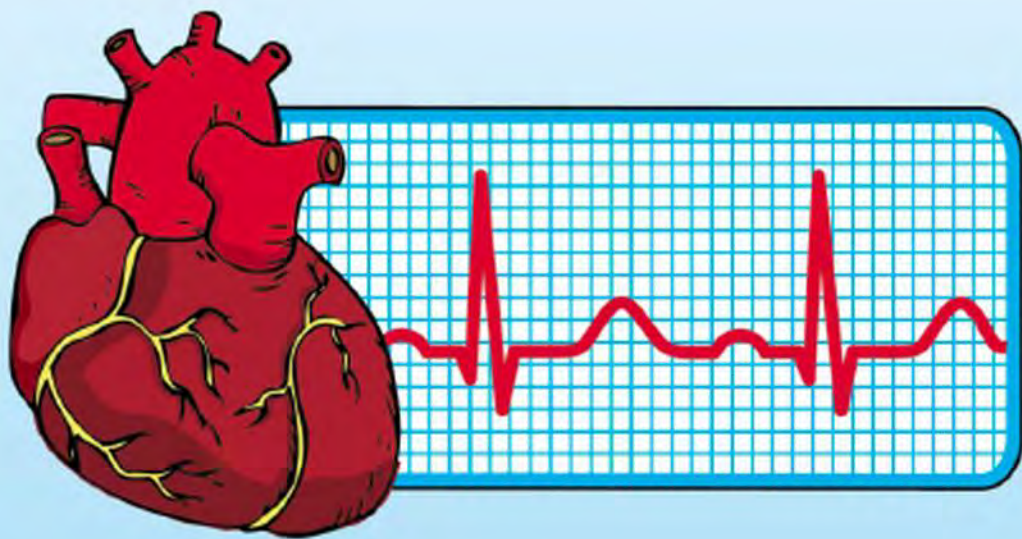


РЕЄСТРАЦІЯ, ОБРОБКА та КОНТРОЛЬ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Вінницький національний технічний університет

**РЕЄСТРАЦІЯ, ОБРОБКА
ТА КОНТРОЛЬ
БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ**

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2011

УДК [621.37:57.087.1+615.47](075)

ББК 32.811.3:53.4я73

P33

Автори:

**В. Г. Абакумов, З. Ю. Готра, С. М. Злепко, С. В. Павлов,
В. Б. Василенко, О. І. Рибін**

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямком підготовки «Радіоелектронні апарати». Лист № 1/11-177 від 12.01.2011 р.

Рецензенти:

І. І. Хаймзон, доктор технічних наук, професор

А. І. Бих, доктор фізико-математичних наук, професор

О. Т. Кожухар, доктор технічних наук, професор

В. Г. Петрук, доктор технічних наук, професор

Реєстрація, обробка та контроль біомедичних сигналів :
P33 навчальний посібник / В. Г. Абакумов, З. Ю. Готра, С. М. Злепко та
ін. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 352 с.

ISBN 978-966-641-445-1

У навчальному посібнику проаналізовано сучасний стан контролю, реєстрації та обробки біомедичних електрографічних та фотоплетизмографічних сигналів. Розглянуто біосигнали серцево-судинної системи, мозку, м'язів, органів зору, слуху, травлення, опорно-рухової системи. Коротко наведено основи анатомії органів людини, біосигнали яких розглянуто. Навчальний посібник рекомендовано для студентів та аспірантів, які навчаються на ступінь інженерії та медицини.

УДК [621.37:57.087.1+615.47](075)

ББК 32.811.3:53.4я73

ISBN 978-966-641-445-1

© В. Абакумов, З. Готра, С. Злепко,
С. Павлов, В. Василенко, О. Рибін, 2011

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. БІОСИГНАЛИ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ.....	14
1.1 Будова та провідникова система серця.....	14
1.2 Механізм формування електрокардіографічних (ЕКГ)сигналів.....	24
1.3 Основні параметри ЕКГ-сигналів в нормі.....	28
1.4 Типи ЕКГ-відведень. Особливості ЕКГ у різних відведеннях.....	31
1.5 Електрична вісь серця. Методи визначення положення електричної осі серця.....	36
1.6 Зміни форми ЕКГ-сигналів та формування комплексів ЕКГ при різних функціональних та патологічних станах організму.....	38
1.7 Методи та засоби вимірювання і реєстрації біопотенціалів серця.....	47
1.8 Технології обробки ЕКГ-сигналів.....	54
1.9 Реосигнали та їх параметри.....	64
1.10 Фотоплетизмографічні технології оцінювання периферійного кровообігу.....	76
2 АРТЕРІАЛЬНИЙ ТИСК КРОВІ.....	105
2.1 Інвазивні методи вимірювання тиску крові.....	108
2.1.1 Клінічне використання прямих методів вимірювання тиску крові.....	113
2.2 Неінвазивні методи вимірювання тиску крові.....	115
2.3 Апаратура для контролю параметрів тиску крові.....	125
2.4 Інформаційно-вимірювальна система для контролю за артеріальним тиском.....	133
2.4.1 Вимірювання АТ за допомогою пальцевого датчика.....	137
3. БІОСИГНАЛИ МОЗКУ.....	133
3.1 Будова мозку. Електроенцефалографічні (ЕЕГ) відведення.....	142
3.2 Механізм утворення, форма та основні ритми ЕЕГ сигналів в нормі.....	142
3.3 Зміни форми ЕЕГ сигналів та формування комплексів ЕЕГ при різних функціональних та патологічних станах	

	організму.....	147
3.4	Методи та засоби вимірювання та реєстрації біопотенціалів мозку.....	160
3.5	Методи та засоби контролю та аналізу ЕЕГ-сигналів.....	162
4	БІОСИГНАЛИ М'ЯЗІВ.....	165
4.1	Будова м'язів та механізм формування в них біопотенціалів.....	165
4.2	Електроміографічні (ЕМГ) сигнали та їх параметри.....	170
4.3	Зміни форми ЕМГ-сигналів та формування комплексів ЕМГ при різних функціональних та патологічних станах організму.....	173
4.4	Методи аналізу ЕМГ.....	177
4.5	Методи та засоби вимірювання і реєстрації біопотенціалів м'язів.....	183
5	БІОПОТЕНЦІАЛИ ШКІРИ.....	187
5.1	Електричні процеси на ділянці «шкіра-електрод».....	187
5.2	Моделі аналізу шкірно-гальванічної реакції (ШГР).....	192
5.2.1	Традиційна модель формування сигналу ШГР.....	192
5.2.2	Іонна модель формування сигналу ШГР.....	194
5.2.3	Оцінювання параметрів ШГР за традиційною і логарифмічною шкалами.....	198
5.3	Методи і засоби вимірювання параметрів ШГР.....	203
5.3.1	Методика вимірювань ШГР людини.....	206
5.3.2	Відведення сигналу ШГР і вимірювальні сенсори.....	207
6	БІОСИГНАЛИ ОРГАНІВ ЗОРУ.....	209
6.1	Будова органів зору та механізм формування біопотенціалів органів зору.....	209
6.2	Ретинограми (РЕГ) та їх параметри.....	214
6.3	Електроокулограми (ЕОГ) та їх параметри.....	222
6.4	Методи аналізу РЕГ та ЕОГ.....	225
6.5	Методи та засоби вимірювання та реєстрації біопотенціалів органів зору.....	227
7	БІОСИГНАЛИ ОРГАНІВ СЛУХУ.....	234
7.1	Будова слухової системи людини.....	234
7.2	Параметри слуху.....	239
7.3	Методи та засоби дослідження слуху.....	242

8	БІОСИГНАЛИ ОРГАНІВ ТРАВЛЕННЯ.....	249
8.1	Будова, основні функції та параметри, які характеризують функціональний стан органів травлення.....	249
8.2	Механізм формування та параметри електрогастрограм....	253
8.3	Методи аналізу електрогастрограм сигналів.....	257
9	БІОПОТЕНЦІАЛИ АКТИВНИХ АКУПУНКТУРНИХ ЗОН.....	266
9.1	Класифікація та параметри акупунктурних мередіанів.....	266
9.2	Основні методи електропунктурної діагностики.....	269
9.3	Розробка програмного інтерфейсу з нелінійною картою Ріодораку.....	289
10	БІОСИГНАЛИ ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ (ОРС).....	294
10.1	Структура та функції ОРС людини.....	294
10.2	Регуляція функцій ОРС.....	305
10.3	Особливості нервово-хребетного та судинно-хребетного комплексів ОРС.....	307
10.4	Методи функціональної діагностики стану ОРС.....	312
11	РЕЧОВИННО-ПОЛЬОВИЙ АНАЛІЗ БІОСИГНАЛІВ.....	321
11.1	Вплив електромагнітних випромінювань на біологічні системи.....	321
11.2	Поля, що випромінюються біологічними об'єктами.....	323
11.3	Результати проведених експериментальних досліджень....	324
	ГЛОСАРІЙ.....	330
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	334

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АКГ – аспексокардіографія
АТ – артеріальний тиск
АЦП – аналого-цифровий перетворювач
БД – база даних
БІ – біомедична інформація
БКГ – балістокардіографія
БМС – біомедична система
БО – біологічний об'єкт
ГЛШ – гіпертонія лівого шлуночка
ГПШ – гіпертонія правого шлуночка
ГПІ – генератор тактових імпульсів
ДКГ – динамокардіографія
ЕГГ – електрогастрографія
ЕДА – електродермальна активність
ЕЕГ – електроенцефалографія
ЕКГ – електрокардіографія
ЕКС – електрокардіосигнал
ЕМГ – електроміографія
ЕОГ – електроокулографія
ЕОМ – електронна обчислювальна машина
ЕРГ – електроретинографія
ЕРС – електрорушійна сила
ЕхоКГ – ехокардіографія
ЕФГ – езофагокардіографія
ЗПСО – загальний периферичний судинний опір
ІХС – ішемічна хвороба серця
ІФ – інтерфейсні схеми
ІЧ – інфрачервоний
КІГ – кардіоінтервалографія
КЛ – клавіатура
КС – кардіосигнал
МІС – метод інтегрувальної схеми
МКГ – механокардіографія
МП – мікропроцесор

ОГ – окулограма
ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій
ОЦК – об'єм циркулюючої крові
ПЗ – програмне забезпечення
ПК – персональний комп'ютер
ПО – периферичний опір
ПП – постійний потенціал
ПХ – пульсова хвиля
РЕГ – реоенцефалограма
РЕО – реографія
РІ – реографічний індекс
РПВ – рівняння перенесення випромінювання
РПГ – реопульмонографія
РПР – рівняння променистої рівноваги
РРГ – ранні рецепторні потенціали
СІ – серцевий індекс
СІН – схема індикації
СО – систолічний об'єм
ССС – серцево-судинна система
СФГ – сфігмографія
СЧВ – системний червоний вовчак
ТГРГ – тетраполярна грудна реовазографія
ФПГ – фотоплетизмографія
ФВП – фотоплетизмографічний вимірювальний перетворювач
ФКГ – фонокардіографія
ФСГ – флєбосфігмографія
ФПМ – фотоплетизмографічний метод
ХОК – хвилинний об'єм кровообігу
ХРС – хребетно-рухомі сегменти
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач
ЦВТ – центральний вензний тиск
ЦНС – центральна нервова система
ЧСС – частота серцевих скорочень
ША – шина адрес
ШД – шина даних
ШПК – шина персонального комп'ютера

ВСТУП

Функціональний стан людини з точки зору медицини є одним з важливих показників її здоров'я. В медичній практиці його оцінку проводять під час діагностично-лікувальних та профілактичних заходів. Показники здоров'я також важливі для систем медичного страхування, охорони праці, розробки медичних експертних систем. Одним з перспективних напрямків є створення інформаційних баз даних параметрів, що характеризують функціональний стан органів та організму людини в цілому та критерії їх порівняння з відповідними параметрами в нормі для електронного паспорта здоров'я людини.

Для контролю функціонального стану організму людини проводять дослідження параметрів біомедичних сигналів, візуалізацію тканин, органів, аналіз біохімічних параметрів, ультразвукові та рентгенографічні дослідження та ін.

У медичній практиці для діагностичних цілей та контролю функціонального стану людини найчастіше використовуються електрографічні методи, які забезпечують вимірювання та контроль біопотенціалів, що виникають природно або під впливом зовнішніх факторів у різних ділянках та органах організму людини. *Біопотенціал* – це узагальнена характеристика взаємодії зарядів досліджуваних клітин, тканин та органів. Різниця потенціалів між збудженою та незбудженою частинами окремих клітин характеризується тим, що потенціал збудженої частини клітини менший потенціалу незбудженої частини. Для тканини різниця потенціалів визначається сукупністю потенціалів окремих клітин. Зняття біопотенціалів проводиться за допомогою електродів, які встановлюються на поверхні тіла чи органів людини. Вимірюється не абсолютний потенціал, а різниця потенціалів між двома точками поверхні, яка відображає її біоелектричну активність та характер метаболічних (обмінних) процесів. Біопотенціали використовують для отримання інформації про стан і функціонування різних органів. До сучасних електрографічних методів відносяться: електрокардіографія, реографія, електроенцефалографія, електроміографія, електрогастрографія тощо.

На основі даних, опублікованих у вітчизняній та зарубіжній літературі, нами зроблена спроба узагальнити існуючі методи та засоби отримання та обробки медичних електрографічних сигналів, для студентів

та інженерів технічних вузів, які розробляють медичну техніку, для студентів медичних спеціальностей, а також спеціалістів, що працюють на стику медицини та техніки.

Для дослідження стану **серця та діагностики серцевих захворювань** у медичній практиці використовують:

- е л е к т р о к а р д і о г р а ф і ю (ЕКГ) – це основний метод графічної реєстрації з поверхні тіла біопотенціалів, які виникають у серцевому м'язі під час серцевого циклу. Криву, яка відображає електричну активність серця, називають електрокардіограмою (ЕКГ). Крім електрокардіографічного (основного) методу дослідження стану серця у медичній практиці також використовують інші електрографічні методи (фонокардіографія, апексокардіографія, кардіоінтервалографія, сфігмографія та інші);

- ф о н о к а р д і о г р а ф і ю (ФКГ) - неінвазивний метод графічної реєстрації тонів і шумів серця, найбільш часто застосовується для діагностики уроджених пороків серця;

- а п е к с о к а р д і о г р а ф і ю (АКГ), чи верхівкову кардіографію, що являє собою запис руху верхівки лівого шлуночка при його скороченні;

- к а р д і о і н т е р в а л о г р а ф і ю (КІГ), що є одним з методів оцінки ритму серця. Це новий спосіб вивчення синусового серцевого ритму з використанням сучасних методів математичного аналізу;

- с ф і г м о г р а ф і ю (СФГ) - метод графічної реєстрації артеріального пульсу;

- п о л і к а р д і о г р а ф і ю (синхронну реєстрацію ЕКГ, ФКГ і каротидної сфігмограми) - метод дослідження серцевої діяльності, спрямований на вивчення фазових компонентів серцевого циклу;

- м е х а н о к а р д і о г р а ф і ю (МКГ) – метод графічної реєстрації артеріального тиску. Крива, яку отримують при цьому, носить назву - тахоосцилограма. Цей метод дозволяє визначити систолічний та діастолічний тиски. Механокардіографія, крім цього, дозволяє визначати бічний, середній, ударний, пульсовий тиск, а також розраховувати ударний і хвилинний об'єми і величину периферійного опору кровотоку;

- е з о ф а г о к а р д і о г р а ф і ю (ЕФГ) - метод графічної реєстрації рухів серця і, зокрема, лівого передсердя через стравохід;

- ф л е б о с ф і г м о г р а ф і ю (ФСГ) - метод графічної реєстрації венозного пульсу. Звичайно проводиться запис пульсу яремної вени, і

крива, що отримується при цьому, називається центральним венозним пульсом;

- **б а л і с т о к а р д і о г р а ф і ю** (БКГ) - метод реєстрації рухів тіла, зумовлених роботою серця. Вона використовується для оцінки скорочувальної функції міокарда;

- **д и н а м о к а р д і о г р а ф і ю** (ДКГ) - метод графічної реєстрації переміщення центра ваги грудної клітки людини;

- **е х о к а р д і о г р а ф і ю** (ЕхоКГ) - метод вивчення будови і положення структури серця за допомогою ультразвуку. Зображення серця, яке отримують при реєстрації, називається ехокардіограмою (ЕхоКГ).

Для дослідження стану *судин в медичній діагностиці* застосовують реографічні методи.

Р е о г р а ф і я (РЕО) – неінвазивний метод дослідження кровопостачання органів, в основі якого лежить принцип реєстрації зміни електричного опору тканин внаслідок зміни кровонаповнення судин. Чим більший приток крові до тканин, тим менший їх опір. В залежності від того, у якій ділянці тіла проводиться дослідження судинної системи, розрізняють різні типи реографічних сигналів, наприклад, реоенцефалографія – метод дослідження судин головного мозку, реопульманографія – досліджує стан судин легенів, реовазографія – стан судинної системи кінцівок тощо.

Для дослідження **електричної активності мозку** застосовують **е л е к т р о е н ц е ф а л о г р а ф і ю** (ЕЕГ) - метод дослідження сумарної електричної активності (біопотенціалів) мозку. Біопотенціал мозку – це узагальнена характеристика взаємодії зарядів у досліджуваній ділянці мозку із зарядом електрода, який накладається на цю ділянку. Електроенцефалографія дає можливість якісного та кількісного аналізу функціонального стану головного мозку та його реакції на дію подразників. ЕЕГ використовується у діагностиці захворювань та лікувальній практиці, а також для дослідження таких функцій головного мозку як пам'ять, адаптація, сприйняття інформації та ін. Якщо електроди встановлюються на поверхню кори головного мозку, то реєструється енцефалокортикограма.

Для дослідження стану **м'язової системи людини** застосовують **е л е к т р о м і о г р а ф і ю** (ЕМГ) – метод дослідження біоелектричних потенціалів, які виникають у м'язах людини при збудженні

м'язових волокон, та реєстрації електричної активності м'язів. Розрізняють спонтанну електроміограму, яка відображає стан м'язів у стані спокою або при м'язовому напруженні, а також викликану ЕМГ, яка виникає як реакція на електричну стимуляцію м'яза або нерва. ЕМГ дозволяє проводити діагностику уражень нервової та м'язової систем, оцінювання важкості, стадії, перебігу захворювань, ефективності терапії.

До електрографічних методів дослідження **органів зору** відносять:

- е л е к т р о р е т и н о г р а ф і ю (ЕРГ) – метод дослідження функціонального стану сітківки ока, який оснований на реєстрації біопотенціалів, які виникають у ній при світловому подразненні;

- в е к т о р е л е к т р о р е т и н о г р а ф і ю – різновид електроретинографії, коли реєструється зміна сумарного вектора електричного поля сітківки;

- е л е к т р о о к у л о г р а ф і ю (ЕОГ) – метод дослідження функції м'язів руху ока або функціонального стану зовнішніх шарів сітківки, який полягає у графічній реєстрації зміни біопотенціалів ока при його рухах;

- в е к т о р е л е к т р о о к у л о г р а ф і ю – різновид ЕОГ, при якій реєструється зміна сумарного вектора електричного поля ока;

- а д а п т о е л е к т р о о к у л о г р а ф і ю – електроокулографію, яка проводиться в умовах темної та світлової адаптації.

До основних методів дослідження **слуху** відносять:

- т о н а л ь н у г р а н и ч н у а у д і о м е т р і ю - дослідження порогів слуху на різних частотах;

- а к у с т и ч н у і м п е д а н с о м е т р і ю застосовують при диференціальній діагностиці захворювань середнього вуха та для одержання уяви про функціональний стан черепно-мозкових нервів і стовбура мозку;

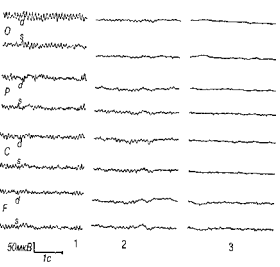
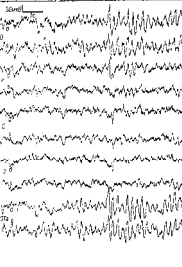
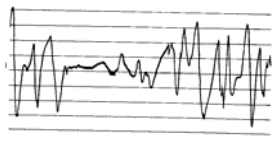
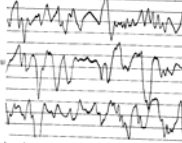
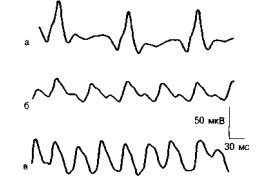
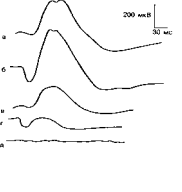
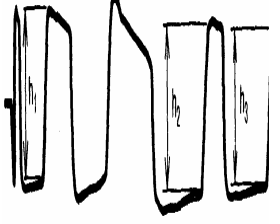

- д о с л і д ж е н н я а к у с т и ч н и х в и к л и к а н и х п о т е н ц і а л і в м о з к у - реєструють відповідь мозку на звукові стимули;

- е л е к т р о к о х л е о г р а ф і ю, яка являє собою реєстрацію електричної відповіді внутрішнього вуха (завитки) на звуковий стимул.

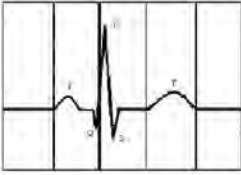
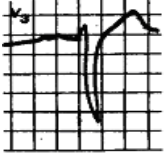
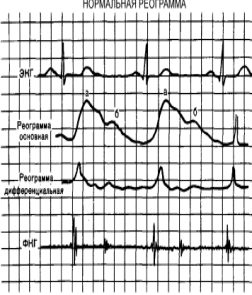

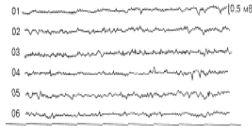
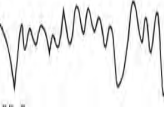
До електрографічних методів дослідження стану *шлунково-кишкового тракту* відносяться методи електрогастроентерографії. Е л е к т р о г а с т р о г р а ф і я (ЕГГ) – метод запису біопотенціалів шлунка з

поверхні тіла, що характеризують електричну активність шлунка, яка змінюється синхронно з ритмом перистальтики шлунка.

Таблиця В. 1 – Параметри електрокардіографічних методів

Сигнал	Амплітуда, мВ	Частота, Гц	Тривалість, мс	Форма	Патологія
1	2	3	4	5	6
ЕЕГ	50-125 20-70	10 10	1-2 3		
ЕМГ	0,05- 0,15 1,2-2 3-5	6-20 50-100 21-50	6-10 до 10 до 15		
РЕГ	0,1 0,25-0,3 0,07	> 80 70 < 90	48 123 160		
ЕОГ	2 4-6	80-800 2500	35-175 180-350		

Подовження таблиці В. 1

1	2	3	4	5	6
ЕКГ	<p>< 0,25 < 2,6 < 2,5 2,5 1,18-2,13 < 0,5</p>	<p>60 -80 уд/хв > 100 < 40</p>	<p>80 30 30-50 <30 <160 60-160</p>		
РГ	<p>Ампліту- дою вважає- ться тах відстань від основи до вершини кривої</p>		<p>0,1+/- 0,01 0,12 – 0,2</p>	<p>НОРМАЛЬНА РЕОГРАММА</p> 	
ЕГГ	<p>0,05 0,1</p>	<p>0,2-0,5 2-5</p>	<p>180000- 300000</p>		

1 БІОСИГНАЛИ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

1.1 Будова та провідна система серця

Серце – порожнистий м'язовий орган. Вертикальна перетинка поділяє його на ліву (артеріальне серце) і праву (венозне серце) половини. Кожна половина, в свою чергу, має дві камери: передсердя та шлуночок. Таким чином, серце людини складається з чотирьох камер: двох передсердь і двох шлуночків. Між правим передсердям та правим шлуночком знаходиться тристулковий клапан, а між лівим передсердям та лівим шлуночком – двостулковий (мітральний) клапан. Півмісячні клапани відокремлюють шлуночки від аорти та легеневої артерії.

При скороченні (систолі) передсердь кров з них надходить до шлуночків. Під час скорочення шлуночків кров викидається в аорту і легеневий стовбур. Розслаблення (діастола) передсердь і шлуночків сприяє наповненню порожнин серця кров'ю. Таким чином, насосна функція серця ґрунтується на злагодженій роботі клапанів серця та чергуванні скорочення та розслаблення різних його відділів (рис. 1.1).

В праве передсердя впадають верхня на нижня порожнисті вени. Місце впадання порожнистих вен називають венозним синусом, який у людини є частиною правого передсердя. В цю камеру серця відкривається також коронарний синус, що збирає кров із серцевих вен. У передсердя відкриваються невеликими отворами і численні дрібні вени серця. Кров надходить з правого передсердя в правий шлуночок через отвір, по краю якого знаходиться тристулковий клапан, кожна стулка якого є складкою внутрішньої оболонки серця. До вільних країв стулочок чіпляються сухожилкові нитки, які своїми протилежними кінцями прикріплені до верхівок трьох папілярних м'язів. Ці м'язи своїми основами переходять у стінку передсердя. Сухожилкові нитки та папілярні м'язи не дають змоги стулкам клапана вигинатися у праве передсердя під час скорочення шлуночка, коли під тиском крові тристулковий клапан закривається. Площа загальної поверхні клапанів значно перевищує площу атріовентрикулярного отвору, і тому стулки клапанів щільно закривають отвір навіть при зміні об'єму шлуночків.

З правого шлуночка виходить легеневий стовбур, у гирлі якого знаходяться три півмісяцеві клапани. Вони мають форму кишень у вигляді півмісяця і вигнуті в просвіт легеневого стовбура. Під час діастоли

клапани щільно закриваються, причому чим більша швидкість кровообігу, тим щільніше закриваються стулки клапанів у вигляді півмісяця.

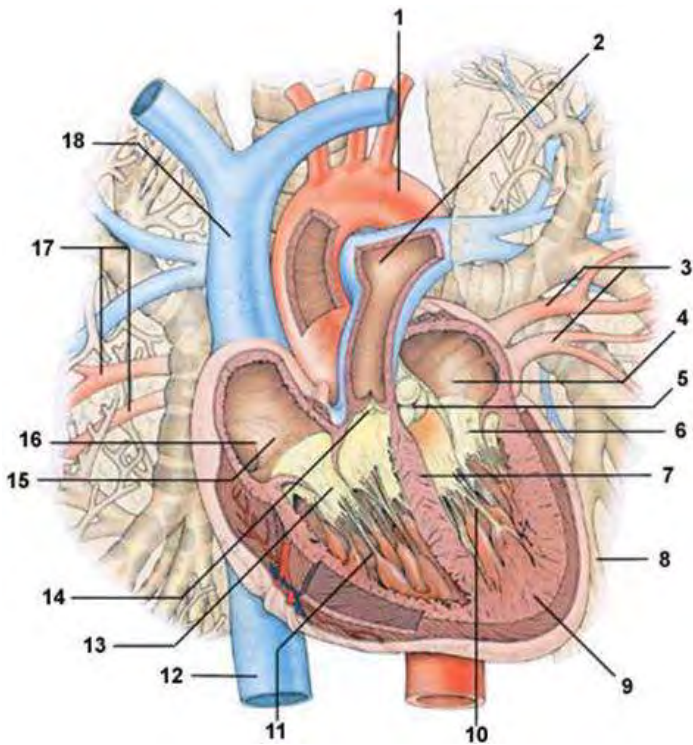
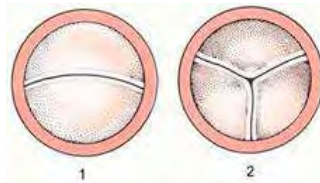


Рисунок 1.1 – Будова та схема внутрішньої серцевої геодинаміки:

- 1- аорта; 2 – легеневий стовбур; 3 – легеневі вени; 4 – ліве передсердя; 5 – клапан аорти; 6 – мітральний клапан; 7 – перегородка; 8 – перикард; 9 – міокард; 10 – лівий шлуночок; 11 – правий шлуночок; 12 – нижня порожниста вена; 13 – тристулковий клапан; 14 – клапан легеневого стовбура; 15 – ендокард; 16 – праве передсердя; 17 – легеневі вени; 18 – верхня порожниста вена

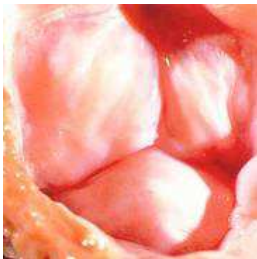
Ліве передсердя розташоване ззаду та зліва в основі серця; в нього впадають чотири легеневі вени. Отвір між лівими передсердям та шлуночком закривається двостулковим (мітральним) клапаном. До вільних країв стулок прикріплені сухожилкові нитки, які чіпляються до двох папілярних м'язів. Від лівого шлуночка починається аорта. В гирлі аорти

знаходяться три півмісяцеві клапани такої ж будови, як і клапани легеневого стовбура. Робота клапанів серця необхідна для того, щоб кров внаслідок чергування скорочення та розслаблення серця пересувалась від вен до артерій. Будова клапанів серця наведена на рис. 1.2.



Типи клапанів:

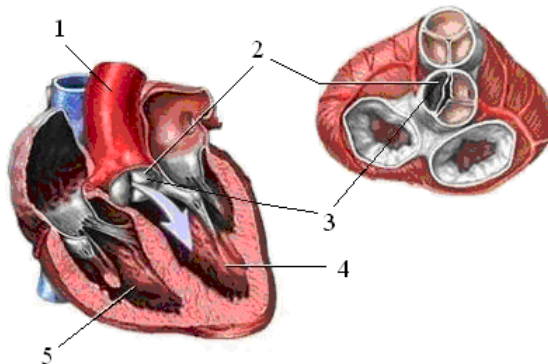
1 – двостулковий; 2 – тристулковий



Клапан легеневого стовбура



Схема кишенькового клапана вени,
який попереджує зворотну течію крові
a



б

Рисунок 1.2 – Клапани серця:

1 – аорта; 2 – регургітація; 3 – аортальний клапан;
4 – лівий шлуночок; 5 – правий шлуночок

У стінці серця розрізняють три шари: зовнішній – епікард, середній – міокард, внутрішній – ендокард. Епікард являє собою серозну оболонку, яка є дуже рухомою; гладкий і вологий епікард зменшує тертя серця. Біля основи серця епікард переходить у власне серцеву сумку – перикард. Між епікардом і перикардом міститься щілиноподібна серозна порожнина з незначною кількістю рідини. Завдяки цьому серце ізольоване від усіх сусідніх органів і вільно скорочується. Середній шар серця – міокард – утворює основну масу стінки серця. Міокард складається з поперечносмугастих м'язових клітин – кардіоміоцитів. Внутрішня оболонка серця – ендокард – складається із сполучнотканинної основи з великою кількістю еластичних та гладких м'язових волокон. Внутрішня поверхня порожнин серця вкрита ендотелієм. Стулкові та півмісяцеві клапани являють собою складки ендотелію, всередині яких розміщені сполучна тканина, судини та нерви.

Товщина стінок шлуночків є різною, що зумовлено неоднаковим навантаженням на міокард правого та лівого шлуночків. Особливості роботи шлуночків відбиваються не тільки на їх м'язовій масі, але й на будові. Стінка лівого шлуночка складається в основному з потужної циркулярної мускулатури. Її волокна утворюють ніби порожнистий циліндр, ззовні і всередині якого від основи до верхівки серця проходять спіральні волокна. Стінка правого шлуночка складається головним чином із спіральних м'язів, а циркулярна мускулатура розвинута відносно слабо.

Залежно від морфологічних і функціональних особливостей у серці розрізняють два типи волокон: волокна міокарда передсердь та шлуночків, що становлять основну масу серця і забезпечують його насосну функцію та волокна водіїв ритму та провідної системи, що відповідають за виникнення збудження та проведення його до клітин робочого міокарда.

Клітини робочого міокарда шлуночків мають більшу товщину і об'єм порівняно з робочими клітинами передсердь.

Провідна система серця – система м'язових волокон особливої структури (вузлів, пучків) та нервово-м'язових утворень (шляхів) для передачі імпульсів збудження по серцевому м'язу.

Для всієї тканини серця властиве проведення збудження. Провідна система складається з вузлів і провідних шляхів (рис. 1.3).

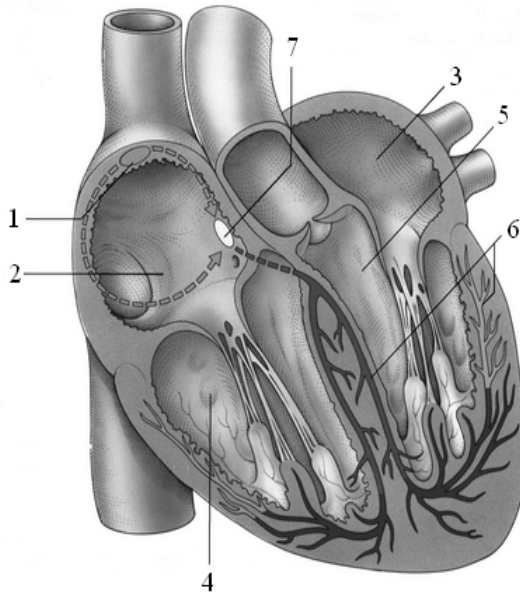


Рисунок 1.3 – Схема провідної системи серця:

1 – синусопередсердний вузол; 2 – праве передсердя; 3 – ліве передсердя; 4 – правий шлуночок; 5 – лівий шлуночок; 6 – провідні волокна; 7 – передсердно-шлуночковий вузол

Тканини провідної системи мають особливості порівняно з робочим міокардом. Вони характеризуються високою стійкістю до гіпоксії. Другою особливістю є стійкість цієї системи до підвищеної концентрації внутрішньоклітинного калію. Це забезпечує проведення збудження в таких умовах, коли кардіоміоцити стають незбудливими.

За функціональними, морфологічними та структурними особливостями провідну систему поділяють на такі відділи:

- синусно-передсердний вузол (синатріальний) вузол;
- міжпередсердний та міжвузловий провідні шляхи;
- передсердно-шлуночковий або атріовентрикулярний вузол;
- передсердно-шлуночковий пучок (пучок Гіса);
- права та ліва ніжки Гіса;
- волокна Пуркінє.

Вважають, що поряд з вказаними відділами провідної системи серця існують додаткові передсердно-шлуночкові шляхи. Це пучки Кента, Джеймса, Махайма, Паладіна. Імпульси, які проходять по цих шляхах, досягають шлуночків в обхід передсердно-шлуночкового вузла. Внаслідок цього можуть виникнути різноманітні шляхи надходження збудження в довільну точку шлуночка, що сприяє умовам для виникнення аритмій.

Провідна система серця починається в правому передсерді біля гирла верхньої та нижньої порожнистих вен атипovими м'язовими клітинами (Р-клітини), що утворюють синоатріальний вузол. Біля нього міститься багато нервових клітин, волокон та їх закінчень. Три міжвузлових тракти – Бахмана, Венкебаха і Торела – сполучають його з атріовентрикулярним вузлом, а міжпередсердний пучок Бахмана – з лівим передсердем.

Атріовентрикулярний (АВ) вузол розміщений у правому передсерді, в ділянці міжпередсердної перетинки, поблизу сполучнотканинного кільця, що відділяє праве передсердя від шлуночка. АВ-вузол має довжину близько 5 мм та товщину 2-3 мм.

Від атріовентрикулярного вузла відходить добре розвинута внутрішньошлуночкова провідна система, що складається з передсердно-шлуночкового пучка (Гіса) та двох основних його ніжок – правої та лівої – для кожного зі шлуночків серця. Ліва ніжка пучка Гіса розгалужується на передню та задню гілки. Кожна з ніжок поділяється далі на тонкі волокна (Пуркінє).

Функцію проведення імпульсів мають як волокна спеціалізованої провідної системи серця, так і скоротного міокарда; в останньому випадку швидкість проведення імпульсу є значно меншою.

Вони передають імпульси від синусного вузла до скоротного м'яза серця. Обидва типи клітин мають багато контактів між собою. Для синусного вузла характерною є наявність щільної сполучної тканини, багатой на еластичні волокна, численних нервових волокон та нервових клітин. Схожу будову має і атріовентрикулярний вузол.

Ритмічну роботу серця забезпечують імпульси, що виникають у синусному вузлі (водії ритму) провідної системи серця (центр автоматизму першого порядку). Ці імпульси розповсюджуються по провідній системі серця, яка задає необхідну частоту, рівномірність і синхронність скорочень передсердя і шлуночків. Вони проходять через передсердя, примушуючи їх скорочуватися, до атріовентрикулярного (передсердно-шлуночкового)

вузла, розташованого на межі передсердя і шлуночків. Потім збудження по провідних тканинах (пучок та ніжки Гіса, волокна Пуркінє) розповсюджується в шлуночках, викликаючи їх скорочення. Після цього серце очікує наступного імпульсу, з якого починається новий цикл. Такий ритм роботи серця називається синусним (правильним). Якщо імпульси збудження виникають в інших ділянках серця (існують інші центри автоматизму), то ритм роботи серця називається ектопічним (неправильним).

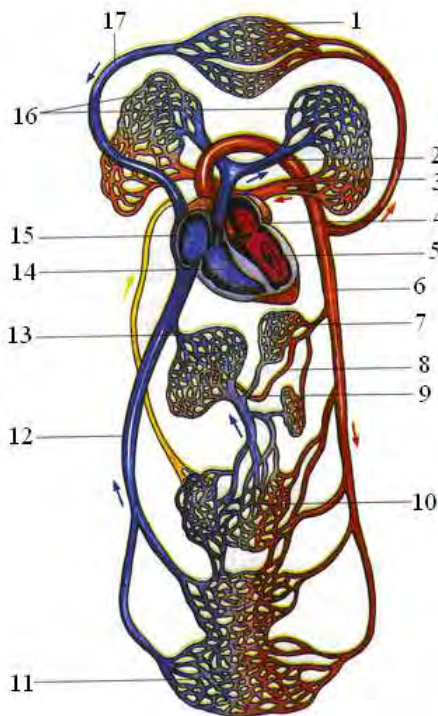


Рисунок 1.4 – Система кровообігу людини:

1 – капілярна сітка верхньої частини тіла; 2 – легенева артерія; 3 – легеневі вени; 4 – ліве передсердя; 5 – лівий шлуночок; 6 – аорта; 7 – капіляри шлунка; 8 – печінкова артерія; 9 – ворітна вена; 10 – капіляри кишок; 11 – капілярна сітка нижньої частини тіла; 12 – нижня порожниста вена; 13 – печінкова вена; 14 – правий шлуночок; 15 – праве передсердя; 16 – капілярна сітка легенів; 17 – верхня порожниста вена

Шановний читачу!

Умови придбання надрукованих примірників монографії наведені на сайті видавництва <http://publish.vntu.edu.ua/get/?isbn=978-966-64-445-1>

Уважаемый читатель!

Условия приобретения печатных экземпляров монографии приведены на сайте издательства <http://publish.vntu.edu.ua/get/?isbn=978-966-64-445-1>

Dear reader!

You may order this monograph at the Web page
<http://publish.vntu.edu.ua/get/?isbn=978-966-64-445-1>

Методичне видання

Валерій Георгійович Абакумов
Зенон Юрійович Готра
Сергій Макарович Злепко
Сергій Володимирович Павлов
Валентина Борисівна Василенко
Олександр Іванович Рибін

РЕЄСТРАЦІЯ, ОБРОБКА ТА КОНТРОЛЬ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна
Коректор З. Поліщук
Оригінал-макет підготовлено С. Павловим

Підписано до друку 13.12.2011 р.
Формат 29,7×42¹/₄. Папір офсетний
Гарнітура Times New Roman
Друк різнографічний . Ум. друк. арк. 22,9
Наклад 300 (1-й запуск 1-100) прим. Зам. № 2011-193

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ,
21021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел.: (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано в Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел.: (0432) 59-87-38.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.