

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**О. В. Висоцька, Г. М. Страшненко**

**ВСТУП ДО ФАХУ «БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ»**

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2021

УДК 616-71(075.8)  
В 53

Рецензенти: д-р фіз.-мат. наук, проф. А. І. Бих,  
д-р техн. наук, проф. Г. Є. Філатова

**Висоцька, О. В.**

В 53 Вступ до фаху «Біомедична інженерія» [Текст] : навч. посіб. /  
О. В. Висоцька, Г. М. Страшненко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т  
ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 96 с.

ISBN 978-966-662-798-1

Викладено деякі сучасні досягнення в галузі біомедичної інженерії. Наведено відомості про апарати заміщення втрачених функцій та органів людини; лабораторно-аналітичну техніку; апарати функціональної діагностики; терапевтичні апарати і системи; апарати для проведення ультразвукового дослідження, томографії та ендоскопії; роботизовані комплекси в хірургії, показано приклади їх практичного використання в біомедицині. Належну увагу приділено використанню лазерів у медицині. Розглянуто застосування нанотехнологій в медицині. Описано застосування інформаційних технологій в медицині.

Для студентів вищих навчальних закладів спеціальності 163 «Біомедична інженерія», які навчаються за освітньою програмою «Біомедична інженерія» денної та заочної форм навчання. Може бути корисним для студентів і фахівців зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», які навчаються за освітньою програмою «Комп'ютерні технології в біології та медицині».

Іл. 43. Бібліогр.: 51 назв

**УДК 616-71(075.8)**

ISBN 978-966-662-798-1

© Висоцька О. В., Страшненко Г. М., 2021  
© Національний аерокосмічний  
університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», 2021

## ЗМІСТ

Передмова.....	4
Практичне заняття №1	
Апарати заміщення втрачених функцій та органів людини.....	5
Практичне заняття №2	
Лабораторно-аналітична техніка.....	13
Практичне заняття №3	
Апарати для функціональної діагностики .....	20
Практичне заняття №4	
Терапевтичні апарати і системи.....	26
Практичне заняття №5	
Апарати для ультразвукового дослідження людини.....	36
Практичне заняття №6	
Лазери в медицині.....	44
Практичне заняття №7	
Нанотехнології в медицині.....	50
Практичне заняття №8	
Телемедичні технології.....	57
Практичне заняття №9	
Апарати для ендоскопії.....	63
Практичне заняття №10	
Томографи.....	69
Практичне заняття №11	
Інформаційні технології в медицині.....	76
Практичне заняття №12	
Роботизовані комплекси в хірургії.....	85
Бібліографічний список.....	92

## ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Вступ до фаху «Біомедична інженерія»» є однією з професійно-орієнтованих дисциплін, яку викладають у рамках підготовки бакалаврів зі спеціальності 163 «Біомедична інженерія».

Метою практичних занять з курсу «Вступ до фаху «Біомедична інженерія»» є розширення та закріплення теоретичних знань з дисципліни.

Практикум націлений на формування таких компетентностей у студентів:

- знання та розуміння предметної області, розуміння професійної діяльності та здатність розв'язувати задачі і проблеми в галузі біомедичної інженерії;

- здатність до пошуку, оброблення і аналізу інформації з різних джерел;

- здатність проводити дослідження щодо взаємодії біологічних, природних і штучних систем (штучні органи та ін.);

- здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими та неживими системами.

Практичне заняття виконують у вигляді виступу, доповіді, есе, презентації з використанням діалогового підходу «запитання – відповідь». При виконанні практичного заняття студент має самостійно оцінювати релевантність інформації, наведеної в навчальній ситуації, за необхідності звертатися до додаткових джерел інформації, брати активну участь в обговоренні доповідей, уміти формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

Практичні заняття побудовані за принципом, рекомендованим методичною комісією університету.

Для успішного виконання практичного заняття необхідно ретельно вивчити лекційний матеріал, що дає теоретичні знання в області біомедичної інженерії, заздалегідь прочитати навчальний посібник. Крім того, рекомендується самостійно прочитати додаткову літературу, запропоновану викладачем, для детальнішого ознайомлення з тією або іншою темою.

У запропонованому навчальному посібнику подано дванадцять практичних занять з дисципліни «Вступ до фаху «Біомедична інженерія»», послідовне виконання яких спрямовано на формування вмінь застосовувати набуті знання в майбутній професійній діяльності.

## Практичне заняття №1

# АПАРАТИ ЗАМІЩЕННЯ ВТРАЧЕНИХ ФУНКЦІЙ ТА ОРГАНІВ ЛЮДИНИ

**Мета заняття:** сформувати загальні уявлення про апарати заміщення втрачених органів та функцій людини, цілісне розуміння особливостей використання штучних органів у медицині.

### Теоретичні відомості

Проблема розроблення штучних органів (ШО) людини знаходиться в числі основних напрямків розвитку сучасної науки і вирішується на стику біологічних, медичних і технічних наук. Розвиток цієї проблеми безпосередньо пов'язаний з досягненнями математики, механіки, електроніки, хімії, фізики, інформатики. Усвідомлення можливості поєднання організму людини та технічних засобів, тобто розуміння того, що вони можуть і мають працювати в єдиному комплексі для досягнення цільової функції, привело до створення апаратів і систем часткового або повного заміщення втрачених органів і систем організму людини. Наприклад, «штучне серце» – апарат для повної заміни на той чи інший час насосної функції серця.

Заміщення функцій будь-яких людських органів за допомогою так званих «штучних органів» стало одним із символів сучасної медицини високих технологій.

Техногенні та екологічні катастрофи, різноманітні життєві випадки (отруєння, обмороження, тощо), власне самі хвороби людини призводять до термінальних стадій, коли використання таких апаратів є життєвою необхідністю.

ШО можна розділити на технічні засоби, які не імплантуються в організм, і на технічні засоби, які частково або повністю імплантуються. За часом функціонування ШО можна розділити на апарати безперервної дії та апарати періодичного включення.

Усі апарати заміщення втрачених органів і функцій людини виконують тільки обмежені функції. Прикладами таких пристроїв є апарати – «штучна нирка», «штучний кровообіг», «штучне дихання» і т. ін. Для забезпечення виконання цими апаратами заданих ним функцій необхідно розуміти принципи та механізми управління ними. Розглянемо докладніше деякі з них.

**«Штучне серце»** – апарат, що імплантується та дає можливість тимчасово замінити насосну функцію власного серця хворого, коли воно стає нездатним виконувати роботу щодо забезпечення організму достатньою кількістю крові.

У 1937 році доктором Володимиром Демиховим було сконструйовано перше штучне серце та імплантовано собаці. Серце, яке він розробив, складалося з двох насосів, які мали привід від двигуна. Потім, починаючи з

1950-х років, було зроблено безліч спроб створення штучного серця для людини. Перший зразок штучного серця, що імплантується, навели науковій громадськості Д. Ліотта та Д. Кулі (США) в 1969 році. Їх прилад підтримував життя пацієнта протягом 64 годин, поки готувалося до операції людське серце-трансплантат. Перша ж імплантація штучного серця, розрахованого на тривалий термін експлуатації, була проведена 2 грудня 1982 року в Медичному центрі Ютського університету (США). Пацієнту Берні Кларку було імплантовано апарат Jarvik-7, названий так на честь винахідника Роберта Джарвіка. Пацієнт прожив 112 днів після трансплантації. Пізніше (в 1993 році) Jarvik-7 був перейменований в Cardiowest C-70, а починаючи з 2004 року отримав назву SynCardia TAH.

Імплантований SynCardia TAH складається з двох штучних шлуночків, кожен з яких виготовлений з напівтвердого поліуретанового корпусу з чотирма гнучкими поліуретановими діафрагмами, що відділяють камеру крові від камери повітря (рисунок 1.1). Діафрагми надають можливість заповнити штучні шлуночки кров'ю, а потім виштовхнути її стисненим повітрям із зовнішнього приводу. Клапани, які змонтовані в портах припливу та відпливу кожного штучного шлуночка, контролюють напрямок кровотоку. Максимальний динамічний ударний обсяг кожного шлуночка становить 70 мл, що дозволяє генерувати швидкість потоку до 9,5 літра за хвилину. Лівий штучний шлуночок підключається через роз'єм лівої притоки передсердя в ліве передсердя і через аортальний з'єднувач відтоку – в аорту. Правий штучний шлуночок підключається через роз'єм правої притоки передсердя в праве передсердя та через з'єднувач відтоку легеневої артерії – в легеневу артерію.



Рисунок 1.1 – Вид частини пристрою TAH SynCardia, що імплантується

**Штучний кровообіг** (екстракорпоральний кровообіг, штучна перфузія) – спосіб підтримки кровотоку в організмі, окремому органі або окремій області організму штучним шляхом.

Перший апарат для штучного кровообігу, автожектор, був створений в 1925 році вченим фізіологом С.С. Брюхоненко (1890 – 1960), який дозволив проводити дослідження з ізольованою перфузією голови собаки, відокремленої від тулуба. За допомогою цього апарата вчений Н.Н.Теребінський в 1930 році експериментально довів можливість успішної операції на клапанах серця.

Будь-який апарат штучного кровообігу складається з двох блоків – фізіологічного та технічного (механічного) (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Сучасний апарат штучного кровообігу LivaNova S5, який застосовують у кардіохірургії

До фізіологічного блока відносять всі деталі, що контактують з кров'ю.

Оксигенатор – пристрій, що забезпечує функції газообміну шляхом насичення венозної крові киснем і видалення вуглекислого газу.

Обсяг заповнення оксигенатора кров'ю не має перевищувати обсягу заповнення природних легких (0.75 ... 1) л. Встановлено, що оптимальне функціонування оксигенатора – 5-6 годин, при цьому забезпечується допустима травма формених елементів крові.

До допоміжних вузлів фізіологічного блока відносять різного виду судини, трубопроводи, елементи фільтрації крові.

До технічного блока апарата штучного кровообігу відносять корпус апарата з приводами насосів і контрольно-вимірну апаратуру для вимірювання тиску, температури, витрати та інших параметрів крові, а також параметрів рідин і газів.

Основні напрямки застосування апаратів штучного кровообігу в клінічній практиці:

- загальний штучний кровообіг для повної заміни насосної функції серця, газообмінної функції легень і функції теплового балансу в організмі. Основне застосування – кардіохірургія;

- регіонарний штучний кровообіг – перфузія окремого органу або області організму, тимчасово ізольованих від решти судинної системи. Його застосовують в онкології та гнійній хірургії для підведення великих концентрацій лікарських речовин;

- створення штучної гіпотермії (зниження температури організму).

Особливий напрям у створенні апаратури очищення крові відводиться системі «штучна нирка», функціонування якої дозволяє тисячам хворих не тільки зберегти життя, але і забезпечити можливість жити нормально.

**«Штучна нирка»** – апарат для гемодіалізу – виведення з організму токсичних продуктів обміну і екзогенних отрут стороннього походження, а також для регуляції електролітного водного балансу та кислотно-лужної рівноваги.

Апарат «штучна нирка» призначений для тимчасової заміни функції нирок з очищення крові.

У даний час життя близько 1 мільйона пацієнтів з нирковою недостатністю підтримується за допомогою гемодіалізу. Перший сеанс гемодіалізу у людини провів Georg Haas Джордж Хаас у жовтні 1924 року в німецькому місті Гессен.

Термін «діаліз» вперше застосував в 1854 році шотландський хімік Thomas Graham (1805 – 1869), який використовував його в науковій літературі для опису феномену руху різних типів частинок через напівпроникну мембрану під дією осмотичного тиску. Вперше апарат «штучна нирка», придатний для широкого клінічного застосування, був створений в 1943 р.

Апарат «штучна нирка» працює на основі принципу очищення крові з її фільтрацією через діалізат (буфер-продукт, що відповідає складу крові – ацетат і бікарбонат), який має осмотичну активність спеціального складу, що узгоджується з газовим та електролітним складом крові і напівпровідниковим мембранним діалізатором, виготовленим зі спеціального матеріалу, що дозволяє виконувати певні функції людської нирки (виведення залишків азоту, води – сольового обміну, очищення гомеостазу і т.д.).

У процесі діалізу речовини, які розчинені в крові та діалізаті, дифундують через діалізну мембрану, причому рушійною силою дифузії є різниця концентрацій речовини в крові і діалізаті. Будь-яка речовина дифундує через мембрану в бік меншої концентрації. Якщо концентрація певної речовини в крові більше, ніж в діалізаті, речовина дифундує в діалізат (наприклад, сечовина, креатинін, фосфат). І, навпаки, якщо концентрація речовини в діалізаті більше, ніж в крові, речовина потрапляє



в кров (наприклад, ацетат, який знаходиться в діалізаті для корекції ацидоз.

Головним елементом апарата є діалізатор – стерильний фільтр, що видаляє токсини і збагачує кров корисними речовинами.

Штучна вентиляція легенів (штучне дихання, керована вентиляція легенів) – це перемежована або безперервна заміна повітря в легенях штучними методами при припиненні або недостатності їх природної вентиляції.

**Апарати штучної вентиляції легенів** заміщають лише одну стадію процесу дихання – вентиляцію, але, тим не менше, побічно впливають на дифузію газу в легенях, легеневий кровообіг та тканинний газообмін.

Середина XIX і початок XX століть ознаменувалися значним науково-технічним прогресом. Були створені перші автоматизовані апарати штучної вентиляції легенів. У 1907 році компанія Dräger випустила респіратор «Pulmotor», який являв собою компактний пристрій для вентиляції легенів «патефонного типу» в комплекті з кисневим балоном та лицьовою маскою. Мобільні апарати для штучного дихання відмінно зарекомендували себе під час рятування людей в різних екстремальних ситуаціях. Пізніше на основі мобільного гірничорятувального приладу були створені стаціонарні апарати для штучної вентиляції легких «Pulmotor».

Штучна вентиляція легенів досягається двома методами: вдування (інсуфляція) повітря в дихальні шляхи; зміною форми і об'єму грудної клітки.

Розроблені технічні засоби реалізують перший метод.

Таким чином, апарати штучної вентиляції легенів – це технічні пристрої, які здійснюють повітрообмін у дихальних шляхах організму.

Концентрація кисню в дихальній суміші не має бути нижче 16% (в кімнатному повітрі – приблизно 21%), в іншому випадку може виникнути гіпоксія.

Апарати штучної вентиляції легенів розрізняють за призначенням: для реанімації, для наркозу, для лікування дітей.

Основним вузлом апарата штучної вентиляції легенів є генератор вдиху, що подає під час вдиху дихальну суміш у легені пацієнта. Використовують два види приводів генератора вдиху: пневматичний та електричний. Для зниження негативної дії штучного дихання на гемодинаміку застосовують генератор видиху, аналогічний генератору вдиху. Необхідну комутацію газових потоків здійснює розподільний механізм, що перемикається з режиму вдиху в режим видиху і назад, після досягнення заданих значень дихальних обсягів, тимчасових фаз дихання або тиску.

З розвитком сучасних технологій все частіше вибирають біопротези. Біокеруючі протези використовують у тих випадках, коли зберігаються нервові закінчення, що посилають та приймають нервові імпульси від неіснуючих кінцівок. Тоді є можливість використовувати ці нервові

імпульси для управління механізмами протезів та прийому інформації від різних датчиків, розташованих на протезі. Для виконання цих дій необхідно перетворення біоелектричних сигналів, що проходять по збережених нервових волокнах, в керуючі сигнали для виконавчих механізмів протеза та зворотне перетворення сигналів з датчиків протеза в аферентний потік. Цю роль у біокеруючому протезі виконує мікропроцесор за заздалегідь заданою програмою. Є два варіанти управління протезом – без зворотного зв'язку та зі зворотним зв'язком.

На Міжнародному конгресі з протезування та ортопедії ISPOWorldCongress в Лейпцигу (Німеччина) одна з компаній показала власну розробку – протез кисті руки, за допомогою якого людина може виконувати навіть складні маніпуляції (рисунок 1.3). Пристрій має міоелектричну систему управління, коли на збереженій ділянці кінцівки зчитуються м'язові імпульси та перетворюються у відповідні команди для виконавчих приводів протеза.



Рисунок 1.3 – Протез руки без зворотного зв'язку

Слухопротезування є необхідним при захворюваннях зовнішнього, середнього та внутрішнього вуха. Для цього використовують слухові апарати.

**Слухові апарати** – це електроакустичні пристрої для слухового протезування, а саме для прийому, перетворення, посилення звукових сигналів і передачі їх особам зі зниженим слухом.

Перший слуховий апарат з'явився в 1878 році. Він називався Phonograph і працював за принципом телефону. Прилад винайшов інженер з Німеччини – Вернер фон Сіменс. Спочатку апарат не набув визнання, тому що слабо посилював і сильно спотворював звук. Крім того, прилад займав весь простір класичної чоловічої валізи. Пізніше, коли Siemens вдалося домогтися зменшення розмірів, апарати почали виробляти серійно. Зараз концерн – один зі світових лідерів у напрямку слухопротезування, аудіологічний напрям розвиває компанія Signia.

Сучасні слухові апарати є електроакустичними пристроями та складаються з трьох основних частин: мікрофона, що приймає звук і перетворює його на електричний сигнал, підсилювача, що приймає сигнал від мікрофона та посилює його потім у ресивер і власне ресивер (телефон).

За конструкцією слухові апарати ділять на такі:

- заушні;
- в очковій оправі;
- кишенькового типу;
- у вигляді вушних вставок.

Для успішної участі в практичному занятті студентам потрібно вивчити такі основні питання, які виносять на обговорення:

- 1) основні моменти історії розроблення ШО;
- 2) «штучне серце», «штучний кровообіг»;
- 3) «штучна нирка», «штучне дихання»;
- 4) біокеруючі протези, слухові апарати.

### **Завдання**

1. Відповісти на контрольні запитання.

2. Розглянути теми рефератів, що наведені нижче, підготувати доповіді або есе згідно з вибраною темою. Тему реферату студенти вибирають самостійно, керуючись власними науковими інтересами. Повторювання тем рефератів в одній навчальній групі не дозволяється (студенти однієї навчальної групи виконують реферати на різні теми). Тема, яка не входить до переліку, має обов'язково погоджуватися з викладачем.

### **Рекомендації до виконання практичного заняття**

Заздалегідь до практичного заняття вибирають деяких студентів, кожен з яких має підготувати реферат за вибраною темою у формі десятихвилинної презентації з подальшими відповідями на запитання та зауваження. Запитання доповідачам – 10 – 15 хвилин.

Від доповідача очікується уміння ілюструвати доповідь комп'ютерними слайдами та іншими доступними засобами візуалізації для максимально зрозумілого, короткого і аргументованого викладення основних особливостей своєї точки зору, уміти формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

При виконанні практичного заняття решта студентів групи має брати активну участь в обговоренні доповідей, ставити запитання за темами доповідачів та підготувати есе.

## **Контрольні запитання**

1. Що таке «штучні органи»?
2. Що таке «штучне серце»?
3. Перерахуйте основні напрямки застосування апаратів штучного кровообігу в клінічній практиці.
4. Що таке апарат «штучна нирка»?
5. Дайте визначення поняттю «гемодіаліз».
6. Для чого використовують апарати штучної вентиляції легенів?
7. В яких випадках використовують біокеруючі протези?
8. Які бувають слухові апарати за конструкцією?

## **Теми рефератів**

1. Апарат «штучне серце».
2. Апарати для електричної стимуляції роботи серця.
3. Апарати штучного очищення крові.
4. Апарат «штучна нирка».
5. Апарат «допоміжна штучна печінка».
6. Апарати допоміжного та штучного кровообігу.
7. Апарати штучної вентиляції легенів.
8. Апарат «штучна підшлункова залоза».
9. Біокеруючі протези.
10. Слухові апарати.

## **Література [1-10].**

## Практичне заняття №2 ЛАБОРАТОРНО-АНАЛІТИЧНА ТЕХНІКА

**Мета заняття:** сформувати загальні уявлення про прилади для лабораторної діагностики, цілісне розуміння особливостей використання лабораторно-аналітичної техніки.

### Теоретичні відомості

Засоби аналітичної техніки, за допомогою яких у цей час реалізуються фізико-хімічні вимірювання, складають найбільш обширну область вимірювальної техніки. З їх допомогою здійснюються як новітні наукові, так і рутинні дослідження у фізиці, хімії, біології, медицині та інших галузях науки.

Особливе місце ці засоби посідають у медико-біологічних дослідженнях. За деякими даними, від 30 до 70% об'єктивної інформації про функціонування різних систем людського організму забезпечується лабораторними аналізами, при яких шляхом фізико-хімічних вимірювань визначають різні медико-біологічні показники людини, що дозволяє діагностувати захворювання, виявляти тенденції їх розвитку, контролювати хід оздоровчих процесів, а також часто отримувати попереджувальну інформацію про процеси, що відбуваються в організмі людини на клітинному, субклітинному та молекулярному рівнях.

Обладнання клініко-діагностичної лабораторії містить: оптичні вимірювальні прилади, прилади для електрохімічних вимірювань і прилади для розділення речовин і визначення їх кількості в різних фракціях.

До оптичних вимірювальних приладів відносять прилади для вимірювання світлопоглинання – фотометри і спектрофотометри; для вимірювання забарвлення та світлопоглинання плівок – денситометри; для вимірювання флюоресценції – флюориметри, спектрофлюориметри, поляризаційні флюориметри; для вимірювання інтенсивності світловипромінювання (забарвлення полум'я, емісії) – полум'яні фотометри; для вимірювання кількості випроміненого світла – люмінометр; для вимірювання світлорозсіювання – нефелометрія. Серед перелічених вище оптичних приладів найбільш широке використання в рутинній практиці отримали спектрофотометри та фотометри, в тому числі вертикальні (для імуноферментних досліджень).

Прилади для електрохімічних вимірювань – потенціометри, полярографи та ін. За усталеною традицією прилад для вимірювання електричного потенціалу при мінімальному значенні поточного струму називається потенціометром, а метод – потенціометрією. Якщо ж вимірюється сила струму при постійному значенні електричної напруги, – це амперметрія. Якщо в процесі вимірювання величина потенціалу змінюється за тим чи іншим законом, такий метод називається

вольтамперметрією або полярографією. З електрохімічних приладів у клініко-діагностичній лабораторії найбільш широко застосовують рН-метри та датчики для безперервного вимірювання різних параметрів внутрішнього середовища, в першу чергу, кислотно-лужної рівноваги.

Прилади для розділення речовин і визначення їх кількості в різних фракціях – апарати для електрофорезу, хроматографи. Крім того, сучасні клініко-діагностичні лабораторії оснащені автоматичними аналізаторами, які працюють у безперервному режимі (коли всі спроби обробляють послідовно, як на конвеєрі), або в дискретному (коли одночасно обробляють серії з певної кількості проб, причому таку серію можна аналізувати тільки тоді, коли аналіз закінчено).

Сучасний аналіз медико-біологічних показників людини та контроль біотехнологічних процесів багато в чому базуються на використанні спеціальних технічних засобів, які називаються аналізаторами.

Аналізатор – вимірювальний прилад, вимірювальна установка або вимірювальна система, які призначені для визначення складу або властивостей аналізованих середовищ.

Прилади для лабораторних аналізів будують на різних методах і фізичних принципах. У процесі багаторічної практичної роботи прижилися порівняно небагато приладів завдяки їх простоті, швидкості проведення аналізів, можливості автоматизації. Так, у цитометричних дослідженнях крові добре зарекомендували себе кондуктометричні гемоцитометри. Для вимірювання гемоглобіну і біохімічних аналізів основним методом є фотоколориметричний.

Успішно розвивається біолюмінесцентний метод. Апаратуру для біолюмінесцентного аналізу застосовують при діагностиці інфаркту міокарда, діабету, гепатиту, онкологічних, гормональних захворювань і т. ін. Велику точність має полярографічний метод, що застосовують у фармакології. Розвивається електрофоретичний метод для визначення білків.

Гемоцитометри призначені для визначення вмісту формених елементів крові. До формених елементів відносять еритроцити, лейкоцити та тромбоцити.

Протягом тривалого часу основним приладом для визначення вмісту формених елементів крові була камера Горяєва. Вона являє собою добре відшліфоване скло, яке розділено на квадрати каналами, прорізнаними на одній зі сторін алмазним різцем, – 25 великих квадратів, і кожен із них поділений на 16 малих квадратів. Через мікроскоп підраховують частинки в цих квадратах.

Для механізації та автоматизації цього виду аналізу були створені кондуктометричні гемоцитометри. Винахідником першого гемоцитометра є Культер (Франція), який потім заснував фірму Coulter, що випускає різноманітне медичне обладнання, перш за все для лабораторних аналізів.

Гемоцитометри бувають аналогові та цифрові. Принцип роботи аналогових гемоцитометрів оснований на пропорційній залежності між частотою імпульсів датчика та концентрацією частинок. У цифрових гемоцитометрах проводять прямий підрахунок формених елементів за допомогою лічильників при строго заданому обсязі крові, що бере участь у вимірюванні.

Крім лічильників частинок існують більш складні комплекси – гематологічні автомати (рисунок 2.1). Вони, як правило, вимірюють та обчислюють кілька параметрів, управляються персональною електронно-обчислювальною машиною або мікропроцесорними системами. Ці комплекси відрізняються кількістю вимірюваних (обчислюваних) параметрів – від 5 до 12 і продуктивністю – від 50 до 300 проб/год.



Рисунок 2.1 – Автоматичний гематологічний аналізатор BC-2800Vet

Розглянемо гематологічний автомат РНА-1 фірми «Medtronic». Це автомат середнього класу з мікропроцесорним управлінням, що вимірює та обчислює вісім параметрів з продуктивністю 120 проб/год. Цей комплекс безпосередньо вимірює п'ять параметрів: вміст еритроцитів (RBC – Red Blood Cells), вміст лейкоцитів (WBC – White Blood Cells), вміст гемоглобіну (Hb - Hemoglobin), розподіл еритроцитів за розмірами (обсягами – RVD) та середній обсяг еритроцитів (MCV – Mean Cells Volume). Три параметри обчислюють за допомогою мікропроцесорної системи: гематокрит (PCV – Plasma-Cells Volume), середній вміст гемоглобіну в еритроциті (MCH – Mean Corpuscular Hemoglobin) та середню корпускулярну концентрацію гемоглобіну в еритроциті (MCHC – Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration). Вимірювання формених елементів здійснюють за допомогою кондуктометричних датчиків, а вимірювання гемоглобіну – фотоколориметричним методом.

Метод фотоколориметрії є найпоширенішим при проведенні біохімічних аналізів. Він служить для визначення концентрації речовини в розчинах, яким спеціально підготовлена проба надає характерне

забарвлення. Перевагою методу є швидкість виконання аналізу, можливість виявлення однієї речовини в наявності інших без їх попереднього відділення, порівняльна простота колориметричної апаратури. Для проведення фотоколориметрії використовують прилади, які називають «фотоколориметри».

За принципом дії фотоколориметри бувають:

- неелектричні неавтоматизовані («ручні»);
- електричні неавтоматизовані;
- електричні напівавтоматичні;
- електричні автоматичні (біохімічні автомати).

Робота фотоколориметрів першого типу основана на порівнянні забарвлення стандартного розчину з відомою концентрацією та розчину з пробєю, взятою на аналіз. Такі фотоколориметри називають просто колориметрами.

Потенціометричні методи основані на вимірюванні електричного потенціалу, який виникає на межі двох середовищ у тому випадку, коли іони одного заряду проникають через цей кордон легше, ніж протилежно заряджені. Ця різниця зумовлена властивостями спеціальної мембрани з вибірковою проникністю, що розділяє два розчини: один – відомого складу (еталонний), інший – досліджуваний. У медичних лабораторіях і відділеннях реанімації за допомогою лабораторних приладів для потенціометричного аналізу оцінюють кислотно-лужний стан крові. Так, відомими є апарати типу ABL-500, ABL-510, ABL-520 фірми RADIOMETER (Данія). Апарат ABL-500 вимірює рН крові, визначає концентрацію  $O_2$  та  $CO_2$  крові. Величину рН крові визначають за допомогою скляного електрода, а концентрацію  $O_2$  та  $CO_2$  – шляхом вимірювання  $pO_2$  та  $pCO_2$ . При цьому  $pO_2$  та  $pCO_2$  вимірюють з міцністю тих же скляних електродів, на які надівають спеціальні мембрани, які пропускають тільки іони кисню або вуглецю. Апарати ABL-510 і ABL-520, крім того, можуть визначати концентрацію гемоглобіну, насичення крові киснем та ін. Необхідна проба крові – 85 мкл (для рН – 35 мкл). Всі апарати ABL мають вбудовану мікроЕОМ.

Прилади для полярографічного аналізу використовують у фармакології, для діагностики отруєння важкими металами, в судовій медицині, екології і т.п.

При визначенні вмісту глюкози в крові в біохімічній лабораторії використовують аналізатор глюкози «Ексан» (Литва, м. Вільнюс). Його принцип дії оснований на електрохімічному (амперометричному) визначенні продуктів ферментативної реакції окислення глюкози, що каталізує ферментом глюкозооксидази, з подальшим перетворенням в постійну напругу.

Електрофорез – процес ділення заряджених частинок під дією зовнішнього електричного поля. В результаті проведення електрофорезу можна здійснювати ідентифікацію та визначення кількості різних



макромолекул, мікрочастинок, клітин за їх рухливістю напрямку силових ліній електричного поля.

Електрофорез застосовують для дослідження речовин, молекули яких у відповідних умовах заряджені та розрізняються за електрофоретичною рухливістю. Конкретні умови для поділу підбирають шляхом зміни характеристик зовнішнього середовища (рН середовища, температури, складу і концентрації буферного розчину або носія).

Апаратура для електрофоретичного аналізу використовують з метою поділу речовин або фракцій речовини, що знаходяться в розчині, в електричному полі. Найбільш поширеним у лабораторних аналізах є електрофоретичний поділ білків.

Процедура полягає в тому, що носій поміщають в електрофоретичну камеру, яка містить буферний розчин. Буферний розчин виконує двояку роль: проводить електричний струм і підтримує певну рН, визначаючи електричний заряд розчиненої речовини. Надлишок буферного розчину видаляють. Досліджуваний біоматеріал (наприклад, сироватка крові) наносять на носій, встановлюють необхідну силу струму. Після закінчення електрофорезу суміш макромолекул виявляється розділеною на дискретні зони, кожна із яких складається з частинок з близькими значеннями електрофоретичної рухливості. Носій виймають з камери, висушують (або закріплюють для попередження дифузії компонентів проби), а потім фарбують специфічним для даного класу речовин барвником. Кількісна оцінка вмісту розділених компонентів здійснюється за інтенсивністю фарбування розділених зон за допомогою спеціального фотометричного приладу – денситометра, що працює в відбитому від препарату потоці випромінювання оптичного діапазону.

Хроматографія (від грец. *chroma*, родовий відмінок *chromatos* – колір, фарба) – один із найбільш вживаних методів поділу близьких за хімічною структурою речовин. Оснований на розподілі компонентів біологічної проби між нерухомою та рухомою фазами, що переміщуються один щодо одного.

Для проведення хроматографії використовують прилади, які називають «хроматографи». Хроматографи широко використовують в аналітичній хімії для розділення сумішей речовин і дослідження їх фізико-хімічних властивостей. Принцип роботи оснований на розподілі речовини між рухомою фазою (елюентом) і нерухомою (сорбентом). Хроматографи поділяють за типом фази, яку використовують як елюента, на газові та рідинні, а також за типом колонок на капілярні і насадкові (набивні). Приклад газового хроматографа TRACE GC ULTRA показано на рисунку 2.2.

Для успішної участі в практичному занятті студентам потрібно вивчити такі основні питання, які виносяться на обговорення:

- 1) прилади для вимірювання світлопоглинання;
- 2) прилади для електрохімічних вимірювань;

3) прилади для розділення речовин та визначення їх кількості в різних фракціях;

4) основні методи аналітичної хімії, на яких базується сучасна лабораторно-аналітична техніка.



Рисунок 2.2 – Газовий хроматограф TRACE GC ULTRA

### **Завдання**

1. Відповісти на контрольні запитання.

2. Розглянути теми рефератів, що наведені нижче, підготувати доповіді або есе згідно з вибраною темою. Тему реферату студенти вибирають самостійно, керуючись власними науковими інтересами. Повторювання тем рефератів в одній навчальній групі не дозволяється (студенти однієї навчальної групи виконують реферати на різні теми). Тема, яка не входить до переліку, має обов'язково погоджуватися з викладачем.

### **Рекомендації до виконання практичного заняття**

Заздалегідь до практичного заняття вибирають деяких студентів, кожен з яких має підготувати реферат за вибраною темою у формі десятихвилинної презентації з подальшими відповідями на запитання та зауваження. Запитання доповідачам – 10 – 15 хвилин.

Від доповідача очікується уміння ілюструвати доповідь комп'ютерними слайдами та іншими доступними засобами візуалізації для максимально зрозумілого, короткого і аргументованого викладення основних особливостей своєї точки зору, уміти формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

При виконанні практичного заняття решта студентів групи має брати активну участь в обговоренні доповідей, ставити запитання за темами доповідачів та підготувати есе.

## **Контрольні запитання**

1. Дайте визначення поняття «аналізатор».
2. Яке обладнання використовують у клініко-діагностичній лабораторії?
3. Наведіть призначення гемоцитометрів.
4. Наведіть класифікацію фотоколориметрів за принципом дії.
5. Наведіть приклади лабораторних приладів для потенціометричного аналізу.
6. З якою метою використовують апаратуру для електрофоретичного аналізу?
7. Наведіть призначення хроматографів в аналітичній хімії.

## **Теми рефератів**

1. Прилади і системи для клінічних аналізів.
2. Прилади для біохімічних аналізів.
3. Лабораторні прилади для потенціометричного аналізу.
4. Прилади для полярографічного аналізу.
5. Прилади для вимірювання глюкози в організмі людини.
6. Апаратура для електрофоретичного аналізу.
7. Хроматографи.

## **Література [11-15].**

## Практичне заняття №3 АПАРАТИ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ

**Мета заняття:** сформувані загальні уявлення про апарати для функціональної діагностики, цілісне розуміння особливостей використання апаратів для функціональної діагностики.

### Теоретичні відомості

Діагностичні медичні засоби відіграють важливу роль для визначення стану здоров'я людини.

Функціональна діагностика – це ряд діагностичних процедур, які дозволяють об'єктивно оцінити функціональні можливості всіх органів і систем людського організму.

Класифікація методів функціональної діагностики залежить від області дослідження:

- серцево-судинна система: електрокардіографія, векторкардіографія, фонокардіографія; тонометрія та ін.;
- кровообіг: реографія та ін.;
- нервова і м'язова системи: енцефалографія, електроміографія та ін.;
- зовнішнє дихання: спірографія, пульмонографія та ін.

Електрокардіографія – це метод дослідження функціонального стану серця шляхом графічної реєстрації електричних імпульсів, що виникають при серцевій діяльності (рисунок 3.1). Графічне зображення електричної активності серця називається електрокардіограмою (ЕКГ). На її основі проводять діагностику аритмій, стенокардії, ішемічної хвороби серця, інфаркту міокарда та інших захворювань серцево-судинної системи.



Рисунок 3.1 – Проведення електрокардіографії

Для отримання ЕКГ застосовують електрокардіографи. Електрокардіографи бувають портативними (рисунок 2, а) та стаціонарними (рисунок 3.2, б).



а б  
Рисунок 3.2 – Електрокардіографи

У цей час випускаються спеціалізовані ЕКГ-комплекси для отримання традиційних і довготривалих (24 год.) кардіограм, у тому числі з автоматичною обробкою та формуванням висновків.

Векторкардіографія – це метод реєстрації електричної активності серця, зокрема величини та напрямку електричного поля серця протягом серцевого циклу. У клініці метод застосовують для виявлення вогнищевих уражень міокарда, гіпертрофії шлуночків серця, особливо на ранніх стадіях.

Фонокардіографія – це метод реєстрації звуків (тони, шуми), що виникають у результаті діяльності серця. Його застосовують для визначення порушень роботи серця, в тому числі вад клапанів. Поряд із записом електрокардіографічних сигналів діагностичний комплекс КАРДІОЛАБ виробництва ХАІ-MEDICA надає можливість виконувати векторкардіографічний аналіз ЕКГ, а також реєструвати, зберігати та детально аналізувати фонокардіографічні записи (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Апаратно-програмний комплекс КАРДІОЛАБ

Тонотрія – метод вимірювання та реєстрації артеріального тиску. Вимірювання артеріального тиску здійснюється за допомогою приладів – сфігмоманометрів або тонотрів.

Реографія – це метод дослідження кровонаповнення органів і тканин або окремих ділянок тіла на основі реєстрації змін їх електричного опору. Метод використовують для діагностики різного роду органічних і функціональних судинних змін як в артеріальному, так і в венозному руслах для вивчення особливостей колатерального кровообігу.

У клінічній практиці використовують різновиди реографії, наприклад: реографія головного мозку (реоенцефалографія), реографія легенів (реопульмонографія), реографія серця (реокардіографія), реографія печінки (реогепатографія), реографія очей (реофтальмографія), реографія нижніх і верхніх кінцівок (реовазографія).

Комп'ютерний реографічний комплекс РЕОКОМ (рисунок 3.4) виробництва ХАІ-MEDICA призначений для дослідження стану серцево-судинної системи людини. Комплекс може бути використаний для вирішення широкого кола завдань при обстеженні будь-яких судинних басейнів – центральна гемодинаміка, реоенцефалографія, реовазографія, реокардіографія, реофтальмографія, реопульмонографія і т.д. Як реєстратор використовують малогабаритний чотирьох- або восьмиканальний тетраполярний реограф, з додатковими каналами посилення фоно- та кардіосигналів і системою стабілізації зонduючого струму. Сполучення з ЕОМ здійснюється через шину USB.

Енцефалографія – метод електрофізіологічного об'єктивного дослідження функціонального стану головного мозку, оснований на графічній реєстрації його біопотенціалів. Реєстрована крива коливань біопотенціалів мозку називається електроенцефалограмою (ЕЕГ). Її застосовують для встановлення локалізації патологічного вогнища в головному мозку, диференціального діагнозу захворювань центральної нервової системи, вивчення механізму епілепсії та виявлення її на ранніх стадіях.



Рисунок 3.4 – Апаратно-програмний комплекс РЕОКОМ

Для отримання потрібної інформації про діяльність головного мозку застосовують прилади: електроенцефалографи (8-, 16-, 32-канальні); аналізатори біопотенціалів; електроенцефалоскопи.

Комп'ютерний електроенцефалограф НЕЙРОКОМ виробництва ХАІ-MEDICA (рисунок 3.5) призначений для реєстрації, поглибленого аналізу та інтерпретації ЕЕГ і викликаних потенціалів, ЕЕГ томографії та зіставлення отриманих результатів з даними МРТ томографії пацієнта, відеомоніторингу, ведення та оброблення картотек пацієнтів, оперативної підготовки звітних документів за результатами обстежень.



Рисунок 3.5 – Апаратно-програмний комплекс НЕЙРОКОМ

Електроміографія – це метод вимірювання функціонального стану скелетних м'язів, оснований на реєстрації електричних потенціалів, які виникають у них. За допомогою приладу – електроміографа вивчають рефлекторні реакції рухових систем організму, периферичного нейромоторного апарата, а також проводять функціональну діагностику периферичних нервів і м'язів.

Спірографія – це метод визначення об'ємної швидкості споживання кисню та параметрів зовнішнього дихання (частота, хвилинний обсяг вентиляції і т. ін.). Одним із сучасних медичних комп'ютерних комплексів для дослідження функції зовнішнього дихання людини є апаратно-програмний комплекс СПІРОКОМ виробництва ХАІ-MEDICA (рисунок 3.6). Як реєстратор застосовують прецизійний малогабаритний прилад на основі високоточного диференціального датчика тиску, конструктивно об'єднаний зі спеціальною дихальною трубкою. У дихальній трубці використовують спеціальні багаторазові вкладиші і мундштуки, які багаторазово стерилізуються, що забезпечують надійний захист пацієнта.



Рисунок 3.6 – Апаратно-програмний комплекс СПІРОКОМ

Пульмонографія – акустичний метод локального дослідження легень, що полягає в реєстрації зміни амплітуди коливань різних ділянок легень у процесі дихання.

Прилади для функціональної діагностики легень поділяють на три групи, в тому числі:

1) для інтегрального дослідження легень: метатест, бронхометатест, барометатест, спірограф, оксіспірограф, пневмотахометр;

2) для забезпечення газоаналітичних досліджень – газоаналізатори (призначені для визначення кисню та вуглекислого газу у повітрі, що вдихується і видихується);

3) для локальних досліджень: фонопульмограф, фонопульмоскоп.

У даний час для аналізу форсованого видиху застосовують прилади – комп'ютерні аналізатори з пробами бронхопровокаторів і бронхолітиків, що здійснюється з використанням відповідного програмного забезпечення та дозаторів. Вони дозволяють оцінити бронхіальну прохідність, вплив на неї різних чинників, у тому числі алергенів та лікарських препаратів.

Для успішної участі в практичному занятті студентам потрібно вивчити такі основні питання, які виносяться на обговорення:

1) методи та засоби для дослідження стану серцево-судинної системи;

2) методи та засоби для дослідження стану нервової системи;

3) методи та засоби для дослідження стану скелетних м'язів;

4) методи та засоби для дослідження стану системи зовнішнього дихання людини.

### **Завдання**

1. Відповісти на контрольні запитання.

2. Розглянути теми рефератів, що наведені нижче, підготувати доповіді або есе згідно з вибраною темою. Тему реферату студенти вибирають самостійно, керуючись власними науковими інтересами. Повторювання тем рефератів в одній навчальній групі не дозволяється (студенти однієї навчальної групи виконують реферати на різні теми). Тема, яка не входить до переліку, має обов'язково погоджуватися з викладачем.



## **Рекомендації до виконання практичного заняття**

Заздалегідь до практичного заняття вибирають деяких студентів, кожен з яких має підготувати реферат за вибраною темою у формі десяти-хвилинної презентації з подальшими відповідями на запитання та зауваження. Запитання доповідачам – 10 – 15 хвилин.

Від доповідача очікується вміння ілюструвати доповідь комп'ютерними слайдами та іншими доступними засобами візуалізації для максимально зрозумілого, короткого і аргументованого викладення основних особливостей своєї точки зору, уміти формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

При виконанні практичного заняття решта студентів групи має брати активну участь в обговоренні доповідей, ставити запитання за темами доповідачів та підготувати есе.

## **Контрольні запитання**

1. Дайте визначення поняттю «функціональна діагностика».
2. Наведіть класифікацію методів і приладів функціональної діагностики залежно від області дослідження.
3. Назвіть методи та прилади для діагностичних досліджень функцій серцево-судинної системи.
4. Назвіть методи та прилади для діагностичних досліджень нервової і м'язової систем.
5. Які методи та засоби для діагностичних досліджень зовнішнього дихання Вам відомі?

## **Теми рефератів**

1. Апарати ЕКГ.
2. Апарати ЕЕГ.
3. Апарати вимірювання тиску людини.
4. Системи моніторингу стану пацієнта.
5. Реографічні системи.
6. Міографічні системи.
7. Ангіографічні системи.
8. Апарати для дослідження зовнішнього дихання.

## **Література [16-19].**

## **Практичне заняття №4 ТЕРАПЕВТИЧНІ АПАРАТИ І СИСТЕМИ**

**Мета заняття:** сформувані загальні уявлення про терапевтичні апарати і системи, цілісне розуміння особливостей використання терапевтичних апаратів і систем.

### **Теоретичні відомості**

Терапія – область клінічної медицини, що вивчає походження, лікування, діагностику та профілактику захворювань внутрішніх органів. Терапія – загальна назва консервативних методів лікування, до яких відносять всі хірургічні методи лікування.

За засобами впливу прийнято таку класифікацію видів терапії:

- 1) фармакотерапія – лікування лікарськими препаратами всіх видів. Сюди відносяться:
  - а) хіміотерапія – лікування препаратами на основі штучних хімічних сполук;
  - б) фітотерапія – лікування препаратами на основі лікарських трав;
- 2) гормонотерапія – лікування гормональними засобами;
- 3) вакцинотерапія (серотерапія) – лікування сироватками і вакцинами;
- 4) кліматотерапія – лікування природними чинниками даної місцевості;
- 5) фізіотерапія – лікування штучно створеними, природними, а також фізичними чинниками;
- 6) рефлексотерапія – лікування впливом на рефлексні зони;
- 7) психотерапія – лікувальний вплив словом (вмістом і формою);
- 8) дієтотерапія – лікування складом продуктів, що вживаються пацієнтом;
- 9) трудова терапія – лікування трудовим процесом.

У клінічній медицині використовують також класифікацію видів терапії за спрямованістю лікувальної дії:

- 1) етіотерапія (казуальна терапія) – терапія, що спрямована на усунення причин хвороби;
- 2) патогенетична терапія (хірургія) – терапія, що передбачає вплив на процеси розвитку хвороби з метою їх переривання або ослаблення;
- 3) симптоматична терапія – ліквідація тяжких для пацієнта виявлень хвороби;
- 4) реабілітаційна (замісна) терапія – заходи, що спрямовані на відновлення функцій, порушених хворобою, або їх заміщення.

Для реалізації терапевтичного впливу необхідні технічні засоби.

Терапевтичні апарати і системи – це технічні засоби, що призначені для створення лікувального ефекту.

Класифікація терапевтичних апаратів і систем за механізмом створення лікувального ефекту:

- створення дратівної дії – всі види стимуляції;
- створення енергетичного впливу – виділення тепла або деформації біотканин;
- введення лікарських препаратів;
- заміна або дублювання функцій органів або систем.

Терапевтичні апарати і системи на відміну від медичного інструментарію (затискачі, пінцети, скальпелі та ін.) містять елементи різних напрямків інженерії. Тому розроблення терапевтичних апаратів і систем нерозривно пов'язано як з досягненнями фундаментальних наук, так і з розвитком прикладних напрямків, у тому числі і електроніки. Розглянемо детальніше деякі існуючі терапевтичні апарати і системи:

1) апарати і пристрої для електролікування

Електролікування – це методи фізіотерапії, основані на використанні дозованого впливу на організм людини електричних струмів, електричних і магнітних полів, електромагнітних випромінювань.

Гальванізація – це застосування з лікувальною метою постійного (що не змінюється протягом процедури) електричного струму невисокої напруги (30 ... 80 В) і невеликої сили (до 50 мА). Апарат для гальванізації є джерелом постійного струму, напругу та силу (величину) якого в ланцюзі можна регулювати.

Для процедур гальванотерапії на поверхні шкіри пацієнта встановлюють металеві плоскі електроди (свинець або нержавіюча сталь). Площу електродів слід вибирати з умови неперевиконання густини струму  $0,01 \dots 0,1 \text{ мА/см}^2$ . Катодний і анодний електроди можуть бути однакової площі або один із них може бути меншого розміру. В цьому випадку електрод є активним, оскільки через нього проходить струм більшої густини. Необхідною умовою для проведення гальванотерапії електродами зі свинцю є наявність гідрофільної прокладки між поверхнею шкіри пацієнта і самим свинцевим електродом, що дозволяє уникнути утворення опіків у результаті викликаного електролізу клітин (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Електроди для гальванотерапії

Гальванотерапію застосовують для лікування уражень периферичної нервової системи інфекційного, токсичного та травматичного походжень (радикуліт, невралгія, розлад сну, мігрень). Середня тривалість процедури становить 10 ... 30 хвилин.

Сьогодні для проведення гальванотерапії використовують такі апарати, як ЕЛФОР, ЕЛФОР-ПРОФ, ПОТОК-1 та його модифікація ПОТОК. ЕЛФОР-ПРОФ – це сучасний апарат для проведення процедур гальванізації та лікарського електрофорезу в умовах медичних установ (рисунок 4.2).



Рисунок 4. 2 – Прилад для проведення гальванотерапії ЕЛФОР-ПРОФ

Лікарський електрофорез (інші назви – іонофорез, гальваноіонотерапія) – метод електролікування, що поєднує вплив на організм постійного струму та введення лікарських речовин з його допомогою. Фізичною основою методу є процеси електролітичної дисоціації і електролізу. Для апаратної реалізації лікарського електрофорезу застосовують ті ж технічні засоби, що і для гальванотерапії.

Електростимуляція – методи електролікування, при яких штучний електричний сигнал замінює природне нервові подразнення, що викликає скорочення м'язів. Ефект електростимуляції залежить від форми електричного струму, його амплітуди і частоти. Динаміка стимулюючих процесів характеризується частотами 1 ... 100 Гц, 100 ... 500 Гц.

Діадинамотерапія – метод електролікування за допомогою низькочастотних пульсуючих струмів. Діадинамічні струми – постійні (однополярні) імпульсні струми напівсинусоїдальної форми з експонентними фронтами частотою 50 і 100 Гц, що використовують у різних поєднаннях.

Електроди для діадинамотерапії і методики їх накладення аналогічні використанню в гальванотерапії. На больову точку слід встановлювати негативний електрод, який викликає виражену дію на периферичні нервові закінчення. Діадинамотерапію застосовують для лікування порушень кровообігу, обмінних процесів, придушення больових процесів (артрози, остеохондрози, паралічі).

Апарати, які використовують для діадинамотерапії в Україні, – СНИМ-1, Модуль 717, Тонус-1(2).

Ампліпульстерапія – метод електролікування з використанням синусоїдальних струмів частотою 1...8 кГц, модульованих за амплітудою імпульсами частотою від 10 до 150 Гц при силі струму до 80 мА. Його застосовують для електростимуляції м'язів, у тому числі і внутрішніх. Має також знеболюючий ефект.

Перевага ампліпульстерапії перед діадинамотерапією полягає в тому, що на частотах у декілька кілогерц долається опір місткості поверхневих біоструктур та збільшується глибина стимуляції.

У кабінетах фізіотерапії використовують апарати таких моделей: АМПЛІПУЛЬС-3, АМПЛІПУЛЬС-Т, АМПЛІПУЛЬС-4, АМПЛІПУЛЬС-5 Бр (рисунок 4.3).

Інтерференцтерапія – метод електролікування двома синусоїдальними струмами середньої частоти (2 ... 8 кГц), що одночасно впливають на організм, значення частот яких відрізняються на 20...100 Гц. Інтерференція (биття з різницевою частотою) виникає безпосередньо в біотканинах організму. Порівняно з ампліпульстерапією цей метод дозволяє локалізувати вплив на осередок патології, зменшивши навантаження на прилеглі тканини.



Рисунок 4.3 – Прилад для ампліпульстерапії АМПЛІПУЛЬС-5 Бр

Терапія флуктуючими струмами – вплив на пацієнта струмами в діапазоні частот 100 ... 2000 Гц, що випадково змінюються. Основний медичний ефект – зняття больових відчуттів. Як джерело флуктуючих струмів служать шуми германієвого діода.

Електростимуляція біопотенціалів – метод електротерапії, оснований на впливі імпульсними струмами, які сформовані з біопотенціалів нормальних м'язів. Апарат для електростимуляції АЕСТ-01 – восьмиканальний, призначений для відновлення або профілактики функції нервово-м'язового апарата.

Електропунктурна терапія – метод електролікування, оснований на впливі імпульсних струмів на біологічно активні точки (БАТ) шкірного покриву.

БАТ – обмежені ділянки шкірних покривів тіла, які мають підвищену рефлекторну подразливість у проекції на внутрішні органи і системи. БАТ є як джерелами діагностичної інформації, так і точками ефективного, цілеспрямованого терапевтичного впливу.

Електростимулятор дихання – пристрій, що призначений для черезшкірної стимуляції діафрагмального дихання. Методика реалізації: активні електроди (2 катоди) накладають в області сьомого міжребер'я, пасивні (2 аноди) – на спину, навпроти катодів.

Особливістю апаратури черезшкірної електростимуляції для придушення болю є вплив біполярними несиметричними імпульсами.

Електросудомна терапія (електрошок, електроконвульсивна терапія, сейсмотерапія) – метод лікування психічно хворих людей, оснований на електростимуляції головного мозку, що приводить до виникнення судомних станів у пацієнта. Терапевтичний вплив на головний мозок містить електростимулюючу, судомну і амнестичну (втрата свідомості і пам'яті) компоненти. Білатеральна методика передбачає накладення електродів з обох сторін на скроневі області голови.

Розроблена апаратура для електросудомної терапії основана на застосуванні змінного синусоїдального струму частотою 50 Гц і напругою 60...110 В або однонапівперіодного випрямленого струму тієї ж частоти напругою 220 В. В обох випадках сила струму не має перевищувати 250 мА, а час експозиції – 0,1...1 с.

Порушення синхронної роботи м'язів серця називається фібриляцією. Найбільш ефективним методом відновлення природного серцевого ритму є подача електричного розряду в область серця.

Пристрої для відновлення нормального серцевого ритму у разі асинхронного скорочення серця (фібриляції) або його повної зупинки називаються електродефібриляторами. Для цієї мети використовують поодинокі імпульси електричного струму великої сили і малої тривалості. Біологічна дія полягає в створенні штучної домінанти нервово-дратівливого процесу і синхронного скорочення великої групи м'язів. Портативний дефібрилятор-монітор Beneheart D3 (Mindray) показаний на рисунок 4.4.



Рисунок 4.4 – Дефібрилятор-монітор Beneheart D3 (Mindray)

Електросон (електронаркоз) – метод електролікування, оснований на впливі імпульсним струмом низької частоти і малої сили на центральну нервову систему (головний мозок), у результаті чого виникає стан, близький до фізіологічного сну.

Для реалізації методу застосовують прямокутні імпульси – "струми Ледюка" – з частотою проходження 5 ... 150 Гц, тривалістю 0,1 ... 1 мс і силою струму до 15 ... 20 мА.

Електроди з гідрофільними прокладками, змоченими водою або розчином хлориду натрію (38-39%), накладають на закриті очі (катод), другий електрод – на потилицю (анод). Апарати «Електросон» використовують для лікування невралгії, наслідків енцефаліту, травм черепа, а також реабілітації хворих, які перенесли інфаркт (рисунок 4.5);

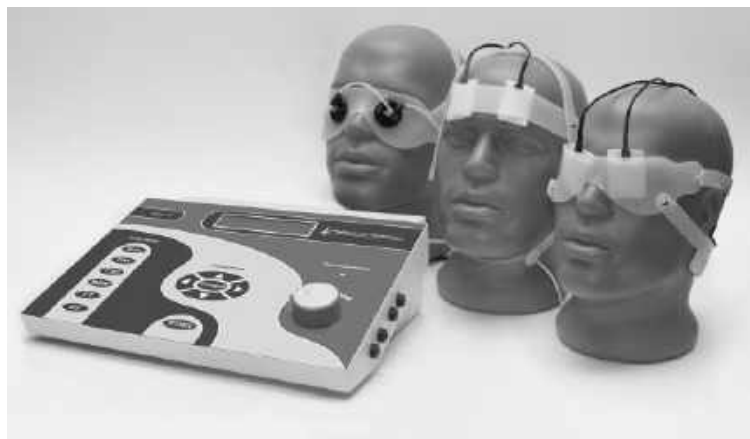


Рисунок 4.5 – Електросон

*Ультратонова терапія.* Суть методу близька до суті методу дарсонвалізації, але на відміну від нього вплив здійснюється безперервним синусоїдальним струмом високої частоти (22 ... 50 кГц), що підводиться через скляний електрод, заповнений неоном. Чинними лікувальними факторами є змінний синусоїдальний струм і іскровий розряд. Порівняно з дарсонвалізацією виділяється більша кількість тепла. Вибір оптимального режиму процедури виключає подразнюючу дію струму.

Промисловістю випускається апарат "Ультратон".

Діатермія – метод електролікування тепловим впливом змінного електричного струму високої частоти і великої сили. Кількісні характеристики діатермічних струмів: частота – до 10 МГц, напруга – 100 ... 150 В, сила струму – до 3А. Особливістю схемної реалізації методу є використання генератора релаксаційних імпульсів з високочастотними і низькочастотними ланцюгами позитивного зворотного зв'язку.

Ультрависокочастотна (УВЧ) терапія – метод електролікування шляхом впливу на організм безперервного або імпульсного електричного поля ультрависокої частоти (30 ... 300 МГц). Більшість розроблених апаратів УВЧ-терапії працюють на частоті 40,68 МГц, менш поширена

частота 27,12 МГц. Ці частоти вибрані через великі допуски на відхилення робочої частоти радіозасобів, які працюють в цих діапазонах.

Індуктотермія – метод електролікування впливом магнітного поля високої частоти з виділенням тепла в біологічних тканинах. Суть методу полягає в тому, що по індуктору, який розташований біля тіла пацієнта, пропускають високочастотний струм, що утворює змінне магнітне поле, в якому заряджені частинки здійснюють круговий коливальний рух, частина енергії якого переходить у тепло. В апаратах для індуктотермії використовують такі частоти: 13,56; 27,12; 40,68 МГц;

Мікрохвильова резонансна (інформаційно-хвильова) терапія – метод лікування, оснований на властивості організму вибірково реагувати на вплив електромагнітного поля надвисокої частоти (НВЧ).

Розроблено апарат мікрохвильової резонансної терапії типу АМРТ-02. Діапазон частот впливу – 52 ... 60 ГГц (дискретність зміни 10 МГц), потужність випромінювання – до 100 мкВт (дискретність регулювання – 10 мкВт). Апарат рекомендований для лікування широкого спектра захворювань, тривалість процедури – від одиниць до десятків хвилин;

Магнітотерапія – сукупність методів лікування, діючим чинником яких є постійні, змінні й імпульсні магнітні поля, магнітотерапія – з використанням постійних магнітів і магнітних аплікаторів. Основний фізичний механізм дії пов'язаний з силовою характеристикою магнітного поля, а саме з силою, що діє на рухому іонну компоненту біосередовищ.

Для проведення магнітофорезу використовують постійні магніти. Випускаються спеціальні магнітні аплікатори для кріплення на тілі пацієнта.

Перевага магнітофорезу перед електрофорезом полягає в його безконтактності;

2) апарати для аероіонотерапії

Аероіонотерапія – метод фізіотерапії, чинником якого переважно є уніполярні заряджені аероіони.

Генератори аероіонів – це прилади та пристрої для отримання лікувальних концентрацій аероіонів заданої полярності.

Термоелектронні іонізатори повітря – це генератори аероіонів, робота яких основана на використанні термоелектронної емісії розпечених металів. У сучасних термоіонізаторах для отримання термоелектронної емісії використовують платинові або ніхромові нитки розжарення.

Робота ультрафіолетових генераторів аероіонів основана на іонізуючій дії випромінювання ультрафіолетового (УФ) діапазону.

Радіоактивні генератори аероіонів – це іонізатори, які використовують іонізуюче випромінювання радіоактивних речовин.

Аерозольотерапія – вдихання з лікувальною метою лікарських і біологічно активних речовин, розпоршених у повітрі у вигляді аерозолі;

3) апарати для світлолікування



Світлолікування (фототерапія) – це застосування з лікувальною метою променевої енергії випромінювань інфрачервоного (ІК), видимого і ультрафіолетового (УФ) діапазонів оптичного спектра.

Апарати для терапії з використанням інфрачервоного випромінювання використовують спектр довжин хвиль від 780 до 1400 нм. ІК випромінювання, потрапляючи в тканини пацієнта, приводить до їх нагрівання на значну глибину.

Для цілей фізіотерапії використовують УФ випромінювання в інтервалі довжин хвиль 180 ... 400 нм. Апарати для УФ-терапії складаються з джерела випромінювання, відбивача, що забезпечує просторовий розподіл випромінювання, блоків живлення і комутації. Іноді конструкція містить додаткові світлофільтри, люмінофори.

Лазерна терапія – це світлолікування з використанням квантових генераторів оптичного випромінювання (лазерів). Відмітними рисами цих джерел випромінювання є висока щільність випромінювання (досягаються значення  $10^4 \dots 10^{13} \text{ Вт/см}^2$ ), когерентність, монохроматичність, мала розбіжність;

4) апарати для променевої терапії.

Променева терапія – це вплив на організм з лікувальною метою іонізуючих випромінювань. Призначена для лікування злоякісних утворень шляхом пригнічення репродуктивної здатності та руйнування структури пухлини. Апарати для променевої терапії: рентгенотерапевтичні апарати, гамма-апарати та засоби корпускулярної терапії.

Рентгенотерапевтичні апарати призначені для лікування захворювань гальмівним рентгенівським випромінюванням. За призначенням їх поділяють на апарати для поверхневої терапії (анодна напруга на рентгенівській трубці  $U_a = 10 \dots 60 \text{ кВ}$ ), всередині тканинної терапії ( $U_a = 60 \dots 100 \text{ кВ}$ ), глибокої терапії ( $U_a = 100 \dots 300 \text{ кВ}$ ).

Гамма-апарати – стаціонарні установки для променевої терапії, основним елементом яких є радіаційна головка з джерелом гамма-випромінювання. Для внутрішньопорожнинної гамма-терапії використовують установку АГАТ-ВТ, що містить сім джерел випромінювання з активністю  $1 \dots 5 \text{ Ки}$  (рисунок 4.6);

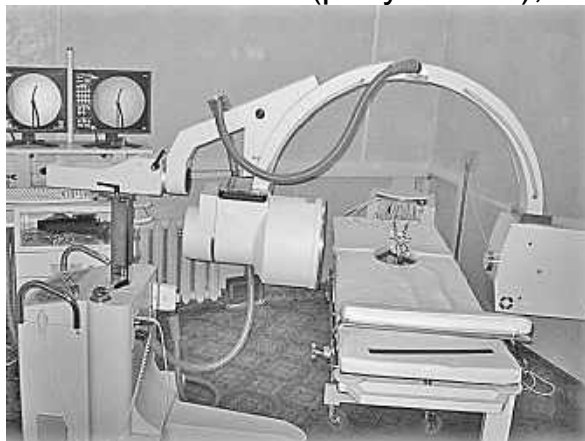


Рисунок 4.6 – АГАТ-ВТ комплекс гамма-терапевтичний

#### 5) засоби акустичної терапії

До акустичної терапії відносять всі види лікувального масажу, а також вібро-, баро- і ультразвукову терапії;

#### 6) кріотерапевтичні технічні засоби.

Кріотерапія – застосування низьких температур для охолодження тканин, органів (у тому числі ізольованих) або всього організму з метою лікувального впливу при патологічних процесах (рисунок 4.7). До кріотерапевтичних технічних засобів відносяться апарати для штучної гіпотермії та апарати для кріохірургії.



Рисунок 4.7 – Установка для проведення кріотерапії

Апарати для штучної гіпотермії – пристрої, що призначені для вимірювання, контролю та автоматичної підтримки заданої температури тіла, окремих органів при проведенні процедури. За способом здійснення і апаратної реалізації штучну гіпотермію поділяють на контактну і перфузійну.

Апарати для кріохірургії – пристрої, що містять охолоджені різними холодоагентами наконечники або елементи спрямованої та обмеженої дії на органи і тканини для здійснення методів кріохірургії.

Для успішної участі в практичному занятті студентам потрібно вивчити такі основні запитання, які виносяться на обговорення:

- 1) апарати та пристрої для електролікування;
- 2) апарати для аероіонотерапії;
- 3) апарати для світлолікування;
- 4) апарати для променевої терапії;
- 5) засоби акустичної терапії та кріотерапевтичні технічні засоби.

### **Завдання**

1. Відповісти на контрольні запитання.
2. Розглянути теми рефератів, що наведені нижче, підготувати доповіді або есе згідно з вибраною темою. Тему реферату студенти

вибирають самостійно, керуючись власними науковими інтересами. Повторювання тем рефератів в одній навчальній групі не дозволяється (студенти однієї навчальної групи виконують реферати на різні теми). Тема, яка не входить до переліку, має обов'язково погоджуватися з викладачем.

### **Рекомендації до виконання практичного заняття**

Заздалегідь до практичного заняття вибирають деяких студентів, кожен з яких має підготувати реферат за вибраною темою у формі десятихвилинної презентації з подальшими відповідями на запитання та зауваження. Запитання доповідачам – 10-15 хвилин.

Від доповідача очікується уміння ілюструвати доповідь комп'ютерними слайдами та іншими доступними засобами візуалізації для максимально зрозумілого, короткого і аргументованого викладення основних особливостей своєї точки зору, формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

При виконанні практичного заняття решта студентів групи має брати активну участь в обговоренні доповідей, ставити запитання за темами доповідачів та підготувати есе.

### **Контрольні запитання**

1. Дайте визначення поняття «терапевтичні апарати і системи».
2. Наведіть класифікацію терапевтичних апаратів і систем за механізмом створення лікувального ефекту.
3. В чому полягають особливості використання апаратів для аероіонотерапії?
4. Наведіть основні особливості апаратів для світлолікування.
5. Наведіть приклади апаратів для променевої терапії.

### **Теми рефератів**

1. Апарати для променевої терапії.
2. Фізіотерапевтичні апарати та пристрої для електролікування.
3. Ультрависокочастотна терапія.
4. Фізіотерапевтичні апарати з використанням електромагнітних випромінювань.
5. Апаратура для ультразвукової терапії.
6. Апаратура для лазерної терапії.
7. Кріотерапевтичні технічні засоби.

**Література** [1, 19-26].

## Практичне заняття №5

### АПАРАТИ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЮДИНИ

**Мета заняття:** сформувати загальні уявлення про апарати ультразвукового дослідження людини, цілісне розуміння особливостей використання апаратів ультразвукового дослідження.

#### Теоретичні відомості

У медичній діагностиці ультразвук (УЗ) почав застосовуватися в другій половині ХХ ст. Цій події передувала велика кількість досліджень і винаходів у науці починаючи з ХV ст.

У ХV в. Леонардо да Вінчі використовував трубку, занурену у воду, для визначення руху та швидкості зустрічі з ворожими кораблями на морі. Перші значні дослідження поширення звукових хвиль у воді слід віднести до 1826 р., коли вчені зі Швейцарії Ж.Д. Колладон і Ш.Ф. Штурм провели серію дослідів у Женевському озері, в результаті яких вдалося обчислити швидкість поширення звуку у воді –  $\sim 1435$  м/с, яка підтверджується сучасними методами вимірювань.

Дослідження високочастотних ультразвукових коливань почалося в 1876 р., коли англійський фізик Франк Гальтон вперше отримав високочастотні звукові хвилі за допомогою пристрою – свистка Гальтона. При продуванні через трубку з тонкими стінками струменя газу виникали високочастотні коливання.

Однак найбільш значущим для сучасної ультразвукової техніки було відкриття коливань у кристалах за допомогою електричного струму. В 1880 р. у Парижі брати П'єр і Жак Кюрі відкрили п'єзоелектричний ефект – поява на гранях деяких кристалів електричних потенціалів під час механічного впливу на них та зворотного ефекту – зміни форми кристалів при додатку до граней електричного потенціалу. У перших дослідах були використані кристали природного походження, але в ХХ ст. з'явилася кераміка з п'єзоелектричними властивостями. П'єзоелектрики – це основа сучасного медичного ультразвукового устаткування.

У 30-х роках ХХ ст. властивості ультразвуку почали застосовувати в фізіотерапії артритів, екземи та ряду інших захворювань. Досліди, що почалися в 40-ві роки, були спрямовані вже на використання УЗ хвиль як інструмент діагностики новоутворень. Успіхів у дослідженнях досягнув віденський психоневролог К. Дюссік, який в 1947 р. описав метод, названий гіперсонографією. Йому вдалося виявити пухлину мозку, визначаючи інтенсивність, з якою УЗ хвиля проходила крізь череп пацієнта. Саме цей вчений вважається одним із родоначальників сучасної УЗ діагностики.

У 1949 р. вчений з США Д. Хаурі сконструював перший апарат для медичного сканування. Він являв собою резервуар з рідиною, в яку

поміщався пацієнт, вимушений довгий час сидіти нерухомо, поки навколо нього пересувався сканер черевної порожнини – сомаскоп. У цей же час американський хірург Дж. Уайлд створив портативний прилад з рухомим сканером, який видавав у режимі реального часу візуальне зображення новоутворень. Свій метод він назвав ехографією.

Ультразвуком називаються звукові коливання, що лежать вище порога сприйняття органом слуху людини, що мають частоту більше 20 кГц.

Ультразвукові хвилі, проходячи через тканини людини, відбиваються різною мірою від середовищ різної щільності та, повертаючись, формують зображення. Поширення та відображення ультразвуку – два основних принципи, на яких ґрунтується дія всієї діагностичної УЗ-апаратури. Для отримання ультразвукових коливань у медапаратах використовують явище зворотного п'єзоефекту – коливання пластинки з п'єзоматеріалу під впливом електричного струму.

Основний елемент датчика являє собою тонку пластинку з п'єзоматеріалу. При підведенні до граней такої пластинки різниці потенціалів відбувається її деформація – розширення або стиснення залежно від полярності електричного заряду (зворотний п'єзоефект). Протягом часу, коли на пластину подається напруга, п'єзоелемент є антеною-передавачем: випромінює УЗ-коливання в середину тканин. Ультразвукові хвилі випромінюються датчиком, спочатку йдуть паралельно, а потім починають розходитися. Характер проходження ультразвуку через середовище залежить від його ультразвукового опору – імпедансу. Імпеданс тканини залежить від її щільності та швидкості поширення ультразвуку. Коли ультразвук проходить через гомогенне середовище, його напрямок являє собою пряму лінію. Досягнувши кордону розділу середовищ із різним імпедансом, частина хвиль відбивається, а інша частина продовжує свій шлях через середовище.

Коефіцієнт відображення залежить від різниці опору на межі розділу середовища, при цьому чим більше різниця, тим сильніше ступінь відображення. Таким чином, відображення на межі розділу «м'яка тканина – повітря» виражено в значно більшому ступені, ніж на межі розділу «м'яка тканина – рідина». Крім того, ступінь відображення залежить від кута падіння променя на поверхню розділу середовищ: чим більше кут наближається до прямого, тим сильніше ступінь відображення. Не менше значення для роботи апаратури має принцип прямого п'єзоефекту. Частина енергії УЗ-хвилі відбивається, проходячи через кордони тканин, що мають різні акустичні властивості та повертається до п'єзоелемента, який в цей час знаходиться в стані спокою. Відображена УЗ хвиля викликає компресію п'єзопластини та появу на її гранях різниці електричних потенціалів – за принципом прямого п'єзоефекту. П'єзоелемент датчика в цей час працює як приймальна антена, а

електричний заряд, що з'явився на пластині, і є основною одиницею побудови зображення на екрані.

Застосування ультразвуку в медичній діагностиці пов'язано з можливістю отримання зображення внутрішніх органів і структур. Основою методу є взаємодія ультразвуку з тканинами тіла людини. Ультразвукові доплерівські методи є ефективним засобом неінвазивного дослідження характеристик руху тканин в організмі людини і широко застосовуються в кардіології та судинній діагностиці. Методику візуалізації в медицині за допомогою ультразвуку називають ультрасонографією, а вимірювання швидкості потоку крові – доплерографією, доплерівською сонографією або доплерівською флуометрією.

Відповідно до принципу дії УЗ-прилади підрозділяють на ехоімпульсні, доплерівські, комбіновані. За функціональним призначенням виділяють універсальні та спеціалізовані прилади. Більшість відомих приладів належать до універсального типу та призначені для застосування в різних галузях медицини (в акушерстві й гінекології, хірургії, педіатрії, кардіології, урології, при абдомінальних дослідженнях). До спеціалізованих належать прилади для дослідження певних органів і систем, зокрема для дослідження серцево-судинної системи – ехокардіографи, дослідження органу зору – ехоофтальмоскопи, ехоофтальмометри, дослідження головного мозку – ехоенцефалографи, ехоенцефалоскопи та ін.

Спочатку УЗД використовували для діагностики стану паренхіматозних органів черевної порожнини, нирок, органів малого тазу, в акушерстві та педіатрії, кардіології. В міру вдосконалення апаратури ультразвукове сканування стало проводитися в так званому масштабі реального часу, який дозволяє вивчати стан органів в який-небудь конкретний проміжок часу. Таким чином, стало можливим оцінювати пульсацію серця і судин, дихальну рухливість органів, перистальтику шлунка та кишечника. Поява сканерів, здатних працювати в доплерівському режимі, дозволило визначати швидкість кровообігу в судинах і камерах серця, що значно розширило можливості ультрасонографії в дослідженні серцево-судинної системи (рисунок 5.1).

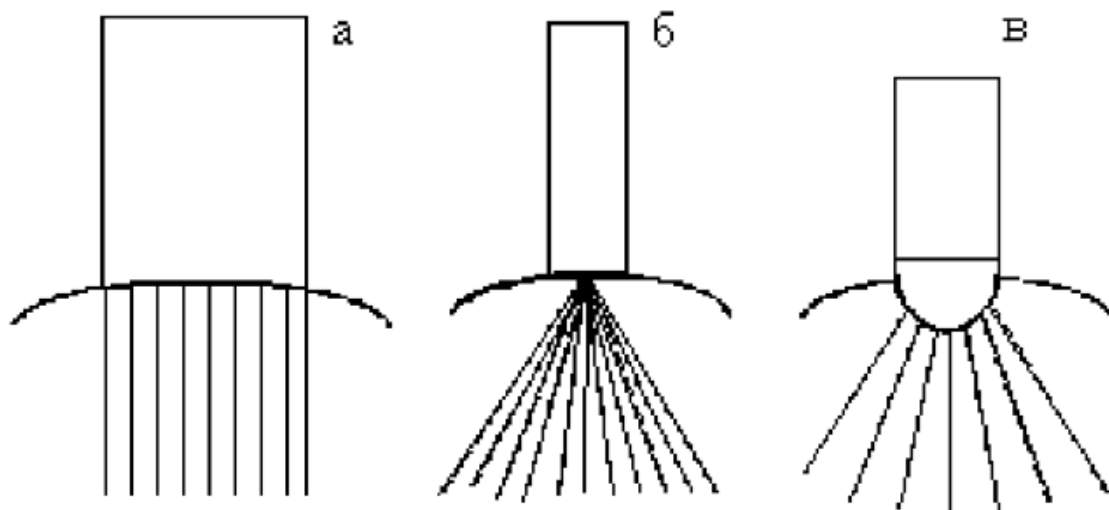


Рисунок 5.1 – Ультразвуковий медичний діагностичний апарат

Як ультразвуковий датчик або детектор застосовують датчик з фокусуючою лінзою, що складається з декількох сотень або тисяч дрібних п'єзокристалічних перетворювачів, що працюють в однаковому режимі. Всі ультразвукові датчики поділяють на механічні та електронні. У механічних сканування здійснюється шляхом руху випромінювача. В сучасних сканерах механічні датчики не використовують, їх недоліками є шум, вібрація та низька роздільна здатність. В електронних датчиках розгортка проводиться електронним шляхом. Електронні датчики містять решітки випромінювачів з 512 або 1024 x 4 елементів, які забезпечують за рахунок цифрового формування променя три типи ультразвукового сканування:

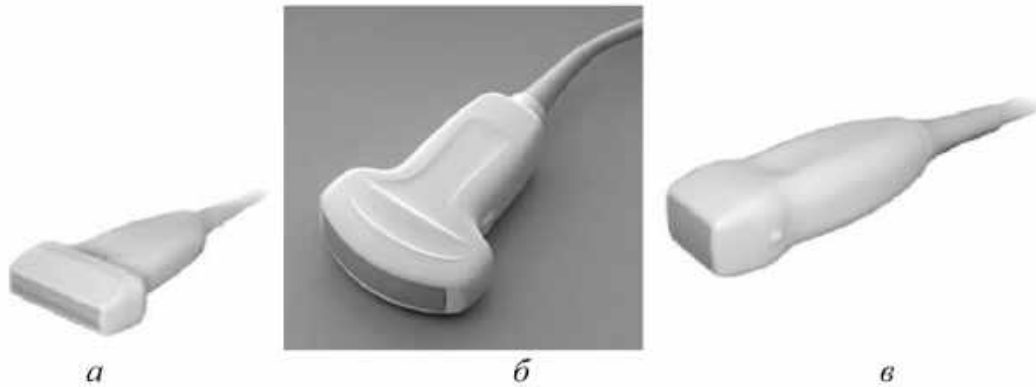
- лінійне (паралельне);
- конвексне;
- секторне.

Відповідно датчики ультразвукових апаратів називаються лінійними, конвексними та секторними (рисунк 5.2). Вибір датчика для кожного дослідження проводять з урахуванням глибини та характеру положення органу.



Риунок 5.2 – Схема формування променя лінійного (а), конвексного (б) і секторного (в) датчика ультразвукових апаратів

Лінійні датчики (рисунк 5.3) використовують частоту 5...15 МГц. Перевагою лінійного датчика є повна відповідність досліджуваного органу положенню самого датчика на поверхні тіла. Недоліком є складність забезпечення у всіх випадках рівномірного прилягання поверхні датчика до шкіри пацієнта, що призводить до викривлення отриманого зображення за краями. Лінійні датчики за рахунок більшої частоти дозволяють отримувати зображення досліджуваної зони з високою роздільною здатністю, але на малій глибині сканування (не більше 11 см). Їх використовують в основному для дослідження поверхнево розташованих структур – щитовидної залози, молочних залоз, невеликих суглобів і м'язів, а також для дослідження судин.



Риунок 5.3 – Лінійний (а), конвексний (б) і секторний (в) датчики  
ультразвукових апаратів

Конвексний датчик використовує частоту 1,8...7,5 МГц. Має меншу довжину, тому домогтися рівномірності його прилягання до шкіри пацієнта більш просто. При використанні конвексних датчиків отримують зображення за шириною на кілька сантиметрів більше розмірів самого датчика. За рахунок меншої частоти глибина сканування досягає 20...25 см. Зазвичай використовують для дослідження глибоко розташованих органів – органів черевної порожнини і заочеревинного простору, сечостатевої системи, тазостегнових суглобів.

Секторний датчик працює на частоті 1,5...5 МГц. Має ще більшу невідповідність між розмірами трансдюсора і одержуваним зображенням, тому його використовують переважно в тих випадках, коли необхідно з невеликої ділянки тіла отримати великий огляд на глибині. Найбільш доцільне використання секторного сканування при дослідженні, наприклад, через міжреберні проміжки. Типовим застосуванням секторного датчика є ехокардіографія – дослідження серця. Крім того, його застосовують для транскраніального УЗД: нейросонографії у грудних дітей і транскраніальної доплерографії.

На момент проведення ультразвукового дослідження має бути забезпечено повний контакт датчиків апарата з тілом пацієнта на мікрорівні. Для цих цілей застосовують спеціальні гідрогелі. Для виконання досліджень можна використати одноразову або багаторазову насадку для біопсії. Насадка може мати як фіксований, так і змінний кут введення голки і кріпитися прямо до корпусу ультразвукового датчика. Біопсійна голка при дослідженні вводиться вручну, а УЗ-обладнання допомагає точніше визначити положення голки відносно досліджуваного органу.

Існує два види доплерографічних досліджень – безперервний (постійнохвильовий) та імпульсний. При першому дослідженні порівнюють частоти ультразвукових коливань, спрямованих на хворого та відбитих від нього. За зміщенням частот цих коливань судять про швидкість руху анатомічних структур, які реєструються акустично або за допомогою самописців. Безперервна доплерографія ефективна при високих швидкостях руху крові в місцях звуження судин. Недолік цього



методу полягає в зміні частоти відбитого сигналу не тільки від руху крові в судинах, але також і в результаті будь-яких інших рухомих структур, які зустрічаються на шляху падаючої ультразвукової хвилі, і тому визначається, таким чином, сумарна швидкість руху цих об'єктів. Імпульсна доплерографія дозволяє визначити швидкість кровотоку на будь-якій ділянці органу невеликого об'єму. Результати дослідження наведені у вигляді кількісних показників швидкості кровотоку, у вигляді кривих та аудіально (рисунок 5.4).

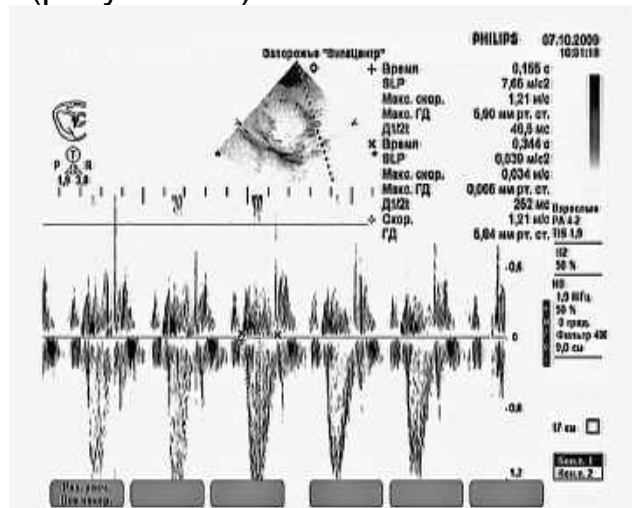


Рисунок 5.4 – Доплерограма в імпульсному режимі – потік у легеневій артерії

Методи УЗ діагностики:

- 1) ехоенцефалографія (пухлини і набряки мозку);
- 2) ехокардіографія (вимір розмірів серця в динаміці), доплерівська ехокардіографія (визначення роботи серцевих клапанів);
- 3) УЗ візуалізація м'якої тканини (ультрасонограми шлунка, грудної залози, серця, кісток, м'язів, печінки). Цей метод діагностики представляє особливий інтерес, тому що майже всі компоненти м'яких тканин мають однакову щільність для рентгенівських променів і не відрізняються один від одного;
- 4) УЗ локація в офтальмології для визначення середовищ ока;
- 5) УЗ сканування – дослідження розвитку плода. Ультразвук використовують також для визначення швидкості кровотоку (ультразвукова витратометрія), для введення лікарських речовин (фонофорез), оскільки при дії ультразвуку підвищується проникність шкіри та слизових оболонок.

Ультразвукова терапія та фізіотерапія, а також ультразвукова хірургія базуються на використанні ефектів впливу ультразвуку на властивості біологічної тканини, що викликають відповідні цілеспрямовані зміни. У терапевтичній ультразвуковій апаратурі використовують частоти від сотень кілогерц до декількох мегагерц, інтенсивності – до 1 Вт/см<sup>2</sup> (за рекомендаціями ВООЗ допустимі інтенсивності ультразвуку до 3 Вт/см<sup>2</sup>). При великій інтенсивності сильне нагрівання і кавітація викликають

руйнування тканин. Цей ефект знаходить застосування в ультразвуковій хірургії. Частоти, які застосовують у хірургічній фокусуючій апаратурі, становлять 0,5...5 МГц, інтенсивності досягають сотень і навіть тисяч Вт/см<sup>2</sup> у короткому імпульсі.

Для успішної участі в практичному занятті студентам потрібно вивчити такі основні питання, які відносяться на обговорення:

- 1) основні моменти історії розвитку ультразвукової медичної техніки;
- 2) типи ультразвукового сканування;
- 3) датчики ультразвукових апаратів;
- 4) основні методи УЗ діагностики.

### **Завдання**

1. Відповісти на контрольні запитання.
2. Розглянути теми рефератів, що наведені нижче, підготувати доповіді або есе згідно з вибраною темою. Тему реферату студенти вибирають самостійно, керуючись власними науковими інтересами. Повторювання тем рефератів в одній навчальній групі не дозволяється (студенти однієї навчальної групи виконують реферати на різні теми). Тема, яка не входить до переліку, має обов'язково погоджуватися з викладачем.

### **Рекомендації до виконання практичного заняття**

Заздалегідь до практичного заняття вибирають деяких студентів, кожен з яких має підготувати реферат за вибраною темою у формі десяти-хвилинної презентації з подальшими відповідями на запитання та зауваження. Запитання доповідачам – 10 – 15 хвилин.

Від доповідача очікується уміння ілюструвати доповідь комп'ютерними слайдами та іншими доступними засобами візуалізації для максимально зрозумілого, короткого і аргументованого викладення основних особливостей своєї точки зору, формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

При виконанні практичного заняття решта студентів групи має брати активну участь в обговоренні доповідей, ставити запитання за темами доповідачів і підготувати есе.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке «ультразвук»?
2. Наведіть класифікацію УЗ-приладів відповідно до принципу їх дії.
3. Наведіть класифікацію УЗ-приладів за функціональним призначенням.
4. Наведіть різновиди ультразвукових датчиків.

5. Які методи УЗ діагностики Вам відомі?

### **Теми рефератів**

1. Ультразвукові апарати в кардіології.
2. Ультразвукові апарати в офтальмології.
3. Ультразвукові апарати в косметології.
4. Ультразвукові апарати в хірургії.
5. Ультразвукові апарати в акушерстві й гінекології.
6. Застосування ультразвуку в неврології.
7. Застосування ультразвуку в стоматології.
8. Портативні УЗД сканери для дослідження внутрішніх органів.
9. Ультразвукові терапевтичні прилади.
10. Ультрависокочастотна терапія.

**Література** [21, 27-28].

## Практичне заняття №6 ЛАЗЕРИ В МЕДИЦИНІ

**Мета заняття:** сформувати загальні уявлення про лазерні прилади в медицині, цілісне розуміння особливостей використання лазерних приладів у медицині.

### Теоретичні відомості

Минуло понад 50 років з часу народження першого лазера, але цього виявилось достатньо, щоб квантова електроніка стала одним із провідних напрямків науки та техніки. Роботи з удосконалення лазерів та їх застосування дозволили отримати принципово нові результати в інформаційних системах і зв'язку, в біології та медицині, в космічних та інших наукових дослідженнях. Для лазерного випромінювання характерні: монохроматичність, гостра спрямованість, завдяки чому вдається концентрувати на значних відстанях енергію та потужність, можливість варіювати режими випромінювання від безперервного до імпульсного з різною тривалістю імпульсів, нарешті, когерентність і поляризація. Унікальне поєднання цих властивостей дозволяє реалізувати різні механізми взаємодії – як теплові (плазмоутворення, абляція, випаровування, плавлення, нагрівання), так і нетеплові (спектрально-резонансні) дії на речовину, що впливають на складні атомні та молекулярні системи.

За минулі роки лазерні прилади і методики проникли практично в усі розділи медицини. Особливо успішно використовують лазери в хірургії, терапії та в діагностиці захворювань. Разом із тим склалося розуміння того, що кожен вид лазерної операції, кожна лазерно-медична методика потребують специфічного поєднання основних параметрів лазерного випромінювання та знання механізмів його взаємодії з різними тканинами.

Лазер, або оптичний квантовий генератор, – це технічний пристрій, що випускає світло в дуже вузькому спектральному діапазоні у вигляді спрямованого висококогерентного, монохроматичного, поляризованого променя, тобто потоку високоорганізованого в просторі і часі електромагнітного випромінювання одного кольору. Однією з найважливіших характеристик лазерного випромінювання є його спектральна характеристика, або довжина хвилі.

Лазери можна класифікувати по-різному.

1. За типом робочої речовини (активного тіла):

- газові (на атомах та іонах інертних та інших газів, парів металів, ексимерних молекулах і т.д.);
- рідинні (в основному на розчинах органічних сполук);
- твердотільні (перш за все, на ітрій-алюмінієвому гранаті, сапфір з титаном, склі з неодимом і т.д. і в тому числі напівпровідникові).

2. За режимом роботи:

- безперервної або квазінеперервної дії;
- імпульсної, в тому числі імпульсно-періодичної дії.

3. За способом накачування:

- газорозрядні, тобто збудження активного середовища здійснюється в газовому розряді. Це один із найбільш широко використовуваних типів накачування. Практично у всіх газових лазерах застосовують цей тип накачування як основний;

- лазери з оптичним накачуванням. Цей тип накачування використовують переважно при накачуванні твердотільних лазерів;

- лазери з пучковим накачуванням (електронами та важкими частинками);

- хімічні, тобто такі, в яких накачування здійснюється в процесі хімічної реакції. Існують й інші види накачування, наприклад осколками ядерних реакцій і т.д. Зустрічаються класифікації й іншого типу, зокрема, за спектральним діапазоном дії: в УФ, видимій та ІЧ-областях спектра. Типові потужності, що вимірюють у даний час із лазерів, лежать у діапазоні від одиниць мегавольтів до декількох кіловольтів – для безперервного режиму, а енергії в імпульсі можуть досягати тисяч джоулів. Коефіцієнт корисної дії є типовим від сотих часток до одиниць відсотків для генерації у видимій області спектра і до десятків відсотків у ближній ІЧ-області.

Згідно з градацією лазерного випромінювання за його енергетикою, стосовно до медицини в тих випадках, коли щільність потоку потужності перевищує  $10 \text{ Вт/см}^2$  – маємо справу з потужними лазерами. До лазерів середньої енергетики відносять ті, за допомогою яких створюються потоки від  $0,4$  до  $10,0 \text{ Вт/см}^2$ . Ті ж, які забезпечують щільності менше  $0,4 \text{ Вт/см}^2$  – прийнято вважати низькоенергетичними. Звичайно ця градація певною мірою є умовною, оскільки з потужного лазера завжди можна зняти як всю потужність (або енергію), так і малу його частину, або просто послабити випромінювання зовнішніми пристроями. У той же час навіть малопотужний лазер при хорошому фокусуванні пучка випромінювання здатний забезпечити більше  $10 \text{ Вт/см}^2$ .

Основні типи лазерів, що застосовують у медицині: ексимерні лазери; лазери на барвниках; напівпровідникові лазери; He-Ne – лазери; Nd – лазери;  $\text{CO}_2$  – лазери.

Сьогодні досить умовно можна виділити три основні області застосування лазерів у медицині:

1. Це нові методи неінвазивної діагностики: оптична когерентна томографія – перспективний метод діагностики офтальмологічних і ракових захворювань, лазерний спектральний аналіз молекул-біомаркерів у видихуваному повітрі при захворюваннях шлунково-кишкового тракту. Саме в цих діагностиках використовують такі унікальні властивості лазерного випромінювання, як висока когерентність і поляризація, що відрізняє його від звичайного, нехай навіть монохроматичного світла.

Сучасним оптичним когерентним томографом є 3D OCT-1000 (рисунок 6.1), що дозволяє виконати тривимірну оптичну когерентну томографію очей. Тривимірна візуалізація ділянки сітківки чи іншого об'єкта дозволяє офтальмологу оцінити профіль поверхні структури, яка вивчається, її внутрішню топографію. Даний апарат дозволяє виконувати сканування як задньої, так і передньої камери ока.



Рисунок 6.1 – Оптичний когерентний томограф 3D OCT-1000

2. Велике поширення отримала лазеротерапія: опромінення низькоінтенсивними лазерами ран, що погано гояться, або крові людини; в поєднанні з фотосенсибілізаторами (різні модифікації гематопорфірину) низькоенергетичні лазери застосовують для вибіркового руйнування клітин ракової пухлини, атеросклеротичних бляшок, лікування дегенерації макули (фотодинамічна терапія).

У лазерній терапії широко використовують низькоінтенсивне випромінювання газових і напівпровідникових лазерів (лазерна терапія) та світлодіодів (фототерапія). У лазерній терапії застосовують випромінювання в діапазоні довжин хвиль від 0,3 до 3,0 мкм (від ультрафіолетового до інфрачервоного). На відміну від медикаментозних методів лазерна терапія строго локальна, дозована. Вплив здійснюється на клітини і тканини ззовні, без пошкодження шкіри та слизових оболонок.

При зовнішньому застосуванні лікування лазером відбувається шляхом впливу випромінювання на певні зони та точки тіла. Світло проникає крізь тканини на велику глибину і стимулює обмін речовин в уражених тканинах, активізує загоєння та регенерацію ран, відбувається загальна стимуляція організму в цілому.

При внутрішньовенній лазеротерапії через тонкий світловод, який вводиться у вену, лазерний промінь впливає на кров (рисунок 6.2). Внутрішньосудинна дія низькоінтенсивним випромінюванням дозволяє впливати на всю масу крові. Це приводить до стимуляції кровотворення,

посилення імунітету, підвищення транспортної функції крові, а так само сприяє посиленню метаболізму (обміну речовин). Достовірно позитивні ефекти в лазеротерапії стенокардії, інфаркту міокарда та інших патологій були отримані при введенні світловоду, через який підводили лазерне випромінювання в ліктьову вену хворого.



Рисунок 6.2 – Внутрішньовенна лазеротерапія

Фотодинамічна терапія (ФДТ) – новий перспективний щадний метод лікування раку без операцій. Введений внутрішньовенно фотосенсибілізатор (препарат, що підвищує чутливість тканин до світла) концентрується в пухлині. Низькоенергетичне лазерне випромінювання збуджує фотосенсибілізатор. У результаті фотохімічної реакції утворюються кисень та інші високоактивні вільні радикали, які є токсичними для ракових клітин. Пухлина розсмоктується та заміщається нормальною сполучною тканиною. Настає одужання. Апарат «ФДТ-ЛАЗЕР» призначений для фотодинамічної терапії онкологічних захворювань та антимікробної фотодинамічної терапії (рисунок 6.3).



Рисунок 6.3 – Апарат «ФДТ-ЛАЗЕР»

3. Потужні (високоенергетичні) лазери, які використовують як хірургічний інструмент в офтальмології, оториноларингології, урології, косметології. Світловий скальпель викликає незворотні зміни в тканинах: коагуляцію, випаровування або абляцію (видалення та різання тканини).

Застосування лазерів у хірургії ґрунтується на руйнуванні, тобто на висіченні, випаровуванні та коагуляції біологічних тканин променем лазера. Основним механізмом дії лазерного випромінювання є поглинання випромінювання. При цьому основна частка енергії лазерного випромінювання перетворюється на тепло. Оскільки коефіцієнт поглинання залежить від довжини хвилі падаючого випромінювання, необхідно підбирати довжину хвилі відповідно до біологічного об'єкта, що поглинає це випромінювання. Так, якщо для проведення операцій скористатися випромінюванням лазерів видимого діапазону спектра, то необхідно мати на увазі, що таке випромінювання може проникати на великі глибини (в біотканини), що може призводити до пошкодження нижчих тканин та органів. Тому для розтину біотканин зазвичай використовують лазери з довжиною хвилі близько 1 мкм (наприклад, неодимовий лазер з довжиною хвилі 1,06 мкм). У цьому випадку поглинання лазерного випромінювання водою та іншими внутрішньоклітинними речовинами гарантує строгу локалізацію зони розрізу та безпеку тканин за межами цієї зони.

Для успішної участі в практичному занятті студентам потрібно вивчити такі основні питання, які виносяться на обговорення:

- 1) історія застосування лазера в медицині;
- 2) принцип дії лазера;
- 3) основні типи лазерів, що використовують у медицині;
- 4) особливості використання лазерних апаратів у медицині.

### **Завдання**

1. Відповісти на контрольні запитання.
2. Розглянути теми рефератів, що наведені нижче, підготувати доповіді або есе згідно з вибраною темою. Тему реферату студенти вибирають самостійно, керуючись власними науковими інтересами. Повторювання тем рефератів в одній навчальній групі не дозволяється (студенти однієї навчальної групи виконують реферати на різні теми). Тема, яка не входить до переліку, має обов'язково погоджуватися з викладачем.

### **Рекомендації до виконання практичного заняття**

Заздалегідь до практичного заняття вибирають деяких студентів, кожен з яких має підготувати реферат за вибраною темою у формі десяти-



хвилинної презентації з подальшими відповідями на запитання та зауваження. Запитання доповідачам – 10 – 15 хвилин.

Від доповідача очікується уміння ілюструвати доповідь комп'ютерними слайдами та іншими доступними засобами візуалізації для максимально зрозумілого, короткого і аргументованого викладення основних особливостей своєї точки зору, уміти формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

При виконанні практичного заняття решта студентів групи має брати активну участь в обговоренні доповідей, ставити запитання за темами доповідачів і підготувати есе.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке лазер?
2. Наведіть класифікацію лазерів за типом робочої речовини.
3. Наведіть класифікацію лазерів за режимом роботи.
4. Наведіть класифікацію лазерів за способом накачування.
5. Які області застосування лазерів у медицині Вам відомі?
6. Що таке фотодинамічна терапія? Поясніть її механізм дії.

### **Теми рефератів**

1. Застосування лазерів у хірургії.
2. Застосування лазерів в онкології.
3. Застосування лазерів у косметології.
4. Застосування лазерів у дерматології.
5. Застосування лазерів в офтальмології.
6. Застосування лазерів у кардіології.
7. Застосування лазерів у стоматології.
8. Застосування лазерів в оториноларингології.
9. Низькоінтенсивне лазерне випромінювання та його використання в різних галузях сучасної медицини.

### **Література [29-36].**

## Практичне заняття №7 НАНОТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ

**Мета заняття:** сформувані загальні уявлення про нанотехнології в медицині, цілісне розуміння особливостей використання нанотехнологій в медицині.

### Теоретичні відомості

Розвиток нанотехнологій починається із 1931 року, коли німецькі фізики Макс Кнолл і Ернст Руска створили електронний мікроскоп, який уперше дозволив досліджувати нанооб'єкти. Пізніше в 1959 році американський фізик Річард Фейнман (нобелівський лауреат із фізики, 1965 р.).

У 1974 році японський фізик Норіо Танігучі ввів термін «нанотехнологія», запропонувавши описувати механізми розміром, меншим одного мікрона.

Нанотехнології (НТ) – область наукового знання, що спрямована на вирішення технологічних проблем, які пов'язані з маніпуляцією матерією (атомами і молекулами) в діапазоні від 1 до 100 нанометрів ( $10^{-9}$  м). При зменшенні розміру досліджуваного об'єкта до масштабів 100 і менше нанометрів на зміну класичним фізичним законам взаємодії атомів і молекул приходять квантові, наприклад, тунельні переходи і поверхневий плазмовий резонанс. Система, що має розміри нанометрового діапазону, може бути описана з позиції термодинаміки нелінійних процесів. Таким чином, використовуючи нанотехнологічний підхід у вирішенні деяких медичних проблем, можна якісним чином змінити медичну науку.

На сьогодні основними галузями нанотехнологій є: наноматеріали, наноінструменти, наноелектроніка, мікроелектромеханічні системи і нанобіотехнології. Завдання НТ: отримання наноматеріалів із заданою структурою і властивостями; застосування наноматеріалів за певним призначенням із урахуванням їх структури і властивостей; контроль (дослідження) структури і властивостей наноматеріалів як у ході їх отримання, так і в період їх застосування.

Об'єкти із розмірами в межах 1...100 нм прийнято вважати нанооб'єктами, але такі обмеження є досить умовними. Геометричні розміри деяких речовин показані на рисунку 7.1.

Існує два основних підходи до нановиробництва: згори вниз і знизу вгору. Технологія згори вниз полягає у подрібненні матеріалу, що має великі розміри (масивний матеріал), до нанорозмірних частинок. При підході знизу вгору продукти нановиробництва створюються шляхом вирощування (створення) їх з атомного і молекулярного масштабів



Рисунок 7.1 – Приклад об'єктів із нано-, мікро- і макросвітів

Наноматеріали (НМ) – це дисперсні або масивні матеріали (структурні елементи – зерна, кристаліти, блоки, кластери), геометричні розміри яких хоча б в одному вимірюванні не перевищують 100 нм і такі, що мають якісно нові властивості, функціональні й експлуатаційні характеристики, які виявляються внаслідок наномасштабних розмірів.

НМ завдяки своїм унікальним властивостям набули застосування в багатьох галузях знань (рисунок 7.2).

Наноелектроніка – галузь електроніки, яка займається розробленням фізичних і технологічних основ створення інтегральних електронних схем із характерними топологічними розмірами елементів, менших за 100 нм, та базується на використанні квантових ефектів у наноструктурах.

Спінтроніка – напрям галузь сучасної електроніки, яка базується на використанні спінових ефектів і квантових властивостей спіну електронів, що характеризуються двома квантовими станами (спін угору та спін униз). Зміна орієнтації спінів відбувається за рахунок впливу високої густини струму, що проходить через надтонкі ферромагнітні структури (сендвічі). Орієнтація спінів залишається незмінною, якщо джерело поляризованого струму вимикається, тому спінтронні пристрої дуже широко

використовуються як головки зчитування, пристрої пам'яті на явищі ГМО і тунельному МО, генератори змінної напруги, контрольовані за струмом, транзистори на ефекті поля тощо.

Нанобіологія – галузь біології, присвячена вивченню структурних, біологічних, біофізичних процесів у природних біологічних структурах або їх нанобіологічних аналогах.

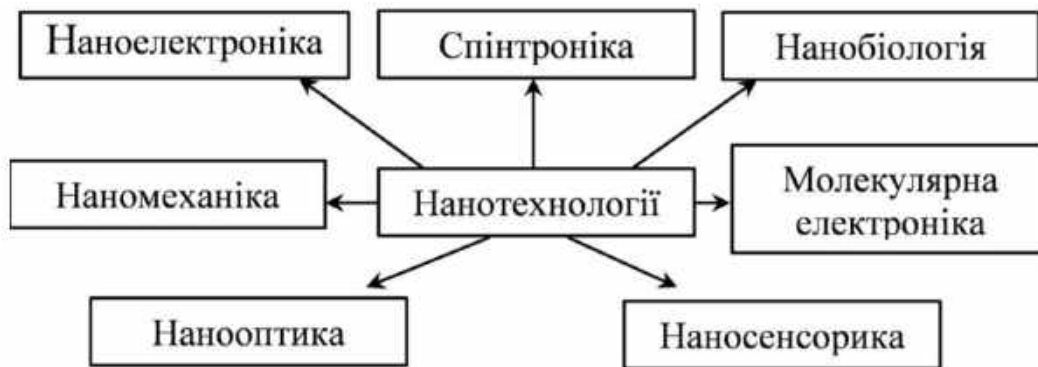


Рисунок 7.2 – Галузі науки, що пов'язані з НТ

Пізнання на цій основі діючих наномоделей біологічних структур сьогодні стає основою нанобіології. Досягнення науки нанобіології складають основу розвитку таких напрямків нанонауки, як біоорганічна нанохімія, нанофармація, наносенсорика, наномедицина тощо.

Молекулярна електроніка досліджує електронні наносистеми, що містять як складові частини поодинокі молекули або молекулярні комплекси, а також технології виготовлення таких наносистем, базуються на використанні процесів самоскладання, включаючи процеси маніпулювання як поодинокими молекулами, так і молекулярними комплексами.

Наносенсорика – галузь науки про сенсорні наносистеми, дія яких ґрунтується на селективному сприйнятті сигналів різної природи: біологічних, хімічних, температурних і т. п., та їх перетворенні в електричні (біонаносенсиори, які можуть не лише відстежувати стан організму, але й автоматично виконувати деякі необхідні дії).

Нанооптика – галузь науки, присвячена оптичним наносистемам, що виконують функції інформаційного керування, здійснюючи оброблення, зберігання і передачу інформації у вигляді оптичних сигналів. Перспективним розділом нанооптики є нанофотоніка, її елементну базу складають фотонні кристали, що ефективно використовують у пристроях оброблення, зберігання і передачі інформації.

Наномеханіка (наноробототехніка) – галузь техніки, що займається створенням нанороботів, здатних виконувати певні медичні операції в тілі пацієнта (нанокатетери, які дозволяють ефективно здійснювати діагностику й терапію в кровоносних судинах і кишковому тракті, а також

дозувальні і розподільні нанопристрої, що забезпечують доставку ліків, потрібних пацієнтам). Крім того, малі розміри мікрокомпонентів роблять їх ідеальними для маніпулювання біологічними зразками на мікроскопічному рівні.

Наноструктуризація приводить до зменшення розміру пігулки і підвищення вмісту лікувальної речовини у крові. Це дуже важливо, тому що наночастинки в майбутньому будуть одним із засобів доставки ліків в уражену ділянку (нанороботи). Наночастинки срібла завдяки своїм бактерицидним властивостям використовують при лікуванні різноманітних ран із метою знезараження. Типовий розмір наночастинок срібла 5...50 нм, їх додають до мийних засобів, зубних паст, вологих серветок, наносять на поверхні кондиціонерів, покривають столові прилади, дверні ручки (в місцях, де велика небезпека поширення інфекцій) і навіть клавіатури і «мишки» для комп'ютерів. Наночастинки золота разом із антитілами можуть знизити шкідливий ефект від опромінення при лікуванні пухлин. Сучасне обладнання дозволяє «із середини побачити життя» живих клітин, виконувати маніпуляції з молекулами та дає можливість вирощувати або клонувати частини органів. Поєднання біологічних і медичних знань разом із здобутками електроніки дозволяють створювати мікроелектронні пристрої (чіпи) для контролю здоров'я людини або тварини.

Виділяють кілька напрямків, де нанотехнології успішно застосовують:

- доставка лікарських засобів (молекул) до мішені;
- лікування та протезування з використанням наноматеріалів;
- діагностика.

Незважаючи на широкий арсенал ліків, що застосовують у медицині, однією з найважливіших проблем залишається їх адресна доставка з метою підвищення ефективності лікування. Зазвичай лікарська субстанція після адсорбції розподіляється по тканинах організму відносно рівномірно. Зокрема протипухлинні препарати не тільки пригнічують поділ трансформованих клітин, але і нетрансформованих клітин, що активно діляться. З цим пов'язані побічні ефекти багатьох цитостатиків. Сильні побічні ефекти протипухлинних лікарських засобів роблять терапію малоефективною. При цьому якість життя пацієнта не тільки не поліпшується, але в деяких випадках знижується. Використовують різні способи завантаження лікарських молекул для адресної доставки, наприклад, капсулювання та кон'югування.

Багато трансформованих (ракових) клітин або мають на своїй поверхні специфічні рецептори, або посилено продукують рецептори, що характерні для нетрансформованого стану. Наприклад, CD19 експресується на всіх неопластичних клітинах гострих лейкозів В-клітинного походження, а також присутній при деяких формах гострих монобластних лейкозів. Число копій на поверхні може досягати  $10^4 \dots 10^5$  на одну клітину. Ці властивості можна використовувати для доставки ліків до пухлинних клітин, попередньо кон'югуючи антитіла до цих рецепторів

із наночастинками. Таким чином, за рахунок антитіло-антигенної взаємодії досягається адресна доставка протипухлинних ліків до трансформованих клітин (рисунок 7.3).

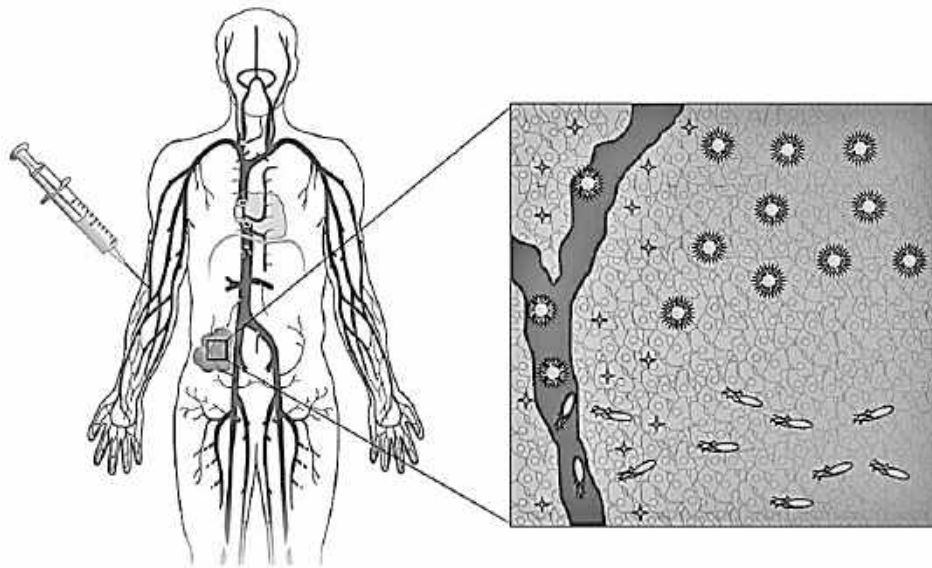


Рисунок 7.3 – Доставка лікарських засобів до мішені

*Наноматеріали як лікарські засоби.* Наноматеріали можна використовувати не тільки як засіб доставки лікарських молекул до мішенів, їх можна безпосередньо використовувати як ліки. Це забезпечується унікальними магнітними і оптичними властивостями наноматеріалів.

Багато ліній ракових клітин на відміну від нетрансформованих чутливі до температури  $40^{\circ}\text{C}$  і вище. Магнітні наночастинки з  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  можна нагріти, якщо їх помістити в змінне магнітне поле. Модифікуючи поверхню магнітних наночастинок, наприклад, лютеїнізуючим гормоном, рецептори якого посилено експоновані на клітинах раку молочної залози, можна отримати терапевтичний засіб, який при розміщенні в магнітне поле буде нагріватися, вражаючи трансформовані клітини.

Унікальні властивості наноматеріалів дозволяють виготовляти різні імплантати та протези. З використанням нанотехнологій можна отримати безпечні, біосумісні та міцні імплантати. Добре зарекомендували себе наноматеріали на основі полімерів і металополімерних нанокомпозитів і гідроколоїдів рідкокристалічної гідроксипропілцелюлози та шаруватих алюмосилікатів.

Гідроколоїдні композиції – багатокомпонентні полімерні системи, що містять як гідрофобну, так і гідрофільну фази, що знаходять широке застосування на ринку медичних і косметичних препаратів для лікування різних порушень шкірних покривів і поверхневих м'язових тканин та їх запобігання. Кілька великих фірм (Johnson & Johnson, Schering-Plough, Coloplast, Procter & Gamble, 3M, Smith & Nephew та ін.) працюють в області поліпшення таких властивостей гідроколоїдів, як адгезія, здатність

сорбувати велику кількість біологічних рідин, що виділяються з пошкоджених ділянок, відсутність травмування здорових ділянок шкіри при знятті пластиру-покриття, поглинання неприємного запаху, пом'якшувальний ефект, прозорість, що дає можливість візуалізувати процес загоєння без зняття пов'язки протягом декількох днів і т. ін. Нанотрубки з оксиду титану мають остеointегративний ефект. Поєднання поліметилметакрилату з наночастинками цирконію та сульфату барію дає можливість поліпшити якість кісткових імплантатів.

Розвиток нанотехнологій в біомедицині пов'язаний з удосконаленням технологій та методів візуалізації, характеристики і аналізу біоматеріалу, що забезпечують високий ступінь здатності порядку менш  $10^{-6}$  м. Магнітні наноматеріали є важливим джерелом для отримання біосенсорів. Найчастіше використовують наночастинки на основі оксиду заліза, вкриті оболонкою з різних полімерів. Поверхню модифікують різними біоспецифічними лігандами. При цьому оболонка захищає наночастинки оксиду заліза від хімічної взаємодії з молекулами клітин і тканин.

Для успішної участі в практичному занятті студентам потрібно вивчити такі основні питання, які виносяться на обговорення:

- 1) історія розвитку нанотехнологій в медицині;
- 2) нанотехнології: основні поняття та визначення;
- 3) основні підходи до нановиробництва;
- 4) основні напрямки використання нанотехнологій в медицині.

### **Завдання**

1. Відповісти на контрольні запитання.

2. Розглянути теми рефератів, що наведені нижче, підготувати доповіді або есе згідно з вибраною темою. Тему реферату студенти вибирають самостійно, керуючись власними науковими інтересами. Повторювання тем рефератів в одній навчальній групі не дозволяється (студенти однієї навчальної групи виконують реферати на різні теми). Тема, яка не входить до переліку, має обов'язково погоджуватися з викладачем.

### **Рекомендації до виконання практичного заняття**

Заздалегідь до практичного заняття вибирають деяких студентів, кожен з яких має підготувати реферат за вибраною темою у формі десятихвилинної презентації з подальшими відповідями на запитання та зауваження. Запитання доповідачам – 10-15 хвилин.

Від доповідача очікується уміння ілюструвати доповідь комп'ютерними слайдами та іншими доступними засобами візуалізації для максимально зрозумілого, короткого і аргументованого викладення

основних особливостей своєї точки зору, уміти формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

При виконанні практичного заняття решта студентів групи має брати активну участь в обговоренні доповідей, ставити запитання за темами доповідачів та підготувати есе.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке «нанотехнології»?
2. Наведіть приклади об'єктів із нано-, мікро- і макросвітів.
3. Які галузі наук пов'язані з нанотехнологіями?
4. Які напрямки, де нанотехнології успішно застосовуються, Вам відомі?

### **Теми рефератів**

1. Нанороботи та наномотори.
2. Наноматеріали в біомедицині.
3. Нанобіотехнології в лабораторній діагностиці.
4. Нанотехнології та молекулярна візуалізація.
5. Нанотехнології в кардіології.
6. Нанотехнології в ендокринології.
7. Нанотехнології в онкології, гематології та трансфузіології.
8. Нанотехнології в терапії захворювань дихальної системи.
9. Нанотехнології в неврології і нейрохірургії.
10. Нанотехнології в травматології та ортопедії.
11. Нанотехнології в офтальмології.
12. Роль нанотехнології в лікуванні інфекційних захворювань.
13. Нанотехнології в стоматології.
14. Нанотехнології у фармації.

**Література** [37, 38].



## Практичне заняття №8 ТЕЛЕМЕДИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

**Мета заняття:** сформувані загальні уявлення про телемедичні технології, цілісне розуміння особливостей використання телемедичних технологій.

### Теоретичні відомості

Вперше термін «телемедицина» в сучасному трактуванні був використаний в медичній літературі RG Mark в 1974 р., хоча впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в охороні здоров'я почалося до цього часу, починаючи з XIX століття, із застосуванням прогресивних на той момент технічних досягнень – радіо та телеграфу. Однак дослідники вважають, що визначення телемедицини залежить від того, яке завдання вона вирішує та в якій організації реалізується (галузевій або академічній). Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) розглядає телемедицину як «надання фахівцями послуг охорони здоров'я в умовах, коли відстань є критичним чинником, з використанням інформаційно-комунікаційних технологій для обміну необхідною інформацією з метою діагностики, лікування та профілактики захворювань і травм, проведення досліджень та оцінок, а також для безперервної освіти медичних працівників в інтересах поліпшення здоров'я населення і розвитку місцевих громад». Європейська комісія визначає телемедицину більш конкретно: «Телемедицина – це оперативний віддалений доступ до послуг медичних фахівців за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій незалежно від того, де знаходиться пацієнт або де зберігається відповідна інформація».

Характеризуючи етапи розвитку телемедицини в різних країнах світу, Володимирський А. В. виділяє такі періоди: 1850 – 1920 рр. – ранній експериментальний період: поодинокі експерименти з передачі медичної інформації за допомогою телекомунікацій, перші кроки з використання діагностичних приладів і засобів зв'язку при наданні медичної допомоги, застосування телеграфного зв'язку у військово-польовій медицині та в екстрених ситуаціях; 1921 – 1954 рр. – період первинної систематизації ІКТ: поява телемедичної мережі на основі радіозв'язку, що є основним інструментом медичної допомоги екіпажам морських суден і населенню ізольованих територій (в поєднанні з санітарною авіацією), експерименти щодо передачі біологічної інформації по каналах зв'язку, відеотрансляції; 1955 – 1979 рр. – період масштабного застосування ІКТ, який супроводжувався створенням і зростанням телемедичних мереж на основі інтерактивного відеоконференц-зв'язку та транстелефонної

електрокардіографії (в тому числі з автоматизованою інтерпретацією); впровадженням біорадіотелеметрії; формуванням мобільної телемедицини на основі супутникового зв'язку; проведенням наукових досліджень з розроблення концепції та методології телемедицини; в 1981 році і далі – період зміни технологій та поступового переходу до сучасної клінічної телемедицини, основаної на модернізації методології на тлі персоналізації комп'ютерної техніки, розвитку Інтернет, появі цифрової діагностичної апаратури.

Телемедицина – одна з галузей медицини, що найбільш динамічно розвиваються. Телемедицина – комплексне поняття, яке містить процеси діагностики, лікування та профілактики в рамках сучасних медичних послуг, які виявляються за допомогою засобів телекомунікацій та інформаційних технологій. Історія розвитку телемедицини налічує понад 120 років.

Телемедичні технології – інформаційні технології, що забезпечують дистанційну взаємодію медичних працівників між собою, з пацієнтами та (або) їх законними представниками, ідентифікацію і аутентифікацію зазначених осіб, документування злочинів, скоєних ними дій при проведенні консилиумів, консультацій, дистанційного медичного спостереження за станом здоров'я пацієнта.

Основні напрямки застосування телемедичних технологій:

- телемедична консультація, коли зв'язок організовується між двома абонентами, що забезпечує або обговорення хворого лікуючим лікарем із консультантом, або методичну допомогу фахівця або викладача лікаря або студенту;

- телемедична лекція чи семінар, коли викладач (лектор) може звертатися до всіх учасників одночасно, а вони, в свою чергу, можуть звертатися до лектора, за відсутності спілкування один з одним;

- телемоніторинг (телеметрія) функціональних показників, при якому дані контролю життєво важливих функцій від багатьох пацієнтів передаються в єдиний консультативний центр;

- телемедична нарада, консилиум або симпозіум, при якому всі учасники мають однакову можливість спілкуватися один з одним.

Все телемедичні системи (або БРТМ системи) слід розділити на дві основні групи:

1) засоби віддаленого консультування, діагностики та навчання;

2) засоби віддаленого моніторингу життєвих функцій (БРТМ системи).

Основою будь-якої телемедичної та системи першої групи є базова робоча станція.

За допомогою БРС проводять ретельне всебічне обстеження пацієнта з одночасною передачею відповідної інформації довільної кількості учасників поточного консилиуму (відеоконференції).

Базова робоча станція (БРС) – це комплекс апаратури та програмного забезпечення, що являє собою багатoproфільне робоче місце фахівця з можливостями введення, оброблення, перетворення, виведення, класифікації та архівування загальноприйнятих видів клінічної медичної інформації, а також проведення телеконференцій. БРС є спеціалізованим медичним апаратно-програмним комплексом, що призначений для використання в медичних установах, наукових центрах і навчальних закладах з метою проведення телеконференцій різного змісту, організації та проведення віддалених медичних консультацій, організаційно-методичних питань, отримання та надання бібліотечної, наукової, навчальної та іншої медичної інформації, з метою вирішення інших завдань, що стоять перед медичними установами, організаціями, закладами та системами.

БРС телемедицини утворена такими елементами:

- 1) базовий комп'ютер (із процесором не нижче 75 МГц);
- 2) комплект універсальних периферійних пристроїв (відеокамера, мікрофон індивідуального користування, принтер та ін.);
- 3) комплект спеціалізованих пристроїв (біноккулярний мікроскоп з відеонасадкою та інша медична діагностична апаратура);
- 4) інше (стандартне освітлювальне обладнання, освітлювач медичний підлоговий та ін.).

Програмне забезпечення БРС у загальному вигляді утворено (але так само не обмежено) таким:

- операційна система комп'ютера;
- багатовіконний користувальницький інтерфейс;
- програмне забезпечення мережного сполучення;
- програмне забезпечення з основними інструментами Інтернету;
- програмне забезпечення сполучення з периферійними пристроями;
- набір програм для роботи з текстами (кирилиця та латиниця) і офісною графікою;
- набір програм для розширеного оброблення зображень;
- набір програм для формування бази даних пацієнтів;
- програмне забезпечення для проведення інтерактивних телеконференцій;
- програмне забезпечення для проведення телеконференцій з одночасною участю більше двох користувачів мереж Інтернету.

Як основа для БРС можуть виступати комп'ютерні модулі, які реалізовані на апаратній базі різних виробників.

Телекардіологія – клінічна субдисципліна, що вивчає комплексне використання телемедичних процедур (біотелеметрії і телемоніторингу, дистанційної інтерпретації діагностичних даних, телеконсультування, персональної телемедицини) для профілактики, невідкладної та планової медичної допомоги пацієнтам з патологією серцево-судинної системи.

Телекардіологія – напрямок електронної охорони здоров'я, яке ґрунтується на використанні інформаційно-телекомунікаційних технологій в інтересах надання медичної допомоги хворим на захворювання серцево-судинної системи, навчання та підвищення кваліфікації медичних працівників в області кардіології, управління закладами та підрозділами кардіологічного профілю.

Теле-ЕКГ – фіксація електрокардіографічного сигналу з синхронною (телеметричною) або асинхронною трансляцією даних по телекомунікаційних лініях зв'язку для дистанційної інтерпретації, телемедичного консультування, дистанційного навчання та інших цілей.

Теле-ЕКГ може використовувати:

- аналогові і цифрові провідні телефонні лінії зв'язку;
  - цифрові бездротові телефонні лінії зв'язку;
  - супутникові канали зв'язку;
  - радіоканали будь-якого частотного діапазону, що забезпечують якісний радіозв'язок;
  - Інтернет-канали (виділений, комутований, мобільний, Asymmetric Digital Subscriber Line, digital subscriber line і т.д.);
  - локальну, межгоспітальну або територіальну комп'ютерну мережу.
- Телемедичні системи теле-ЕКГ можна класифікувати таким чином:
- за видами передачі сигналу: цифрові; аналогові;
  - за кількістю каналів реєстрації ЕКГ: 12-канальні; 6-канальні; 3-канальні; 1-канальні;
  - за видом передавального пристрою: електрокардіограф портативний з блоком передачі ЕКГ; електрокардіограф-передавач;
  - за видами каналу зв'язку: провідні; бездротові; змішані;
  - за стандартами передачі ЕКГ: SCP-ECG; стандарт розробника; змішані.

У цей час стратегія розвитку електронної охорони здоров'я в багатьох країнах світу ґрунтується на використанні персон-центрованого підходу, що передбачає організацію доступу до всієї медичної інформації пацієнта, яка зібрана в медичній інформаційній системі (MIS), перехід від зберігання медичної інформації на персональному комп'ютері в конкретній медичній організації до її концентрації на національних медичних серверах.

Для успішної участі в практичному занятті студентам потрібно вивчити такі основні питання, які виносяться на обговорення:

- 1) основні моменти історії розвитку телемедицини;
- 2) поняття телемедицини та телемедичних технологій;
- 3) основні напрямки застосування телемедичних технологій;
- 4) поняття телекардіології та теле-ЕКГ.

### **Завдання**

1. Відповісти на контрольні запитання.
2. Розглянути теми рефератів, що наведені нижче, підготувати доповіді або есе згідно з вибраною темою. Тему реферату студенти вибирають самостійно, керуючись власними науковими інтересами. Повторювання тем рефератів в одній навчальній групі не дозволяється (студенти однієї навчальної групи виконують реферати на різні теми). Тема, яка не входить до переліку, має обов'язково погоджуватися з викладачем.

### **Рекомендації до виконання практичного заняття**

Заздалегідь до практичного заняття вибирають деяких студентів, кожен з яких має підготувати реферат за вибраною темою у формі десяти-хвилинної презентації з подальшими відповідями на запитання та зауваження. Запитання доповідачам – 10 – 15 хвилин.

Від доповідача очікується уміння ілюструвати доповідь комп'ютерними слайдами та іншими доступними засобами візуалізації для максимально зрозумілого, короткого і аргументованого викладення основних особливостей своєї точки зору, формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

При виконанні практичного заняття решта студентів групи має брати активну участь в обговоренні доповідей, ставити запитання за темами доповідачів та підготувати есе.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке «телемедицина»?
2. Охарактеризуйте етапи розвитку телемедицини.
3. Дайте визначення поняттю «телемедичні технології».
4. Назвіть основні напрямки застосування телемедичних технологій.
5. Що являє собою базова робоча станція?
6. Які елементи має базова робоча станція телемедицини?
7. Що таке телекардіологія?

## **Теми рефератів**

1. Телепатологія.
2. Телехірургія.
3. Телерентгенологія.
4. Теледерматологія.
5. Телепсихіатрія.
6. Телекардіологія.
7. Телегінекологія.
8. Телеурологія.
9. Телепедіатрія.
10. Телемамографія.
11. Теленеврологія.
12. Телеонкологія.
13. Телеотоларингологія.

**Література** [39, 40].

## Практичне заняття №9 АПАРАТИ ДЛЯ ЕНДОСКОПІЇ

**Мета заняття:** сформувати загальні уявлення про апарати для ендоскопії, цілісне розуміння особливостей використання апаратів для ендоскопії.

### Теоретичні відомості

Ендоскопічні методи широко використовують у медицині з діагностичними та лікувальними цілями при гострих і хронічних захворюваннях внутрішніх органів.

Ендоскопія – спосіб огляду деяких внутрішніх органів за допомогою ендоскопа (рисунок 9.1). Ендоскопи вводять у порожнини через природні шляхи, наприклад, в шлунок – через рот і стравохід, у бронхи та легені – через гортань, у сечовий міхур – через сечовипускальний канал.



Рисунок 9.1 – Схема ендоскопічної інтроскопії та ендоскоп

Ендоскопія пройшла тривалий шлях розвитку, що пов'язаний з вдосконаленням ендоскопічної апаратури та підсобного ендоскопічного інструментарію. Спроби побачити внутрішню поверхню стравоходу робилися в 1795 р. Bozzini в Німеччині (Schindler, 1950). Завдяки роботам Desormeaux (1853 р.) був створений ендоскоп, за допомогою якого можна було оглянути стравохід, сечовий міхур та пряму кишку.

Історія розвитку ендоскопії стравоходу та шлунка почалася в 1868 р., коли Kussmaul ввів у шлунок професійного шаблековтача пряму металеву трубку діаметром 13 мм і довжиною 47 см з метою огляду слизової оболонки шлунка. Через крайню недосконалість апаратури та недостатність освітлення ця спроба виявилася невдалою.

У 1879 р. Nitze і Leiter сконструювали ендоскоп, що складається з ряду рухомих кілець, що надавали приладу гнучкість. Автори використовували для освітлення платинову спіраль, що розжарюється електричним струмом, яку вводили через апарат при дослідженні. Від спіралі, що розжарюється струмом і має спеціальний ковпачок, виділялася

велика кількість тепла, що потребувало пристосування для охолодження інструменту. Останнє досягалося постійною циркуляцією холодної води. Весь пристрій для струму води робило ендоскоп настільки складним у вживанні, що він не знайшов практичного застосування. Однак Nitze вперше вдалося через ендоскоп побачити межу між слизовою оболонкою стравоходу та шлунка (Schindler, 1937).

Засновником езофагогастроскопії як методу дослідження слід вважати Mikulicz, який створив в 1881 р. свою модель ендоскопа та опублікував ряд робіт з дослідження стравоходу і шлунка в нормі та при деяких захворюваннях цих органів. Для більш легкого проникнення в шлунок і зручності огляду інструмент був зігнутий в нижній третині під кутом 150°. Mikulicz першим застосував при гастроскопії роздування шлунка повітрям. Він оглянув слизову оболонку шлунка і діагностував ракову пухлину. Апарат Mikulicz був вельми недосконалим та небезпечним для застосування, а тому не використовувався в клініці.

Можливості ендоскопії істотно розширилися з другої половини ХХ століття з появою скляних волоконних світловодів та на їх основі – приладів волоконної оптики. Типи медичних ендоскопів налічують десятки найменувань і велику кількість моделей складових частин.

Ендоскоп як оптичний прилад являє собою пристрій, що містить дві оптичні системи – спостережну і освітлювальну. Спостережна система ендоскопа – частина ендоскопа, що призначена для формування та передачі зображення об'єкта до спостерігача. Освітлювальна система ендоскопа – частина ендоскопа, яка призначена для передачі світлового випромінювання від освітлювача до досліджуваного об'єкта.

За конструкцією робочої частини та способу передачі зображення ендоскопи поділяють:

- на гнучкі, які здатні змінювати конфігурацію робочої частини залежно від форми органів (рисунок 9.2, а);
- жорсткі, які зберігають форму протягом всього дослідження (рисунок 2, б);
- напівтверді, забезпечені оболонкою з нержавіючої металеві стрічки, що самогальмується. Робоча частина напівжорсткого ендоскопа зберігає надану форму вигину (рисунок 9.2, в);
- відеоендоскопи.



Рисунок 9.2 – Ендоскопи залежно від призначення: а – оглядові; б – біопсійні та операційні



Гнучкі волоконні світловоди, що забезпечені спеціальними освітлювачами, вводять у порожнини організму та з їх допомогою оглядають внутрішні стінки багатьох органів (рисунок 9.3, а). Волоконна оптика основана на явищі повного внутрішнього відображення. Світло, потрапляючи всередину прозорого волокна, оточеного речовиною з меншим показником заломлення, багаторазово відбивається і поширюється вздовж цього волокна (рисунок 9.3, б). Гнучкі волоконні світловоди складаються з елементарних волокон діаметром близько 30 мкм і залежно від типу ендоскопа можуть бути різної довжини. Поодинокі світловоди в джгуті вільні відносно один одного та скріплюються жорстко тільки на кінцях; це забезпечує гнучкість світловода. У медицині світловоди використовують для вирішення двох завдань: передачі світлової енергії, для освітлення холодним світлом внутрішніх порожнин і передачі зображення.

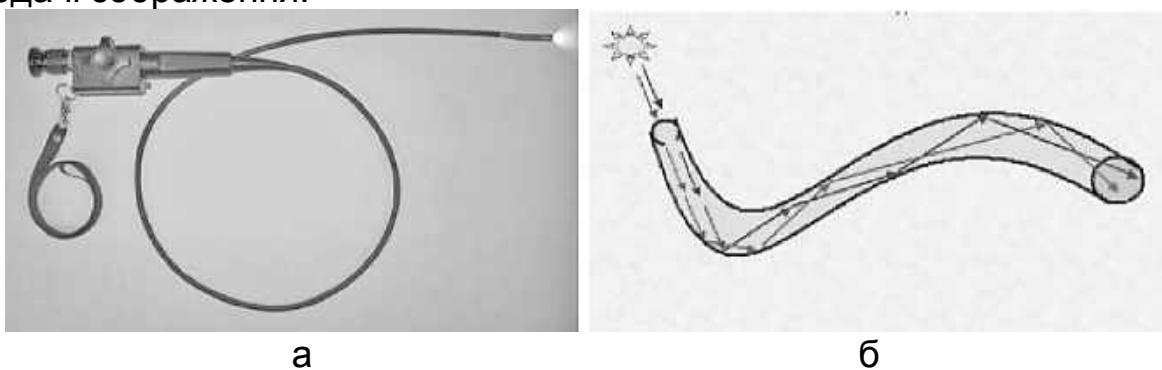


Рисунок 9.3 – Гнучкий волоконний світловод (а); повне відображення в світловоді (б)

За призначенням ендоскопи розрізняють оглядові, біопсійні та операційні (рисунок 9.4).

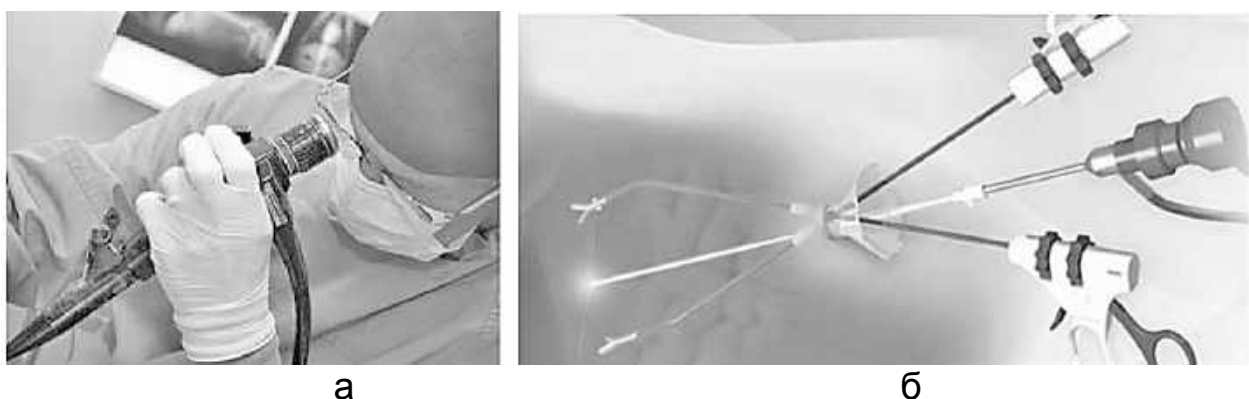


Рисунок 9.4 – Ендоскопи залежно від призначення: а – оглядові; б – біопсійні та операційні

Однією з основних вимог при розробленні ендоскопів є зменшення їх розмірів. У даний час випускаються ендоскопи довжиною від 1 до 2 м із зовнішнім діаметром від 2,5 до 12 мм. Є повідомлення про те, що

компанією Olympus (Японія) розроблені жорсткі ендоскопи діаметром 1,7 і 2,7 мм, призначені для дослідження органів із дуже малим вхідним отвором, довжина ендоскопів – 110 та 170 мм, світловод незнімний. Об'єктив ендоскопа дозволяє розглядати досліджуваний орган за такими напрямками огляду: прямо та під кутами 14° і 90°.

Для розвитку техніки ендоскопії розробляють спеціальні освітлювачі великої потужності, що знаходиться поза ендоскопа, з можливістю передачі випромінювання на відстань до 2 м для висвітлення досліджуваної поверхні внутрішньої порожнини тіла людини.

Освітлювачі для апаратури зі світловодами являють собою лампу-світильник, жорстко встановлену в еліпсоїдному відбивачі з дзеркальним покриттям. Основними тенденціями розвитку освітлювачів можна вважати: застосування джерел світла з високою світловою віддачею, великим терміном служби та зручністю заміни при експлуатації; використання електронних блоків регулювання світлового потоку, стабілізації напруги джерел випромінювання та обмеження перевантажень джерела випромінювання.

Медичні ендоскопи мають відповідати ряду специфічних вимог. Матеріал оболонки корпусу має витримувати багаторазову стерилізацію, не чинити шкідливих механічних або хімічних впливів на тканини, не бути токсичним. Малі відстані до об'єкта (стінка стравоходу і т.д.) приводять до необхідності використання надширококутних мікрооб'єктивів з полями зору до 120° і більше для спостереження ділянок достатньої площі. У ряді випадків (езофагоскопія і т. ін.) об'єктиви ендоскопів працюють у рідких середовищах організму, що потребує відповідної корекції їх оптичних характеристик, а також ретельної герметизації оптико-механічних вузлів.

У свою чергу застосування надкороткофокусних об'єктивів зі збільшеною глибиною різкості ускладнює визначення масштабу зображення, яке зберігає різкість у всьому діапазоні існуючих у практичній ендоскопії відстаней до спостережуваних об'єктів. При діагностиці новоутворень, особливо при аналізі динаміки розвитку, необхідно оцінювати їх реальні розміри. Тому інтенсивно розробляють вимірювальні ендоскопи з оцінкою масштабу зображення об'єктів за допомогою різних систем оптичної дальнометрії.

Ще одна характерна особливість медичних ендоскопів – наявність додаткових каналів для взяття біотичних проб, введення та правління хірургічного мікроінструменту. В даний час огляду стали доступними майже всі органи, збільшилася освітленість досліджуваних органів, з'явилися умови для фотографування та кінознімання (ендофотографія та ендокінематографія), можливість запису на відеомагнітофон чорно-білого або кольорового зображення (використовують модифікації стандартних фото- і кінокамер). Документування результатів ендоскопічного дослідження допомагає об'єктивно вивчати динаміку патологічних процесів, що відбуваються в будь-якому органі.

У даний час ендоскопічні методи дослідження використовують як для діагностики, так і для лікування різних захворювань. Сучасна ендоскопія відіграє особливу роль у розпізнаванні ранніх стадій багатьох захворювань, особливо – онкологічних захворювань (раку) різних органів (шлунк, сечовий міхур, легені). Найчастіше ендоскопію поєднують із прицільною (під контролем зору) біопсією, лікувальними заходами (введення ліків), зондуванням.

Види ендоскопії:

- бронхоскопія – огляд бронхів;
- гастроскопія – огляд шлунка;
- лапароскопія – огляд черевної порожнини;
- отоскопія – огляд зовнішнього слухового проходу та барабанної перетинки;
- ректороманоскопія – огляд прямої кишки;
- уретроскопія – огляд сечоводу;
- холангіоскопія – огляд жовчних проток;
- цистоскопія – огляд сечового міхура;
- езофагогастродуоденоскопія – огляд стравоходу, порожнини шлунка та дванадцятипалої кишки.

Прогрес у розвитку ендоскопічної апаратури та створення мікроскопічного інструментарію привів до появи нового виду оперативної техніки – ендоскопічної хірургії. В порожнисті органи або в черевну порожнину, під час такої операції через ендоскоп і гнучкі фіброапарати, вводять спеціальні інструменти-маніпулятори, керовані хірургом, який спостерігає за своєю роботою на моніторі. Ендоскопічна хірургія зараз дозволяє уникнути великих порожнинних операцій при хворобах жовчного міхура, апендициті, видаленні лімфовузлів, пухлин, при усуненні склеротичної патології в судинах, під час шунтування в разі ішемічної хвороби серця. Зараз це найбільш щадна, малотравматична, безкровна хірургія, що дає мінімальний відсоток ускладнень у післяопераційний період.

Для успішної участі в практичному занятті студентам потрібно вивчити такі основні питання, які виносяться на обговорення:

- 1) основні моменти історії розвитку ендоскопії;
- 2) поняття та види ендоскопії;
- 3) класифікація ендоскопів;
- 4) основні вимоги до медичних ендоскопів;
- 5) основні напрямки застосування ендоскопічних методів дослідження.

## **Завдання**

1. Відповісти на контрольні запитання.
2. Розглянути теми рефератів, що наведені нижче, підготувати двом студентам доповідь згідно з вибраною темою, а решті студентам групи –

запитання до доповідачів у вигляді есе. Тему реферату студенти вибирають самостійно, керуючись власними науковими інтересами. Повторювання тем рефератів в одній навчальній групі не дозволяється (студенти однієї навчальної групи виконують реферати на різні теми). Тема, яка не входить до переліку, має обов'язково погоджуватися з викладачем.

### **Рекомендації до виконання практичного заняття**

Заздалегідь до практичного заняття вибирають двох студентів, кожен з яких має підготувати реферат за вибраною темою у формі десятихвилинної презентації з подальшими відповідями на запитання та зауваження. Запитання доповідачам – 10 – 15 хвилин.

Від доповідача очікується уміння ілюструвати доповідь комп'ютерними слайдами та іншими доступними засобами візуалізації для максимально зрозумілого, короткого і аргументованого викладення основних особливостей своєї точки зору, уміти формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

При виконанні практичного заняття решта студентів групи має брати активну участь в обговоренні доповідей, ставити запитання за темами доповідачів.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке ендоскопія?
2. Що являє собою ендоскоп?
3. Якими бувають ендоскопи за способом передачі зображення?
4. Які види ендоскопії Вам відомі?
5. Якою є характерна особливість медичних ендоскопів?

### **Теми рефератів**

1. Ендоскопічне обладнання для бронхоскопії.
2. Ендоскопічне обладнання для гастроскопії.
3. Ендоскопічне обладнання для лапароскопії.
4. Ендоскопічне обладнання для отоскопії.
5. Ендоскопічне обладнання для ректороманоскопії.
6. Ендоскопічне обладнання для уретроскопії.
7. Ендоскопічне обладнання для холангіоскопії.
8. Ендоскопічне обладнання для цистоскопії.
9. Ендоскопічне обладнання для езофагогастродуоденоскопії.

**Література [41, 42].**

## Практичне заняття №10 ТОМОГРАФИ

**Мета заняття:** сформувати загальні уявлення про томографи, цілісне розуміння особливостей використання томографів.

### Теоретичні відомості

Сьогодні в медицині особливого значення набуває багатофункціональне обладнання. Серед сучасних методів функціональної діагностики широко застосовують променеві методи, до яких належать рентгенівська томографія, комп'ютерна рентгенівська та магнітно-резонансна томографія, позитронно-емісійна томографія та ін.

Термін «томографія» походить від грец. *tomos* – шар, це метод пошарового рентгенологічного дослідження.

У рентгенівській томографії пацієнт завжди нерухомий, в той час як детектор і джерело випромінювання обертаються навколо нього, зупиняючись у певних положеннях. Тоді колімований промінь, випущений джерелом рентгенівських променів, пропускається через пацієнта на детектор. Промінь колімується для отримання двовимірного зображення тільки тієї частини об'єкта, що цікавить. Схема класичної томографії показана на рисунку 10.1.

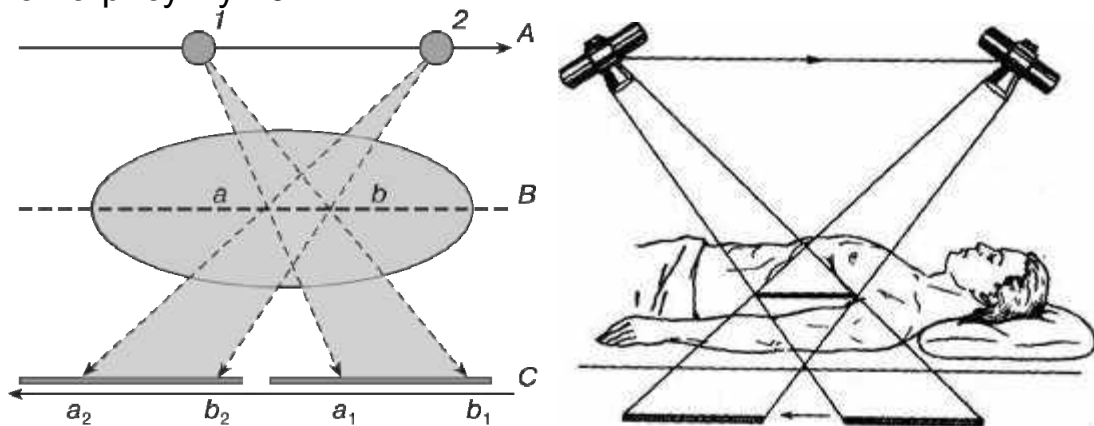


Рисунок 10.1 – Схема класичної томографії

Ефект томографії досягається завдяки безперервному руху під час зйомки двох із трьох компонентів рентгенівської системи (рисунок 10.1):

- джерела рентгенівського випромінювання в площині А;
- об'єкт дослідження в площині В;
- фотоплівка в площині С.

Джерела рентгенівського випромінювання в площині А та фотоплівка в площині С переміщуються з однаковою швидкістю в протилежних напрямках один щодо одного, в той час як об'єкт дослідження в площині В залишається нерухомим. При такому переміщенні точка перетину осей джерела рентгенівського випромінювання лежить на площині В, тому

зображення площини В, зокрема точок а і b на фотоплівці в площині С, буде нерухомим і, отже, чітким. Деталі, які лежать поза площиною В, будуть відображатися в різні місця фотоплівки на площині С, і їх зображення на рентгенограмі виявиться нечітким, розмазаним внаслідок руху томографічного зображення. Отримується класичним методом двовимірне зображення перетину В (рисунок 1), у кінцевому підсумку все одно залишається значно затіненим іншими шарами досліджуваного об'єкта. Тому виникає необхідність отримання великої кількості проєкцій в різних пересічних напрямках. Такі пошарові рентгенологічні дослідження проводять без застосування комп'ютерів. Цей метод називають лінійною чи класичною томографією.

Комп'ютерна рентгенівська томографія (КРТ), або комп'ютерна томографія (КТ), – це метод рентгенівської томографії, при якому пучок рентгенівського випромінювання проходить через тонкий шар тіла пацієнта в різних напрямках у цілому під кутом 360 ° (рисунок 10.2).

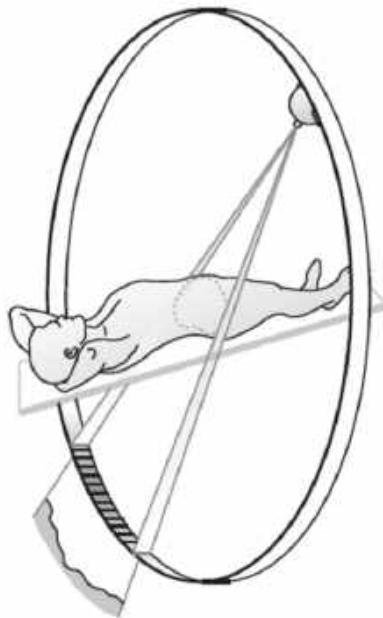


Рисунок 10.2 – Схема комп'ютерно-томографічного сканування

Типовий комп'ютерний рентгенівський томограф складається з таких модулів:

- скануючого пристрою або електромеханічного вузла сканування, що синхронно переміщається з джерелом рентгенівського випромінювання, необхідними колімуючими пристроями та детекторами рентгенівського випромінювання;
- рухомої рами, на якій розташовується об'єкт досліджень, і апаратури для вимірювання необхідних координат;
- комп'ютера для оброблення результатів вимірювань та синтезу одержуваних зображень;
- пульта управління з системою візуального зображення об'єкта, фотокамерами і т.д.

Скануючий пристрій сучасних томографів має форму кільця, на якому рентгенівське джерело з віяловим пучком рухається по колу, а система детекторів залишається нерухомою. Електромеханічний вузол сканування розміщується в закритому корпусі та називається гентрі. Ця назва відображає вертикальне розташування комплексу і наявність у ньому круглого вікна, в якому на спеціальному столі розміщується пацієнт.

Математична реконструкція зображень (зворотне перетворення Радону) дозволяє розрахувати локальні ослаблення випромінювання в кожній точці зрізу. Ці коефіцієнти локального ослаблення перераховуються в КТ-числа і, нарешті, перетворюються в ступені сірої шкали, які виводяться на екран комп'ютера, формуючи зображення. Ці сигнали відображають ступінь ослаблення пучка рентгенівських променів і ступінь поглинання випромінювання. При КТ-скануванні обсяг сканується послідовно, просуваючись на один зріз за кожен крок. Для розпізнавання ураження необхідно отримання кількох зрізів, їх виконують на відстані 5–10 мм один від одного.

У КТ виділяють такі способи збирання даних: покрокове, спіральне та багатошарове сканування.

Високі діагностичні можливості КТ виявляють при гострих і старих травмах, гострих і хронічних болях у суглобах, порушення постави та болях у хребті. Технологія комп'ютерної томографії дозволила значно розширити рівень діагностики захворювань легень і середостіння. КТ є досконалим методом для обстеження пацієнтів із захворюваннями ЛОР-органів: носа, навколососових пазух, глотки, гортані, вуха.

Комп'ютерну томографію широко використовують у медицині для кількох цілей:

- як скринінговий тест. У медицині застосовують для виключення потенційно серйозного діагнозу в групах ризику. Комп'ютерну томографію часто використовують як скринінг при таких станах: головний біль; травми голови, які не супроводжуються втратою свідомості; непритомність; виключення раку легенів;

- для діагностики за екстреними свідченнями – екстрена КТ; важкі травми; підозра на крововилив у мозок; підозра на пошкодження судини; підозра на деякі інші гострі пошкодження порожнистих і паренхіматозних органів (ускладнення як основного захворювання, так і в результаті проведеного лікування);

- КТ для планової діагностики. Більшість КТ-досліджень здійснюють у плановому порядку, для остаточного підтвердження діагнозу;

- для контролю результатів лікування;

- для проведення лікувальних і діагностичних маніпуляцій, наприклад пункція під контролем комп'ютерної томографії та ін.

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) є одним із найбільш ефективних застосувань радіохвильового випромінювання для цілей медичної інтроскопії. Це томографічний метод дослідження внутрішніх

органів і тканин з використанням фізичного явища ядерного магнітного резонансу. Для отримання зображень у МРТ використовують постійне магнітне поле високої напруженості та комбінації з електромагнітними радіохвилями.

Даний метод дозволяє отримувати без особливого ризику для пацієнта не тільки високоякісне анатомічне зображення «зрізів» частин тіла в будь-якій площині, але й інформацію про «хімію» фізіологічних процесів, про структуру і динаміку тканин на молекулярному рівні і, як наслідок, принципово нові можливості для медичної діагностики.

Головними перевагами методу МРТ є високий м'якотканий контраст, що дає можливість отримувати якісні зображення різних м'яких тканин (головного та спинного мозку, хребта, суглобів, серця, судин, органів черевної порожнини за винятком шлунка, кишечника і малого тазу) без введення контрастного препарату, а також відсутність променевого навантаження.

Розглянемо загальні принципи реалізації магнітно-резонансної томографії та її застосування в медичній інтроскопії.

Магнітно-резонансний томограф – це апаратний комплекс, що складається з таких основних блоків: магніту, градієнтних і радіочастотних котушок, що охолоджує системи, систем прийому, передачі та оброблення даних, системи екранування (рисунок 10.3).

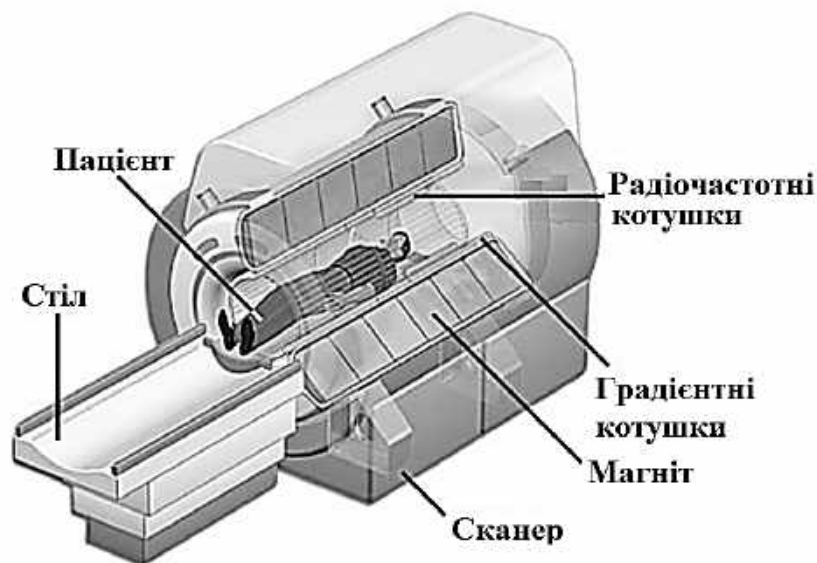


Рисунок 10.3 – Схема основних блоків МР томографа

За типом джерела основного магнітного поля МР томографи поділяють на постійні, резистивні, надпровідні та гібридні системи.

У томографах із постійним магнітом поле створюється між двома полюсами, зробленими з феромагнітних матеріалів, магнітне поле яких не слабшає. Такий томограф не потребує додаткової електроенергії або охолодження, але має дуже низьку напруженість поля від 0,064 до 0,3 Тл. Постійні магніти мають зазвичай відкриту конструкцію, більш зручну для



пацієнта. Недоліками є висока вартість магніту та підтримуючих структур, велика вага та проблема однорідності магнітного поля.

Резистивні магніти – великі електромагніти, в них поле створюється пропусканням сильного електричного струму по обмотках провідників на повітряному або сталевому сердечниках, і спрямовано паралельно поздовжній осі котушки. Сила поля в томографах із резистивними магнітами поля може досягати 0,6 Тл. Ці магніти виділяють багато тепла, тому мають потребу в гарній системі охолодження та в постійному електроживленні для підтримки однорідності магнітного поля. До того ж вони споживають велику кількість електроенергії, і з метою її економії їх зазвичай вимикають у перервах між дослідженнями.

У цей час найбільш широко використовують надпровідні магніти, які створюють сильні стійкі магнітні поля понад 0,5 Тл. Надпровідний магніт – це електромагніт із провідника, який має надпровідність. На рисунку 10.4 показано структуру надпровідного магніту та приклад томографа відкритого типу з надпровідним магнітом. Вакуумний шар, що оточує кільце, діє як термоізоляційний захист. Цей захист запобігає занадто швидкому википанню гелію. Важливою перевагою надпровідних магнітів є висока однорідність і стабільність магнітного поля.

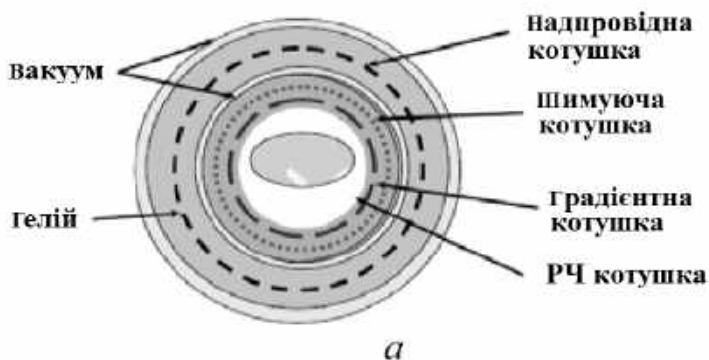


Рисунок 10.4 – Структура надпровідного магніту (а); томограф OPART фірми Toshiba з надпровідним магнітом (б)

Магнітно-резонансна томографія дозволяє з високою достовірністю виявити різні злякисні пухлини, патологічні процеси, інфекції. Завдяки МРТ стає можливим проведення точної та всебічної діагностики і дослідження багатьох органів – від кісткового та головного мозку до органів черевної порожнини і малого таза.

Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ) – це променевий томографічний метод дослідження внутрішніх органів людини, який оснований на введенні в організм радіоактивних ізотопів в індикаторних кількостях, здатних накопичуватися в пошкоджених тканинах, що мають високу метаболічну активність.

Цей метод дозволяє за допомогою спеціального детектуючого обладнання (ПЕТ-сканера) відстежувати розподіл в організмі біологічно активних сполук, мічених позитрон-випромінюючими радіоізопами. На відміну від КТ та МРТ, де можна отримати тільки зображення анатомічних структур і змін в них, ПЕТ дає можливість проводити кількісний аналіз біохімічних або фізіологічних функцій та візуалізувати перебіг біологічних процесів *in vivo*. Отримані за допомогою ПЕТ функціональні дані відображають процеси життєдіяльності органів і тканин організму людини на молекулярному рівні.

Апарат ПЕ-томографа обладнаний спеціальним сканером, який уловлює гамма-випромінювання в організмі пацієнта та перетворює його в спеціальні зображення, на яких будуть чітко видні області з аномальним розподілом радіофармпрепаратів, а також буде дана повна інформація про їх локалізації. Усередині ПЕТ-сканера знаходиться кругова система датчиків, які записують виділення енергії радіоактивного препарату в організмі. ПЕТ-сканер являє собою масивний пристрій з округлим отвором в центрі та схожий на КТ або МР томограф. Усередині апарата кільцеподібним чином розміщується велика кількість датчиків, які фіксують випромінювання від радіоізопапних міток, які перебувають в організмі пацієнта (рисунок 10.5).

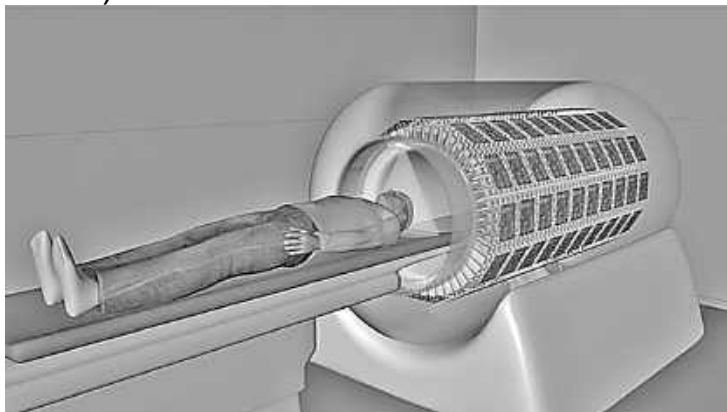


Рисунок 10.5 – Схема ПЕТ-сканера

Для успішної участі в практичному занятті студентам потрібно вивчити такі основні питання, які відносяться на обговорення:

- 1) комп'ютерна рентгенівська томографія;
- 2) магнітно-резонансна томографія;
- 3) позитронно-емісійна томографія.

### **Завдання**

1. Відповісти на контрольні запитання.
2. Розглянути теми рефератів, що наведені нижче, підготувати доповіді або есе згідно з вибраною темою. Тему реферату студенти вибирають самостійно, керуючись власними науковими інтересами.

Повторювання тем рефератів в одній навчальній групі не дозволяється (студенти однієї навчальної групи виконують реферати на різні теми). Тема, яка не входить до переліку, має обов'язково погоджуватися з викладачем.

### **Рекомендації до виконання практичного заняття**

Заздалегідь до практичного заняття вибирають деяких студентів, кожен з яких має підготувати реферат за вибраною темою у формі десятихвилинної презентації з подальшими відповідями на запитання та зауваження. Запитання доповідачам – 10 – 15 хвилин.

Від доповідача очікується вміння ілюструвати доповідь комп'ютерними слайдами та іншими доступними засобами візуалізації для максимально зрозумілого, короткого і аргументованого викладення основних особливостей своєї точки зору, уміти формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

При виконанні практичного заняття решта студентів групи має брати активну участь в обговоренні доповідей, ставити запитання за темами доповідачів і підготувати есе.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке томографія?
2. Що таке комп'ютерна рентгенівська томографія?
3. З яких модулів складається комп'ютерний рентгенівський томограф?
4. Що таке магнітно-резонансна томографія?
5. Що таке позитронно-емісійна томографія?

### **Теми рефератів**

1. Радіонуклідна емісійна томографія (гамма-випромінювання).
2. Однофотонна емісійна томографія та двофотонна емісійна або позитронно-емісійна томографія.
3. Рентгенівська томографія.
4. Рентгенівська комп'ютерна томографія.
5. Оптична (лазерна) томографія.
6. Томографія в радіодіапазоні.
7. Магнітно-резонансна томографія (МРТ).
8. Електроімпедансна томографія.
9. Нейтронна томографія.
10. Електронна та позитронна томографія.

**Література** [40, 41, 43, 44].

## Практичне заняття №11 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ

**Мета заняття:** сформувані загальні уявлення про інформаційні технології в медицині, цілісне розуміння особливостей використання інформаційних технологій в медицині.

### Теоретичні відомості

У цей час швидкість і якість отримання та оброблення інформації стали найважливішою умовою існування та прогресу всіх галузей наукової творчості та практичної діяльності. Ця тенденція не обійшла стороною і медицину. Кожен медичний працівник щохвилини має справу з великим об'ємом інформації, наведеної в чисельному, текстовому, графічному, звуковому та інших видах. Від ефективності її збирання, зберігання, передачі та інтерпретації залежать якість і своєчасність діагностичних, лікувальних, профілактичних заходів і результативність роботи системи охорони здоров'я в цілому.

Однозначного визначення терміна інформації (в тому числі і медичної) не існує. Різні автори вважають можливим дати своє поняття інформації (відзначимо, що поняття на відміну від визначення тлумачить будь-який термін більш широко і неоднозначно). Так, у тлумачному словнику сучасної комп'ютерної лексики зазначено, що «інформація – це сукупність знань, фактів, відомостей, що становлять інтерес і підлягають зберігання та обробленню». Більш розширене тлумачення інформації пропонує Н. В. Макарова: «Інформація – відомості про об'єкти і явища навколишнього середовища, їх параметри, властивості і стан, які зменшують наявний про них ступінь невизначеності, неповноти знань». Інші автори звертають особливу увагу при визначенні інформації на «взаємодію даних та адекватних їм методів».

Таким чином, можна дати таке узагальнене поняття медичної інформації: медична інформація – це сукупність даних про пацієнтів і захворювання, що утворюється при їх взаємодії з адекватними їм методами і знімає невизначеність та неповноту попередніх знань.

Існує кілька основних властивостей медичної інформації. У багатьох рисах вони повторюють властивості будь-якої іншої інформації взагалі. Але є і деякі відмітні деталі.

Всю інформацію, яка циркулює в лікувальних установах, прийнято розділяти на об'єктивну та суб'єктивну. Об'єктивною вважають таку інформацію, яка створюється шляхом реєстрації апаратними засобами при дослідженні пацієнта і діагностики захворювань. Такими дослідженнями є, наприклад, всілякі датчики біопотенціалів людини, термометрія, ендоскопія, біопсія. До них відносяться також різні способи отримання зображення його внутрішніх органів – рентгенографія,

комп'ютерна томографія, ультразвукова біолокація. До об'єктивної інформації можна віднести статистичні показники роботи лікувальних установ, цифрові дані діяльності органів охорони здоров'я. Суб'єктивною вважають таку інформацію, яка виходить при аналізі сигналів безпосередньо людиною, без застосування будь-яких складних електронних пристроїв. Суб'єктивними даними є, наприклад, результати огляду хворого, пальпація його органів, інші дані фізикальних досліджень.

Слід урахувати, що поділ на об'єктивну та суб'єктивну інформацію не завжди можна чітко розмежувати.

Інформаційна технологія – це сукупність методів, виробничих і програмно-технологічних засобів, які об'єднані у технологічний ланцюжок, що забезпечує збирання, зберігання, оброблення, виведення і поширення інформації.

Одним з актуальних напрямків у розвитку інформаційних технологій в медичній практиці є розроблення та впровадження автоматизованих робочих місць (АРМ) або робочих станцій.

АРМ – це програмно-технічний комплекс, призначений для автоматизації діяльності певного виду (рисунок 11.1).



Рисунок 11.1 – Автоматизоване робоче місце лікаря

АРМ характеризується трьома складовими:

- програмні засоби;
- апаратні засоби;
- певний вид діяльності, для автоматизації якої призначений даний АРМ.

Зазначимо, що остання складова – спрямованість на конкретний вид діяльності – є невід'ємною складовою будь-якого АРМа.

До завдань АРМ лікаря входять такі функції: ведення формалізованих облікових документів про перебування хворого в лікувальному закладі (стаціонарі, поліклініці); оформлення всіх облікових документів руху хворого згідно з існуючими нормативами; виконання допоміжних функцій: формування гіпотези діагнозу, отримання рекомендації щодо обстеження пацієнта та вибору методу лікування,

оформлення та підтримка електронної історії хвороби, заповнення карти вибулого зі стаціонару і т.д.

АРМ лікаря-фахівця, наприклад рентгенолога або кардіолога, потребує, крім того, виконання ряду спеціальних функцій: оброблення медичних діагностичних зображень, аналіз вимірювання функціональних параметрів і т. ін.

Одним із досягнень в інформаційному забезпеченні АРМ рентгенолога стали програми CAD (Computer-Aided Diagnosis – комп'ютерна допомога в діагностиці). Ця система може бути позначена як комп'ютерна допомога в діагностиці захворювання на основі побудови ймовірнісних моделей типових рентгенологічних образів.

Однією з поширених форм електронного документа, що циркулюють у лікувальних установах, є електронна історія хвороби.

Електронна історія хвороби (EIX) – це інформаційна система, яка призначена для ведення, зберігання на електронних носіях, пошуку та видачі за інформаційними запитами (в тому числі і за електронними каналами зв'язку) персональних медичних записів.

Для оптимізації обміну даними розроблені та впроваджуються відкриті стандарти, які базуються на загальноприйнятих протоколах обміну даними. З усіх відкритих стандартів стосовно до медичних даних найбільший інтерес становлять стандарти HL-7 і DICOM 3.

Стандарт HL-7 містить чотири основні частини:

- демографічні дані пацієнта,
- дані про госпіталізацію,
- заголовок документа,
- елементи клінічної інформації.

Стандарт DICOM дозволяє створювати, зберігати, передавати та друкувати всі медичні зображення, інформацію про пацієнта, виконане дослідження, обладнання, установу та медичний персонал, що проводить дослідження. З використанням цього стандарту передаються медичні зображення в мережі PACS (архівація та передача медичних зображень) та далі відправляються в RIS (радіологічну інформаційну мережу) і HIS (госпітальну інформаційну мережу).

Під інформаційною системою розуміють організовану сукупність програмно-технічних та інших допоміжних засобів, технологічних процесів і функціонально-певних груп працівників, які забезпечують збирання, подання та накопичення інформаційних ресурсів у певній предметній області, пошук і видачу відомостей, необхідних для задоволення інформаційних потреб встановленого контингенту користувачів – абонентів системи.

Медична інформаційна система – це сукупність програмно-технічних засобів, призначених для автоматизації різних процесів, які відбуваються в лікувально-профілактичних установах (ЛПУ) та системі охорони здоров'я.

Процеси в ІС можна подати у вигляді декількох етапів:

- введення інформації;
- оброблення інформації;
- виведення інформації для користувача або введення в іншу ІС.

Комп'ютерні технології, що забезпечують функціонування комп'ютерних мереж у медицині, за рівнем використання в медицині та охороні здоров'я поділяють таким чином:

- управління охороною здоров'я на територіальному та федеральному рівнях;
- управління спеціалізованими медичними службами;
- управління лікувально-профілактичними службами;
- управління навчальними закладами;
- інформаційна підтримка роботи медичного персоналу;
- управління забезпеченням екстреною медичною допомогою;
- моніторинг рівня здоров'я населення;
- інформаційне забезпечення наукової роботи;
- система інформаційного обміну при роботі в комп'ютерних мережах.

Медичне зображення є одним із важливих засобів отримання візуальної інформації про внутрішні структури й функції людського тіла. Іноді його називають також діагностичним зображенням (Diagnostic Imaging). Основними джерелами для отримання медичних зображень є методи променевої діагностики – рентгенологічний, магнітно-резонансний, радіонуклідний та ультразвуковий. До цих зображень можна віднести також оптичні зображення, що ґрунтуються на біолоюмінесценції та флюоресценції. Одним із напрямків у медичній візуалізації є оптична когерентна томографія, яку широко застосовують в офтальмології.

У широкому розумінні термін «медичне зображення» містить, крім променевих образів, також картини органів, одержувані іншими фізичними методами дослідження: ендоскопічними, оптичними, мікроскопічними, інфрачервоними і т. ін. Зауважимо, що візуалізацію органів, видалених у процесі операції (наприклад, рентгенографічну картину екстерпірованої молочної залози) або зображення трупа на комп'ютерній томограмі («доброчесна аутопсія») не можна вважати медичними зображеннями. Вони відносяться до іншого розділу медицини – патології. З іншого боку, деякі функціональні дані, які не мають початкового образу (наприклад, ЕКГ або електроенцефалограма), але які можуть бути в процесі подальшої комп'ютерної обробки наведені у вигляді карт із позиціонуванням досліджуваних функціональних зон, можна розглядати також як один з варіантів медичних зображень.

Численні медичні образи незалежно від способу їх отримання можуть бути об'єднані в дві основні групи: аналогові та цифрові.

До аналогових відносять такі зображення, в яких укладено інформацію безперервного характеру. Подібні зображення є основними при сприйнятті людиною його навколишнього світу. Всім аналоговим зображенням, включаючи медичні, властивий ряд недоліків. Зокрема,

ускладнено їх компактне зберігання, оброблення залежно від потреб діагностики, передача від користувача до користувача. В аналогових зображеннях завжди наявні зайві сигнали або шуми, які погіршують їх якість.

Цих недоліків позбавлені цифрові медичні зображення. Вони мають у своїй основі коміркову структуру (матрицю), яка містить інформацію про орган у вигляді набору цифр, отриманих з датчиків діагностичного апарата. За допомогою комп'ютера із сигналів, що зберігаються в пам'яті, на основі складних алгоритмів створюється (реконструюється) зображення органів.

Аналогові медичні зображення можуть бути перетворені в матричні, і, навпаки, матричні – в аналогові.

Аналогові зображення:

- з традиційної плівкової рентгенографії;
- з лінійної томографії;
- з аналогової рентгеноскопії.

Цифрові зображення:

- з цифрової рентгенографії;
- з цифрової рентгеноскопії;
- з візіографії;
- з комп'ютерної рентгенівської томографії;
- з дентальної комп'ютерної томографії;
- з магнітно-резонансної томографії (МРТ);
- з однофотонної емісійної комп'ютерної томографії (ОФЕКТ);
- з позитронно-емісійної томографії (ПЕТ);
- з сонографії;
- з ультразвукового доплерівського картування;
- мультимодальні (сплавлені або гібридні) зображення (КТ/ОФЕКТ, КТ/ПЕТ, МРТ/ПЕТ).

Медичні зображення можна розділити також на статичні та динамічні. Перші служать для оцінювання морфології органів і патологічних процесів, що розвиваються в них, другі – для переважного вивчення функції органів. Тому їх називають функціональними. Вивчення функціональних зображень є одним із найважливіших напрямків сучасної медичної діагностики.

При цьому можна виділити чотири типи таких зображень:

- функціональні зображення I типу – характеризують рухову активність органів (моторну, скоротливу, евакуаторну і т. ін.);
- функціональні зображення II типу – характеризують накопичувально-екскреторну функцію органу;
- функціональні зображення III типу – відображають активність перфузійних процесів в органі;
- функціональні зображення IV типу – характеризують метаболічну активність у біологічних тканинах.

За типом медичних зображень можна виділити такі групи:



- планарні зображення – рентгенографія, сцинтиграфія;
- пошарові зображення – лінійна томографія, КТ, МРТ, ОФЕКТ, ПЕТ, сонографія, когерентна лазерна томографія;
- тривимірні зображення – 3D-rendering при КТ, УЗД, МРТ;
- чотиривимірні зображення (тривимірні зображення в реальному часі – потокові файли) – 4D-rendering при КТ, УЗД, МРТ;
- енергетичні зображення (енергетичний доплер, КТ з виділенням ізомерних за напруженням потоків крові, судинних стінок);
- зображення з параметричними еквівалентами – МРспектрографія, остеоденситометрія;
- мультимодальні (сплавлені, гібридні) зображення – ОФЕКТ/КТ, ПЕТ / КТ, ПЕТ / МРТ.

Електронна система охорони здоров'я (eHealth, ЕСОЗ) – інформаційно-телекомунікаційна система, що забезпечує автоматизацію ведення обліку медичних послуг та управління медичною інформацією в електронному вигляді. До її складу входять центральна база даних і медичні інформаційні системи, між якими забезпечено автоматичний обмін даними через відкритий програмний інтерфейс (API).

Задачами електронної охорони здоров'я шляхом залучення ЕСОЗ є: забезпечення наявності своєчасної та достовірної інформації для державних інституцій, що беруть участь в управлінні системою охорони здоров'я; використання переваг оброблення так званих "великих даних" (Big Data) та інтелектуальних систем для прогнозування потреб охорони здоров'я; планування ресурсів у галузі; надання достовірної інформації в необхідному обсязі, у потрібному місці, у потрібний час для учасників системи охорони здоров'я – пацієнтам, лікарям, фармацевтам, науковцям; підвищення ефективності праці лікарів, якості медичних послуг шляхом вдосконалення робочих процесів за допомогою інформаційно-комп'ютерних технологій, впровадження систем підтримки клінічних рішень; залучення пацієнта до піклування про власне здоров'я та отримання медичних послуг завдяки наданню доступу до власних медичних даних і розпорядження ними.

У 2018 р. в Україні почала працювати центральна база даних електронної системи охорони здоров'я (ЦБД ЕСОЗ), у рамках якої було створено ряд ключових реєстрів (пацієнтів, медичних спеціалістів, надавачів медичних послуг та ін.), які є критичними для функціонування єдиного інформаційного простору E-health, та сервісів, необхідних для адміністрування програми державних гарантій медичного обслуговування населення (реєстр декларацій про вибір лікаря, який надає первинну медичну допомогу, реєстр договорів про медичне обслуговування населення, звітність тощо).

У 2019 р. на базі ЦБД ЕСОЗ був запуснений сервіс електронного рецепту для цілей Урядової програми «Доступні ліки».

Подальший розвиток ЦБД ЕСОЗ передбачається в її розширенні до загальнонаціональної інформаційної платформи (центрального компонента ЕСОЗ), метою якої є, по-перше, сприяння створенню єдиного інформаційного простору шляхом побудови платформи/шини для обміну даними між іншими інформаційними системами у сфері охорони здоров'я та надання доступу до централізованих ключових реєстрів (пацієнти, медичні спеціалісти, надавачі медичних послуг), єдиних класифікаторів й словників. По-друге, створення загальнонаціональної інформаційної платформи має забезпечити зберігання і оброблення даних в обсязі, що є необхідним для управління системою охорони здоров'я та керування програмою медичних гарантій, а також для ефективного використання бюджетних коштів і забезпечення гарантованого доступу до найбільш важливих медичних даних пацієнтів.

Політика держави полягає в інтеграції різних МІС, що призначені для різних категорій користувачів і різних форм власності, з централізованою або децентралізованою архітектурою в єдиний інформаційний простір в рамках ЕСОЗ. Прикладом таких інформаційних систем є:

- інформаційні системи в закладах охорони здоров'я (амбулаторіях, лікарнях, діагностичних центрах, аптечних закладах тощо), до яких відносяться медичні, госпітальні інформаційні системи, лабораторні інформаційні системи, радіологічні, аптечні інформаційні системи, системи телеконференцій, телемоніторингу, системи планування і управління ресурсами організацій охорони здоров'я;

- системи для пацієнтів, що надають доступ і можливість керування медичними даними (електронні кабінети пацієнтів, веб-портали, мобільні додатки, системи що передають медичні дані з носимих пристроїв (wearables) тощо);

- інформаційні системи у сфері екстреної допомоги;

- інформаційні системи для управління логістикою, обліком складських запасів лікарських засобів і медичних виробів;

- інформаційні системи у сфері громадського здоров'я та санітарно-епідеміологічного нагляду;

- реєстри та інформаційні системи у сфері трансплантології;

- реєстри та системи, пов'язані з випуском електронних листків непрацездатності та довідок;

- клінічні реєстри та популяційні реєстри, що містять відомості щодо окремих нозологій (наприклад, Національний канцер-реєстр, реєстр пацієнтів, що потребують інсулінотерапії тощо).

Для повноцінного функціонування ЕСОЗ і всього середовища E-health вдосконалення потребують такі питання:

- оброблення персональних даних, які становлять особливий ризик для прав і свобод суб'єктів персональних даних, їх використання для цілей статистичних, наукових досліджень та з іншими цілями поза метою надання медичної допомоги;

- порядок ідентифікації, аутентифікації пацієнтів та інших осіб у сфері ЕСОЗ, надання унікального ідентифікатора пацієнта;
- електронний документообіг;
- вимоги до технічного захисту інформації в середовищі E-health;
- вимоги до електронних медичних інформаційних систем і порядок перевірки їх дотримання;
- порядок ведення форм медичної документації і функціонування медичної статистики.

Для успішної участі в практичному занятті студентам потрібно вивчити такі основні питання, які виносяться на обговорення:

- 1) медичні інформаційні системи та технології: поняття та визначення;
- 2) основні групи медичних зображень;
- 3) стандарти формалізації медичних даних;
- 4) основні задачі електронної системи охорони здоров'я.

### **Завдання**

1. Відповісти на контрольні запитання.
2. Розглянути теми рефератів, що наведені нижче, підготувати доповіді або есе згідно з вибраною темою. Тему реферату студенти вибирають самостійно, керуючись власними науковими інтересами. Повторювання тем рефератів в одній навчальній групі не дозволяється (студенти однієї навчальної групи виконують реферати на різні теми). Тема, яка не входить до переліку, має обов'язково погоджуватися з викладачем.

### **Рекомендації до виконання практичного заняття**

Заздалегідь до практичного заняття вибирають деяких студентів, кожен з яких має підготувати реферат за вибраною темою у формі десятихвилинної презентації з подальшими відповідями на запитання та зауваження. Запитання доповідачам – 10 – 15 хвилин.

Від доповідача очікується уміння ілюструвати доповідь комп'ютерними слайдами та іншими доступними засобами візуалізації для максимально зрозумілого, короткого і аргументованого викладення основних особливостей своєї точки зору, формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

При виконанні практичного заняття решта студентів групи має брати активну участь в обговоренні доповідей, ставити запитання за темами доповідачів та підготувати есе.

## **Контрольні запитання**

1. Дайте визначення поняття «медична інформація».
2. У чому полягає відмінність об'єктивної і суб'єктивної медичної інформації?
3. Що таке інформаційна технологія?
4. Дайте визначення поняття «електронна історія хвороби».
5. Які існують типи медичних зображень?
6. Як пов'язані між собою величина матриці зображення та його якість?
7. Які існують способи оброблення медичних зображень на комп'ютері?
8. Що таке електронна система охорони здоров'я?

## **Теми рефератів**

1. Електронна охорона здоров'я. Перспективи впровадження e-Health.
2. Сучасні інформаційні технології в медицині.
3. Сучасні інформаційні технології в біології.
4. Сучасні інформаційні технології в психології.
5. Сучасні інформаційні технології в екології.
6. Перспективи впровадження M-Health.
7. Перспективи впровадження e-Mental Health.

## **Література [45-47].**

## Практичне заняття №12 РОБОТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ В ХІРУРГІЇ

**Мета заняття:** сформувані загальні уявлення про роботизовані комплекси в хірургії, цілісне розуміння особливостей використання роботизованих комплексів у хірургії.

### Теоретичні відомості

Ще в 1940-х роках розвивалися ідеї онкологічних операцій, в яких роль скальпеля мали здійснювати гамма-промені, що випускаються радіоактивними джерелами. У 1948 р. шведським нейрохірургом Ларсом Лекселлом було запропоновано стереотаксичну рамку для проведення високоточних нейрохірургічних онкологічних операцій. Ця пропозиція стала передоднем виникнення стереотаксичної хірургії.

У 1951 р. Лекселл запропонував концепцію стереотаксичної хірургії без розтину черепа людини з використанням радіоактивних джерел  $^{60}\text{Co}$  з періодом напіврозпаду 5,2 року та середньою енергією фотонів 1,25 МеВ. Ця концепція була реалізована в установках, які отримали назву гамма-ніж. У них безліч пучків  $\gamma$ -випромінювання від джерел  $^{60}\text{Co}$  спрямовано в одну точку. В результаті доза в невеликому обсязі мішені зростає багаторазово. Лекселл разом із радіобіологом Б. Ларссоном створили першу модель гамма-ножа з 179 джерелами  $^{60}\text{Co}$ , а в 1968 р. у Стокгольмі вперше провели операцію з використанням пристрою гамма-ніж.

В основі дії цієї установки лежать такі фізичні принципи: використовують штучний радіоактивний ізотоп  $^{60}\text{Co}$ , який отримують у реакторах і потім створюють із нього радіоактивні джерела. Фізики розробили спосіб, що дозволяє отримати тонкі радіоактивні пучки фотонів, які в гамма-ножі прецизійно направляються в одну точку.

Установка, створена для стереотаксичної радіохірургії, – гамма-ніж Лекселла (Leksell Gamma-Knife) – дозволяє опромінювати мішень з точністю 0,3 мм. Це досягається завдяки статичному розташуванню джерел і порівняно невеликій відстані до ізоцентра, розташованого на відстані 400 мм від кожного з джерел. Позитивна якість установки гамма-ножа полягає в тому, що в одну точку направляється 201 пучок від радіоактивних джерел  $^{60}\text{Co}$  (в першій моделі їх було 179) з активністю кожного джерела 30 Ки.

Сукупність джерел забезпечує потужність дози в ізоцентрі близько 300 сГр/хв. Доза, що накопичується в мішені, в багато разів перевищує дозу на поверхні тіла людини. Доза, що підводиться до пухлини, призводить до її загибелі. При цьому здорові тканини отримують незначну дозу опромінювання. Кожен пучок іонізуючого випромінювання формується стаціонарним коліматором, розташованим на шоломі. Система гамма-ніж складається з джерел іонізуючого випромінювання, шолома з колімуючими

отворами різного діаметра (4, 8, 14 або 18 мм) і кушетки з електронною системою управління. Загальний вигляд установки гамма-ніж і схематичний принцип її дії показані на рисунку 12.1.

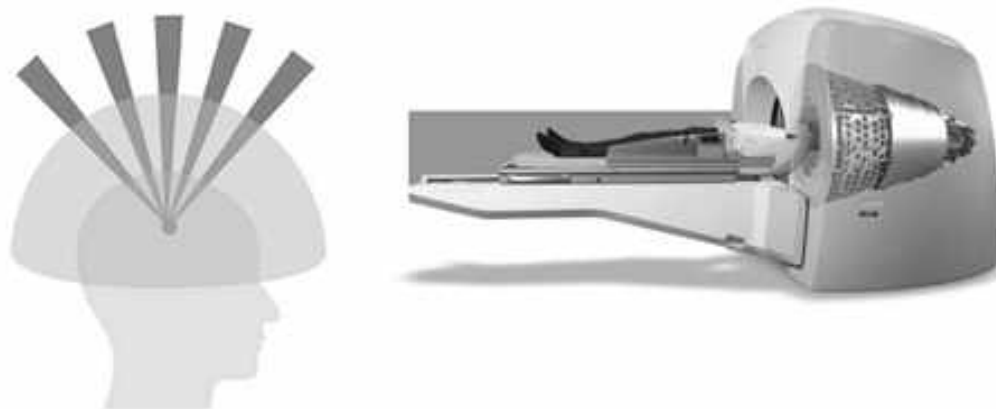


Рисунок 12.1 – Загальний вигляд (праворуч) і схематичне зображення дії (зліва) установки гамма-ніж

В середині шолома забезпечується нерухомість голови пацієнта, і фотони високих енергій, що виходять із радіоактивних джерел і проходять через канали шолома, ізоцентрично сходяться на просторі мішені. Вибір набору променів здійснюється з урахуванням мінімізації опромінення структур головного мозку, що не переносять високих доз опромінення. Гамма-ніж дозволяє лікувати судинні новоутворення, пухлини, в основному, головного мозку, включаючи метастази, без хірургічного втручання та тривалого багатотижневого опромінення. Досить одного амбулаторного лікування, щоб істотно поліпшити стан пацієнта та повернути його до повноцінного життя. Поки застосування цього методу обмежена розміром пухлини – вона не повинна перевищувати 3 см.

Перевагами установок гамма-ніж є висока точність, можливість одночасного опромінення кількох мішеней. До недоліків можна віднести наявність стереотаксичної рамки, що обмежує число можливих напрямків опромінення, наявність радіоактивних джерел, активність яких змінюється з часом, неможливість проведення прямих дозиметричних вимірювань.

Протягом довгого часу стереотаксичну радіохірургію можна було здійснювати тільки для пухлин головного мозку на установці «Гамма-ніж». Ситуація змінилася, коли в 1992 р. була створена установка «Кібер-ніж» у США під керівництвом Д. Адлера. І вже в 1999 р. американське Управління з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів і медикаментів (FDA) дозволило застосування системи «Кібер-Ніж» для лікування голови, шиї і пухлин верхніх ділянок хребта, а в 2001 р. компанія отримала дозвіл на застосування «Кібер-Ніж» для лікування пухлин по всьому тілу.

«Кібер-ніж» – радіохірургічна система, що об'єднала контроль за зображенням і комп'ютеризованою робототехнікою, давши, таким чином, народження нового покоління інтелектуальної роботизованої радіохірургії.

На відміну від «Гамма-ножа» установка «Кібер-ніж» (Cyber-Knife), забезпечує проведення процедур стереотаксичної радіохірургії без жорсткої інвазивної фіксації пацієнта. Установка підходить для лікування різних локалізацій патологічних утворень завдяки конструкторським особливостям, що виділяють апарат серед терапевтичних прискорювачів. Такий апарат складається з елементів, що дозволяють забезпечити доставку пучка фотонів до будь-якої локації в тілі пацієнта майже з будь-якого напрямку (рисунок 12.2):

- легкого лінійного прискорювача, закріпленого на мобільній роботизованій руці, має шість степенів вільності;

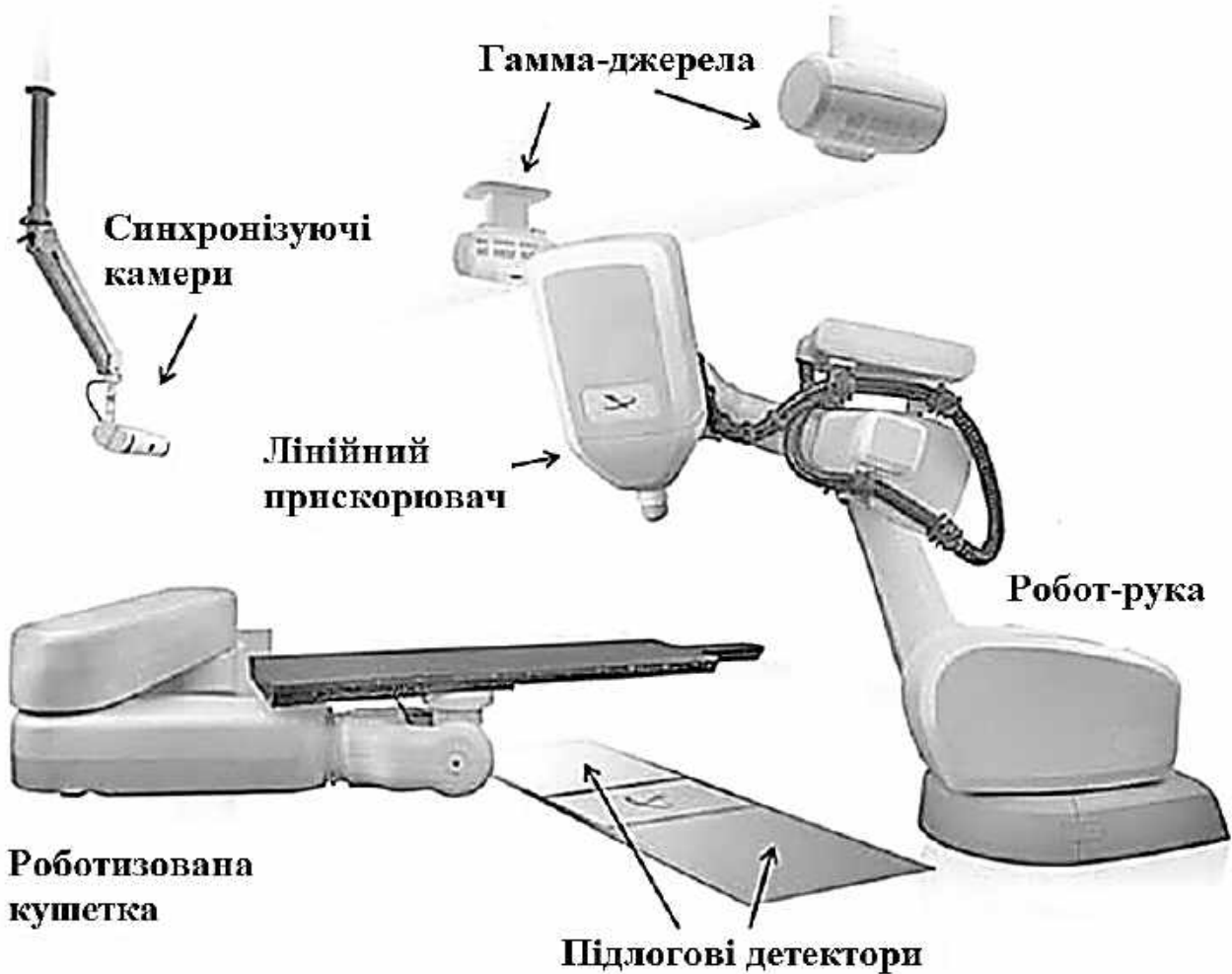


Рисунок 12.2 – Комплекс «Кібер-ніж» у лікувальній кімнаті

- роботизованої кушетки для пацієнта;  
- систем стеження (рентгенівської та інфрачервоної) за рухами і диханням.

Енергія, що використовують у «Кібер-Ножі» лінійного прискорювача, становить 4...6 МеВ. Його маса близько 120 кг. Гальмівне випромінювання генерується на вольфрамово-мідній мішені.

Випромінювання колімується за допомогою вольфрамових коліматорів, які задають колові поля випромінювання різного радіусу від 5 до 60 мм. Потужність дози в сучасних моделях становить 8...10 Гр/хв.

На відміну від традиційних систем радіохірургії завдяки винятковій точності та контролю за рентгенівським зображенням для системи «Кібер-Ніж» немає необхідності використовувати жорстку фіксацію пацієнтів при лікуванні. Використання в системі «Кібер-Ніж» сучасної робототехніки та безперервного контролю за зображенням у процесі лікування забезпечує точність наведення до 0.5 мм з унікальною можливістю автоматичної корекції при зміщенні мішені під час сеансу опромінення без його переривання і / або повторного позиціонування пацієнта.

Серед роботизованих технологій у хірургії в цей час найбільш успішною є хірургічна система да Вінчі, яка названа на честь великого італійського вченого, анатома, натураліста, художника і архітектора Леонардо да Вінчі. Він вперше описав і створив механізми, здатні виконувати запрограмовані дії.

Система да Вінчі була сконструйована таким чином, щоб створити для хірурга «занурення» в операційний простір (середовище) за допомогою високоякісної стерео-візуалізації та людино-машинного інтерфейсу, який безпосередньо з'єднує руки хірурга з рухом кінчиків його хірургічних інструментів у тілі пацієнта. Зв'язок між рухами рук хірурга та рухом кінчиків хірургічних інструментів є не тільки візуальною, але й просторовою. Хірургічний робот да Вінчі (da Vinci) являє собою хірургічну систему, що призначена для проведення складних мінімально-інвазивних операцій. Роботом управляє хірург. Робот да Вінчі складається з хірургічної консолі і безпосередньо робота (рисунок 12.3).



Рисунок 12.3 – Робот да Вінчі



Хірургічна консоль да Вінчі:

- встановлюється на відстані декількох метрів від операційного столу;
- містить всі необхідні важелі управління, які можуть знадобитися хірургу;
- на екран виводиться збільшене тривимірне зображення;
- оптимальна координація в системі очі-рука;
- зручне ергономічне сидіння для хірурга;
- хірург використовує два маніпулятори (рисунок 12.4), кожен з яких контролює механічні руки робота (рисунок 12.5).



Рисунок 12.4 – Два маніпулятори



Рисунок 12.5 – Руки робота

Робот да Вінчі має чотири руки. Одна ендоскопічна рука оснащена спеціально збільшувальною 3-d камерою. Решта – три руки – інструментальні.

Основним інструментом є ендозап'ястя, здатне імітувати обертання людської руки на 7 градусів, з тією перевагою, що може здійснювати повний оборот на 360 градусів;

- кожна рука робота має конкретну мету для кожної процедури, до яких може відноситися накладення швів або затискача;
- програма, яка контролює рух, здатна відстежувати тремор рук і регулювати рух для точних прицільних хірургічних процедур;
- хірург також може контролювати інтенсивність.

Області застосування роботизованої хірургії:

- урологія;
- загальна хірургія;
- гінекологічна хірургія;
- серцево-судинна хірургія;
- торакальна хірургія.

Переваги роботизованої хірургії:

- невеликі розрізи, отже, мінімальні або майже невидимі шрами;
- набагато більш низькі показники болю: оскільки рани дуже невеликі, їх можна просто заклеїти пластиром;
- мінімальна крововтрата та мінімальна необхідність у переливанні крові;
- менше ускладнень, наприклад, післяопераційних спайок, оскільки відбувається менше маніпуляцій і тканини менше травмуються; або випадкового пошкодження нормальних судин і нервів завдяки більшому збільшенню структур;
- більш коротка госпіталізація.

Для успішної участі в практичному занятті студентам потрібно вивчити такі основні питання, які відносяться на обговорення:

- 1) основні моменти історії розвитку хірургічних роботизованих комплексів;
- 2) Гамма-ніж;
- 3) «Кібер-ніж»;
- 4) система да Вінчі.

### **Завдання**

1. Відповісти на контрольні запитання.
2. Розглянути теми рефератів, що наведені нижче, підготувати доповіді або есе згідно з вибраною темою. Тему реферату студенти вибирають самостійно, керуючись власними науковими інтересами. Повторювання тем рефератів в одній навчальній групі не дозволяється (студенти однієї навчальної групи виконують реферати на різні теми). Тема, яка не входить до переліку, має обов'язково погоджуватися з викладачем.

### **Рекомендації до виконання практичного заняття**

Заздалегідь до практичного заняття вибирають деяких студентів, кожен з яких має підготувати реферат за вибраною темою у формі десятихвилинної презентації з подальшими відповідями на запитання та зауваження. Запитання доповідачам – 10 – 15 хвилин.

Від доповідача очікується уміння ілюструвати доповідь комп'ютерними слайдами та іншими доступними засобами візуалізації для

максимально зрозумілого, короткого і аргументованого викладення основних особливостей своєї точки зору, уміти формулювати і відстоювати свою позицію тощо.

При виконанні практичного заняття решта студентів групи має брати активну участь в обговоренні доповідей, ставити запитання за темами доповідачів та підготувати есе.

### **Контрольні запитання**

1. Назвіть призначення пристрою «Гамма-ніж».
2. У чому полягають переваги установки «Гамма-ніж»?
3. Назвіть призначення установки «Кібер-ніж».
4. З яких елементів складається установка «Кібер-ніж»?
5. Назвіть області застосування хірургічної системи да Вінчі та її переваги.

### **Теми рефератів**

1. Роботизовані протези.
2. Реабілітаційний робот.
3. Робот-манекен.
4. Робот маніпулятор-лікар.
5. Роботи-помічники.
6. Медичні мікро- і нанороботи.
7. 3D-друк у медицині.
8. Роботи-асистенти.
9. Діагностичні роботи.
10. Терапевтичні роботи.

**Література [5, 44].**

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Олейник, В. П. Терапевтические аппараты и системы : учеб. пособие / В. П. Олейник. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2002. – 94 с.
2. Мустецов, М. П. Апарати і системи заміщення втрачених органів та функцій організму людини : навч. посіб. / М. П. Мустецов, О. В. Висоцька, А. П. Порван ; МОН України, Харк. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків: ХНУРЕ, 2010. – 248 с.
3. Куликов, Н. И. Аппараты гемодиализа, искусственного и вспомогательного кровообращения : учеб. пособие / Н. И. Куликов. – М.: МАИ, 2011. – 152 с.
4. Хенч, Л. Биоматериалы, искусственные органы и инжиниринг тканей / Л. Хенч, Д. Джонс. – М.: Техносфера, 2007. – 301 с.
5. Фейламазова, С. А. Информационные технологии в медицине : учеб. пособие для медицинских колледжей / С. А. Фейламазова. – Махачкала: ДБМК, 2016. – 163 с.
6. Аппараты искусственного кровообращения (АИК) и компоненты к ним [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.irisoft-medi.ru/products/perfusion-tools/>. – 02.10.2020.
7. Tissue Engineering for Artificial Organs: Regenerative Medicine, Smart Diagnostics and Personalized Medicine. – Volume 2 : John Wiley & Sons, 2017. – 768 p.
8. Солодов, А. А. История искусственной вентиляции лёгких: от пророков до наших дней / А. А. Солодов, С. С. Петриков // Нейрохирургия, 2014. – С. 3–10.
9. Россихин, В. В. Биоматериаловедение : учеб. пособие / В. В. Россихин, А. И. Ильинский, Н. Ф. Клещев ; Нац. техн. ун-т "Харьков. политехн. ин-т". – Харьков : НТУ "ХПИ", 2011. – 280 с.
10. Трансплантология и искусственные органы : учебник / под ред. акад. РАН С.В. Готье. – М. : Лаборатория знаний, 2018. – 319 с.
11. Самородов, А. В. Лабораторная медицинская техника : учеб. пособие / А. В. Самородов. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 24 с.
12. Илясов, Л. В. Биомедицинская аналитическая техника : учеб. пособие / Л. В. Илясов. – СПб.: Политехника, 2012. – 350 с.
13. Автоматический гематологический анализатор BC-2800Vet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ukrvet.com.ua/p691503-avtomaticheskij-gematologicheskij-analizator.html>. – 02.10.2020.
14. Газовый хроматограф TRACE GC ULTRA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ua.all.biz/gazovuj-hromatograf-trace-gc-ultra-g1142468>. – 02.10.2020.

15. Новикова, И. А. Введение в клиническую лабораторную диагностику : учеб. пособие / И. А. Новикова, А.С. Прокопович. – Гомель: ГомГМУ, 2013. – 189 с.
16. Олейник, В. П. Аппаратные методы исследований в биологии и медицине : учеб. пособие / В. П. Олейник, С. Н. Кулиш. – Харьков: Нац. аэрокосм ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2004. – 110 с.
17. Краснов, Л.А. Электрокардиография. Технические средства электронной и компьютерной диагностики в медицине: учеб. пособие / Л. А. Краснов, В. П. Олейник. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2013. – 84 с.
18. Краснов, Л.А. Фонокардиография. Технические средства электронной и компьютерной диагностики в медицине: учеб. пособие / Л. А. Краснов, В. П. Олейник. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2013. – 64 с.
19. Виробник медичного обладнання ХАІ-МЕДИКА [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://xai-medica.com/ua/>. – 02.10.2020.
20. Электротерапевтическая аппаратура: консп. лекций / В. В. Куличенко, Р. С. Томашевский, В. А. Макаров. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2014. – 170 с.
21. Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої: монографія / М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, М. В. Чухраєв та ін. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 180 с.
22. Гальванизация – лечение организма гальваническим током [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fiziosfera.ru/news/galvanization>. – 02.10.2020.
23. Аппарат «Амплипульс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fiziosfera.ru/categories/apparat-amplipuls>. – 02.10.2020.
24. Дефибриллятор-монитор Beneheart D3 "MINDRAY" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.medexinter.ru/reanimacionnoe-oborudovanie/defibrillyatoryi/defibrillyator-monitor-beneheart-d3-mindray/>. – 02.10.2020.
25. Электросон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vertebra01.ru/poleznaya-informaciya/elektroson/>. – 02.10.2020.
26. АГАТ-ВТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zapadpribor.com/agat-vt/>. – 02.10.2020.
27. Акопян, В. Б. Ультразвук в медицине, ветеринарии и биологии : учеб. пособие для бакалаврата и магистратуры / В. Б. Акопян, Ю. А. Ершов; под ред. С. И. Щукина. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 211 с.
28. Марченко, Е. С. Основы медицинской интроскопии: учеб. пособие / Е. С. Марченко. – Томск : Издательский Дом ТГУ, 2018. – 156 с.

29. Серебряков, В. А. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии в медицине» / В. А. Серебряков. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 266 с.
30. Тучин, В. В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. – 2-е изд. / В. В. Тучин. – М.: Физматлит, 2010. – 478 с.
31. Применение хирургических диодных лазеров в дерматологии и косметологии / А. М. Зацерклянный, Л. Н. Тарасова, А. В. Цепколенко, В. А. Цепколенко, В. В. Холин, А. В. Корунец. – Черкассы: Вертикаль, издатель С. Г. Кандыч, 2019. – 40 с.
32. Применение хирургических диодных лазеров в гинекологии / В. В. Семенов, О. С. Севостьянова, Ю. Н. Голоденко, Ю. Ю. Смирнова, А. В. Семенов, В. В. Холин, А. В. Корунец. – Черкассы: Вертикаль, издатель С. Г. Кандыч, 2014. – 44 с.
33. Применение хирургических диодных лазеров в ототринологии / Г. И. Гарюк, С. Н. Ромаев, Л. Ю. Свириденко, В. В. Холин, А. В. Корунец. – Черкассы: Вертикаль, издатель С. Г. Кандыч, 2013. – 68 с.
34. 3D OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY [3D OCT-1000] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.g-mark.org/award/describe/33620?locale=en>. – 02.10.2020.
35. Внутривенная лазеротерапия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fizio-med.ru/products/vnutrivennaya-lazeroterapiya-vlok>. – 02.10.2020.
36. Аппарат «ФДТ-ЛАЗЕР» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ifan.basnet.by/?page\\_id=937](http://ifan.basnet.by/?page_id=937). – 02.10.2020.
37. Науменко, В. Ю. Нанотехнологии в медицине: учеб. пособие / В. Ю. Науменко, Т. А. Алексеев, А. С. Дмитриев. – М.: Изд. дом МЭИ, 2012. – 200 с.
38. Исламов, Р. А. Перспективы нанотехнологии для медицинской науки [Электронный ресурс] / Р. А. Исламов, Н. А. Ибрагимова. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-nanotehnologii-dlya-meditsinskoynauki>. – 02.10.2020.
39. Владзимирский, А. В. Телемедицина: Curatio Sine Tempora et Distantia / А. В. Владзимирский. – М.: Aegitas, 2016. – 663 с.
40. Shashi, Gogia Fundamentals of Telemedicine and Telehealth 1st Edition. Academic Press. 8th November, 2019. – 412 p.
41. Степанов, В. Н. Основы интроскопии : учеб. пособие / В. Н. Степанов. – Оренбург: ОГУ, 2011. – 141с.
42. Емельянов, С. И. Инструменты и приборы для малоинвазивной хирургии / С. И. Емельянов, И. В. Федоров. – СПб.: Человек, 2004. – 144 с.
43. Марченко, Е. С. Основы медицинской интроскопии: учеб. пособие / Е. С. Марченко. – Томск : Издательский Дом ТГУ, 2018. – 156 с.

44. Черняев, А. П. Медицинское оборудование в современной лучевой терапии: учеб. пособие / А. П. Черняев, Е. Н. Лыкова, А. И. Поподько. – М.: ООП физического факультета МГУ, 2019. – 101 с.
45. Королюк, И. П. Медицинская информатика : учебник / И. П. Королюк. – 2-е изд., перераб. и доп. – Самара : ООО «Офорт» : ГБОУ ВПО «СамГМУ», 2012. – 244 с.
46. Радзішевська, Є. Б. Інформаційні технології в медицині. E-health / Є. Б. Радзішевська, О. В. Висоцька; за ред. В. Г. Кнігавка. – Харків : ХНМУ, 2019. – 72 с.
47. Висоцька, О. В. Медичні інформаційні системи: навч. посіб. / О. В. Висоцька. – Харків: ХНУРЕ, 2013. – 472 с.

Навчальне видання

**Висоцька Олена Володимирівна  
Страшненко Ганна Миколаївна**

**ВСТУП ДО ФАХУ «БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ»**

Редактор Т. Г. Кардаш

Зв. план, 2021

Підписано до друку 02.04.2021

Формат 60x84 1/16. Папір офс. Офс. друк

Ум. друк. арк. 5,3. Обл.-вид. арк. 6. Наклад 30 пр.

Замовлення 54. Ціна вільна

---

Видавець і виготовлювач

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

[http:// www.khai.edu](http://www.khai.edu)

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

[izdat@khai.edu](mailto:izdat@khai.edu)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів  
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001