тяжко хворих тварин інтервал S-T зливався із зубцем R, утворюючи випуклий вгору комплекс RST, що згідно з медичною практикою визначається як інфаркт міокарда (див. рис. 2,б).

У хворих дельфінів на ЕКГ тривалість зубців Р, R, Т, інтервалів Р-Q, Q-T, Т-Р і систолічний показник збільшуються. У

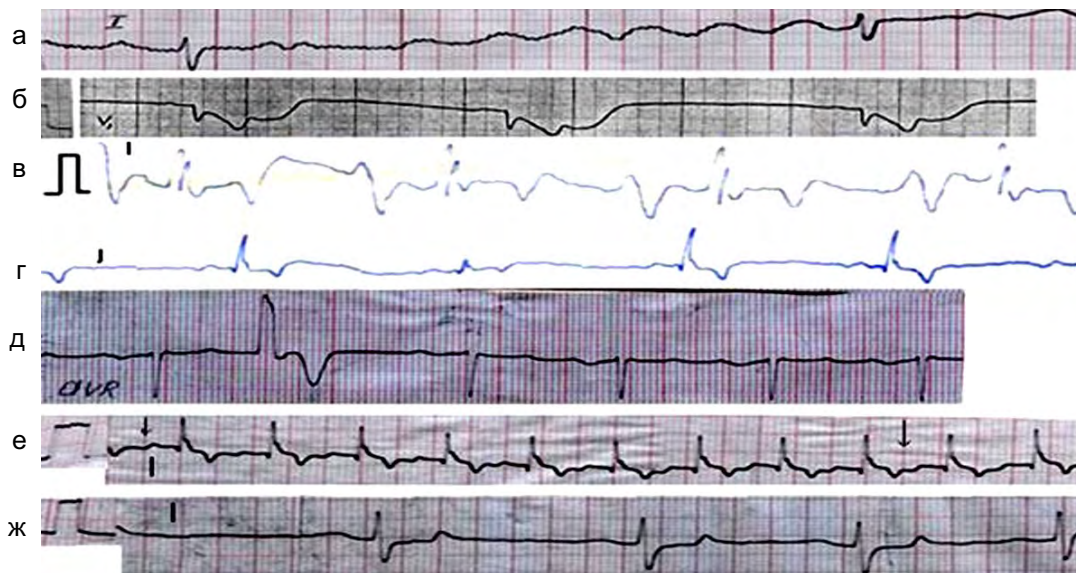


Рис. 2. Електрокардіограма хворих афалін: а – синусовий ритм, Т-двофазний, Р±, тремтіння передсердь; б – вузловий ритм, QRS розширений, S-T куполоподібний, піднятий над ізолінією, злився із зубцем R, утворюючи опуклий вгору комплекс RST; в – розширений і розщеплений QRS, Р±,=R, Т=1/2R; г – альтернація ритму, не пов'язана з ритмом дихання; д – екстрасистоли; е – дихальна аритмія відсутня, стрілкою показані вдиhi; ж – Т+

важко хворих тварин спостерігається екстрасистоля, альтернація ритму, зміна полярності зубців (див. рис. 2,г,д,ж). Ці фактори визначають у дельфіна серцево-судинну недостатність.

Характерними ознаками захворювання дельфінів за показниками ЕКГ є: підвищення середньої частоти серцевих скорочень за хвилину і за дихальний цикл (або її зниження при вузловому ритмі), зменшення амплітуди зубців Р, R, S і Т, збільшення тривалості інтервалів P-Q, QRS, S-T. Відмічається також виражена альтернація ритму, що не пов'язана з ритмом дихання, підвищення або зниження амплітуди окремих зубців порівняно зі здоровими самицями.

У важких випадках спостерігається зміна полярності зубців. Зазвичай такі відхилення поєднуються з відхиленнями від норми показників дихання, коли знижується тривалість дихального циклу, дихального об'єму, змінюються вентиляція та споживання кисню. У деяких дельфінів реєструється вузловий ритм, коли на ЕКГ відсутній зубець Р (див. рис. 2,б), а ритм серцевих скорочень різко знижується до 40–50 ударів за хвилину і визначається високий негативний зубець Т, за амплітудою рівний зубцю R. Зазначені зміни є свідченням серцевої патології.

Розроблені методи та результати досліджень про особливості ЕКГ здорових, хворих самиць дельфінів афалін, можливо використовувати для контролю функціонального стану серцево-судинної системи дельфінів при утриманні в умовах неволі.

ВИСНОВКИ

1. Розроблені методи та технічні пристрої, які дають змогу реєструвати ЕКГ у дельфінів при обстеженні їх піднятими з води на сушу, знаходженні у ванні, наповненій водою, і в умовах вільного плавання у вольєрі, а наведені показники ЕКГ використовувати як базові для діагностування змін діяльності серця дельфінів і їх функціонального стану.

2. Інформативними ознаками змін діяльності серця дельфінів, характерними для хворих тварин, є: порушення ритму серцевих скорочень, наявність екстрасистол, певні зміни форми та амплітудно-частотної структури кардіокомплексів на ЕКГ, а також розрахункових показників серцевої діяльності.

3. У хворих дельфінів-самиць разом із порушеннями рухової активності та ритму дихання, підвищенням частоти серцевих скорочень, порушення серцевого ритму, певні зміни на ЕКГ форми та амплітудно-частотної структури кардіокомплексів, наявність екстрасистол є прямою ознакою патології діяльності серця та підставою для використання як системи показників в діагностуванні стану здоров'я і серцевої діяльності, зокрема у морських ссавців.

Л.Н. Богданова, С.К. Матишева

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ У САМОК ЧОРНОМОРСЬКИХ ДЕЛЬФІНОВ АФАЛИН (TURSIOPS TRUNCATUS)

Разработаны методы регистрации и технические устройства для записи ЭКГ. Исследованы особенности ЭКГ здоровых и больных самок черноморских афалин. Определены отклонения, характерные для больных самок дельфинов, к числу которых относятся: нарушение ритма, изменение направленности зубцов и их полярности, наличие экстрасистол, а также изменение расчетных показателей сердечной деятельности.

L.N. Bogdanova, S.K. Matisheva

FEATURES ELECTROCARDIOGRAM IN FEMALE BLACK SEA BOTTLENOSE DOLPHINS (TURSIOPS TRUNCATUS)

Methods and technical devices to record ECG are developed. There've been studied ECG traits in sexually mature Black sea bottlenose dolphin females kept in captivity. It's been shown that sick dolphins have tachycardia, heart rate disturbance, change in directivity of waves and their polarity and extrasystoles.

Research Center of Armed Forces of Ukraine «State Oceanarium», Sevastopol

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Богданова Л. Н. Особенности биоэлектрической активности сердца морских млекопитающих в норме и при заболеваниях. – У кн.: Морські біотехнічні системи. – Севастополь: Изд-во НВЦ «ЕКОСІ-Гідрофізика», 2002, вип. 2. – С. 129–144.
2. Богданова Л. Н., Лебедев В. Г. Некоторые клинические показатели крови черноморских дельфинов – В кн.: Морфология и экология морских млекопитающих (дельфины). – М.: Наука, 1971. – С. 126–129.
3. Богданова Л. Н., Каганова Н. В., Сергиевская М. О. Динамика изменений клинических и биохимических показателей крови у отловленных черноморских афалин (*Tursiops truncatus ponticus*) на разных сроках адаптации к условиям неволи. – В кн.: Морские биотехнические системы. Биологические и технические аспекты: Тез. докл. Международ. науч.-практ. конф. – Ростов-на Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – С. 13–16.
4. Галанцев В. П., Купин А. Г., Протасов В. А., Шерешков В. П. Исследование особенностей биоэлектрической активности сердца дельфина- афалины *Tursiops truncatus* // Журн. эволюц. биохимии и физиологии. – 1983. – **19**, № 6. – С. 560–564.
5. Галанцев В. П., Кузьмин Д. А., Купин А. Г., Шенрешков В. И. Сравнительная характеристика сердечного ритма у китообразных // Там же. – 1994. – **30**, №3. – С. 358–365.
6. Колчин С. П., Белькович В. М. Некоторые особенности функции сердца у дельфинов // Там же. – 1970. – **19**, № 4. – С. 414–417.
7. Колчинская А. З., Маньковская И. Н., Мисюра А. Г. Дыхание и кислородные режимы организма дельфинов. – К.: Наук. думка, 1980. – 332 с.
8. Черноморская афалина *Tursiops truncatus ponticus*. – М.: Наука, 1997. – С. 186–213.

*Наук.-досл. центр «Державний океанаріум»
М-ва оборони України, Севастополь*

*Матеріал надійшов до
редакції 01.09.2010*