

**Тема: Спеціальні методи дослідження серця,  
їх клінічне значення.**

1. Електрокардіографія.
2. Фонокардіографія.

**Методичні вказівки**

**1. Електрокардіографія.**

Електрокардіографія полягає у графічній реєстрації електричних явищ в серці, що виникають при його збудженні. Цей метод дослідження став одним із найважливіших і об'єктивних у кардіології, оскільки електрокардіограма являє собою письмову доповідь про роботу серця, написану самим серцем. Початок практичної електрокардіографії був покладений голландським вченим Ейнтховеном у 1903 р. після винаходу ним високочутливого струнного гальванометра, який став основною частиною електрокардіографа. В 1911 р. російські вчені А.Ф. Самойлов і В.Ф. Зеленін вперше розкрили електрофізіологічну суть електрокардіограми. Основи ветеринарної електрокардіографії заклали Г.В. Домрачев, Р.М. Восканян, М.О. Судаков, І.Г. Шарабрін, а також Н. Sporti, E. Lepeschkin, D. Detweiler та ін.

Фізіологічною основою електрокардіографії є біохімічні й біофізичні процеси, що відбуваються в серцевому м'язі під час його збудження і супроводжуються утворенням електроенергії, виникнення якої пов'язане з переміщенням іонів. У стані спокою на зовнішній поверхні клітинної оболонки переважають позитивно заряджені іони натрію, а вздовж внутрішньої поверхні нагромаджуються негативно заряджені іони калію. Кожний позитивний заряд урівноважений негативним і становить електричний диполь. Таку клітину називають поляризованою, вона є електронейтральною і тому стрілка приєднаного гальванометра не відхиляється, а на папері буде реєструватись пряма (ізоелектрична) лінія. Якщо виникає імпульс збудження, то в цій точці опір клітинної мембрани зменшується, позитивно заряджені іони натрію

прямують усередину клітини, а негативно заряджені іони калію переміщуються з клітини назовні. Настає фаза деполяризації. Збуджена ділянка стає електронегативною щодо решти не збудженої поверхні клітинної мембрани. Процес поступового охоплення клітини збудженням називається деполяризацією. У цей період гальванометр реєструє хвилю, спрямовану вгору, утворює вершину й потім знову спускається до ізоелектричної лінії.

Клітина, що перебуває у стані збудження, прагне швидко відновити свій початковий електричний стан. Відбувається зворотний рух іонів калію всередину клітини, а іони натрію виходять з неї, тобто за процесом деполяризації настає процес реполяризації – повернення клітини у стан спокою, причому фаза реполяризації починається на тій же ділянці. Під час реполяризації негативні заряди рухаються попереду позитивних, тобто мембранний струм має протилежний рух, стрілка гальванометра буде відхилятися у протилежний бік, а крива на папері буде відображати фазу реполяризації у вигляді хвилі, спрямованої вниз від ізоелектричної лінії. Із закінченням фази реполяризації внутрішньоклітинне середовище стає знову негативним, а зовнішнє позитивним, різниця потенціалів відсутня, стрілка гальванометра встановиться на нулі і знову з'явиться ізолінія.

Запис електричних явищ, що утворюються в міокарді, аналогічний. Тканини тварин є добрим провідником, і біоелектричні явища, що виникають у серці, проводяться на поверхню тіла. Біоструми відводяться від поверхні тіла за допомогою електродів, які з'єднують з електрокардіографом.

У даний час у практиці ветеринарної медицини та в науці найбільш широко використовують електрокардіографи з механічним записом електричних потенціалів серця, а також електрокардіографи з електроннопроменевою трубкою. Як перші, так і другі можуть бути одно- і багатоканальними (див. додатки 19, 20, 21). Найбільш точну реєстрацію електричних потенціалів серця одержують за допомогою термозапису їх на спеціальній діаграмній стрічці.

В останній час була розроблена й запропонована радіотелеметрична апаратура, яка дає змогу реєструвати біоструми серця на відстані. Крім того, є фоноелектрокардіографи, які одночасно можуть реєструвати звукові та електричні явища в серці.

У практиці ветеринарної медицини найбільш широко застосовують запропоновані Г.В. Домрачевим і Р.М. Восканяном відведення електричних потенціалів серця від кінцівок. Для цього на попередньо змочені теплим 5–10 %-ним розчином натрію хлориду волосяний покрив і шкіру накладають електроди на грудні та тазові кінцівки (у великих тварин у ділянці п'ясті грудних і плусни тазових кінцівок, а у дрібних тварин – в ділянці передпліччя і гомілки). Електрод на правій тазовій кінцівці є заземленням тварини через електрокардіограф. У першому відведенні електричні потенціали серця відводять від обох грудних кінцівок, в другому – від правої грудної кінцівки та лівої тазової і в третьому відведенні – від лівої грудної і лівої тазової кінцівок.

У сучасних електрокардіографах праву грудну кінцівку з'єднують з негативним полюсом реєструючого пристрою, ліву тазову – з позитивним, ліву грудну в першому відведенні – з позитивним, а в третьому відведенні – з негативним полюсом. Таким чином, в першому відведенні реєструють в основному електричні потенціали лівої частини серця, у другому – всього серця і в третьому – правої частини серця. При цьому до електрода на правій грудній кінцівці приєднують провід апарата з червоним наконечником, на лівій грудній кінцівці – з жовтим, на лівій тазовій – із зеленим і до електрода на правій тазовій кінцівці – з чорним наконечником. Чутливість реєструючого пристрою електрокардіографа, встановлюють так, щоб різниця потенціалів в 1 мВ мала відхилення пера або електронного променя на 10 мм.

При фронтальних відведеннях електроди накладають в краніальній частині лівого та правого плечових суглобів і в ділянці основи мечовидного хряща. В першому відведенні електричні потенціали серця реєструються електродами, накладеними на краніальну частину правого й лівого плечових суглобів, в другому – краніальну частину правого плечового суглоба та ділянку

основи мечовидного хряща; у третьому відведенні потенціали серця реєструються електродами, накладеними на краніальну частину лівого плечового суглоба і ділянку основи мечовидного хряща.

Уніполярні відведення відрізняються від звичайних біполярних тим, що індиферентним електродом є так званий центральний, який об'єднує усі три електроди, при посиленних уніполярних відведеннях індиферентним електродом є центральний, який об'єднує два електроди, а третій є диферентним (активним). Уніполярні відведення дають змогу одержати парціальні електрокардіограми серця і здійснювати точнішу діагностику його захворювань. Посилені уніполярні відведення забезпечують більш чіткий запис електрокардіограми, з більшим вольтажем зубців.

Електрокардіограма (ЕКГ) складається з рівної ізопотенціальної лінії та п'яти зубців, які позначають буквами латинського алфавіту. Три зубці (P, R і T) розміщені вверху від ізопотенціальної лінії і називають позитивними, а два (Q і S), що знаходяться внизу від неї, називають негативними.

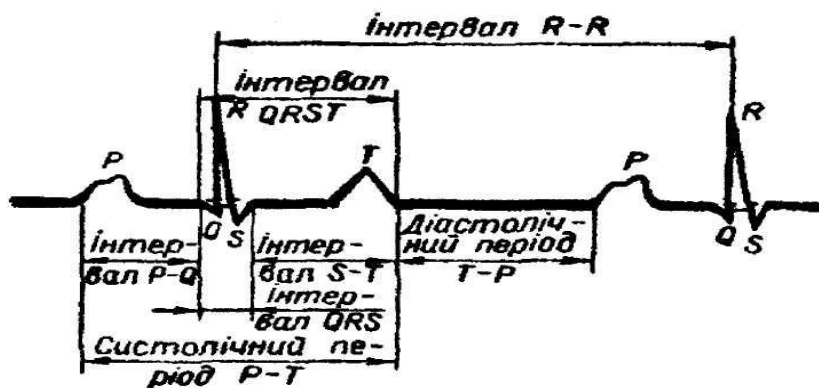


Рис.1. Електрокардіограма коня.

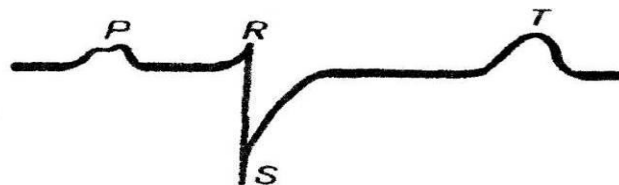
Зубець P відбиває процеси збудження у передсердях. У нормі праве передсердя (висхідна лінія) збуджується раніше лівого й тому позитивна амплітуда правого передсердя дає перевагу над негативною амплітудою лівого, що робить зубець P позитивним.

Інтервал PQ показує час проходження імпульсу від синусового вузла до м'язів шлуночків (передсердно-шлуночкової провідності). Далі йде шлуночковий комплекс QRST. Він складається із початкової частини – QRS, яка відображає поступове охоплення збудженням міокарда шлуночків і кінцевої

частини – зубця Т, який показує процеси реполяризації (відновлення позитивного заряду), тобто обмінні процеси в міокарді шлуночків при переході їх із стану збудження у стан спокою. Сегмент ST у здорових тварин розміщений на ізоелектричній лінії. Він відповідає періоду повної деполаризації (появі негативного заряду) міокарда шлуночків, коли вони знаходяться у стадії повного збудження і різниця потенціалів між їх основою і верхівкою відсутня.

В ЕКГ розрізняють два періоди: систолічний – від початку зубця Р до кінця зубця Т і діастолічний (TR) – від кінця зубця Т до початку чергового зубця Р. У свою чергу в систолічному періоді виділяють електричну систолу шлуночків серця, якій відповідає продовженість комплексу QRST.

Електрокардіограма при фронтальних відведеннях має дещо іншу форму порівняно з одержаною при стандартних відведеннях.



**Рис 2. Електрокардіограма корови.**

Зубець Р у такій електрокардіограмі виражений чітко, завжди позитивний, часто з невеликим розщепленням верхівки, зубець R – невеликої величини і лише в деяких тварин він зрівнюється з глибоким S. Як правило, зубець S є найвиразнішим елементом ЕКГ. Він широкий, глибокий, його нисхідне коліно круте, а висхідне – полого. Добре виявляється позитивний зубець Т. Вважається, що така форма ЕКГ у великої рогатої худоби повинна бути основною, оскільки при фронтальних відведеннях добре реєструються біопотенціали основи й верхівки серця, а при стандартних відведеннях – різниця потенціалів між точками тіла тварини, розміщеними лише в ділянці проєкції потенціалів верхівки серця.

При аналізі ЕКГ визначають: форму й спрямованість зубців від ізопотенціальної лінії; висоту або вольтаж зубців (у мм або в mV); подовженість зубців та інтервалів (с); положення щодо ізоелектричної лінії на форму сегмента ST; напрямок електричної осі серця (лінії, яка з'єднує дві точки

в серці з найбільшою різницею потенціалів). На основі одержаних результатів визначають кілька показників, які виражають у процентах: систолічний – відношення продовженості електричної систоли шлуночків – QRST до продовженості всього серцевого циклу – RR; відносну атріовентрикулярну провідність – відношення продовженості інтервалу PQ до продовженості усього серцевого циклу; продовженість інтервалу PQ по відношенню до електричної систоли шлуночків; продовженості зубців Р і Т до всього серцевого циклу.

Електрокардіограма дає змогу визначити порушення серцевого ритму, гіпертрофію відділів серця, запальні й дистрофічні процеси в міокарді, стан коронарного кровообігу, а також забезпечує об'єктивний контроль при застосуванні серцевих та інших лікарських засобів, які можуть спричиняти зміни функції серця.

Зубець Р може бути збільшеним при гіпертрофії передсердь, в початковій стадії гострого міокардиту або зменшеним і розширеним – при уповільненні проведення збудження по м'язу передсердь, що спостерігається при розвитку дистрофічних процесів у міокарді (міокардозі, у другій стадії гострого міокардиту).

Інтервал PQ може бути подовженим при збудженні вагусу і морфологічних змінах провідникової системи та міокарда передсердь, що можна диференціювати проведенням фізичного навантаження або атропіновою пробою. Якщо причиною продовження інтервалу PQ є ваготонія, то після проведення (проганяння) тварини або ін'єкції атропіну інтервал PQ зменшується, а при дистрофічних змінах міокарда, навпаки, стає більш тривалим (при міокардозі). Зменшення продовженості інтервалу PQ спостерігається при підвищеній збудливості міокарда, що характерно для першої стадії гострого міокардиту.

Комплекс QRS може бути розширеним і деформованим (при міокардозі, перикардиті), а вольтаж окремих зубців його стає більшим або меншим. Високий зубець R виявляють у першу стадію міокардиту, а низький, розширений і деформований – при дистрофічних процесах у міокарді

(міокардозі). Заокруглена вершина, розщеплення і розширення зубця R свідчить про ураження провідникової системи серця та глибокі дистрофічні зміни міокарда. Збільшується вольтаж зубця R у першому відведенні при гіпертрофії лівого шлуночка, а при гіпертрофії правого шлуночка – він найвищий у III, а низький – в I відведеннях при глибокому зубці S.

Розширення, притуплення і розщеплення зубця S є наслідком дифузних уражень міокарда шлуночків і його провідникової системи.

Інтервал ST збігається з ізоелектричною лінією ЕКГ. Зміщення його і деформація є наслідком недостатності коронарного кровообігу, а продовженість залежить від частоти скорочень серця.

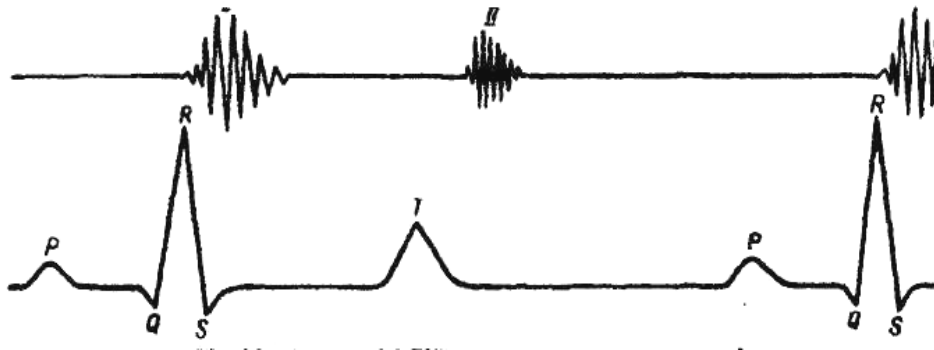
Збільшення вольтажу зубця T особливо характерне для гострого міокардиту, гіпертрофії серця, а зменшення вольтажу, розширення і деформацію його виявляють при дистрофічних змінах міокарда (друга стадія міокардиту, міокардоз). При цих же хворобах зубець T може бути негативним.

Електрокардіографії належить важлива роль у системі клініко-фізіологічного контролю при тренінгу спортивних коней. У більшості добре тренованих коней виявляють фізіологічну гіпертрофію лівого шлуночка. Зміни ЕКГ характеризуються збільшенням вольтажу зубців P, R і T, зменшенням інтервалів PQ, QT, відхиленням електричної осі серця у більшості коней вліво (Судаков М.О., 1965). Зубець T, який часто у здорових коней буває двофазним, після фізичного навантаження стає позитивно високим, що свідчить про посилення процесів метаболізму в серцевому м'язі і про добрий функціональний стан міокарда.

Патологічна гіпертрофія лівого шлуночка, яка відображає дистрофічні зміни міокарда у коней, характеризується значним збільшенням тривалості комплексу (більше 0,15 с), нерідко спостерігаються зменшення вольтажу зубців P, R і T, відносно збільшення інтервалів PQ, QT, систолічного показника, розширення зубця T, деформація і зміщення інтервалу ST, що виражає недостатність кровопостачання міокарда, особливо гіпертрофованої стінки шлуночків, і порушення у ньому обмінних процесів.

## 2. Фонокардіографія.

Фонокардіографія – це графічна реєстрація звукових явищ у серці – тонів і шумів. З цією метою частіше використовують дво- або багатоканальні фоноелектрокардіографи, які дають змогу записувати звукові явища синхронно з електричними. Фонокардіограма (ФКГ) здорових тварин складається із коливань, які відображають I і II тони серця, між якими розміщуються інтервали систолічної та діастолічної пауз. Перший тон серця на ФКГ представлений коливаннями, які виникають після зубця Q синхронно із записаною ЕКГ. Початкові коливання цього тону мають низьку амплітуду і відображають систолу передсердь. Центральна частина коливань першого тону відрізняється високою їх амплітудою, є показником звуків від закриття атріовентрикулярних клапанів і відповідає зубцю S ЕКГ. Кінцева частина коливань характеризується нижчою амплітудою і відображає звуки, що утворюються при скороченні міокарда шлуночків і вібрації стінок аорти і легеневої артерії (рис. 3).



**Рис. 3. Фонокардіограма і ЕКГ при одночасному записі.**

Другий тон серця на ФКГ являє собою звукові коливання, які з'являються при зниженні зубця T синхронно записаній ЕКГ, і відображає закриття півмісяцевих клапанів аорти та легеневої артерії. У нормі амплітуда коливань другого тону нижча амплітуди коливань першого.

За допомогою ФКГ можна уточнити результати аускультатії серця, особливо при появі ендокардіальних шумів, а також аритмії серця. ФКГ має велике значення в диференціальній діагностиці вад серця та інших його хвороб, які супроводжуються ендокардіальним шумом, а також змінами тонів серця.



### **Контрольні запитання.**

1. Дайте визначення поняття електрокардіографія.
2. Поясніть практичне значення електрокардіографії.
3. Дайте визначення поняття фонокардіографії.
4. Поясніть практичне значення фонокардіографії.

### **Список рекомендованої літератури.**

#### **Основна.**

1. Внутрішні незаразні хвороби тварин: Підручник. – 2-ге вид., доп. / М.О. Судаков, М.І. Цвіліховський, В.І. Береза та ін.; За ред. М.О. Судакова. – К.: Мета, 2002. – 352 с. (стор. 31–32)
2. Внутрішні незаразні хвороби с/г тварин / М.О. Судаков, В.І. Береза, І.Г. Погурський. За ред. М.О. Судакова. – К.: Вища школа, 1985. – 335 с. (стор. 34–36)
3. Клінічна діагностика хвороб тварин / В.І. Левченко, М.О. Судаков, Й.Л. Мельник та ін.; За ред. В.І. Левченка. – К.: Урожай, 1995. – 368 с. (стор. 77–87)

#### **Додаткова.**

1. Внутренние незаразные болезни животных / И.И. Тарасов, И.П. Кондрахин, В.Г. Ильин. – М.: Агропромиздат, 1987. – 431 с. (стр. 35–36)
2. Практикум по внутрішніх незаразних хворобах с/г тварин / М.О. Судаков, В.І. Береза, І.Г. Погурський, В.М. Нечваль.; За ред. М.О. Судакова. – К.: Вища школа, 1995. – 206 с. (стор. 38–39)

#### **Додатки.**

1. Відеофільм «Дослідження серцево-судинної системи у тварин», 19<sup>17</sup> хв.
2. Світлини електрокардіографів L-, M-, S-лінії.
3. btl.ua. [www.iriol.dp.ua](http://www.iriol.dp.ua). [uk.wikipedia.org](http://uk.wikipedia.org).