

Нідзельський М.Я., Давиденко В.Ю., Хілініч Є.С.

# **3D технології в ортопедичній стоматології**

**Полтава 2023**

Міністерство охорони здоров'я України  
Полтавський державний медичний університет  
Кафедра післядипломної освіти лікарів стоматологів-ортопедів

Нідзельський М.Я., Давиденко В.Ю., Хілініч Є.С.

## **3D технології в ортопедичній стоматології**

### **Методичні розробки для слухачів циклу тематичного удосконалення**

Рекомендовано для лікарів-інтернів та слухачів закладів (факультетів)  
післядипломної освіти МОЗ України

Автори: Нідзельський М.Я., Хілініч Є.Г., Давиденко В.Ю.

**НІДЗЕЛЬСЬКИЙ М.Я.** – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри післядипломної освіти лікарів стоматологів-ортопедів Полтавського державного медичного університету.

**ДАВИДЕНКО В.Ю.** – кандидат медичних наук, доцент закладу вищої освіти кафедри післядипломної освіти лікарів стоматологів-ортопедів Полтавського державного медичного університету.

**ХІЛІНІЧ Є.С.** – доктор філософії, асистент кафедри післядипломної освіти лікарів стоматологів-ортопедів Полтавського державного медичного університету

Рецензенти: Юрій СИЛЕНКО - Професор закладу вищої освіти кафедри післядипломної освіти лікарів стоматологів Полтавського державного медичного університету.

Віра КУРОЄДОВА - Завідувачка кафедри післядипломної освіти лікарів стоматологів-ортодонтів Полтавського державного медичного університету.

Методичні розробки для слухачів циклу тематичного удосконалення «3D технології в ортопедичній стоматології» підготовлені згідно типового навчального плану та програми. В рекомендаціях викладено алгоритм проведення лекцій, практичних та семінарських занять; основні питання для активізації уваги слухачів, перелік компетентностей до засвоєння, тестові питання, а також список рекомендованих літературних джерел та електронних ресурсів.

В посібнику представлений короткий зміст матеріалу до кожного виду занять з викладенням сучасних підходів до ортопедичного лікування.

Методичні розробки розраховані на слухачів даного курсу тематичного удосконалення, викладачів профільних кафедр факультетів та закладів післядипломної освіти.

Рекомендовано до видання Центральною методичною комісією Полтавського державного медичного університету (Протокол №8 від 31.05.2023)

## Зміст

Передмова.....	5
Навчальний план, програма та тематичні плани .....	6
РОЗДІЛ 1. Матеріали до лекцій .....	10
Тема 1: Сучасні технології 3-D друку.....	10
Тема 2 : CAD/CAM система.....	16
Тема 3: Засоби, що використовуються для створення 3D моделей порожнини рота. ....	27
Тема 4: Методичні основи 3D-ортопедичної стоматології.....	32
РОЗДІЛ 2. Матеріали до семінарських занять.....	36
Тема 1: Застосування магнітно-резонансних томографів в ортопедичній стоматології. 37	
Тема 2: Сучасні матеріали та 3D технології, що використовуються в стоматології.....	40
Тема 3: Фрезерувально-верстатні технології 3D-друку. ....	43
Тема 4: Пакети програм для створення 3D-графіки.....	46
Тема 5: Методи та матеріали, що застосовуються для 3-D друку.....	48
РОЗДІЛ 3. Матеріал до практичних занять для слухачів .....	51
Тема 1: Метод селективного лазерного спікання або лазерного 3D-друку та метод пошарового наплавлення або струменевий 3D-друк. ....	51
Тема 2: Основні витратні матеріали.....	55
Тема 3: Комп'ютерні томографи з конусоподібним променем.....	65
Тема 4: 3-D сканери оптичного діапазону.....	72
Тема 5: Установки газового та плазмове різання з цифровим програмним забезпеченням. .....	76
Тема 6: Установки гідроабразивного різання з цифровим програмним забезпеченням. 79	
Тема 7: 3D-монітори та 3D-принтери .....	81
Тема 8: Системи автоматизованого виробництва.....	86
Тема 9: CAD/CAM-системи стоматологічного застосування.....	89
Тема 10: Практичні способи застосування 3-D друку в ортопедичній стоматології. Комп'ютерна технологія CERЕК. ....	98
Список літератури рекомендованої для самостійної підготовки: .....	103

## Передмова

Сьогодні комп'ютерне моделювання і 3D друк є невід'ємною частиною сучасного світу. Стоматологія не стала виключенням, і застосування сучасних технологій дозволяє розширити можливості стоматологічної допомоги населенню, зменшити навантаження на лікаря стоматолога-ортопеда і зубного техника. За допомогою 3D друку стає можливим виготовлення ортопедичних конструкцій з більшою точністю і в більш короткі строки. Пацієнт, в свою чергу, зможе побачити кінцевий результат і на початку лікування прийняти участь в проектуванні майбутнього протезу.

Автори методичних розробок мали за мету представити матеріал, який є основою для навчання слухачів теоретичним знанням, присвяченим 3-D технологіям, матеріалам, програмному забезпеченню та оснащенню, що необхідні для виготовлення ортопедичних конструкцій, а також детально та всебічно розглянути застосування 3-D технологій в ортопедичній стоматології.

У методичних розробках розглянуто сучасні прогресивні методи отримання зубних протезів з використанням 3D-технологій. Детально і систематично викладені технічні та методичні відомості, необхідні для освоєння і подальшого застосування технології тривимірного друку зубних протезів в практиці стоматологічних клінік та стоматологічних науково-практичних центрів. Процес зубопротезування із застосуванням 3D-технологій зводиться до безконтактного створення об'ємної копії порожнини рота пацієнта (скануванню), комп'ютерного моделюванню майбутнього зубного протеза і подальшої 3D-друку самого протеза. Процес протезування займає лічені години.

Дана класифікація і розгорнута характеристика технічних засобів, що застосовуються для отримання три-вимірного зображення порожнини рота пацієнта (томографів, сканерів і т. п.). Описано технології формування 3D-об'єктів з використанням фрезерно-верстатних технологій, установок газової, плазмової, гідроабразивного, лазерного різання результатного матеріалу. Систематизовані відомості за коштами відображення і принтерам для 3D-друку. Докладно розглянуті питання програмного супроводу процесу 3D-друку, пакети прикладних програм. Викладено в прикладах процесу автоматизованої організації робіт для виготовлення зубних протезів, а також практичні прийоми застосування 3D-друку в ортопедичній стоматології.

Автори сподіваються, що методичні рекомендації стануть суттєвою допомогою при вивченні основ тривимірного друку і проектування майбутньої ортопедичної конструкції.

## Навчальний план

тематичного циклу «3D-технології в ортопедичній стоматології»  
за фахом «Ортопедична стоматологія»

**Мета:** поглиблення теоретичних знань, присвячених семіотиці в медицині, яка займається симптомами захворювання, етапами діагностичного процесу, методами додаткового обстеження хворих в клініці ортопедичної стоматології.

Код розділу	Назва розділу	Всього	Лекції	Семінари	Практ. заняття
	Вступна конференція	1	–	–	–
01	Екскурс у історію виникнення та розвитку 3D-друку.	7	4	–	5
02	Матеріали, що застосовуються для виготовлення зубних конструкцій за 3D-технологіями.	7	4	–	5
03	Технологічні засоби, що використовуються для створення 3D-моделі порожнини рота.	14	–	4	10
04	Технології виготовлення 3D-об'єктів.	14	–	2	12
05	Пристрої візуалізації та друку 3D-об'єктів	7	–	-	7
06	Програмне забезпечення 3D-технологій.	14	–	2	10
07	Методичні основи 3D-ортопедичної стоматології. Сучасна система лікувально-евакуаційного забезпечення Збройних сил України.	7	–	2	3
	Іспит	7	–	7	–
	Всього	78	8	10	52

**ПРОГРАМА**  
 тематичного циклу «**3D-технології в ортопедичній стоматології**»  
 за фахом «Ортопедична стоматологія»

**Розділ 1**  
**Екскурс у історію виникнення та розвитку 3D-друку**

Код			Назва розділу
Р	Т	Е	
01	01	01	Метод селективного лазерного спікання або лазерного 3D-друку.
01	01	02	Метод пошарового направлення або струменевий 3D-друк.
01	01	03	Сучасні технології 3D-друку

**Розділ 2**  
**Матеріали, що застосовуються для виготовлення зубних конструкцій за 3D-технологіями**

Код			Назва розділу
Р	Т	Е	
02	01	01	Основні витратні матеріали
02	01	02	Допоміжні витратні матеріали для 3D-друку.

**Розділ 3**  
**Технологічні засоби, що використовуються для створення 3D-моделі порожнини рота**

Код			Назва розділу
Р	Т	Е	
03	01	01	Застосування МРТ в стоматології
03	01	02	Ком'п'ютерні томографи з конусоподібним променем.
03	02	01	3D-сканери оптичного діапазону

**Розділ 4**  
**Технології виготовлення 3D-об'єктів**

Код			Назва розділу
Р	Т	Е	
04	01	01	Установки газової та плазмової різки з цифровим програмним забезпеченням
04	02	01	Установки гідроабразивної різки з цифровим програмним забезпеченням та лазерно-верстатні технології 3D-друку.

**Розділ 5**  
**Пристрої візуалізації та друку 3D-об'єктів.**

Код			Назва розділу
Р	Т	Е	
05	01	01	3D-монітори
05	01	02	3D-принтери

**Розділ 6**  
**Програмне забезпечення 3D-технологій**

Код			Назва розділу
Р	Т	Е	
06	01	01	Системи автоматизованого виробництва
06	02	01	Пакети програм для створення 3D-графіки
06	02	02	CAD/CAM-системи стоматологічного застосування

**Розділ 7**  
**Методичні основи 3D-ортопедичної стоматології.**

Код			Назва розділу
Р	Т	Е	
07	01	01	Практичні способи застосування 3D-друку в ортопедичній стоматології.
07	01	02	Комп'ютерна технологія CERЕК.

**ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ**

№ п/п	Код	Назва розділу	Кількість годин
1	2	3	4
1.	01	Сучасні технології 3D-друку.	2
2.	02	Основні витратні матеріали.	2
3.	06	Системи автоматизованого проектування.	2
4.	07	Методичні основи 3D-ортопедичної стоматології.	2



**ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ**

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1.	Застосування магнітно-резонансних томографів в ортопедичній стоматології	2 год.
2.	Волюметричні системи 3D-візуалізації і-CAT FLX	2 год.
3.	Фрезерувально-верстатні технології 3D-друку.	2 год.
4.	Пакети програм для створення 3D-графіки.	2 год.
5.	Сучасна система лікувально-евакуаційного забезпечення Збройних сил України.	2 год.

## РОЗДІЛ 1. Матеріали до лекцій

### Методична розробка лекції

#### Тема 1: Сучасні технології 3-D друку

**Тривалість:** 2 години

##### 1. Науково-методичне обґрунтування теми.

На сучасному етапі розвитку ортопедичної стоматології широкого застосування набули 3-D технології, які дозволяють покращити якість та швидкість виготовлення та моделювання готових конструкцій. Існує дуже багато додаткових апаратів та програм, які використовуються на різних етапах 3-D діагностики та подальшого моделювання.

##### 2. Навчальні цілі лекції.

Ознайомити слухачів із сучасними апаратами для 3-D моделювання а також розібрати основні відмінності та принципи роботи різноманітних апаратів МРТ-діагностики та 3-D сканерів .

##### 3. Цілі розвитку особистості майбутнього фахівця:

Розвинути почуття відповідальності у слухачів за правильність дій на етапах виготовлення зубних протезів. Розвиток почуття пріоритетності при вирішенні конкретних лікарських завдань. Формування у лікарів психологічної та фахової готовності до реальних умов професійної діяльності.

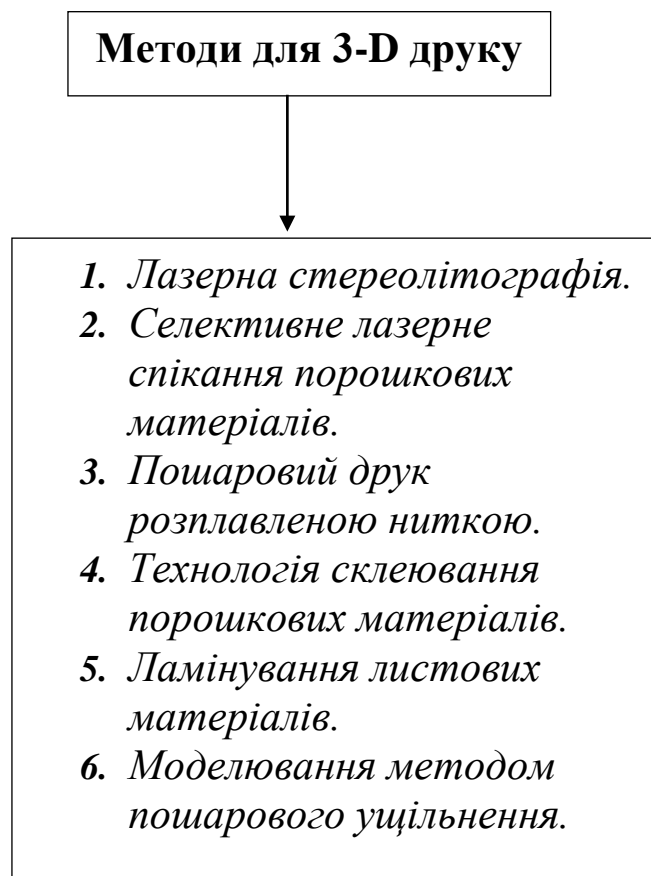
##### 4. Міждисциплінарна інтеграція

Дисципліни	Знати	Вміти
<b>Попередні:</b>		
Інформатика	Базові поняття про пакети програмного забезпечення	
<b>Наступні:</b>		
Медична біофізика	Вплив фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей матеріалів, що застосовуються у 3-D протезуванні.	Визначати властивості матеріалів
<b>Внутрішньо-предметна інтеграція:</b>		
Зубопротезна техніка	Послідовність проведення технології виготовлення різноманітних незнімних конструкцій.	Володіти розширеними навичками роботи з програмним забезпеченням для моделювання ортопедичних конструкцій

## 5. План та організаційна структура лекції

№ п/п	Основні елементи лекції та їхній зміст	Тип лекції. Засоби активізації слухачів. Матеріали методичного забезпечення	Розподіл часу
	<i>Підготовчий етап</i>		5 хв.
1.	Визначення актуальності теми  Визначення навчальних цілей лекції Забезпечення позитивної мотивації	Пункт 1. Навчально-методичне обґрунтування теми Пункт 2. Навчальні цілі лекції Пункт 1. Навчально-методичне обґрунтування теми	
	<i>Основний етап</i>		105 хв.
2.	Викладення лекційного матеріалу за планом:  Технічні засоби, що використовуються для 3-D друку. Лазерна стереолітографія. Селективне лазерне спікання порошкових матеріалів. Пошаровий друк розплавленою ниткою. Технологія склеювання порошкових матеріалів.	Тематична клінічна лекція з елементами проблемності:	
	Ламінування листових матеріалів. Моделювання методом пошарового ущільнення		
	<i>Заключний етап</i>		10 хв.
1.	Резюме лекції, загальні висновки	Перелік навчальної літератури	
2.	Відповіді на можливі запитання	Запитання	
3.	Завдання для самопідготовки слухачів		

6. *Зміст лекційного матеріалу (структурно – логічна схема)*



7. *Тези змісту лекції:*

### **Сучасні технології 3D-друку**

Технології 3D-друку розвиваються стрімко, з'являються нові різновиди описаних вище методів 3D-друку та нові моделі принтерів. До них відносяться 3D-принтери, що друкують об'ємний предмет шляхом пошарового наплавлення полімеру цифрової 3D-моделі.

3D-друк може здійснюватися різними способами і з використанням різних матеріалів, але в основі будь-якого з них лежить принцип пошарового створення (виращування) твердого об'єкта.

Подібно до того як на звичайному принтері можна роздрукувати аркуші паперу з різними текстами, за допомогою 3D-принтера можна отримати предмети різної форми з високою точністю, задавши індивідуальні параметри об'єкта.

Для виготовлення предметів можуть використовуватись різні матеріали, наприклад, високоміцні термостійкі пластмаси.

Теоретично за допомогою 3D-принтера можна надрукувати будь-який предмет. Жодних геометричних обмежень для 3D-друку не існує.

За допомогою 3D-друку можна виготовити й елементи протезу, необхідні для використання в ортопедії чи стоматології. Так, 83-річній жінці з Голландії на початку 2012 р. замість щелепи, зруйнованої раком, імплантували титанову щелепу, повністю надруковану на 3D-принтері.

Вже зараз можна отримати чітку копію, наприклад людського черепа. Вихідний об'єкт пошарово сканується, потім "переводиться" на мову багатокутників, і за допомогою 3D-принтера його відтворюють із заданою точністю.

Перша у світі FabLab з'явилася в Массачусетському технологічному університеті (MIT, США) наприкінці XX ст., її творцем став професор Ніл Гершенфельд.

В даний час найбільшого поширення набули такі технології 3D-друку: стереолітографія, лазерне спікання порошкових матеріалів, пошаровий друк розплавленою полімерною ниткою, технологія струминного моделювання, технологія склеювання порошків, ламінування листових матеріалів та УФ-опромінення через фотомаску.

### **Лазерна стереолітографія**

При лазерній стереолітографії (Laser Stereolithography, Stereolithography Apparatus, або SLA) використовується як модельний матеріал спеціальний фотополімер - світлочутлива смола.

Технологія SLA полягає в наступному: скануюча система спрямовує на фотополімер лазерний ультрафіолетовий промінь (або ультрафіолетове випромінювання ртутно-кварцових ламп), під дією якого твердне матеріал. Як фотополімер використовується крихкий і твердий напівпрозорий матеріал, який коробиться під дією атмосферної вологи. Матеріал легко склеюється, обробляється та фарбується. Робочий стіл знаходиться у ємності з фотополімерною композицією. Після проходження лазерного променя та затвердіння чергового шару його робоча поверхня зміщується вниз на 0,025-0,300 мм, об'єкт занурюється у фотополімер на товщину одного шару, щоб лазер міг розпочати формування наступного шару. Процес повторюється до завершення побудови моделі.

Стереолітографія - найпопулярніша RP-технологія для отримання високоточних моделей. Вона охоплює майже всі галузі матеріального виробництва від медицини до важкого машинобудування. SLA-технологія дозволяє швидко та точно побудувати модель виробу практично будь-яких розмірів. Якість поверхонь залежить від кроку побудови. Сучасні машини забезпечують крок побудови 0,025-0,150 мм.

Стереолітографія завдяки низькій собівартості готових виробів набула найбільшого поширення серед технологій 3D-друку. SLA-технологія дає найкращий результат при виготовленні майстер-моделей для подальшого виготовлення силіконових форм та лиття в них полімерних смол, а також використовується для вирощування ювелірних майстер-моделей.

Устаткування для SLA-друку виготовляють компанії F&S Stereolithographietechnik GmbH, 3DSystem.

### **Селективне лазерне спікання порошкових матеріалів**

Селективне лазерне спікання порошкових матеріалів (Selective Laser Sintering, або SLS, також Direct Metal Lasersintering, або DMLS) є єдиною технологією 3D-друку, яку можна використовувати для виготовлення металевих формотворних для металевого та пластмасового лиття. Пластмасові прототипи мають гарні механічні властивостями. У технології SLS моделі створюються із

порошкових матеріалів внаслідок ефекту спікання за рахунок енергії лазерного променя. На відміну від SLA-процесу, лазерний промінь є джерелом не оптичного випромінювання, а джерелом теплової енергії. Потрапляючи на тонкий шар порошку, лазерний промінь спікає його частинки та формує тверду масу відповідно до геометрії деталі. Як матеріали використовуються поліамід, полістирол, пісок, кераміка та порошки ряду легкоплавких металів або їх сплавів. Плавкі порошкові матеріали наносять на поверхню робочого столу валиком, що вирівнює і запікають лазерним променем у твердий шар, що відповідає перерізу 3D-моделі та визначає її геометрію.

Після формування першого шару платформу опускають на товщину шару, і на неї знову наносять порошкоподібний матеріал. Для зменшення енергії, необхідної для спікання температура робочої камери підтримується на рівні трохи нижче точки плавлення робочого матеріалу. Для уникнення окислення процес проходить у безкисневому середовищі.

Істотною перевагою SLS-процесу є відсутність про підтримці при побудові моделі. У процесах SLA 20 і MJM (Multi-Jet Modeling) при побудові елементів, що нависають, деталі використовуються спеціальні підтримки, що оберігають свіжепобудовані тонкі шари моделі від обвалення. У SLS-процесі в таких підтримках немає необхідності, оскільки побудова ведеться в однорідній масі порошку. Після побудови модель витягається з масиву порошку та очищається.

Пряме лазерне спікання металу (Direct Metal Selective, Laser Melting, SLM) – різновид технології SLS. Матеріалом виступають метали та сплави у вигляді порошку. Для друку доступні такі метали та сплави: сталь, нержавіюча сталь, інструментальна сталь, алюміній, сплав кобальт-хром, титан.

Електронно-променева плавка (Electron Beam Melting, EBM) являється модифікацією SLS. Дозволяє отримувати прототипи із металевого порошку за рахунок його пошарового плавлення. Плавка витратного матеріалу відбувається у вакуумі за допомогою електронного променя. Моделі, «надруковані» за такою технологією, виходять міцними та довговічними.

Електронно-променева плавка аналогічна технологіям SLS/DMLS, але об'єкт формується шляхом плавлення металевого порошку електронним променем у вакуумі.

Устаткування для SLS-друку виготовляють компанії 3DSystems, F&S StereolithographtechNIK GmbH, ExOne Company/Prometal, EOS GmbH.

### **Пошаровий друк розплавленою ниткою**

Пошаровий друк розплавленою ниткою (Fused Deposition Modeling, або FDM), або моделювання методом наплавлення, застосовується для отримання одиничних виробів, наближених за своїми властивостями до серійних, а також для виготовлення форм для лиття металів.

Технологія FDM-друку полягає в наступному: головка-екструдер з контрольованою температурою розігріває до напіврідкого стану нитки з плавкого термопластичного моделюючого матеріалу (ABS-пластику, воску, легкоплавкого металевого порошку або полікарбонату) і з високою точністю видавлює отриману нитку розплаву тонкими шарами. поверхня 3D-принтера.

Велика різниця температур сприяє швидкому застиганню шару нового об'єкта. Після повного затвердіння першого контуру голівка наносить на платформу наступний шар. Шари наносяться один на одного, з'єднуються між собою і тверднуть, поступово формуючи готовий виріб.

Часто у цій технології беруть участь дві робочі голівки: одна видавлює на платформу робочий матеріал, інша - матеріал підтримки.

#### **Переваги технології FDM 3D-друку:**

- швидкість та простота виготовлення моделей;
- безпека технологій;
- екологічна чистота та нетоксичність моделюючих матеріалів;
- точність моделювання;
- простота використання та обслуговування;
- міцність деталей;
- простота утилізації.

У той самий час дана технологія позбавлена недоліків: між шарами утворюються шви; голівка екструдера повинна постійно рухатися, інакше матеріал застигне; можливе розшарування у разі температурних коливань протягом циклу обробки. В даний час 3D-принтери з технологією FDM-друку виготовляються компанією Stratasys Inc.

#### *8. Матеріали для активізації слухачів під час викладання лекції*

*Питання:*

- Які види томографів застосовуються в клініці ортопедичної стоматології?
- Які переваги та недоліки діагностичного процесу за допомогою томографа перед рентгенографічними методами діагностики?
- Які переваги та недоліки внутрішньоротових сканерів?
- Які переваги і недоліки лабораторних сканерів?

#### *9. Матеріали для самопідготовки по темі наступної лекції «CAD/CAM система»*

*Основні питання:*

- Що таке CAD/CAM система?
- В яких галузях знайшли своє застосування такі системи?
- Із яких двох основних частин складається будь-яка CAD / CAM-система?
- Назвіть переваги CAD / CAM-систем в порівнянні з традиційним методом виготовлення ортопедичних реставрацій.
- Які переваги та недоліки внутрішньоротових сканерів?
- Які переваги і недоліки лабораторних сканерів?
- Перерахуйте облицювальні матеріали CAD / CAM-конструкцій.
- В якому вигляді найчастіше фрезерують блоки з діоксиду цирконію і чому?
- Які каркасні матеріали фрезерують стоматологічні CAD / CAM-системи?
- Для чого використовують блоки з ПММА?

## Методична розробка лекції

### Тема 2 : CAD/CAM система.

**Тривалість:** 2 години

#### 1. Науково-методичне обґрунтування теми:

Задачею сучасної ортопедичної стоматології є впровадження технологій і нових матеріалів у дентальну практику, що дає змогу забезпечити найбільш ефективне та повноцінне ортопедичне лікування. Сучасні технології розвиваються досить швидко, тому необхідність оволодіння новими методиками, матеріалами та способами їх застосування є досить актуальною. 3-D технології є досить перспективним напрямком з точки зору використання їх в ортопедичній стоматології.

#### 2. Навчальні цілі лекції:

Ознайомити слухачів із сучасними методиками 3-D моделювання та виготовлення (CAD/CAM) допоміжних об'єктів, а також наочно продемонструвати приклади роботи програмного забезпечення, що використовується для 3-D проектування ортопедичних конструкцій на комп'ютері.

Ознайомити слухачів із сучасними фрезерувальними апаратами, що використовуються для виготовлення конструкцій протезів. Детально розібрати основні види та характеристики матеріалів, що застосовуються в 3-D фрезерувальних апаратах на прикладі CEREC (виробництва Sirona).

#### 3. Цілі розвитку особистості майбутнього фахівця:

Розвинути почуття відповідальності у слухачів за правильність дій на етапах виготовлення зубних протезів. Розвиток почуття пріоритетності при вирішенні конкретних лікарських завдань. Формування у лікарів психологічної та фахової готовності до реальних умов професійної діяльності.

#### 4. Міждисциплінарна інтеграція:

Дисципліни	Знати	Вміти
<b>Попередні:</b>		
Інформатика	Базові поняття про пакети програмного забезпечення	
<b>Наступні:</b>		
Медична біофізика	Вплив фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей матеріалів, що застосовуються у 3-D протезуванні.	Визначати властивості матеріалів
<b>Внутрішньо-предметна інтеграція:</b>		
Зубопротезна техніка	Послідовність проведення технології виготовлення	Володіти розширеними навичками роботи з



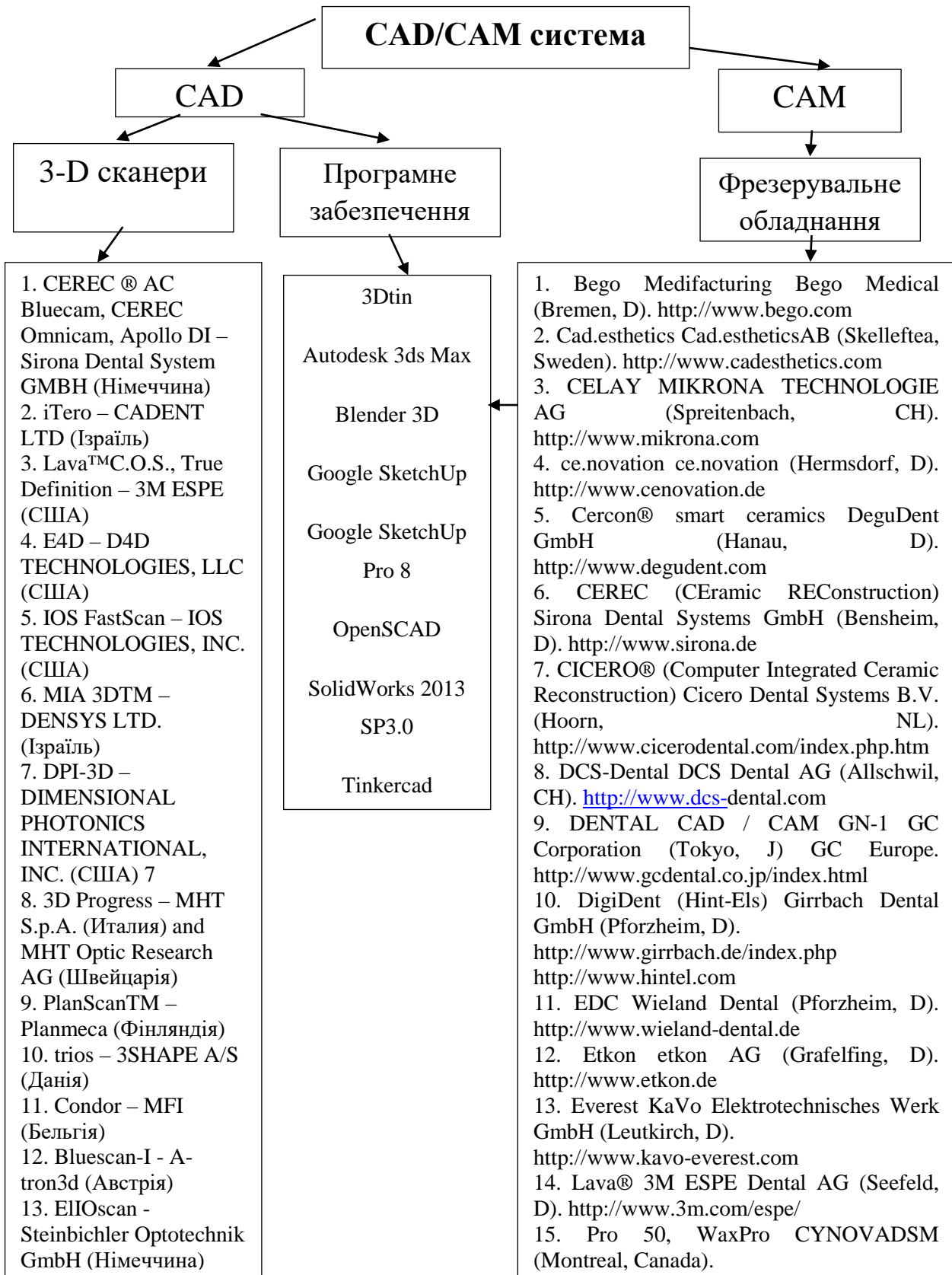
	різноманітних незнімних конструкцій.	програмним забезпеченням для моделювання ортопедичних конструкцій, що в подальшому будуть виготовленні по методиці CAD/CAM/
--	--------------------------------------	---

*5. План та організаційна структура лекції*

<b>№ п/п</b>	<b>Основні елементи лекції та їхній зміст</b>	<b>Тип лекції. Засоби активізації слухачів. Матеріали методичного забезпечення</b>	<b>Розподіл часу</b>
	<i>Підготовчий етап</i>		<i>5 хв.</i>
1.	Визначення актуальності теми  Визначення навчальних цілей лекції Забезпечення позитивної мотивації	Пункт 1. Навчально-методичне обґрунтування теми Пункт 2. Навчальні цілі лекції Пункт 1. Навчально-методичне обґрунтування теми	
	<i>Основний етап</i>		<i>105 хв.</i>
2.	Викладення лекційного матеріалу за планом:  Характеристика сучасних стоматологічних CAD/CAM систем	Тематична клінічна лекція з елементами проблемності: Мультимедійна лекція з висвітленими по темі лекції слайдами.	
	Принципи роботи сучасних стоматологічних CAD/CAM систем. Класифікація CAD/CAM технологій. Переваги CAD/CAM систем. Основні етапи роботи CAD/CAM систем. Протокол фіксації безметалевих фрезерованих конструкцій.		
	<i>Заключний етап</i>		<i>10 хв.</i>
1.	Резюме лекції, загальні висновки	Перелік навчальної літератури	
2.	Відповіді на можливі запитання	Запитання	
3.	Завдання для самопідготовки слухачів		



6. Зміст лекційного матеріалу (структурно – логічна схема)



## 7. Тези змісту лекції:

### «CAD / CAM - система»

У сучасній стоматології неможливо уявити жодної клініки або великої зуботехнічної лабораторії без цифрових технологій. Будь-яка клініка оснащена інноваціями починаючи з апаратів для визначення кольору майбутньої реставрації та проведення фотопроколу до фрезерувальних машин невеликої потужності. В зуботехнічній лабораторії як основному місці, де вся увага зосереджена на процесі виготовлення ортопедичних конструкцій, міцно посіла своє місце у CAD / CAM-технології. З кінця 80-их років минулого століття спроба впровадження оцифрованої моделі і відбитка замість аналогових – була лише питанням часу. Тепер така оцифрована інформація стала частиною повного технологічного ланцюга. Все вищеперераховане підтверджує необхідність впровадження в повсякденну роботу лікаря-стоматолога CAD / CAM-систем за допомогою теоретичного вивчення представлених на ринку моделей, їх можливостей, технологічних особливостей і етапів роботи.

### Характеристика стоматологічних CAD / CAM-систем принципи роботи.

#### Комплектуючі

Серед сучасних способів виготовлення зубних протезів міцне місце зайняли CAD / CAM технології. Аббревіатура «CAD / CAM» розшифровується від перших букв словосполучення «Computer Assisted Design / Computer Aided Manufacturing», що в перекладі звучить як «комп'ютерний дизайн (моделювання) / виробництво (виготовлення) під управлінням комп'ютера». Ці технології запозичені з промисловості, де вони давно і успішно застосовуються. Різні деталі проектуються за допомогою ЕОМ і потім виготовляються в автоматичному режимі. Однак, основна відмінність стоматологічних CAD / CAM систем полягає в тому, що ці системи виготовляють деталі лише в єдиному екземплярі. Комп'ютерне проектування конструкції пов'язано з індивідуальною формою протезного ложа, рельєф якого повинен бути оцифрований і переданий в ЕОМ з високою точністю і швидкістю.

Виготовлення за допомогою комп'ютерів здійснюється двома основними методами: шляхом вирахування, коли з цілого блоку матеріалу видаляється все зайве (наприклад, фрезеруванням), і методом додавання, коли об'єкт вибудовується шар за шаром (швидке прототипування). Більшість сучасних систем засновано на автоматизованому виготовленні каркасів протезів методом фрезерування в подальшому ручному нанесенні облицювального матеріалу. До особливих переваг фрезерувальних CAD / CAM систем відносяться більш висока точність (крайове прилягання становить до 20-30мкм), можливість використання тих матеріалів, що недоступні традиційними технологіями, висока продуктивність, компактність устаткування. CAD / CAM системи виготовлення зубних протезів вже давно перестали бути тільки цікавими науковими розробками, довівши свою практичну ефективність. Вони відкривають нові унікальні можливості в ортопедичній стоматології. Більшість сучасних CAD / CAM систем засновано на автоматизованому виготовленні зубних протезів методом фрезерування. При внутрішньоротовому скануванні і скануванні відбитків фрезерування може

застосовуватися для виготовлення моделей зубних рядів і щелеп. Крім того, методом фрезерування можуть виготовлятися хірургічні напрямні шаблони для імплантації. Важливою характеристикою застосовуваних для САМ фрезерування верстатів є кількість ступенів свободи при обробці деталі. Використовувані в стоматології верстати бувають 3, 4 і 5 осьовими. Чим більше ступенів свободи, тим складнішу конструкцію можна виготовити. Для точного і ефективного фрезерування мають значення такі характеристики, як крок зсуву заготовки і фрези, характер утримання заготовки, кількість заготовок, яке може бути оброблено в автоматичному режимі. Чим менше крок зсуву, тим більше точність фрезерування. Сучасні верстати забезпечують крок зсуву до 0.5 мкм.

### **Класифікація CAD / САМ-технологій.**

Усі CAD / САМ-системи діляться на два види: «відкриті» і «закриті». До «закритих» систем відноситься таке обладнання, яке може працювати тільки з певними витратними матеріалами (дисками або блоками з діоксиду цирконію та ін), виробленими як правило однією фірмою.

Відкриті CAD / САМ-системи мають перевагу для користувачів. В першу чергу, це можливість вибору CAD / САМ-матеріалу зі спектра наявних на ринку для фрезерування готової реставрації. По-друге, як сканер для цифрування відбитка або сканування збереженої частини зуба, так і фрезерувальний апарат, вибираються користувачем. Тобто отримані клініцистом знімки за допомогою інтраоральної скануючої камери однієї відкритої CAD / САМ-системи можуть безперешкодно використовуватися для моделювання в програмному забезпеченні іншої відкритої системи і фрезеруватися на верстаті третьої відкритої системи іншого виробника. За іншою класифікацією всі CAD / САМ-технології поділяють на клінічні та лабораторні. Власне, чіткого поділу систем немає. Прийнято вважати, що класична CAD / САМ-система, наприклад, CEREC. У неї входить знімальний блок (CERECAC, наприклад) з програмним забезпеченням для моделювання і виготовлення обмеженого спектра реставрацій (вкладки, безкаркасні керамічні коронки, тимчасові пластмасові коронки і мостоподібні протези з трьох одиниць) і фрезерувальний апарат для шліфування зазначених реставрацій. Лікарські CAD / САМ-системи також можуть бути зібрані з скануючої внутрішньоротової камери і фрезерувальний апарату невеликої продуктивності двох різних відкритих технологій. Також можливий варіант наявності в клініці тільки інтраорального сканера, коли відцифрований знімок після препарування в порожнині рота передають по інтернету в лабораторію. Але останній варіант задовольнить лише частину потреб пацієнта на ортопедичному прийомі, так як провізорні конструкції в цьому випадку можливо виготовити тільки за методикою «силіконового ключа», тоді як фрезерний верстат міг би в лічені хвилини по знімку до препарування відшліфувати тимчасову пластмасову реставрацію.

Лабораторні CAD / САМ-системи мають широкий спектр виготовлення зубних протезів, як безкаркасних, так і каркасних, як знімних, так і незнімних ортопедичних конструкцій, а також ряд допоміжних (полімерні моделі, беззольні композиції для лиття, хірургічні шаблони і ін.). До складу такої системи входять: лабораторний сканер, розрахований на відцифровку всієї гіпсової моделі або відбитка, ноутбук з програмним забезпеченням з великими можливостями

моделювання, промисловий фрезерувальний верстат, високотемпературна піч для синтеризації каркасів з діоксиду цирконію і низькотемпературна для глазурування і запікання керамічного облицювання або суцільнокерамічних реставрацій. Не можливо говорити про перевагу лабораторних систем над клінічними. Кожен вид CAD / CAM-систем виконує певні функції в процесі планування протезування і безпосередньо ортопедичного лікування. Основна мета цифрової технології у крісла пацієнта-відновлення в одне відвідування втрачених твердих тканин зуба високоточними і високоестетичними клінічними реставраціями з кераміки (вкладки-накладки, поодинокі коронки), а також виготовлення провізорних конструкцій для захисту відпрепарованих зубів під каркасні складні лабораторні ортопедичні конструкції і невинпадіння пацієнта з соціального середовища на час протезування.

Переваги CAD / CAM систем в порівнянні з традиційним методом. CAD / CAM-система відома високою швидкістю роботи і відносною простотою в експлуатації, що дозволяє значно знизити витрати на навчання і підвищити продуктивність праці. Система відрізняється надійністю і стійкістю навіть при щоденній обробці складних видів продукції.

CAD / CAM-система виконує роботи найвищої точності (відхилення розмірів 10-20мкм в порівнянні з 50-70мкм при литті). Для роботи з технологією не потрібна висока кваліфікація і великий досвід роботи оператора системи (фірми-виробники, як правило, зацікавлені в підвищенні кваліфікації фахівців, які використовують їх продукцію, і проводять часті майстер-класи та виїзні курси навчання). Систему може обслуговувати одна людина (фірма-виробник також надає регулярне сервісне обслуговування апаратів і проводить апгрейд програмного забезпечення). Великий плюс клінічної системи економія робочого місця. Будь-яка CAD / CAM-система економить робочий час, відрізняється чистотою роботи і великою продуктивністю (до 120 одиниць на добу). На сьогоднішній день на стоматологічному ринку представлений великий вибір 3D-сканерів як для відбитків, так і гіпсових моделей. Виробники обіцяють швидкий перехід на цифровий формат в стоматології, відзначаючи простоту експлуатації сканерів, високу продуктивність, широкий спектр видів протезування і найвищу точність (до 10 мкм). Кожна фірма-виробник запрошує на курси навчання отриманню цифрових зліпків, моделювання майбутньої реставрації в CAD-програмі. Об'єкт сканування в обладнанні фіксується швидко, а процес сканування запускається одним натисканням в зручній програмі. Всі стоматологічні 3D-сканери можна розділити на дві категорії: клінічні (внутрішньоротова камера) і лабораторні (в звичному розумінні апарат). Кожна категорія має свої переваги та недоліки.

#### **Основні переваги інтраоральних скануючих камер:**

- наявність внутрішньоротового сканера не вимагає витрат на відбитковий матеріал,
- камера портативна і має розміри трохи більше зубної мануальної щітки,
- відтворює реалістичне зображення актуальної ситуації в порожнині рота,

- автоматичне або напівавтоматичне визначення центральної оклюзії,
- менше фінансові вкладення на покупку камери.

Переваги лабораторних сканерів: можливість перекладу великої кількості об'єктів в цифрову форму в протягом короткого часового проміжку, краща візуалізація структур поза порожниною рота, найвища точність сканування. Недоліки кожного виду сканерів впливають з їхніх переваг, а саме: усадка відбиткового матеріалу, недоліки відбитка або гіпсової моделі, розширення гіпсу призводять до зниження точності майбутньої CAD / CAM-реставрації при скануванні в лабораторному устаткуванні. Негативні моменти при скануванні інтраоральною камерою - гірша видимість протезного ложа (особливо в пришийковій області), збільшений час сканування, тремор рук лікаря. В основному, сканери-частина відкритої системи, за допомогою яких отримують цифрові зображення в єдиному форматі, що дає можливість обробки отриманих знімків в програмному забезпеченні інших фірм виробників. Внутрішньоротові сканери були розроблені, перш за все, для виготовлення керамічних і тимчасових пластмасових реставрацій у крісла пацієнта. На даний момент внутрішньоротові камери часом не поступаються в точності сканування лабораторним, тому неправильно було б вже назвати їх складовою частиною тільки лікарської CAD / CAM-системи.

Для отримання оптичного зліпка за допомогою інтраоральної камери для деяких представників необхідно попереднє покриття відпрепарованих твердих тканин зуба антивідблискуючим порошком (наприклад, камера CERECBluesam, Sirona). Але більшості сучасних камер додаткових маніпуляцій перед отриманням знімка не потрібно, так як цифрові відбитки отримують за допомогою лазера.

### **Основні етапи роботи з CAD / CAM - системою.**

Залежно від призначення CAD / CAM-системи, лікарська або лабораторна, етапи роботи дещо відрізняються. Клінічна методика передбачає після препарування твердих тканин зуба за певними правилами під реставрацію зняття цифрового зліпка за допомогою інтраоральної скануючої камери, тобто переведення реального вигляду зуба в комп'ютерний файл. Відразу кілька розробників CAD / CAM систем пропонують новий інтраоральний сканер, в основі принципу роботи якого лежить конфокальна мікроскопія - метод, що забезпечує високу точність і зручність в роботі. Для сканування слід просто переміщати скануючу головку щодо об'єкта; програмне забезпечення сканера автоматично «склеює» 3D знімки разом, формуючи віртуальну поверхню об'єкта. При цьому в режимі реального часу лікар бачить яку ділянку поверхні проскановано, а яку ще ні. У будь-який момент сканування може бути зупинено, а потім продовжено. Наприклад, при під'ясеновому препаруванні для отримання віртуального відбитка необхідно забезпечити хороший «огляд» лінії препарування. Для цього проводять попередню ретракцію ясен технікою подвійних ниток. Спочатку в борозенці розміщують найтоншу ретракційну нитку (000). Потім отримують оптичний відбиток для контролю якості препарування. При необхідності проводять корекцію препарування, потім в борозенку на 5 хвилин вводять більш товсту нитку. Видаляють нитки (при необхідності використовують гемостатики) і отримують оптичний відбиток меж препарування.

Потім за допомогою спеціальної комп'ютерної програми моделювання (CAD-модуль) конструюється реставрація (цілнокерамічна вкладка, коронка, вінір, провізорна коронка або мостоподібний пластмасовий протез). Лікар-стоматолог вносить корективи в запропоновану віртуальну реставрацію і демонструє на екрані монітора пацієнту.

Наступний етап - відправка отриманої реставрації в програму для фрезерування (CAM-модуль). Керамічний або пластмасовий блок оператором фіксується в тримачі фрезерувального верстата, і під водяним охолодженням шліфується змодельована реставрація. Після видалення залишків з поверхні реставрації проводиться примірка і припасування керамічної вкладки в порожнині рота, перевіряється колір на відповідність з кольором сусідніх зубів, підбирається колір для фіксуючого матеріалу. Завершальний етап роботи з CAD / CAM-технологією - полірування спеціальними наборами полірувальних головок, гумок і паст відповідно до обраного матеріалу або індивідуалізація реставрації за допомогою підфарбовування з подальшим запіканням в низькотемпературній печі, а потім фіксація постійної реставрації на композиційний цемент.

Адгезивний протокол фіксації незнімних безметалевих фрезерованих конструкцій.

Протокол адгезивної фіксації керамічних реставрацій складається з декількох пунктів, а саме:

Ізоляція робочого поля за допомогою коффердама;

Піскоструменева обробка препарованої зони твердих тканин зуба і протруювання ортофосфорної кислотою протягом 30 секунд, змивання кислоти;

Нанесення на внутрішню поверхню керамічної реставрації плавикової кислоти, протруювання за інструкцією (20 секунд, в середньому), змивання і обробка в ультразвуковій ванні;

Нанесення адгезиву IV покоління за інструкцією, видалення надлишків повітрям;

Внесення цементу, накладення реставрацій, короткий відсвічування (3-5 секунд), видалення надлишків цементу в гумоподібній стадії, флоссінг;

Нанесення гліцеринового гелю на крайовий шов, фінішна полімеризація, полірування.

Важливо, що адгезивний ортопедичний протокол фіксації передбачає сополімеризацію після внесення реставрації на зуб, тобто не можна відсвічувати лампою адгезив після протруювання твердих тканин, інакше реставрація не припасується на зуб. У випадку з фіксацією керамічних вінірів використовуються світлотвердіючі цементы, безметалевих вкладок, коронок - цементы подвійного затвердіння.

## 8. Матеріали для активізації слухачів під час викладеної лекції «CAD / CAM-система»

*Питання:*

- Що таке CAD / CAM-система?
- В яких галузях знайшли своє застосування такі системи?
- Із яких двох основних частин складається будь-яка CAD / CAM-система?



- Назвіть переваги CAD / САМ-систем в порівнянні з традиційним методом виготовлення ортопедичних реставрацій.
- Які переваги та недоліки внутрішньоротових сканерів?
- Які переваги і недоліки лабораторних сканерів?
- Перерахуйте облицювальні матеріали CAD / САМ-конструкцій.
- В якому вигляді найчастіше фрезерують блоки з діоксиду цирконію і чому?
- Які каркасні матеріали фрезерують стоматологічні CAD / САМ-системи?
- Для чого використовують блоки з ПММА?

*Тестові завдання:*

1. Яка найбільша кількість ступенів свободи у сучасних CAD / САМ-фрезерувальників?

- А. 2
- Б. 4
- В. 5
- Г. 6
- Д. 8

(Відповідь: Г)

2. До яких величин досягається крайове прилягання у фрезерованих на CAD / САМ-системах реставрацій?

- А. 10-20 мкм
- Б. 20-30 мкм
- В. 30-40 мкм
- Г. 50-100 мкм
- Д. 150-200 мкм

(Відповідь: Б)

3. Який крок фрези забезпечують CAD / САМ-фрезерувальники?

- А. 0,5 мкм
- Б. 1,0 мкм
- В. 1,5 мкм
- Г. 2,0 мкм
- Д. 2,5 мкм

(Відповідь: А)

4. Склад склокераміки останнього покоління з дуже високою величиною гранично допустимого навантаження для CAD / САМ-фрезерувальників:

- А. польвошпатна кераміка, посилена оксидом алюмінію
- Б. кераміка на основі силікату літію, посилена оксидом цирконію
- В. кераміка на основі силікату алюмінію, посилена оксидом цирконію
- Г. керамічна сітчаста структура, посилена полімерною сіткою
- Д. керамічна сітчаста структура, посилена ітрієм

(Відповідь: Б)

5. Склад гібридної кераміки для CAD / САМ-фрезерувальників:

- А. польвошпатна кераміка, посилена оксидом алюмінію
- Б. кераміка на основі силікату літію, посилена оксидом цирконію
- В. кераміка на основі силікату алюмінію, посилена оксидом цирконію
- Г. керамічна сітчаста структура, посилена полімерною сіткою

Д. керамічна сітчаста структура, посилена ітрієм  
(Відповідь: Г)

***9. Матеріали для самопідготовки за темою наступної лекції «Засоби, що використовуються для створення 3D моделей порожнини рота»:***

*Основні питання:*

- Технічні засоби, що використовуються для створення 3-D моделі порожнини рота.
- Застосування магнітно-резонансних томографів в стоматології.
- Відкриті томографи.
- Закриті томографи.
- 3D-сканери оптичного діапазону.
- Переваги та недоліки 3-D-сканерів.

## Методична розробка лекції

**Тема 3: Засоби, що використовуються для створення 3D моделей порожнини рота.**

**Тривалість:** 2 години

*1. Науково-методичне обґрунтування теми:*

На сучасному етапі розвитку ортопедичної стоматології широкого застосування набули 3-D технології, які дозволяють покращити якість та швидкість виготовлення та моделювання готових конструкцій. Існує дуже багато додаткових апаратів та програм, які використовуються на різних етапах 3-D діагностики та подальшого моделювання.

*2. Навчальні цілі лекції:*

Ознайомити слухачів із сучасними апаратами для 3-D моделювання а також розібрати основні відмінності та принципи роботи різноманітних апаратів МРТ-діагностики та 3-D сканерів.

*3. Цілі розвитку особистості майбутнього фахівця:*

Розвинути почуття відповідальності у слухачів за правильність дій на етапах виготовлення зубних протезів. Розвиток почуття пріоритетності при вирішенні конкретних лікарських завдань. Формування у лікарів психологічної та фахової готовності до реальних умов професійної діяльності.

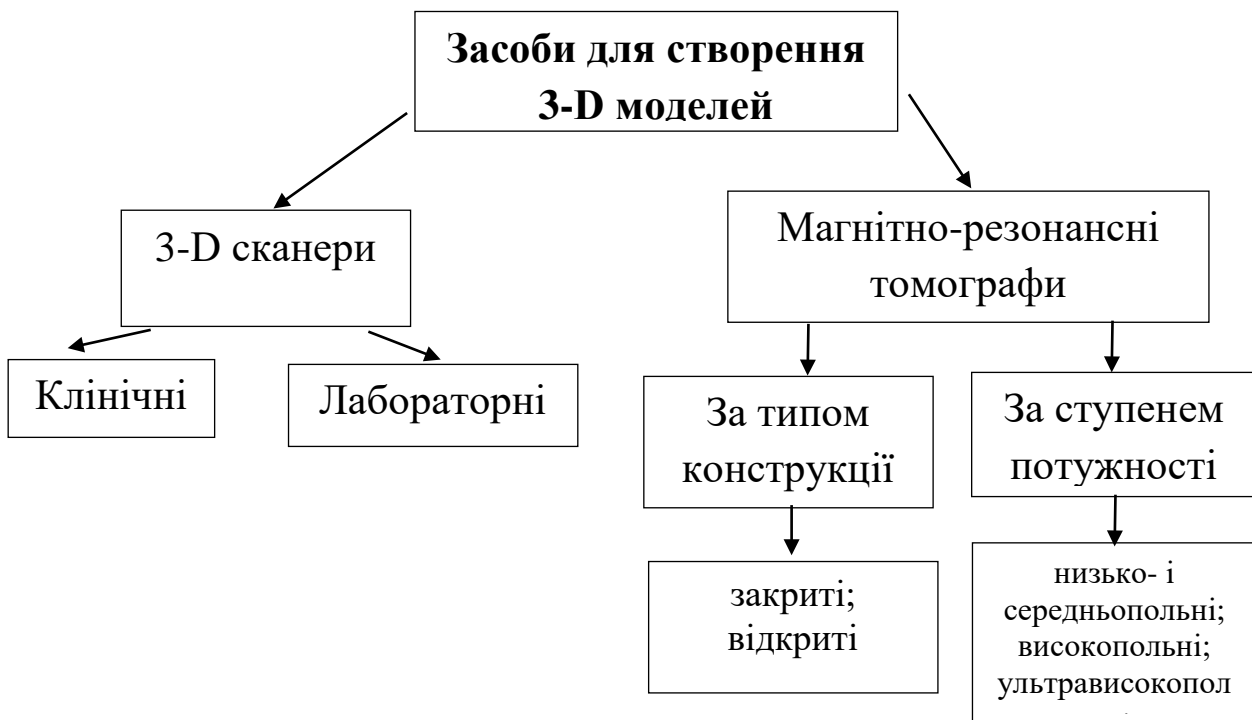
*4. Міждисциплінарна інтеграція:*

Дисципліни	Знати	Вміти
<b>Попередні:</b>		
Інформатика	Базові поняття про пакети програмного забезпечення	
<b>Наступні:</b>		
Медична біофізика	Вплив фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей матеріалів, що застосовуються у 3-D протезуванні.	Визначати властивості матеріалів
<b>Внутрішньо-предметна інтеграція:</b>		
Зубопротезна техніка	Послідовність проведення технології виготовлення різноманітних незнімних конструкцій.	Володіти розширеними навичками роботи з програмним забезпеченням для моделювання ортопедичних конструкцій

## 5. План та організаційна структура лекції

№ п/п	Основні елементи лекції та їхній зміст	Тип лекції. Засоби активізації слухачів. Матеріали методичного забезпечення	Розподіл часу
	Підготовчий етап		5 хв.
1.	Визначення актуальності теми  Визначення навчальних цілей лекції Забезпечення позитивної мотивації	Пункт 1. Навчально-методичне обґрунтування теми Пункт 2. Навчальні цілі лекції Пункт 1. Навчально-методичне обґрунтування теми	
	Основний етап		105 хв.
2.	Викладення лекційного матеріалу за планом:  Технічні засоби, що використовуються для створення 3-D моделі порожнини рота. Застосування магнітно-резонансних томографів в стоматології. Відкриті томографи. Закриті томографи. 3D-сканери оптичного діапазону.	Тематична клінічна лекція з елементами проблемності:	
	Переваги та недоліки 3-D-сканерів.		
3.	Заключний етап		10 хв.
1.	Резюме лекції, загальні висновки	Перелік навчальної літератури	
2.	Відповіді на можливі запитання	запитання	
3.	Завдання для самопідготовки слухачів		

6. *Зміст лекційного матеріалу (структурно – логічна схема)*



7. *Тези змісту лекції:*

**Засоби, що використовуються для створення 3D моделей порожнини рота.**

Щоб надрукувати на 3D-принтері тривимірну модель зуба, необхідно провести сканування щелепи пацієнта за допомогою стоматологічного магнітно-резонансного томографа або комп'ютерного томографа з конусоподібним променем. Найбільш широке застосування в стоматології мають комп'ютерні томографи, які безпечні для пацієнтів і дозволяють отримати точні результати. Крім того, вони значно дешевше установок магнітно-резонансної томографії.

**Застосування магнітно-резонансних томографів в стоматології**

В сучасних магнітно-резонансних томографах використовують два основних типи магніту:

- постійні, які економічні і прості в експлуатації, не вимагають заправки рідким гелієм і витрат на електроенергію.

Магніти встановлюють на магнітно-резонансні томографи з напруженістю поля до 0,35 Тл;

- надпровідні, що використовують криогенну гелієву систему охолодження. Цим типом магнітів комплектуються високопольні і ультрависокопольні магнітно-резонансні томографи з напруженістю магнітного поля понад 1,5 Тл.

Існують апарати з так званими резистивним електромагнітами, проте їх використовують вкрай рідко через високу вартість їх експлуатації.

Розрізняють два типи томографів: відкриті і закриті.

Закритий томограф, або томограф тунельного типу - пристрій, що нагадує величезну трубу. У ньому створюється магнітне поле, і туди на спеціальному столі заочується пацієнт. У зв'язку з тим, що при певних видах діагностики пацієнт знаходиться в томографі достатньо довго, він може відчувати дискомфорт від замкнутого простору.

Відкритий томограф - це апарат, на зразок рентгенівського кабінету, в якому знаходиться пацієнт.

Магнітно-резонансні томографи за показником напруженості основного магнітного поля умовно діляться на класи:

- низько- і середньопольні;
- високопольні;
- ультрависокопольні.

### **3D-сканери оптичного діапазону**

3D-сканери відносять до пристроїв, які виконують аналіз фізичного об'єкта і надалі створюють його тривимірну модель.

Розрізняють контактний і безконтактний методи сканування. При безконтактному методі застосовують пасивні і активні 3D-сканери. 3D-лазерні сканери відносяться до групи активних сканерів. Лазерні датчики, якими замінено контактні сенсори, і цифрова фототехніка дозволяють більш точно сканувати об'єкти і отримувати текстурну модель. Лазерні 3D-сканери працюють як з дрібними, так і з великими об'єктами, що розширює сферу їх застосування в самих різних галузях.

Технології 3D-сканування використовують в медицині, промисловому дизайні та ін. Широке застосування тривимірне сканування знайшло в медичному протезуванні.

З ряду 3D-сканерів слід вибрати той, який дозволить вам найбільш точно вирішувати поставлені завдання. Йдеться і про високоточні метрологічні системи, і про кольоровий ручний лазерний сканер, і про 3D-лазерний сканер із функцією фотограмметрії.

Всі стоматологічні 3D-сканери можна розділити на дві категорії: лікарські (внутрішньоротові камери) і лабораторні (позаротові). Кожна категорія має свої переваги та недоліки. Основні переваги інтраоральних скануючих камер:

- наявність внутрішньоротового сканера не вимагає витрат на відбитковий матеріал,
- камера портативна і має розміри трохи більше зубної мануальної щітки,
- відтворює реалістичне зображення актуальної ситуації в порожнині рота,
- автоматичне або напівавтоматичне визначення центральної оклюзії,
- менше фінансові вкладення на покупку камери.

### **Переваги лабораторних сканерів:**

- можливість перекладу великої кількості об'єктів в цифрову форму в протягом короткого часового проміжку,
- найкраща візуалізація структур поза порожниною рота,
- висока точність сканування.

Недоліки кожного виду сканерів впливають з їхніх переваг, а саме: усадка відбиткового матеріалу, недоліки відбитка або гіпсової моделі, розширення гіпсу призводять до зниження точності майбутньої CAD / CAM-реставрації при скануванні в лабораторному устаткуванні. Негативні моменти при скануванні інтраоральної камерою - гірша видимість протезного ложа (особливо в пришийковій ділянці), збільшений час сканування, тремор рук лікаря.

В основному, сканери-частина відкритої системи, за допомогою яких отримують цифрові зображення в єдиному форматі, що дає можливість обробки отриманих знімків в програмному забезпеченні інших фірм-виробників. Внутрішньоротові сканери були розроблені, перш за все, для виготовлення керамічних і тимчасових пластмасових реставрацій у крісла пацієнта. На даний момент внутрішньоротові камери часом не поступаються в точності сканування лабораторним, тому неправильно було б вже назвати їх складовою частиною тільки лікарської CAD / CAM-системи.

Для отримання оптичного зліпка за допомогою інтраоральної камери для деяких представників необхідно попереднє покриття відпрепарованих твердих тканин зуба антивідблискувальним порошком (наприклад, камера CERECBluesam, Sirona). Але більшості сучасних камер додаткових маніпуляцій перед отриманням знімка не потрібно, так як цифрові відбитки отримують за допомогою лазера.

#### **8. Матеріали для активізації слухачів під час викладання лекції «Засоби, що використовуються для створення 3D моделей порожнини рота.»**

*Питання:*

- Які види томографів застосовуються в клініці ортопедичної стоматології?
- Які переваги та недоліки діагностичного процесу за допомогою томографа перед рентгенографічними методами діагностики?
- Які переваги та недоліки внутрішньоротових сканерів?
- Які переваги і недоліки лабораторних сканерів?

#### **9. Матеріали для самопідготовки за темою наступної лекції «Методичні основи 3D-ортопедичної стоматології»:**

*Питання:*

- Методи діагностики, планування стоматологічного лікування з застосуванням комп'ютерної 3D – технології.
- Етапи виготовлення конструкцій за допомогою 3D-технологій
- Конусна комп'ютерна томографія
- Оклюзійний аналіз за допомогою T-Scan
- Запис рухів нижньої щелепи
- Як відбувається зворотне планування
- Планування імплантації
- Навігаційна імплантація
- САМ-виготовлення зубних протезів

### *Методична розробка лекції*

#### **Тема 4: Методичні основи 3D-ортопедичної стоматології.**

**Тривалість:** 2 години

*1. Науково-методичне обґрунтування теми:*

На сучасному етапі розвитку ортопедичної стоматології, коли широкого застосування набули 3-D технології, володіння теоретичними знаннями та практичними навичками є просто необхідними для планування протезування.

*2. Навчальні цілі лекції:*

Ознайомити слухачів із логістичною схемою побудови плану діагностики та подальшого лікування за допомогою 3-D технологій.



*3. Цілі розвитку особистості майбутнього фахівця (виховні цілі):*

Розвинути почуття відповідальності у слухачів за правильність дій на етапах виготовлення зубних протезів.

Розвиток почуття пріоритетності при вирішенні конкретних лікарських завдань.

Формування у лікарів психологічної та фахової готовності до реальних умов професійної діяльності.

*4. Міждисциплінарна інтеграція:*

<b>Дисципліни</b>	<b>Знати</b>	<b>Вміти</b>
<b>Попередні:</b>		
Інформатика	Базові поняття про пакети програмного забезпечення	
<b>Наступні:</b>		
Медична біофізика	Вплив фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей матеріалів, що застосовуються у 3-D протезуванні.	Визначати властивості матеріалів
<b>Внутрішньо-предметна інтеграція:</b>		
Зубопротезна техніка	Послідовність проведення технології виготовлення різноманітних незнімних конструкцій.	Володіти розширеними навичками роботи з програмним забезпеченням для моделювання ортопедичних конструкцій

5. План та організаційна структура лекції

№ п/п	Основні елементи лекції та їхній зміст	Тип лекції. Засоби активізації слухачів. Матеріали методичного забезпечення	Розподіл часу
1.	<p>Підготовчий етап</p> <p>Визначення актуальності теми</p> <p>Визначення навчальних цілей лекції</p> <p>Забезпечення позитивної мотивації</p>	<p>Пункт 1. Навчально-методичне обґрунтування теми</p> <p>Пункт 2. Навчальні цілі лекції</p> <p>Пункт 1. Навчально-методичне обґрунтування теми</p>	5 хв.
2.	Основний етап		105 хв.
	<p>Викладення лекційного матеріалу за планом:</p> <p>Викладення покрокового алгоритму практичного використання сучасних цифрових 3D-технологій в ортопедичній стоматології</p>	Тематична клінічна лекція з елементами проблемності:	
3.	Заключний етап		10 хв.
1.	Резюме лекції, загальні висновки	Перелік навчальної літератури запитання	
2.	Відповіді на можливі запитання		
3.	Завдання для самопідготовки слухачів		

6. *Зміст лекційного матеріалу (структурно – логічна схема)*

**Покроковий алгоритм практичного використання сучасних цифрових 3D-технологій в ортопедичній стоматології:**

- Крок 1. У сучасній діагностиці розгорнутий анамнез та отримання первинних даних дуже важливі для початку будь-якого дослідження.
- Крок 2. Конусна комп'ютерна томографія представляє безліч інформації з великим потенціалом.
- Крок 3. Оклюзійний аналіз за допомогою T-Scan дозволяє визначити локалізацію та щільність оклюзійних контактів, виміряти, якою мірою оклюзія є збалансованою.
- Крок 4. Запис рухів нижньої щелепи важливий для діагностики стану суглоба та проектування індивідуальної оклюзії.
- Крок 5. Зворотне планування.
- Крок 6. Планування імплантації.
- Крок 7. Навігаційна імплантація.
- Крок 8. виправлення зубів за допомогою прозорих ортодонтичних капів здійснюється після попереднього планування CAD положення зубів.
- Крок 9. САМ-виготовлення зубних протезів.

7. *Тези змісту лекції:*

**Методичні основи 3D-ортопедичної стоматології.**

Покроковий алгоритм практичного використання сучасних цифрових 3D-технологій в ортопедичній стоматології:

*Крок 1.* У сучасній діагностиці розгорнутий анамнез та отримання первинних даних дуже важливі для початку будь-якого дослідження.

*Крок 2.* Конусна комп'ютерна томографія представляє безліч інформації з великим потенціалом. Висока точність та знижений рівень опромінення висуває цей метод на перше місце серед інших рентгенологічних методик.

*Крок 3.* Оклюзійний аналіз за допомогою T-Scan дозволяє визначити локалізацію та щільність оклюзійних контактів, виміряти, якою мірою оклюзія є збалансованою. Пацієнт прикушує ультратонкий тензодатчик і комп'ютер аналізує дані. Оклюзійні супраконтакти, що викликають травму скронево-нижньощелепних суглобів, легко і просто виявляються за допомогою цього приладу.

*Крок 4.* Запис рухів нижньої щелепи важливий для діагностики стану суглоба та проектування індивідуальної оклюзії. Для цього використовується електронний аксіограф CAD/IAХ.

*Крок 5.* Зворотне планування. Ортопедичне лікування починається з попереднього віртуального планування функціонального та естетичного результату на основі 3D-моделювання форми майбутніх штучних зубів. Для цього застосовується 3D-сканування обличчя та зубних рядів пацієнта. На основі подальшого віртуального моделювання можуть бути виготовлені як тимчасові, так і постійні конструкції, що задовольняють вимогливі вимоги.

*Крок 6.* Планування імплантації. На основі проведеного 3D моделювання положення та форми майбутніх штучних зубів проводиться планування положення та розмірів імплантатів. За допомогою такого планування формується правильне рішення з урахуванням оптимального використання ресурсів навколишньої кістки, захисту нервів та судин від ушкодження.

*Крок 7.* Навігаційна імплантація. За результатами планування положення імплантатів, на основі CAD/CAM-технологій виготовляються хірургічні напрямні шаблони, що забезпечують точне позиціонування імплантатів.

*Крок 8.* виправлення зубів за допомогою прозорих ортодонтичних капп здійснюється після попереднього планування CAD положення зубів. За допомогою методів швидкого прототипування готується серія прозорих та практично невидимих капп, із послідовною заміною яких забезпечується необхідне переміщення зубів.

*Крок 9.* САМ-виготовлення зубних протезів. Використовуючи сучасні цифрові технології (стереолітографія, вибіркоче лазерне спікання, комп'ютерне фрезерування), з високою точністю виготовляються зубні протези або їх деталі з біологічно інертних та естетичних матеріалів.

#### **8. Матеріали для активізації слухачів під час викладання лекції «Методичні основи 3D-ортопедичної стоматології.»**

*Питання:*

- Методи діагностики, планування стоматологічного лікування з застосуванням комп'ютерної 3D – технології.
- Етапи виготовлення конструкцій за допомогою 3D-технологій
- Конусна комп'ютерна томографія
- Оклюзійний аналіз за допомогою T-Scan
- Запис рухів нижньої щелепи
- Як відбувається зворотне планування
- Планування імплантації
- Навігаційна імплантація
- САМ-виготовлення зубних протезів

## **РОЗДІЛ 2. Матеріали до семінарських занять**

## Методична розробка семінарського заняття

### Тема 1: Застосування магнітно-резонансних томографів в ортопедичній стоматології.

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із принципами дії, різновидами та основними моделями магнітно-резонансних томографів, що застосовуються під час діагностики .

*II. Тривалість заняття:* 2 години

*III. Об'єм повторної інформації – 20%*

*Об'єм нової інформації – 80%*

#### *IV. План проведення заняття*

№ п/п	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
1.	Вступне слово викладача про мету семінару.	5
2.	Заслуховування доповідей згідно тем по учбовим питанням.	55
3.	Розв'язування ситуаційних задач.	20
5.	Дискусія.	10
6.	Контрольне заповнення документації.	10
7.	Оцінка доповідей.	10
8.	Підсумок семінару.	10

#### *V. Умови для проведення заняття*

1. Учбова кімната.
2. Тематичні таблиці, слайди, відеофільми.
3. Апарати для демонстрації.
4. Комп'ютер з програмами необхідними для створення тривимірних моделей ортопедичних конструкцій.

#### *VI. Методичні та демонстраційні матеріали*

1. Учбовий план та програма циклу тематичного удосконалення.
2. Календарний план.
3. Методична розробка.
4. Добірка ситуаційних задач.
5. Добірка таблиць, слайдів, схем.

*VII. Перелік професійних знань, практичних навичок та ступінь їх засвоєння*

№ п/п	Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
		ознай.	опан.	овол.
1.	Проведення інформаційного пошуку.			+
2.	Складання та проведення доповіді.			+
3.	Складання та розв'язання ситуаційних задач.			+
4.	Пошук та аналізування функціональних характеристик.		+	+

*VIII. Методи контролю опанування практичними навичками*

№ п/п	Назва практичних навичок	Метод контролю
1.	Проведення інформаційного пошуку.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
2.	Складання та проведення доповіді.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
3.	Складання та розв'язання ситуаційних задач.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
4.	Пошук та аналізування функціональних характеристик.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.

*IX. Методи контролю засвоєння професійних знань*

1. Перевірка викладачем проведеного інформаційного пошуку по темі заняття.
2. Заслуховування доповіді.
3. Самоконтроль слухача.
4. Перевірка результатів розв'язання ситуаційних завдань.
5. Комп'ютерний контроль.

*X. Основні теми рефератів*

№ п/п	НАЗВА ТЕМИ
1	Основні види магнітно-резонансних томографів, що використовуються в стоматології.
2	Характеристика магнітно-резонансних томографів закритого типу.
3	Характеристика магнітно-резонансних томографів відкритого типу.
4	Основні технічні характеристики та різновиди магнітно-резонансних томографів середньопольної потужності.
5	Основні технічні характеристики та різновиди магнітно-резонансних томографів високопольної потужності.
6	Основні технічні характеристики та різновиди магнітно-резонансних томографів ультрависокопольної потужності.

## Методична розробка семінарського заняття

### Тема 2: Сучасні матеріали та 3D технології, що використовуються в стоматології.

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із принципами дії, різновидами та основними моделями магнітно-резонансних томографів, що застосовуються під час діагностики .

*II. Тривалість заняття:* 2 години

*III. Об'єм повторної інформації – 20%*

*Об'єм нової інформації – 80%*

#### *IV. План проведення заняття*

№ п/п	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
1.	Вступне слово викладача про мету семінару.	5
2.	Заслуховування доповідей згідно тем по навчальним питанням.	55
3.	Розв'язування ситуаційних задач.	20
5.	Дискусія.	10
6.	Контрольне заповнення документації.	10
7.	Оцінка доповідей.	10
8.	Підсумок семінару.	10

#### *V. Умови для проведення заняття:*

- Учбова кімната.
- Тематичні таблиці, слайди, відеофільми.
- Апарати для демонстрації.
- Комп'ютер з програмами необхідними для створення тривимірних моделей ортопедичних конструкцій.

#### *VI. Методичні та демонстраційні матеріали*

- Учбовий план та програма циклу тематичного удосконалення.
- Календарний план.
- Методична розробка.
- Добірка ситуаційних задач.
- Добірка таблиць, слайдів, схем.



*VII. Перелік професійних знань, практичних навичок та ступінь їх засвоєння*

№ п/п	Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
		ознай	опан.	ово л.
1.	Проведення інформаційного пошуку.			+
2.	Складання та проведення доповіді.			+
3.	Складання та розв'язання ситуаційних задач.			+
4.	Пошук та аналізування функціональних характеристик.		+	+

*VIII. Методи контролю опанування практичними навичками*

№ п/п	Назва практичних навичок	Метод контролю
1.	Проведення інформаційного пошуку.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
2.	Складання та проведення доповіді.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
3.	Складання та розв'язання ситуаційних задач.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
4.	Пошук та аналізування функціональних характеристик.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.

*IX. Методи контролю засвоєння професійних знань*

1. Перевірка викладачем проведеного інформаційного пошуку по темі заняття.
2. Заслуховування доповіді.
3. Самоконтроль слухача.
4. Перевірка результатів розв'язання ситуаційних завдань.
5. Комп'ютерний контроль.

*X. Основні теми рефератів*

№ п/п	НАЗВА ТЕМИ
1	Порівняння доз рентгенівського опромінення при стоматологічних дослідженнях
2	Порівняння методів комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії
3	Порівняння характеристик сучасних високоточних томографів
4	3D друк стоматологія – 3D технології – майбутнє стоматології та протезування
5	Ортопедична стоматологія: що можна друкувати на 3D принтері та його переваги.

## Методична розробка семінарського заняття

### Тема 3: Фрезерувально-верстатні технології 3D-друку.

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із основними моделями фрезерувального обладнання, пояснити основні принципи дії та відмінності між фрезерувальними станками.

*II. Тривалість заняття:* 2 години

*III. Об'єм повторної інформації – 20%*

*Об'єм нової інформації – 80%*

#### *IV. План проведення заняття*

№ п/п	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
1.	Вступне слово викладача про мету семінару.	5
2.	Заслуховування доповідей згідно тем по учбовим питанням.	55
3.	Розв'язування ситуаційних задач.	20
5.	Дискусія.	10
6.	Контрольне заповнення документації.	10
7.	Оцінка доповідей.	10
8.	Підсумок семінару.	10

#### *V. УМОВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ*

- Учбова кімната.
- Тематичні таблиці, слайди, відеофільми.
- Апарати для демонстрації.
- Комп'ютер з програмами необхідними для створення тривимірних моделей ортопедичних конструкцій.

#### *VI. МЕТОДИЧНІ ТА ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ*

- Учбовий план та програма тематичного циклу
- Календарний план.
- Методична розробка.
- Добірка ситуаційних задач.
- Добірка таблиць, слайдів, схем.

*VII. Перелік професійних знань, практичних навичок та ступінь їх засвоєння*

№ п/п	Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
		ознай	опан	овол.
1.	Проведення інформаційного пошуку.			+
2.	Складання та проведення доповіді.			+
3.	Складання та розв'язання ситуаційних задач.			+
4.	Пошук та аналізування функціональних характеристик.		+	+

*VIII. Методи контролю опанування практичними навичками*

№ п/п	Назва практичних навичок	Метод контролю
1.	Проведення інформаційного пошуку.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
2.	Складання та проведення доповіді.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
3.	Складання та розв'язання ситуаційних задач.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
4.	Пошук та аналізування функціональних характеристик.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.

*IX. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЗАСВОЄННЯ ПРОФЕСІЙНИХ ЗНАНЬ*

- Перевірка викладачем проведеного інформаційного пошуку по темі заняття.
- Заслуховування доповіді.
- Самоконтроль слухача.
- Перевірка результатів розв'язання ситуаційних завдань.
- Комп'ютерний контроль.

*X. Основні теми рефератів:*

№ п/п	НАЗВА ТЕМИ
1	Настільні фрезерувальні станки.
2	Настільні фрезерувальні станки.
3	3D-фрезер Zenotec mini
4	3D-фрезер Zenotec Select

#### Тема 4: Пакети програм для створення 3D-графіки.

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із програмним забезпеченням та оволодіти навиками роботи в різноманітних програмних інтерфейсах для побудови 3-D зображень ортопедичних конструкцій.

*II. Тривалість заняття:* 2 години

*III. Об'єм повторної інформації – 20%*

*Об'єм нової інформації – 80%*

#### *IV. План проведення заняття*

№ п/п	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
1.	Вступне слово викладача про мету семінару.	5
2.	Заслуховування доповідей згідно тем по учбовим питанням.	55
3.	Розв'язування ситуаційних задач.	20
5.	Дискусія.	10
6.	Контрольне заповнення документації.	10
7.	Оцінка доповідей.	10
8.	Підсумок семінару.	10

#### *V. Умови для проведення заняття*

- Учбова кімната.
- Тематичні таблиці, слайди, відеофільми.
- Апарати для демонстрації.
- Комп'ютер з програмами необхідними для створення тривимірних моделей ортопедичних конструкцій.

#### *VI. Методичні та демонстраційні матеріали*

- Учбовий план та програма циклу тематичного удосконалення.
- Календарний план.
- Методична розробка.
- Добірка ситуаційних задач.
- Добірка таблиць, слайдів, схем.

#### *VII. Перелік професійних знань, практичних навичок та ступінь їх засвоєння*

№	Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння
---	--------------------------	-------------------

п/п				
		ознай	опан	овол.
1.	Проведення інформаційного пошуку.			+
2.	Складання та проведення доповіді.			+
3.	Складання та розв'язання ситуаційних задач.			+
4.	Пошук та аналізування функціональних характеристик.		+	+

### *VIII. Методи контролю опанування практичними навичками*

№ п/п	Назва практичних навичок	Метод контролю
1.	Проведення інформаційного пошуку.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
2.	Складання та проведення доповіді.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
3.	Складання та розв'язання ситуаційних задач.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
4.	Пошук та аналізування функціональних характеристик.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.

### *IX. Методи контролю засвоєння професійних знань*

- Перевірка викладачем проведеного інформаційного пошуку по темі заняття.
- Заслуховування доповіді.
- Самоконтроль слухача.
- Перевірка результатів розв'язання ситуаційних завдань.
- Комп'ютерний контроль.

### *X. Основні теми рефератів*

№ п/п	НАЗВА ТЕМИ
1	Основні принципи роботи програмного забезпечення 3-D технологій.
2	Системи автоматизованого проектування.
3	Системи автоматизованого виробництва.
4	Різновиди програм для створення 3-D графіки.
5	Комп'ютерна технологія CEREC.

**Методична розробка семінара**

## Тема 5: Методи та матеріали, що застосовуються для 3-D друку.

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із сучасними методами та матеріалами, які використовуються для виготовлення ортопедичних конструкцій.

*II. Тривалість заняття:* 2 години

*III. Об'єм повторної інформації – 20%*

*Об'єм нової інформації – 80%*

### *IV. План проведення заняття*

№ п/п	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
1.	Вступне слово викладача про мету семінару.	5
2.	Заслуховування доповідей згідно тем по учбовим питанням.	55
3.	Розв'язування ситуаційних задач.	20
5.	Дискусія.	10
6.	Контрольне заповнення документації.	10
7.	Оцінка доповідей.	10
8.	Підсумок семінару.	10

### *V. Умови для проведення заняття*

- Учбова кімната.
- Тематичні таблиці, слайди, відеофільми.
- Апарати для демонстрації.
- Комп'ютер з програмами необхідними для створення тривимірних моделей ортопедичних конструкцій.

### *VI. Методичні та демонстраційні матеріали*

- Учбовий план та програма циклу тематичного удосконалення.
- Календарний план.
- Методична розробка.
- Добірка ситуаційних задач.
- Добірка таблиць, слайдів, схем.



*VII. Перелік професійних знань, практичних навичок та ступінь їх засвоєння*

№ п/п	Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
		ознай	опан	овол.
1.	Проведення інформаційного пошуку.			+
2.	Складання та проведення доповіді.			+
3.	Складання та розв'язання ситуаційних задач.			+
4.	Пошук та аналізування функціональних характеристик.		+	+

*VIII. Методи контролю опанування практичними навичками*

№ п/п	Назва практичних навичок	Метод контролю
1.	Проведення інформаційного пошуку.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
2.	Складання та проведення доповіді.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
3.	Складання та розв'язання ситуаційних задач.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.
4.	Пошук та аналізування функціональних характеристик.	Опитування, тестовий контроль, практична перевірка.

*IX. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЗАСВОЄННЯ ПРОФЕСІЙНИХ ЗНАНЬ*

- Перевірка викладачем проведеного інформаційного пошуку по темі заняття.
- Заслуховування доповіді.
- Самоконтроль слухача.
- Перевірка результатів розв'язання ситуаційних завдань.
- Комп'ютерний контроль.

*X. Основні теми рефератів*

№	НАЗВА ТЕМИ
---	------------

п/п	
1	Виробництво методом плавлення нитки (FFF).
2	Стереолітографія (SLA).
3	Цифрова світлодіодна проекція (DLP).
4	Плавка порошків (полімери) – SLS.
5	Плавка порошків (метали) – DMLS/SLM, EBM.

### РОЗДІЛ 3. Матеріал до практичних занять для слухачів

#### Методична розробка практичного заняття

**Тема 1: Метод селективного лазерного спікання або лазерного 3D-друку та метод пошарового наплавлення або струменевий 3D-друк.**

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із сучасними методами виготовлення 3-D технологій.

*II. Тривалість заняття – 5 годин*

*III. Об'єм повторної інформації – 20%*

*Об'єм нової інформації – 80%*

*IV. План проведення заняття*

Код	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
	I. Вступне слово викладача про мету заняття.	10 хв.
01	II. Визначення обсягу теоретичних знань з теми: <i>Прогресивний розвиток сучасних технологій в ортопедичній стоматології.</i>	110 хв.
02	<i>Поява та розвиток 3-D друку.</i>	
03	<i>Метод селективного лазерного спікання або лазерного 3D-друку.</i>	
04	<i>Моделювання методом пошарового наплавлення або струменевого 3D-друку.</i>	
	Контрольні запитання:	
05	<i>Основні принципи дії 3-D технологій.</i>	
06	<i>Що являє собою метод пошарового лазерного спікання?</i>	
07	<i>На чому базується метод селективного лазерного спікання?</i>	
08	<i>Як працює технологія струменевого 3D-друку?</i>	
09	<i>Визначення поняття та принципу дії лазерної стереолітографії.</i>	
10	<i>Визначення поняття та принципу дії селективного лазерного спікання порошкових матеріалів.</i>	
	III. Прийом пацієнтів (самостійна робота під керівництвом викладача – 50%).	120 хв.
	IV. Проведення самоконтролю та заповнення документації.	45 хв.
	V. Проведення підсумку заняття разом із викладачем.	15 хв.

*VI. Перелік професійних знань, практичних навичок та ступінь їх засвоєння слухачами*

№ П/П	Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
		Ознай.	Опан.	Овол.
1	Прогресивний розвиток сучасних технологій в ортопедичній стоматології..	+	+	
2	Поява та розвиток 3-D друку.	+	+	
3	Метод селективного лазерного спікання або лазерного 3D-друку.	+	+	
4	Моделювання методом пошарового наплавлення або струменевого 3D-друку	+	+	

*VII. Методи контролю опанування практичними навичками*

№	Назва практичних навичок	Метод контролю
1	Контроль викладача за діями слухача при клінічному обстеженні хворого	+
2	Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій та якості заповнення документації	+

*VIII. Умови для проведення заняття*

- Тематичні хворі.
- Інструментарій для обстеження пацієнтів.
- Мікростенди.
- Слайди.

*IX. Методичні матеріали для проведення заняття*

- Календарний план.
- Навчальна програма.
- Методичні розробки заняття.
- Журнал обліку відвідування занять та успішності.
- Ситуаційні задачі та тести з теми заняття.

*X. Короткий зміст заняття*

**Метод селективного лазерного спікання або лазерного 3D-друку**

На початку 80-х гг. минулого століття в Техаському університеті, м. Остін (США), доцент, а потім професор Джозеф Біман (Joseph J. Veaman) та студент-магістрант Карл Декард (Carl R. Decard) за сприяння та підтримки Агентства передових оборонних дослідницьких проєктів, Національного наукового фонду США та Остинського машинобудівного департаменту Техаського університету розробили технологію селективного лазерного спікання матеріалів (Selective Laser Sintering, або SLS). Для виконання робіт

вони використовували лазер потужністю 2 Вт, сканер, а також примітивний 8-бітний комп'ютер Commodore із ОЗУ 4 кб та процесором на частоту 1 МГц. Для регулювання потужності лазерного променя К. Декарт склав на Бейсику власну програму синхронізації комп'ютера та джерела живлення лазера. У травні 1986 р. Декарт отримав ступінь магістра і залишився в університеті як аспірант. Патент США № 4863538 з пріоритетом від 17 жовтня 1986 р. на цю технологію було отримано Карлом Декардом 5 вересня 1989 р. Через деякий час Карл Декард і Джозеф Біман вирішили заснувати власну компанію, яка мала розробити дизайн і почати виробляти SLS-пристрої. SLS, або вибіркоче лазерне спікання, - метод адитивного виробництва, що використовується для створення функціональних прототипів та дрібних партій готових виробів. Технологія ґрунтується на послідовному спіканні шарів порошкового матеріалу за допомогою лазерів високої потужності. Лазерне спікання схоже за своїм принципом на стереолітографію, але замість рідкого полімеру промінь лазера спрямований на поверхню з рівномірно розподіленим шаром пластикової пудри, і по ходу руху він перетворює пудру на твердий пластик. Важлива перевага даного методу в тому, що пудра може бути не тільки пластикова, а й, наприклад, металева. У 1988 р. компанії Nova Automation, заснованої на впровадження методу, вдалося знайти інвестора від імені Goodrich Corp. Цього ж року Nova Automation була перейменована на DTM Corp. У 1992 р. компанія DTM випустила на ринок верстат, що працює за технологією селективного лазерного спікання. У цьому ж році компанія придбала Nico Western Products Co. права на використання технології побудови об'єкта за допомогою піску та цементу - вона була необхідна DTM для виходу та утримання позицій на ринку. DTM вдалося створити кілька моделей SLS-пристроїв; компанія Goodrich Corp. продовжила інвестувати розробку.

У 1999 р. DTM частково продали групі приватних інвесторів ProActive Finance, а в 2001 р. компанія була повністю викуплена компанією 3D-Systems, що конкурувала, яка займалася розробками стереолітографії (іншої технології 3D-друку). Маючи у своєму розпорядженні дві технології 3D-друку, компанія 3D-Systems і тепер залишається лідером-монополістом на ринку, і її єдиним конкурентом є компанія Stratasys Inc., що володіє технологією струменевого 3D-друку.

### **Моделювання методом пошарового наплавлення або струминного 3D-друку**

Технологію моделювання методом пошарового наплавлення (Fused Deposition Modeling, або FDM) було винайдено Скоттом Крампом (S. Scott Crump), який у 1988 р. запатентував метод 3D-струминного друку. У 1990 р. він разом із дружиною Лізою Крамп стали авторами одного із способів 3D-друку – моделювання методом наплавлення. Наступного року Скотт та Ліза Крамп заснували компанію Stratasys. У 1991 р. було налагоджено промислове виробництво верстатів - FDM-принтерів. У 1992 році компанія продала свій перший верстат 3D Modeler. Наприкінці 80-х років. минулого століття у Китаї розробили технологію Melted and Extruded Manufacturing, або MEM, що нагадує FDM, але названу інакше у зв'язку з вимогами патентного

законодавства. Сучасна історія 3D-принтерів розпочалася 1993 р., коли було створено компанію *Solidscapе* для виробництва струменевих принтерів — попередників 3D-принтерів. У 1993 р. у Массачусетському технологічному інституті (США) студентами Джимом Бредтом та Тімом Андерсоном було винайдено та запатентовано ще одну технологію 3D-друку. Вона отримала назву «технологія тривимірної друку» і була подібна до технології струминного друку, яка використовується в традиційних 2D-термоструминних принтерах.

Спочатку технологія створення тривимірних об'єктів називалася швидким прототипуванням. Вираз «3D-друк» було запропоновано Джимом Бредтом і Тімом Андерсоном в 1995 р., коли вони модифікували плоский струменевий принтер так, що він виводив зображення не на папір, а в спеціальну ємність і робив їх об'ємними. Метод пошарового наплавлення створює тривимірні форми не за допомогою лазерного променя, а за допомогою видавлювання струменя нагрітого рідкого пластика. В даний час моделювання методом наплавлення — один з найпоширеніших способів 3D-друку, тим паче що патент С. Крампа припинив дію в 2009 р. В основі технології лежить струменевий друк, який виконує блок головок по порошку на гіпсовій основі. Три головки такого Z-принтера відповідають за формування кольору майбутньої моделі, а четверта містить прозорий клей, що забезпечує пошарове склеювання частинок порошку.

Ця технологія широко застосовується для промислового 3D-моделювання, хоч і не позбавлена низки недоліків, головний з яких — низька міцність моделі та необхідність її обробки після виготовлення. Наступним етапом розвитку 3D-прототипування стала поява у 2000 р. технології фотополімерного струменевого друку *PolyJet*.

Суть її полягає в тому, що головка принтера наносить шар фотополімеру, який твердне під дією ультрафіолету. Ця технологія та обладнання значно дешевші, до того ж дозволяють виробляти 3D-друк не лише моделей, а й готових виробів з дуже високою точністю. Принтери, що випускаються під маркою *PolyJet*, в даний час найбільш доступні за ціною, і їх цілком можна віднести до звичайного офісного обладнання.

У 1995 р. компанія *Z Corporation* отримала від Массачусетського технологічного інституту патент на використання технології та розпочала виробництво 3D-принтерів на базі 3DP-технологій.

Тепер патент на цей винахід використовують компанії *Z Corporation* (Створена Дж. Бредтом і Т. Андерсоном) та *ExOne*. Ця технологія використовується і сьогодні у 3D-принтерах *ZCorp*.

## *XI. Методи контролю базових знань*

- Перевірка базових знань за темою (опитування, тестовий контроль).
- Самоконтроль слухача.
- Контроль викладача за діями лікаря при клінічному обстеженні хворого.
- Перевірка правильності вибору методу та обсягу ортопедичного лікування.

- Безпосередній, самостійний прийом пацієнтів.
  - Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій.
- Перевірка викладачем якості заповнення документації.

*XII. Характер і обсяг позааудиторної навчальної роботи:*

1. Самостійне вивчення літератури по темі.
2. Підготовка до клінічного розбору пацієнта.
3. Складання ситуаційних задач, кросвордів, тестових питань з урахуванням набутого досвіду.
4. Написання рефератів, доповідей, статті.
5. Робота над тематичною картотекою.

**Методична розробка практичного заняття**

**Тема 2: Основні витратні матеріали.**

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із сучасними матеріалами, що використовуються для виготовлення ортопедичних конструкцій з використанням 3-D технологій.

*II. Тривалість заняття* – 5 годин

*III. Об'єм повторної інформації* – 20%

*Об'єм нової інформації* – 80%

*IV. План проведення заняття*

Код	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
	I. Вступне слово викладача про мету заняття.	5 хв.
01	II. Визначення обсягу теоретичних знань з теми: <i>Загальні відомості та вимоги до матеріалів, що використовуються в ортопедичній стоматології.</i>	115 хв.
	<i>Основні матеріали.</i>	
02	<i>ABS-пластик.</i>	
03	<i>PLA-пластик.</i>	
04	<i>PVA-пластик.</i>	
05	<i>Фотополімери.</i>	
06	<i>Поліетилен низького тиску.</i>	
07	<i>Поліпропілен.</i>	
08	<i>Поліетилентерефталат.</i>	
09	<i>Поліфенілсульфон.</i>	
10	<i>Полікарбонат.</i>	
11	<i>Полікапролактон.</i>	
12	<i>Нейлон.</i>	
13	<i>Поліметилметакрилат.</i>	
14	<i>Металеві порошки та композитні матеріали.</i>	
15	<i>Допоміжні матеріали.</i>	
16	<i>Спреї для 3-D сканування.</i>	
17	Контрольні запитання: <i>Дати характеристику сучасних матеріалів, що застосовуються в 3-D апаратах.</i>	
18	<i>Які особливості, переваги та недоліки ABS-пластику?</i>	
19	<i>Які особливості, переваги та недоліки PLA-пластику?</i>	
20	<i>Які особливості, переваги та недоліки PVA-пластику?</i>	
21	<i>Які особливості, переваги та недоліки фотополімерів?</i>	
22	<i>Які особливості, переваги та недоліки нейлонів?</i>	
23	<i>Які особливості, переваги та недоліки поліметилметакрилатів?</i>	
24		



25	<i>Особливості використання спреїв для 3-D сканування.</i>	
	III. Прийом пацієнтів (самостійна робота під керівництвом викладача – 50%).	120 хв.
	IV. Проведення самоконтролю та заповнення документації.	45 хв.
	V. Проведення підсумку заняття разом із викладачем.	15 хв.

#### *VI. ПЕРЕЛІК ПРОФЕСІЙНИХ ЗНАТЬ, ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК ТА СТУПІНЬ ЇХ ЗАСВОЄННЯ СЛУХАЧАМИ*

№ п/п	Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
		ознай.	опан.	овол.
1	Засвоєння обсягу теоретичних знань з теми	+	+	
2	Дати характеристику сучасних матеріалів, що застосовуються в 3-D апаратах.	+	+	
3	Порівняти недоліки і переваги матеріалів, які застосовуються в 3-D апаратах	+	+	

#### *VII. Методи контролю опанування практичними навичками*

№ п/п	Назва практичних навичок	Метод контролю
1	Контроль викладача за діями слухача при клінічному обстеженні хворого	+
2	Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій та якості заповнення документації	+

#### *VIII. Умови для проведення заняття*

- Тематичні хворі.
- Інструментарій для обстеження пацієнтів.
- Мікростенди.
- Слайди.

#### *IX. Методичні матеріали для проведення заняття*

- Календарний план.
- Навчальна програма.
- Методичні розробки заняття.
- Журнал обліку відвідування занять та успішності.
- Ситуаційні задачі та тести з теми заняття.

#### *X. Короткий зміст заняття*

**Матеріали,  
що використовуються для виготовлення  
зубних протезів по 3d-технологій**

Для медичних цілей широко використовують полімерні матеріали загальнотехнічного або спеціального призначення. Крім загальнотехнічних вимог (температура плавлення, міцність, зносостійкість та ін.) до полімерних матеріалів медичного призначення, і особливо стоматологічного призначення, пред'являються додаткові санітарно-гігієнічні вимоги: це мінімальна взаємодія з біологічно активними середовищами, відсутність токсичних властивостей, низька розчинність, мінімальні сорбуючі властивості та ін.. Спеціальні полімерні матеріали медичного призначення призначені для безпосереднього контакту з живим організмом. Основу таких матеріалів складають синтетичні і природні високомолекулярні сполуки, що не роблять на живий організм шкідливого впливу. Найбільш широке застосування в медицині знаходять полімерні матеріали на основі полівінілхлориду, сополімерів стиролу, поліпропілену, поліметилметакрилату, поліуретанів та ін. За характером взаємодії з біологічними тканинами і органами полімерні матеріали умовно поділяють на біологічно інертні, сумісні та активні.

Біологічно інертні полімерні матеріали (поліетилен, поліпропілен, фторопласт, силікони, поліметилметакрилат і ін.) практично не змінюють своїх властивостей під впливом середовищ живого організму.

Біологічно сумісні полімерні матеріали здатні поступово піддаватися розкладанню або розчиненню в біологічних середовищах, що дозволяє без наслідків для організму пацієнта здійснювати відновлювальні хірургічні операції.

Біологічно активні полімерні матеріали володіють фізіологічною активністю завдяки лікарським препаратам, що містяться в них у вигляді компонента-наповнювача.

### **Основні витратні матеріали**

#### **ABS-пластик**

Найпопулярнішим витратним матеріалом є ABS-пластик (АБС-пластик). Такий пластик не має запаху, він не токсичний, ударостійкий та еластичний.

ABS-пластик (Акрилонітрілбутадієнстірол) отримують з нафтопродуктів. Він досить міцний, твердий, жорсткий, з цієї причини широко застосовується в автомобільній промисловості, у виробництві побутових приладів, в канцелярії, у виготовленні дитячих іграшок, в медичному обладнанні та ін.

При 3D-друку з ABS-пластика цей матеріал дає досить сильну усадку. Через нерівномірне охолодження виробу можливе зростання внутрішньої напруги, що може привести до деформації виробу або утворення тріщин.

Мінімізувати цей ефект дозволяє платформа з підігрівом і закрита робоча камера 3D-принтера, але навіть в цьому випадку ефект усадки буде в тій чи іншій мірі виражений.

Особлива структура цього виду витратного матеріалу дозволяє витримувати високі механічні навантаження. Пластик відноситься до ударостійкої групи, і якщо порівняти ABS-пластик з полістиролом, то перший в значній мірі переверщує інші аналоги в плані механічної міцності і жорсткості.

Переваги ABS-пластика:

- непрозорий (хоча є і прозора модифікація).

- забарвлюється в різні кольори;

- володіє підвищеною стійкістю до ударів і еластичністю;
- нетоксичний;
- довговічний;
- має стійкість до лугів і миючих засобів;
- володіє маслом, волого-і кислотостійкістю.

Цей матеріал можна також використовувати для нанесення гальванічних покриттів, в сфері вакуумної металізації і навіть для спайки контактів. Він відмінно підходить для зварювання або точного лиття.

Матеріал має високу розмірної стабільності. Роздруковані об'єкти мають блискучу поверхню (рівень блиску можна регулювати).

Серед величезного списку переваг можна відзначити стійкість до лугів, мастил, кислот, деяких вуглеводнів, жирів і навіть бензину. Однак він прекрасно розчиняється в ацетоні, ефірі, бензолі, етилхлориді, етиленхлориді, аніліні та анізолі. Це дозволяє обробляти вироби з ABS-пластика, прибирати пошаровість, отримувати рівну і гладку поверхню.

Основний недолік - чутливість до впливу ультрафіолетових променів і атмосферного впливу. Даний матеріал характеризується низьким рівнем електроізоляції.

Надходить в роздрібний продаж у вигляді порошку або тонких пластикових ниток, намотаних на бобіни.

### **PLA-пластик**

PLA-пластик, або полілактид, є найбільш екологічно чистим і придатним матеріалом для 3D-друку. PLA-пластик володіє найменшим рівнем токсичності. Даний вид пластика є термопластичним поліефіром, який створюється з рослинної сировини - біологічних відходів (цукрових буряків або силосу кукурудзи). Його мономером є молочна кислота.

Роздруковані об'єкти мають відмінний рівень ковзання, з такого пластика можна виробляти навіть підшипники ковзання. Недоліком полілактиду є недовговічність і поступове розкладання.

PLA-пластик близький до ABS-пластику, але має меншу температуру плавлення і не схильний до температурної деформації, дає меншу усадку, що робить PLA-пластик чудовим матеріалом для 3D-друку великих виробів.

Для підвищення міцності виробу полілактид можна змішати з ABS-пластиком. Якщо необхідно розплавити PLA-пластик, то досить помістити модель в ультразвукову ванну, наповнену водою з невеликою кількістю каустичної соди. Ще простіше розплавити - помістити об'єкт у воду при температурі близько 80 ° C.

Пластик розпадається під впливом насичених лужних розчинів, що дозволяє використовувати його в якості альтернативного матеріалу підтримки при 3D-друку складних виробів на принтерах, обладнаних двома екструдерами (друкуючих головок).

### **PVA-пластик**

PVA-пластик, водний розчин полівінілацетату, відомого в побуті як клей ПВА.

Відмінною особливістю цього матеріалу є хороша розчинність в воді. Його основне призначення - роль підтримки в процесі створення об'єктів з унікальним дизайном.

### **Фотополімери**

Популярним витратним матеріалом для сучасних 3D-принтерів є фотополімери, що змінюють форму під впливом сонячного світла. Вони можуть бути рідкими або твердими. Такий витратний матеріал застосовується для друку на принтерах SLA і PJET. Об'єкти, роздруковані за допомогою фотополімерів, мають високу міцність, стійкість до сонячного світла та води.

До фотополімерів відносяться і так звані фотополімерні смоли, загальною властивістю яких є зміна агрегатного стану під впливом ультрафіолетового світла.

Моделі з таких смол відрізняються високою міцністю, світло- і вологостійкістю; вихідні матеріали спочатку можуть перебувати як в рідкому, так і в твердому стані. Використовуються в стереолітографічних 3D-принтерах.

### **Поліетилен низького тиску**

Поліетилен низького тиску, або поліетилен високої щільності (High Density Polyethylene, або HDPE, PE-HD),  $[-CH_2-CH_2-]$  - термопластичний полімер етилену, один з найдешевших і розповсюджених пластиків в світі. Саме з нього робляться пластикові пляшки, пакувальні пакети, ємності, труби, плівки та ін.

Особливо зручний тим, що фізичні і хімічні властивості даного матеріалу дозволяють використовувати його в будь-якій з технологій 3D-друку.

### **Поліпропілен**

Поліпропілен (PP),  $[-CH_2CH(CH_3)-]$ , отримують полімеризацією мономера пропілену в присутності металоорганічних каталізаторів. Поліпропілен - найлегший пластик з нині існуючих, за властивостями схожий на поліетилен. Відрізняється від нього високою чутливістю до активного кисню і сонячного світла, а також низькою морозостійкістю (експлуатація виробів з поліпропілену при температурі нижче  $-5^\circ C$  небажана). Краще переносить високі температури і більш стійкий до стирання.

Поліпропілен розчиняється тільки при підвищених температурах в сильних розчинниках: хлорованих ароматичних вуглецевих, стійкий до кислот і лугів, окремі марки допущені до контакту з харчовими продуктами і для виробництва виробів медико-біологічного призначення.

### **Поліетилентерефталат**

Поліетилентерефталат (PETF, ПЕТФ, PET, ПЕТ), побутова назва «лавсан», «поліестер», - матеріал, який використовується для виробництва харчової та медичної тари.

ПЕТФ відрізняється високою зносостійкістю та великим робочим діапазоном температур від  $-40$  до  $+75^\circ C$ . Матеріал легко піддається механічній обробці. Мале водопоглинання обумовлює високу стабільність властивостей і розмірів виробів. Вироби з ПЕТФ стійкі до удару і розтріскування, дії розбавлених кислот, масел, спиртів, мінеральних солей і більшості органічних сполук, за винятком сильних лугів і деяких розчинників. ПЕТФ мінімально адсорбує запахи.

Друк з використанням ПЕТФ досить складний через порівняно високу температуру плавлення, що досягає  $260^\circ C$ , і значну усадку при охолодженні, що

досягає 2%. Використання ПЕТФ в якості витратного матеріалу вимагає приблизно тих же умов, що і друк ABS-пластиком.

Для досягнення прозорості моделей необхідно швидке охолодження при проходженні порогу склування, що становить 70-80 ° С.

### **Поліфенілсульфон**

Поліфенілсульфон (PPSU) - високоміцний термопластик, має цілий комплекс позитивних властивостей (термостійкий, практично негорючий, стійкий до всіляких хімічних і механічних пошкоджень), завдяки чому успішно використовується в електротехніці, а також в авіаційній і космічній промисловості при виготовленні теплостійких деталей. Прозорий, міцний (міцніше латуні), допускає стерилізацію паром, тому широко застосовується для виробництва медичного інструменту і устаткування.

Діапазон експлуатаційних температур становить від -50 до +180 ° С. Пластик стійкий до впливу розчинників і паливно-мастильних матеріалів.

Поліфенілсульфон рідко використовується в 3D-друку через високу температуру плавлення, що досягає 370 ° С. Такі температури екструзії не під силу більшості настільних принтерів, хоча друк і можливий при використанні керамічних сопел.

### **Полікарбонат**

Полікарбонати (PC) - основний полімер полібісфенол-А-карбонату, складні поліефіри вугільної кислоти і дигідроксиз'єднань загальної формули [-ORO-C(O)-], де R - ароматичний або аліфатичний залишок. Полікарбонат - легкий і міцний прозорий матеріал, вироби з якого прекрасно переносять температури від -40 до +120 ° С, широко використовується при виробництві захисного спорядження (каски, окуляри) і освітлювального обладнання. Незважаючи на високу температуру плавлення (близько 300 ° С), дуже зручний для екструзії. Полікарбонат має високу хімічну стійкість до більшості неінертних речовин, що дає можливість застосовувати його в агресивних середовищах. Його властивості майже не змінюються зі збільшенням температури.

Полікарбонат дуже сприйнятливий до дії ультрафіолетових променів. За екологічними параметрами полікарбонат не поступається склу, а по міцності помітно його перевершує. Полікарбонат біологічно інертний і придатний для виготовлення посуду, але процес виробництва досить складний і відбувається з виділенням шкідливих речовин.

### **Полікапролактон**

Полікапролактон (PCL, поліморфус, shapelock) - біорозчинний поліефір, володіє унікально низькою температурою плавлення (59-64 ° С) і високою швидкістю застигання, що робить його відмінним матеріалом для швидкого 3D-друку. При охолодженні до кімнатної температури пластик твердне і набуває властивостей звичайної пластмаси: стає твердим, міцним і не ламким.

У незабарвленому стані при нагріванні стає прозорим. Матеріал ідеально підходить відразу кількома технологіями 3D-друку (FDM, SLS, ZCorp).

Полікапролактон легко розкладається в людському організмі і абсолютно нешкідливий для здоров'я. Використовується в медицині як шовний та біоматеріал

що імплантується, а також для виготовлення капсул лікарських препаратів (оболонки контрольованого вивільнення).

### **Нейлон**

Нейлон (Nylon) - загальна назва матеріалів і волокон з поліаміду (Polyamide). Волокна з поліамідних матеріалів стійкі до стирання і є одними з найміцніших на розрив. Нейлон схожий на популярний витратний матеріал ABS- і PLA-пластик. Однак він має кращий опір високій температурі друку (до 320 ° C) і здатний добре вбирати вологу. Недоліком нейлону є більш високий термін застигання. Нейлон вважається токсичним матеріалом, тому вимагає відкачування повітря з екструдера при друку. Даний вид витратного матеріалу відмінно підходить для друку шестерень, важелів і запчастин для медичних апаратів. Останнім часом часто використовують такий матеріал, як Nylon 618, який володіє набагато меншою токсичністю.

У ортопедичній стоматології нейлон застосовують при виготовленні еластичних знімних зубних протезів. Матеріал володіє високою стабільністю і еластичністю, рідко викликає алергічні реакції в організмі людини. Нейлон не гігроскопічний, не вбирає запахи, тому протези з нього не сприяють накопиченню і розмноженню мікроорганізмів.

Високоміцна нейлонова нитка Taulman3D дозволяє створювати дуже міцні об'єкти, що використовуються в тому числі для регенерації і заміни кістки, для створення індивідуальних протезів.

Низькотемпературний і високоміцний пластик T-Glase спеціально призначений для використання в низькотемпературних 3D-принтерах. T-Glase - жорсткий і міцний матеріал прозорого кольору. Пластик майже не схильний до деформації, що робить можливим друк великих об'єктів. T-Glase сертифікований і схвалений для використання в предметах, що контактують з їжею, зокрема тарілках і чашках. Пластик друкує моделі з ідеальною текстурою поверхні. Гарна адгезія з платформою без підігрівання дозволяє використовувати його для друку в будь-якому екструдерному принтері.

### **Поліметилметакрилат**

Поліметилметакрилат (ПММА), або акрил (acrylic), органічне скло. Хімічна формула  $[-CH_2C(CH_3)(COOCH_3)-]_n$ .

Матеріал міцний, вологостійкий, екологічний, пластичний і стійкий до впливу прямого сонячного світла, легко піддається склеюванню.

Поліметилметакрилат використовується в 3D-друку для створення прозорих моделей. Необхідно враховувати, що для даного матеріалу характерна більш висока температура плавлення, ніж для ABS-пластика, він дуже швидко застигає і твердне. У розігрітому поліметилметакрилаті з'являється безліч дрібних повітряних бульбашок, які можуть викликати візуальні спотворення готового виробу.

Поліметилметакрилат в силу багатьох причин погано підходить для FDM / FFF-друку. При зберіганні у вигляді котушок з ниткою він поступово руйнується. Щоб уникнути утворення бульбашок розподільна здатність друку повинна бути високою. Швидке застигання акрилу вимагає жорсткого кліматичного контролю робочої камери й швидкості друку.

Найкращі результати з поліметилметакрилатом дає інша технологія друку - багатоструменеве моделювання (MJM) від компанії 3D Systems. В даному випадку застосовується фотополімерний варіант акрилу. Значних успіхів досягла і компанія Stratasys, що використовує власний фотополімерний імітатор акрилу VeroClear на принтерах марки Objet Eden.

### **Металеві порошки та композитні матеріали**

Металеві порошки та композитні матеріали на їх основі часто використовують в 3D-друку. В якості вихідного матеріалу застосовують золото, мідь, алюміній або сплави металів.

Навіть пластик ABS не може імітувати блиск справжнього металу. Дані види витратних матеріалів широко застосовують в ювелірній справі. Моделі з металу мають більш високу міцність, ніж виготовлені з інших видів витратних матеріалів для 3D-принтерів.

Металеві моделі не завжди мають високу хімічну стійкість, мають високу теплопровідність, тому в металевий порошок для 3D-друку часто додають скловолоконні та керамічні наповнювачі.

Каркаси зубних протезів та коронок можуть бути пошарово вирощені з порошкових або рідких біосумісних композитних матеріалів або виготовлені з кобальтохромового сплаву або оксиду алюмінію методом лазерного спікання гранул пудри. На готовий каркас напильється шар металу або кераміки, після чого протез готовий до використання.

Нержавіючу сталь StainlessSteel PH1 використовують для 3D-друку за технологією Direct Metal Laser Sintering або прямого лазерного спікання металів (DLMS) як основний і найбільш універсальний матеріал. У початковому стані це дрібний порошок, який під дією випромінювання потужного лазера перетворюється в повноцінну сталь.

Нержавіюча сталь StainlessSteel PH1 характеризується високою корозійною стійкістю і відмінними механічними характеристиками. Матеріал застосовують в медицині, літакобудуванні та ін.

Об'єкти, виготовлені з нержавіючої сталі PH1, можуть бути потім оброблені на механічних, піскоструминних та електроерозійних верстатах, зварені, відполіровані або покриті іншим матеріалом.

### **Допоміжні витратні матеріали**

#### **Спреї для 3D-сканування**

При скануванні предметів важливо мати рівномірну і невідблискуючу поверхню. Для цього використовують спеціальні спреї. Спрей придатний також для виявлення прихованих дефектів поверхні. Покриття виходить рівномірно-білим, швидко сохне легко змивається.

Як спрей-аерозоллю використовують спрей під назвою «Проявник U89» або D100 для капілярного контролю серії «НОРД-ТЕСТ» (Nord-Test) або Dudl-Chek.

Ці види спреїв виробляють компанії Helling GmbH, Німеччина (U89), і Sherdwin Babb Co, Франція (D100).

У балончику знаходиться ультрадисперсний білий порошок у спиртовмісній основі, що не містить ароматичних добавок.

Проявники використовують при 3D-лазерному скануванні як антибліковий засіб.

Області застосування проявників U89 і D100:

- авіабудування;
- автомобілебудування;
- машинобудування;
- суднобудування;
- будівництво ядерних реакторів;
- металургія;
- електротехніка;
- медицина;
- котло- і приладобудування;
- ливарне виробництво;
- зварювальна техніка.

Перевіряються матеріали:

- леговані і нелеговані сталі, кольорові метали, покриття;
- вироби порошкової металургії;
- зварні з'єднання;
- стеатит;
- пластмаса;
- кераміка;
- інші синтетичні матеріали.

Виявляються дефекти:

- холодні і теплові тріщини;
- тріщини шліфування;
- пори різного розміру;
- губчаста структура;
- корозійні тріщини.

Спреї NORD-TEST застосовують для контролю виробів при температурах від -5 до +50 ° С.

#### *XI. Методи контролю базових знань*

- Перевірка базових знань за темою ( опитування, тестовий контроль).
- Самоконтроль слухача.
- Контроль викладача за діями лікаря при клінічному обстеженні хворого.
- Перевірка правильності вибору методу та обсягу ортопедичного лікування.
- Безпосередній, самостійний прийом пацієнтів.
- Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій.
- Перевірка викладачем якості заповнення документації.

#### *XII. Характер і обсяг позааудиторної навчальної роботи:*

- Самостійне вивчення літератури по темі.
- Підготовка до клінічного розбору пацієнта.



- Складання ситуаційних задач, кросвордів, тестових питань з урахуванням набутого досвіду.
- Написання рефератів, доповідей, статті.
- Робота над тематичною картотекою.

### Методична розробка практичного заняття

#### Тема 3: Комп'ютерні томографи з конусоподібним променем.

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із сучасними системами діагностики, що базуються на конусно-променевої рентгенографії.

*II. Тривалість заняття* – 5 годин

*III. Об'єм повторної інформації* – 20%

*Об'єм нової інформації* – 80%

#### IV. ПЛАН ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

Код	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
	I. Вступне слово викладача про мету заняття.	10 хв.
01	II. Визначення обсягу теоретичних знань з теми: <i>Історія виникнення комп'ютерних томографів з конусоподібним променем.</i>	110 хв.
02	<i>Особливості будови та принцип дії комп'ютерних томографів з конусоподібним променем.</i>	
03	<i>Порівняння методів комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії.</i>	
04	Контрольні запитання: <i>Основні принципи дії комп'ютерних томографів з конусоподібним променем.</i>	
05	<i>Як працює технологія комп'ютерних томографів з конусоподібним променем?</i>	
	III. Прийом пацієнтів (самостійна робота під керівництвом викладача – 50%).	120 хв.

	IV. Проведення самоконтролю та заповнення документації.	45 хв.
	V. Проведення підсумку заняття разом із викладачем.	15 хв.

## VI. ПЕРЕЛІК ПРОФЕСІЙНИХ ЗНАНЬ, ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК ТА СТУПІНЬ ЇХ ЗАСВОЄННЯ СЛУХАЧАМИ

№ п/п	Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
		ознай.	опан.	овол.
1	Засвоєння обсягу теоретичних знань з теми	+	+	
2	Визначити особливості будови та принцип дії комп'ютерних томографів з конусоподібним променем.	+	+	
3	Вміти порівнювати методи комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії.	+	+	

### *VII. Методи контролю опанування практичними навичками*

№ п/п	Назва практичних навичок	Метод контролю
1	Контроль викладача за діями слухача при клінічному обстеженні хворого	+
2	Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій та якості заповнення документації	+

### *VIII. Умови для проведення заняття*

- Тематичні хворі.
- Інструментарій для обстеження пацієнтів.
- Мікростенди.
- Слайди.

### *IX. Методичні матеріали для проведення заняття*

- Календарний план.
- Навчальна програма.
- Методичні розробки заняття.
- Журнал обліку відвідування занять та успішності.
- Ситуаційні задачі та тести з теми заняття.

### *X. Короткий зміст заняття*

#### **Комп'ютерні томографи з конусоподібним променем**

Двовимірні зображення почали використовувати в стоматології з 1896 р., коли вдалося отримати перший внутрішньоротовий рентгенівський знімок. З того часу в

техніці отримання зображень порожнини рота досягнуто суттєвого прогресу: з'явилася панорамна зйомка та томографія, що дозволяють зменшити дозу опромінення та скоротити час обробки знімків. Комп'ютерний томограф з технологією конусно-променевої комп'ютерної томографії (КЛКТ), який винайшли через 100 років, являє собою величезне досягнення в отриманні тривимірних зображень зубів і щелепно-лицьової області.

Комп'ютерний томограф з технологією конусно-променевої комп'ютерної томографії являє собою обладнання, що дозволяє отримувати об'ємні зображення при меншій собівартості і меншому опроміненні пацієнта в порівнянні з традиційною томографією комп'ютерної. Метод передбачає використання кінцевого рентгенівського променя, спрямованого на двомірний детектор, який здійснює один оберт навколо об'єкта зйомки, створюючи серію двовимірних зображень. Об'ємне зображення реконструюється з цих двовимірних зображень за спеціальним алгоритмом. Такий метод часто дозволяє отримувати зображення з більшою роздільною здатністю, ніж це доступно при використанні звичайного комп'ютерного томографа. Нові системи зручніші у роботі, оскільки мають менші габарити.

#### **Порівняння методів комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії**

Параметр порівняння	КТ - комп'ютерна (осьова) томографія	МРТ - магнітно-резонансна томографія
Історія створення	Перший комерційний КТ-сканер був винайдений Годфрі Хаунсфілдом у Великій Британії. Перше сканування мозку пацієнту було зроблено 1 жовтня 1971 року.	Перший комерційний МРТ з'явився у 1981 р., з часом значно збільшився дозвіл МРТ та вибір послідовності зображень
Застосування	Підходить для візуалізації при пошкодженнях кісток, легень та грудної клітки. Широко використовується у травмпунктах.	Підходить для оцінки м'яких тканин, наприклад, при травмах зв'язок і сухожилів, ушкодженнях спинного мозку, пухлинах

Принцип	Згасання рентгенівських променів виявляється детектором і системою зберігання даних з прямим підключенням, а потім обробляється за допомогою математичної моделі (модель зворотної проекції), щоб визначити, яке значення пікселів потім стане зображенням	Метод дослідження внутрішніх органів прокуратури та тканин з використанням ядерного магнітного резонансу. Заснований на вимірі електро-магнітного відгуку ядер атомів водню на збудження їх певною комбінацією електромагнітних хвиль у постійному магнітному полі високої напруженості
Час повного сканування	Зазвичай виконується за 5 хв. Фактичний час сканування зазвичай становить менше 30 с. КТ менш чутливий до рухів пацієнта, ніж МРТ	Сканування МРТ зазвичай триває 30 хв.
Принцип побудови зображення	Використовуються рентгенівські промені	Використовуються зовнішнє магнітне поле, радіочастотні імпульси та три різні градієнтні поля
Вплив випромінювання на організм	Ефективна доза випромінювання КТ коливається від 2 до 10 мЗв, що відповідає дозі, що отримує людина від фонового випромінювання в середньому за 3-5 роки. Як правило, КТ не рекомендується вагітним жінкам та дітям, якщо тільки це не є абсолютно необхідним	Відсутнє. Механізм МРТ контролює/обмежує виділення енергії у тіло пацієнта
Інформація про кісткову структуру	Забезпечує хорошу детальність кісткових структур	МРТ менш детально, порівняно з КТ

Інформація про м'які тканини	Найбільшою перевагою КТ є можливість отримати зображення кісток, м'яких тканин та кровоносних судин одночасно.	Набагато більша детальність м'яких тканин, ніж при КТ
Галузь застосування	КТ може дуже точно виділити кістки всередині тіла	МРТ є більш універсальним, ніж рентген
Специфіка зображення	Хороша диференціація м'яких тканин, особливо з внутрішньовенним контрастуванням. Більш висока роздільна здатність зображень і менше перешкод під час руху через високу швидкість обробки зображень	Демонструє тонкі відмінності між різними видами м'яких тканин
Обмеження в скануванні пацієнтів	Пацієнтам із металевими імплантатами можна робити КТ. Дуже великі пацієнти (понад 200 кг) можуть не поміститися в отвір звичайного сканера КТ або можуть перевищити вагову межу висувного столу	Пацієнтам із кардіостимуляторами не дозволяється проходити МРТ. Татування та металеві імплантати можуть бути протипоказанням для МРТ через можливі травми пацієнта або спотворення зображення. Пацієнти вагою понад 160 кг можуть перевищити вагову межу столу
Параметр порівняння	КТ - комп'ютерна (осьова) томографія	МРТ - магнітно-резонансна томографія

<p>Внутрішньовенна контрастна речовина, небажані наслідки</p>	<p>Неіонний йодований агент ковалентно пов'язує йод і має менше побічних ефектів. Алергічна реакція зустрічається рідко, але більш поширена, ніж реакція на контрастне речовина при МРТ. Ризик від контрастної речовини включає нефропатію, особливо при нирковій недостатності (швидкість клубочкової фільтрації &lt; 60), цукровий діабет і зневоднення</p>	<p>Алергічні реакції дуже рідкісні. Можливий ризик фіброзу нефрогенної системи за наявності вільного гадолінію в крові та при тяжкій нирковій недостатності. Протипоказаний пацієнтам зі швидкістю клубочкової фільтрації менше 60 і особливо при 30 мл/хв.</p>
<p>Вартість обстеження</p>	<p>У США коливається від \$1200 до \$3200, зазвичай це дешевше, ніж МРТ</p>	<p>Варіюється від \$ 1200 до \$ 4000 (з контрастом), що зазвичай дорожче, ніж КТ і рентген або більшість інших методів обстеження</p>

### *XI. Методи контролю базових знань*

- Перевірка базових знань за темою ( опитування, тестовий контроль).
- Самоконтроль слухача.
- Контроль викладача за діями лікаря при клінічному обстеженні хворого.
- Перевірка правильності вибору методу та обсягу ортопедичного лікування.
- Безпосередній, самостійний прийом пацієнтів.
- Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій.
- Перевірка викладачем якості заповнення документації.

### *XII. Характер і обсяг позааудиторної навчальної роботи:*

- Самостійне вивчення літератури по темі.
- Підготовка до клінічного розбору пацієнта.
- Складання ситуаційних задач, кросвордів, тестових питань з урахуванням набутого досвіду.
- Написання рефератів, доповідей, статті.
- Робота над тематичною картотекою.

## Методична розробка практичного заняття

### Тема 4: 3-D сканери оптичного діапазону.

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із програмним забезпеченням, яке використовується для виготовлення 3-D об'єктів.

*II. Тривалість заняття* – 5 годин

*III. Об'єм повторної інформації* – 20%

*Об'єм нової інформації* – 80%

#### *IV. План проведення заняття*

Код	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
	I. Вступне слово викладача про мету заняття.	5 хв.
01	II. Визначення обсягу теоретичних знань з теми: <i>Різновиди пристроїв для сканування тривимірних об'єктів.</i>	115 хв.
02	<i>Пакети програм для створення 3-D графіки.</i>	
03	<i>Принципи дії сканерів оптичного діапазону</i>	
04	Контрольні запитання: <i>Які існують методи застосування сканерів оптичного діапазону?</i>	
05	<i>У чому різниця контактного та безконтактного методу?</i>	
06	<i>Які основні галузі використання 3D сканування?</i>	
07	<i>Назвіть декілька моделей сканерів що найбільш розповсюдженні у стоматології?</i>	
	III. Прийом пацієнтів (самостійна робота під керівництвом викладача – 50%).	120 хв.
	IV. Проведення самоконтролю та заповнення документації.	45 хв.
	V. Проведення підсумку заняття разом із викладачем.	15 хв.

*VI. Перелік професійних знань, практичних навичок та ступінь їх засвоєння слухачами*

Код			Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
Р	Т	Е		ознай.	Опа н.	Овол.



### *VII. Методи контролю опанування практичними навичками*

Код			Назва практичних навичок	Метод контролю
Р	Т	Е		
			Контроль викладача за діями слухача при клінічному обстеженні хворого	+
			Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій та якості заповнення документації	+

### *VIII. Умови для проведення заняття*

- Тематичні хворі.
- Інструментарій для обстеження пацієнтів.
- Мікростенди.
- Слайди.

### *IX. Методичні матеріали для проведення заняття*

- Календарний план.
- Навчальна програма.
- Методичні розробки заняття.
- Журнал обліку відвідування занять та успішності.
- Ситуаційні задачі та тести з теми заняття.

### *X. Короткий зміст заняття*

#### **3D-сканери оптичного діапазону**

3D-сканери відносять до пристроїв, які проводять аналіз фізичного об'єкта та надалі створюють його тривимірну модель. Розрізняють контактний та безконтактний методи сканування. При безконтактному методі застосовують пасивні та активні 3D-сканери.

3D-лазерні сканери відносяться до групи активних сканерів. Лазерні датчики, що замінили контактні сенсори, та цифрова фототехніка дозволяють більш точно сканувати об'єкти та отримувати текстурну модель.

Лазерні 3D-сканери працюють як з дрібними, так і з великими об'єктами, що розширює область їх застосування в різних галузях.

Технології 3D-сканування використовують у медицині, музейній справі, промислового дизайну тощо. Широким застосуванням тривимірне сканування знайшло у медичному протезуванні.

З ряду 3D-сканерів слід вибрати той, який дозволить найбільш точно вирішувати поставлені завдання. Йдеться і про високоточні метрологічні системи, і про кольорове ручне лазерний сканер, і про 3D-лазерний сканер з функцією фотограмметрії.

#### **3D-сканери Artec**

3D-сканер Artec L

3D-сканер Artec L застосовується в таких галузях, як медицина, дизайнерська та музейна справа. Він має найбільший кут огляду та глибину різкості зі всієї

лінійки сканерів Artec. Завдяки цьому з його допомогою можна повністю оцифрувати великогабаритний об'єкт всього за кілька секунд або зробити композицію з великих об'єктів за допомогою програми Artec™ 3D Studio, яка постачається в комплекті зі сканером. Робота зі сканером не потребує додаткових навичок. Програмне забезпечення Artec™ 3D Studio виконає свою роботу та поєднає зняті кадри в єдине ціле. Програмне забезпечення йде у комплекті. Сканер Artec L має високу швидкість сканування. Джерело світла Artec L - спалах. Це абсолютно безпечний спосіб сканування людей.

#### 3D-сканер Artec MHT

3D-сканер Artec MHT за своїми характеристиками та принципом роботи схожий на 3D-сканер Artec MH, за винятком того, що при скануванні можливе захоплення кольорової гами до 24 біт на піксель. 3D-сканери Artec MHT застосовують у таких областях, як дизайн, анімація, музейна справа, медицина, тобто там, де необхідне отримання текстури та кольору об'єкта, що сканується. 3D сканер Artec MHT, на відміну попередника Artec MH, має унікальну можливість захоплення кольору. Дана модель набула одразу великого поширення серед аніматорів, кінематографів та для збереження культурної спадщини. Artec MHT дуже простий у роботі. Ця простота досягнута багато в чому завдяки дизайну. Дизайн розроблений спеціально з урахуванням ергономіки людської руки. Його дуже зручно поміщати в руку та виконувати роботи зі сканування. Крім того, його маса – 1,6 кг, що спрощує роботу зі сканером.

#### 3D-сканер Artec Eva

3D-сканер Artec Eva – продукт компанії Artec Group. Найлегший у своєму класі, він не вимагає для роботи складного калібрування та міток на об'єкті. Ця система готує рішення для швидкісного високоточного сканування об'єктів середньої величини. Інформація про колір і текстуру досягає глибини в 24 біта з роздільною здатністю 1,3 Мп і зберігається у файлі формату JPEG у вигляді растрового зображення. 3D сканування поверхні відбувається з точністю до 0,1 мм. Така точність чудово підходить для оцифрування об'єктів середнього розміру. Частота кадрів зйомки досягає 16 кадрів в секунду, що дозволяє використовувати Artec Eva для сканування навіть об'єктів, що рухаються. 3D-сканер захоплює 288 тис. пікселів за секунду. На поверхні об'єкта не потрібно наносити спеціальних міток або маркерів. Це полегшує тривимірне сканування, роблячи процес повністю безконтактним. Для роботи з 3D-сканером необхідно підключити кабелі (USB та живлення), встановити програмне забезпечення та натиснути на кнопку «Пуск». Пристрій готовий до сканування відразу після увімкнення. Немає необхідності проводити трудомістке калібрування. При вазі 850 г 3D-сканер володіє міцним ергономічним корпусом з дизайном, що запам'ятовується. Постачається в комплекті з програмним забезпеченням, яке має постійне оновлення та робить роботу зі сканером приємною, простою та швидкою. Джерелом світла у 3D-сканері Artec Eva є світлодіодна лампа-спалах, а не лазер. Це робить застосування сканера безпечним для сканування біологічних об'єктів (людей, тварин, рослин). Області людської діяльності, де знадобилося б 3D-сканування: автопром, аерокосмічна промисловість, реверс інжиніринг, музейна справа, комп'ютерна графіка та кінематографія, анімація, дизайн, криміналістика, медицина, освіта, архітектура,

системи контролю (біометричний контроль, контроль якості) та багато іншого інше.

### **3D-сканери серії Dental Wings**

Сканери серії Dental Wings, спеціально призначені для використання у стоматологічних лабораторіях, виготовляються канадською компанією Dental Wings.

Dental Wings 3Series — компактний 3D-сканер із комп'ютером, і до нього додається базова конфігурація програмного забезпечення DWOS, яку можна розширити різними модулями. 3D-сканер відмінно підходить для маленьких та середніх стоматологічних лабораторій.

Dental Wings 7Series відмінно підходить для великих та середніх стоматологічних лабораторій, де, як правило, важлива висока пропускна здатність та універсальність обладнання.

Dental Wings iSeries сконструйований для оцифрування зліпків, а також використовується для ортопедії та ортодонтії. Цей компактний пристрій має вбудований комп'ютер і дозволяє стоматологу, а також зубної техніки отримати цифровий зліпок покроково. та працювати з ним за допомогою фірмового програмного забезпечення DWOS connect під час прийому пацієнта.

### *XI. Методи контролю базових знань*

- Перевірка базових знань за темою ( опитування, тестовий контроль).
  - Самоконтроль слухача.
  - Контроль викладача за діями лікаря при клінічному обстеженні хворого.
  - Перевірка правильності вибору методу та обсягу ортопедичного лікування.
  - Безпосередній, самостійний прийом пацієнтів.
  - Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій.
- Перевірка викладачем якості заповнення документації.

### *XII. Характер і обсяг позааудиторної навчальної роботи:*

6. Самостійне вивчення літератури по темі.
7. Підготовка до клінічного розбору пацієнта.
8. Складання ситуаційних задач, кросвордів, тестових питань з урахуванням набутого досвіду.
9. Написання рефератів, доповідей, статті.
10. Робота над тематичною картотекою.

## Методична розробка практичного заняття

### Тема 5: Установки газового та плазмове різання з цифровим програмним забезпеченням.

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із сучасними пристроями для високотемпературного різання та обробки матеріалів.

*II. Тривалість заняття* – 3 години

*III. Об'єм повторної інформації* – 20%

*Об'єм нової інформації* – 80%

#### IV. ПЛАН ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

Код	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
	I. Вступне слово викладача про мету заняття.	5 хв.
01	II. Визначення обсягу теоретичних знань з теми: <i>Принцип дії плазмової обробки.</i> Установки газового та плазмове різання з числовим програмним керуванням	55 хв.
02	Контрольні запитання: – <i>Спосіб обробки металевих виробів.</i>	
03	– <i>Відмінність між плазмовим і газокисневим різанням</i>	
04	– <i>Основні характеристики установок ESKERT</i>	
	III. Прийом пацієнтів (самостійна робота під керівництвом викладача – 50%).	60 хв.
	IV. Проведення самоконтролю та заповнення документації.	45 хв.
	V. Проведення підсумку заняття разом із викладачем.	15 хв.

#### VI. ПЕРЕЛІК ПРОФЕСІЙНИХ ЗНАНЬ, ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК ТА СТУПІНЬ ЇХ ЗАСВОЄННЯ СЛУХАЧАМИ

Код			Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
Р	Т	Е		ознай.	Опан.	Оволо.

### VII. Методи контролю опанування практичними навичками

Код			Назва практичних навичок	Метод контролю
Р	Т	Е		
			Контроль викладача за діями слухача при клінічному обстеженні хворого	+
			Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій та якості заповнення документації	+

### VIII. УМОВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

- Тематичні хворі.
- Інструментарій для обстеження пацієнтів.
- Мікростенди.
- Слайди.

### IX. МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

- Календарний план.
- Навчальна програма.
- Методичні розробки заняття.
- Журнал обліку відвідування занять та успішності.
- Ситуаційні задачі та тести з теми заняття.

### X. КОРОТКИЙ ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ

#### Установки газового та плазмового різання з числовим програмним керуванням

Спосіб обробки металевих виробів заснований на властивості металів, нагрітих до температури займання, горіти в технічно чистому кисні. При кисневому різанні на нагрітій до температури 1200-1300 °С метал прямує струмінь кисню, пропалює і розрізає метал. Оксиди заліза, що утворюються, в розплавленому стані витікають і видмухуються з порожнини різку.

**Технологія плазмового різання заснована на використанні повітряно-плазмової дуги.** Процес різання полягає в розплавленні та видуванні розплавленого металу з утворенням порожнини різку, одержуваної при переміщенні плазмового різачка щодо матеріалу, що розрізається (металу). Температура плазми у дузі становить від 5000 до 30000 °С. Плазмове різання використовує стислу електричну дугу, яку обдуває газ. Обдуваючи дугу, газ нагрівається та іонізується. Заряджені частинки перетворюються на щільний потік плазми з температурою до 15000000 °С. Різання може здійснюватися плазмовою дугою та плазмовим струменем. Плазмове різання більш продуктивне і якісніше, ніж газокиснєве.

Якщо йдеться про різання металів великої товщини або про різання титану, плазмове різання поступається кисневим. Якщо треба різати кольорові метали (особливо алюміній), то без плазмового різання не обійтися. У плазмовому різанні застосовують активні та неактивні гази. Активні – це кисень і повітря, а неактивні – азот, аргон, водень. Застосування активних газів потрібне при різанні чорних

металів, а неактивні гази (та їх суміші) використовуються при різанні кольорових металів та сплавів.

Польсько-німецька компанія ESKERT більше 20 років випускає установки з ЧПУ, призначені для плазмового, газового, лазерного та гідроабразивного різання.

#### **Основні характеристики установок ESKERT:**

- управління плазмоджерелом та газовою консоллю здійснюється через систему ЧПУ;
- ведеться статистика та розрахунок роботи витратних матеріалів.
- видно робочий ресурс витратних матеріалів, що залишився;
- можна змінювати ширину різку в залежності від зносу витратних матеріалів.

#### **XI. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ БАЗОВИХ ЗНАНЬ**

- Перевірка базових знань за темою ( опитування, тестовий контроль).
- Самоконтроль слухача.
- Контроль викладача за діями лікаря при клінічному обстеженні хворого.
- Перевірка правильності вибору методу та обсягу ортопедичного лікування.
- Безпосередній, самостійний прийом пацієнтів.
- Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій.
- Перевірка викладачем якості заповнення документації.

#### *XII. Характер і обсяг позааудиторної навчальної роботи:*

1. Самостійне вивчення літератури по темі.
2. Підготовка до клінічного розбору пацієнта.
3. Складання ситуаційних задач, кросвордів, тестових питань з урахуванням набутого досвіду.
4. Написання рефератів, доповідей, статті.
5. Робота над тематичною картотекою.

**Тема 6: Установки гідроабразивного різання з цифровим програмним забезпеченням.**

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із сучасними пристроями для високотемпературного різання та обробки матеріалів.

*II. Тривалість заняття* – 7 годин

*III. Об'єм повторної інформації* – 20%

Об'єм нової інформації – 80%

**IV. ПЛАН ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ**

Код	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
	I. Вступне слово викладача про мету заняття.	5 хв.
01 02 03 04 05 06  07 08  09  10	II. Визначення обсягу теоретичних знань з теми: <i>Принцип дії гідроабразивної обробки.</i>  Контрольні запитання:	115хв.
	III. Прийом пацієнтів (самостійна робота під керівництвом викладача – 50%).	240 хв.
	IV. Проведення самоконтролю та заповнення документації.	45 хв.
	V. Проведення підсумку заняття разом із викладачем.	15 хв.

*VI. Перелік професійних знань, практичних навичок та ступінь їх засвоєння слухачами*

Код	Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння
-----	--------------------------	-------------------

Р	Т	Е		ознай.	Опан.	Ово л.
---	---	---	--	--------	-------	-----------

### *VII. Методи контролю опанування практичними навичками*

Код			Назва практичних навичок	Метод контролю
Р	Т	Е		
			Контроль викладача за діями слухача при клінічному обстеженні хворого	+
			Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій та якості заповнення документації	+

### *VIII. Умови для проведення заняття*

- Тематичні хворі.
- Інструментарій для обстеження пацієнтів.
- Мікростенди.
- Слайди.

### *IX. Методичні матеріали для проведення заняття*

- Календарний план.
- Навчальна програма.
- Методичні розробки заняття.
- Журнал обліку відвідування занять та успішності.
- Ситуаційні задачі та тести з теми заняття.

### *X. Короткий зміст заняття*

#### **Установки гідроабразивного різання з числовим програмним управлінням**

Гідроабразивне різання - універсальний спосіб розкрою матеріалів, за допомогою якого можуть оброблятися будь-які види матеріалів, у тому числі чорні та кольорові метали та сплави товщиною до 300 мм. Принцип роботи гідроабразивного різання полягає у поділі матеріалу за допомогою водяного струменя високого тиску з абразивом. Вода, стиснута насосом-мультиплікатором до тиску 4150 атм, проходить через водяне сопло, потрапляє в камеру змішування, куди через абразивне сопло подається абразив: гранатовий пісок з частками розміром близько 0,4 мм. Далі суміш води і абразиву проходить через твердосплавне сопло з внутрішнім діаметром 1 мм і зі швидкістю близько 1200 м/с потрапляє на поверхню матеріалу, що розрізається. Після різання залишкова енергія струменя гаситься водяною пасткою. Координатний стіл дозволяє переміщати ріжучу головку з високою точністю у трьох координатах. Різання екологічно чисте та економічне. Основні витратні матеріали – вода, електроенергія, абразив. Переваги гідроабразивного різання:



- відсутність теплового впливу на матеріал у зоні пропилю - тепло в процесі різання уноситься водою, немає оксидів, окалини, деформування країв заготовлі;
- здатність відтворювати складні контури та профілі - програмне забезпечення, що поставляється зі верстатом, працює з форматами файлів основних інженерних програм (AutoCAD, CorelDraw і т. д.);
- висока якість різу - фінішну поверхню можна отримати з шорсткістю Ra 0,5-1,5 мкм, тому часто додаткова обробка не потрібна;
- технологічність процесу - інструмент різання (струм води) не потребує переточування. Можливе різання від одного насоса високого тиску одночасно двома та більш ріжучими головками на одному столі або кількома головками на різних столах;
- економічність процесу - відносно висока швидкість різання. Мала ширина різу дозволяє заощаджувати дефіцитні матеріали;
- безпека - процес різання вибухо- і пожегобезпечний. Відсутність радіаційного чи іншого випромінювання, токсичних газів, шкідливих відходів. Рівень шуму коливається не більше 85—95 дБ.

#### *XI. Методи контролю базових знань*

- Перевірка базових знань за темою ( опитування, тестовий контроль).
- Самоконтроль слухача.
- Контроль викладача за діями лікаря при клінічному обстеженні хворого.
- Перевірка правильності вибору методу та обсягу ортопедичного лікування.
- Безпосередній, самостійний прийом пацієнтів.
- Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій.
- Перевірка викладачем якості заповнення документації.

#### *XII. Характер і обсяг позааудиторної навчальної роботи:*

11. Самостійне вивчення літератури по темі.
12. Підготовка до клінічного розбору пацієнта.
13. Складання ситуаційних задач, кросвордів, тестових питань з урахуванням набутого досвіду.
14. Написання рефератів, доповідей, статті.
15. Робота над тематичною картотекою.

### **Методична розробка практичного заняття**

#### **Тема 7: 3D-монітори та 3D-принтери**

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із сучасними приладами, що використовуються для графічного моделювання та подальшого виготовлення 3-D об'єктів.

*II. Тривалість заняття* – 7 годин

*III. Об'єм повторної інформації* – 20%

*Об'єм нової інформації* – 80%

#### IV. ПЛАН ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

Код	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
	I. Вступне слово викладача про мету заняття.	5 хв.
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10	II. Визначення обсягу теоретичних знань з теми: <i>Поняття «стереоскопія».</i> <i>Поняття «стереодисплей».</i> <i>Автостереоскопічні дисплеї.</i> <i>Різновиди допоміжних окулярів.</i> <i>Об'ємні дисплеї.</i> <i>Різновиди 3-D принтерів.</i> Контрольні запитання: <i>Що таке стереоскопія?</i> <i>Дати визначення поняття автостереоскопічного дисплею.</i> <i>Який механізм роботи поляризаційних окулярів з лінійною поляризацією?</i> <i>Які існують 3-D принтери?</i>	115 хв.
	III. Прийом пацієнтів (самостійна робота під керівництвом викладача – 50%).	240 хв.
	IV. Проведення самоконтролю та заповнення документації.	45 хв.
	V. Проведення підсумку заняття разом із викладачем.	15 хв.

#### VI. ПЕРЕЛІК ПРОФЕСІЙНИХ ЗНАТЬ, ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК ТА СТУПІНЬ ЇХ ЗАСВОЄННЯ СЛУХАЧАМИ

Код			Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
Р	Т	Е		ознай.	Опан.	Ово л.

### VII. Методи контролю опанування практичними навичками

Код			Назва практичних навичок	Метод контролю
Р	Т	Е		
			Контроль викладача за діями слухача при клінічному обстеженні хворого	+
			Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій та якості заповнення документації	+

### VIII. Умови для проведення заняття

- Тематичні хворі.
- Інструментарій для обстеження пацієнтів.
- Мікростенди.
- Слайди.

### IX. Методичні матеріали для проведення заняття

- Календарний план.
- Навчальна програма.
- Методичні розробки заняття.
- Журнал обліку відвідування занять та успішності.
- Ситуаційні задачі та тести з теми заняття.

## X. КОРОТКИЙ ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ

**Стереодисплей** - пристрій візуального відображення інформації, що дозволяє за рахунок стереоскопічного ефекту створювати у глядача ілюзію наявності реального об'єкту у демонстрованих об'єктах.

**Стереоскопія** - один із способів формування об'ємного зображення, тому не слід ототожнювати поняття «стереодисплей» і «тривимірний дисплей». Стереодисплей є тривимірним дисплеєм, але не всякий тривимірний дисплей є стереоскопічним (визначення «тривимірний» щодо засобів виведення графічної інформації пов'язано з вживанням терміну «3D» у відношенні як стереоскопічних технологій, так і псевдотривимірної комп'ютерної графіки, незважаючи на відмінність суті термінів «об'ємність» і «стереоскопічність»).

Єдиним методом для демонстрації повноцінного 3D-зображення є голограма (від грец. ὅλος - «цілий, повний, весь» і γράφω - «пишу»). Голограму можна отримати з використанням лазерних технологій. Переваги голограми в тому, що навіть малий її фрагмент несе інформацію про весь об'єкт, хоча і з втратою якості. Недолік голограм в тому, що поки їх важко масштабувати або переводити в електронний формат.

Стереоскопічні 3D-дисплеї формують окремі зображення для кожного ока. Такий принцип використовується в стереоскопах, відомих ще з початку XIX ст.

Об'ємні дисплеї використовують різні фізичні механізми для показу освітлених точок в межах деякого об'єму.

Стереоскопічні дисплеї діляться на два типи.

Автостереоскопічні дисплеї - дисплеї, що не потребують додаткових аксесуарів для голови або очей (таких, як стереоокуляри або шоломи віртуальної реальності) і здатні самостійно формувати стереоефект шляхом направлення потрібного пучка світла в те чи інше око. Як правило, для цього застосовуються мікролінзи Френеля, що виконують роль світлового розділювача, а також спеціальні бар'єрні сітки, щоб кожне око бачило лише ту ділянку пікселів, яка призначена для нього.

У даного методу є безліч недоліків. У числі інших варто відзначити вихід глядача з потрібного ракурсу або вихід з обмеженою «зони безпечного перегляду», що призводить до руйнування ефекту стерео, а дозвіл зображення по горизонталі значно зменшується. Компенсувати ці втрати чіткості можна надлишковою деталізацією, наприклад, в телевізорах UHD TV зона комфортного перегляду значно ширше, правда якість 3D-картинки падає до 720p, лише телевізори з матрицею 8K дають 3D-зображення в якості FullHD.

Другий тип стереоскопічних дисплеїв - це дисплеї, що потребують використання допоміжних пристроїв (окуляри) для створення зорового стереоефекту.

**Допоміжні окуляри поділяються на пасивні і активні.**

На відміну від активної системи, пасивні окуляри не вимагають керуючого сигналу і елементів живлення. Для поділу ракурсів використовується поляризоване світло. Подібні пристрої діляться на поляризаційні окуляри з лінійною та круговою поляризацією.

*Поляризаційні окуляри з лінійною поляризацією* застосовуються також в кінотеатрах IMAX. На спеціальному екрані формуються одночасно обидва зображення для лівого і правого ока. Окуляри пропускають різні зображення для різних очей (вертикальна і горизонтальна поляризація). Недоліком поляризаційних окулярів з лінійною поляризацією є те, що навіть при незначному нахилі голови глядача якість (яскравість) сприйманого зображення різко знижується. Зниження яскравості зображення для поляризаційних окулярів становить приблизно 24%, дозвіл залишається тим же (для систем з двома РК-панелями: Planar, StereoPixel) або знижується вдвічі (Zalman).

*Поляризаційна система (екран + окуляри) з круговою поляризацією.*

На екрані монітора кожен рядок зображення поляризує отримане світло за годинниковою стрілкою або проти (циркулярна або кругова поляризація). Окуляри мають такий же круговий поляризатор на кожному склі. Таким чином створюється черзрядкове зображення для кожного ока окремо. Зниження яскравості немає навіть при сильних нахилах голови. Головний розробник технології - компанія LG. Недолік таких окулярів - висока вартість.

*Окуляри з пофарбованим склом.* Для сприйняття об'ємних зображень використовують окуляри, кожне з стекол яких пропускає світловий потік в певній смузі спектра. Відповідно, монітор повинен окремо відтворювати на екрані забарвлені ділянки зображення, одне з яких відповідає сприйняттю картини правим оком, а друге - лівим. Мозок людини підсумовує обидва зображення і сприймає його як об'ємне. Останнім часом такий спосіб сприйняття 3D-зображення

втратив актуальність. Його єдина перевага полягає в тому, що окуляри коштують дуже дешево.

*Активні окуляри* – затворні окуляри (рідкокристалічні або поляризаційні) з лінійною поляризацією, синхронізовані з дисплеєм і почергово затемнюються з тією ж частотою, з якою дисплей виводить зображення (кадри) для кожного ока.

За рахунок ефекту інерції зору в мозку глядача формується цілісне зображення (необхідно мати дисплей з подвоєною частотою кадрової розгортки 120 або навіть 200 Гц, щоб для кожного ока частота оновлення зображення становила 60 або 100 Гц). У свою чергу, підвищення частоти кадрової розгортки вимагає використання більш дорогих високочастотних технологій, що відчутно позначається на вартості монітора.

Зниження яскравості зображення для окулярів затворного типу становить приблизно 80% (нахил голови 30 °), перехресні спотворення більше, ніж у пасивної системи. Дозвіл для кожного ока залишається незмінним. Недолік використання такого роду окулярів - значне підвищення споживання електроенергії.

Головний розробник технології - компанія Samsung.

Термін «3D-дисплей» вживається і щодо так званих об'ємних або воксельних дисплеїв, де об'ємне зображення формується (за допомогою різних фізичних механізмів) зі світлових точок в межах деякого об'єму.

Такі дисплеї замість пікселів оперують воксель. Об'ємні дисплеї будуються на різних принципах. Наприклад, можуть складатися з безлічі площин, що формують зображення, які розташовані одна над іншою; однією площиною, що хитається; обертових плоских або криволінійних панелей.

Дисплеї на основі площин, що гойдаються і обертових панелей використовують ефект зорової інерції для досягнення 3D-ефекту. За рахунок цього глядач сприймає все положення поверхні як одночасні і в результаті бачить замість однієї поверхні суцільне тіло.

### **3D-принтери**

Щоб задовольнити вимоги пацієнтів і збільшити швидкість надання медичних послуг, клініки естетичної стоматології активно впроваджують в процес виготовлення зубних протезів 3D-принтери. Такі принтери ефективніше і продуктивніше традиційних стоматологічних фрезерних верстатів, вони швидко і точно виготовляють форми для відливання зубів, а також самі зуби і коронки з урахуванням всіх анатомічних особливостей ротової порожнини пацієнта.

Всі операції, пов'язані з друком протезів, відбуваються в 3D-принтері автоматично. В результаті ми отримуємо готовий каркас з відмінним приляганням, не використовуючи електрошпатель або інші інструменти, так як всю роботу виконує 3D-принтер.

#### *Види 3D-принтерів*

Широко поширені 3D-принтери, що формують об'єкт з розплавленого ABS-пластику. Існують і інші види 3D-принтерів, наприклад принтери, що формують предмет з гіпсу або друкують предмет екструдером пошарово. Є системи, що працюють на спеціальному полімері і формують предмет лазером.

3D-принтери, що працюють з ABS-пластиком, розвиваються найбільш динамічно і можуть бути використані як настільні пристрої для виробництва. Такі принтери складаються з наступних основних вузлів:

- корпус;
- направляючі;
- рухові двигуни;
- друкуюча головка;
- блок живлення;
- контролери.

За винятком друкуючої головки основні вузли конструкції нагадують класичну схему верстата з частотно-програмним керуванням для гравіювання або фрезерування.

Від роботи направляючих елементів залежить точність друку на принтері. Друкуюча головка, екструдер, подає розплавлений ABS-пластик. У ній є кроковий електродвигун, нагрівальний елемент, датчик температури, вентилятор і сопло.

Контролери керують кроковими електродвигунами, нагріваючими елементами, подачею ABS-пластика.

#### *XI. Методи контролю базових знань*

- Перевірка базових знань за темою ( опитування, тестовий контроль).
- Самоконтроль слухача.
- Контроль викладача за діями лікаря при клінічному обстеженні хворого.
- Перевірка правильності вибору методу та обсягу ортопедичного лікування.
- Безпосередній, самостійний прийом пацієнтів.
- Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій.
- Перевірка викладачем якості заповнення документації.

#### *XII. Характер і обсяг позааудиторної навчальної роботи:*

16. Самостійне вивчення літератури по темі.
17. Підготовка до клінічного розбору пацієнта.
18. Складання ситуаційних задач, кросвордів, тестових питань з урахуванням набутого досвіду.
19. Написання рефератів, доповідей, статті.
20. Робота над тематичною картотекою.

#### **Методична розробка практичного заняття**

### **Тема 8: Системи автоматизованого виробництва.**

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із сучасними системами, що використовуються виготовлення 3-D об'єктів.

*II. Тривалість заняття* – 5,5 годин

*III. Об'єм повторної інформації* – 20%

*Об'єм нової інформації* – 80%

#### *IV. План проведення заняття*

Код	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
	I. Вступне слово викладача про мету заняття.	5 хв.
01 02 03 04 05 06  07 08  09  10	II. Визначення обсягу теоретичних знань з теми:  Контрольні запитання:	115 хв.
	III. Прийом пацієнтів (самостійна робота під керівництвом викладача – 50%).	150 хв.
	IV. Проведення самоконтролю та заповнення документації.	45 хв.
	V. Проведення підсумку заняття разом із викладачем.	15 хв.

## VI. ПЕРЕЛІК ПРОФЕСІЙНИХ ЗНАНЬ, ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК ТА СТУПІНЬ ЇХ ЗАСВОЄННЯ СЛУХАЧАМИ

Код			Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
Р	Т	Е		ознай.	Опан.	Ово л.

### VII. Методи контролю опанування практичними навичками

Код			Назва практичних навичок	Метод контролю
Р	Т	Е		
			Контроль викладача за діями слухача при клінічному обстеженні хворого	+

		Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій та якості заповнення документації	+
--	--	---	---

### *VIII. Умови для проведення заняття*

- Тематичні хворі.
- Інструментарій для обстеження пацієнтів.
- Мікростенди.
- Слайди.

### *IX. Методичні матеріали для проведення заняття*

- Календарний план.
- Навчальна програма.
- Методичні розробки заняття.
- Журнал обліку відвідування занять та успішності.
- Ситуаційні задачі та тести з теми заняття.

### *X. Короткий зміст заняття*

Системи автоматизованого виробництва Якщо є безпомилкова 3D-модель, то вона повинна бути перетворена на зрозумілі для принтера інструкції ToolPath, які контролюють переміщення друкувальної голівки, а також процес видавлювання гарячого пластика заданим шляхом. Цей процес називається нарізкою. Стандартний формат таких інструкцій - програма G-код. Більшість принтерів використовують програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом на Skeinforge або Slic3r для підготовки G-коду з файлів моделі. Утиліта із закритим вихідним кодом KiSSlicer використовує такі унікальні особливості, як адаптоване заповнення (використовуючи більше матеріалів поблизу краю відбитка та менше – в центрі) та підтримку кількох прутків (для використання різних матеріалів, структур підтримки та заповнення). Новий двигун з відкритим вихідним кодом від MakerBot Miracle-Grue. САМ забезпечує можливість налаштування параметрів, пов'язаних зі швидкістю, якістю, висотою шару, швидкістю друкувальної голівки, щільністю заповнювача, кількістю оболонок, що оточують заповнення в кожному шарі.

### *XI. Методи контролю базових знань*

- Перевірка базових знань за темою ( опитування, тестовий контроль).
  - Самоконтроль слухача.
  - Контроль викладача за діями лікаря при клінічному обстеженні хворого.
  - Перевірка правильності вибору методу та обсягу ортопедичного лікування.
  - Безпосередній, самостійний прийом пацієнтів.
  - Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій.
- Перевірка викладачем якості заповнення документації.

### *XII. Характер і обсяг позааудиторної навчальної роботи:*

21. Самостійне вивчення літератури по темі.
22. Підготовка до клінічного розбору пацієнта.
23. Складання ситуаційних задач, кросвордів, тестових питань з урахуванням набутого досвіду.



24. Написання рефератів, доповідей, статті.  
25. Робота над тематичною картотекою.

### Методична розробка практичного заняття

#### Тема 9: CAD/CAM-системи стоматологічного застосування.

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із сучасними системами, що використовуються для моделювання та подальшого виготовлення 3-D об'єктів.

*II. Тривалість заняття* – 5 годин

*III. Об'єм повторної інформації* – 20%

*Об'єм нової інформації* – 80%

#### *IV. План проведення заняття*

Код	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
	I. Вступне слово викладача про мету заняття.	5 хв.
01	II. Визначення обсягу теоретичних знань з теми: <i>Програмне забезпечення 3-D технологій.</i>	115 хв.
02	<i>Системи автоматизованого проектування.</i>	
03	<i>Системи автоматизованого виробництва.</i>	
04	<i>Пакети програм для створення 3-D графіки.</i>	
	<i>CAD/CAM системи, що застосовуються в</i>	

05	<i>стоматології.</i>	
06	Контрольні запитання: <i>Які існують системи автоматизованого проектування?</i>	
07	<i>Які існують системи автоматизованого виробництва?</i>	
08	<i>Які основні принципи та алгоритми роботи програмного забезпечення для створення 3-D?</i>	
09	<i>Які CAD/CAM системи частіше використовуються в стоматології?</i>	
	III. Прийом пацієнтів (самостійна робота під керівництвом викладача – 50%).	120 хв.
	IV. Проведення самоконтролю та заповнення документації.	45 хв.
	V. Проведення підсумку заняття разом із викладачем.	15 хв.

*VI. Перелік професійних знань, практичних навичок та ступінь їх засвоєння слухачами*

Код			Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
Р	Т	Е		ознай.	Опан.	Ово л.

*VII. Методи контролю опанування практичними навичками*

Код			Назва практичних навичок	Метод контролю
Р	Т	Е		
			Контроль викладача за діями слухача при клінічному обстеженні хворого	+
			Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій та якості заповнення документації	+

*VIII. Умови для проведення заняття*

- Тематичні хворі.
- Інструментарій для обстеження пацієнтів.
- Мікростенди.
- Слайди.

*IX. Методичні матеріали для проведення заняття*

- Календарний план.
- Навчальна програма.
- Методичні розробки заняття.
- Журнал обліку відвідування занять та успішності.
- Ситуаційні задачі та тести з теми заняття.

*X. КОРОТКИЙ ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ*

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 3D-ТЕХНОЛОГІЙ**

Після отримання сканів ротової порожнини дані передаються в спеціальну програму для роботи з зображеннями, яка вибудовує віртуальну модель майбутнього протеза. Завдання оператора - ретельно проконтролювати виготовлення віртуальних каркасів і в разі необхідності провести їх комп'ютерну коригування.

Після того як віртуальна модель протеза готова, програма формує завдання друку для 3D-принтера і відправляє модель на друк.

Для створення 3D-моделей потрібні наступні види програмного забезпечення:

- системи автоматизованого проектування (САПР) для моделювання фізичних об'єктів і створення форми об'єкту;

- системи автоматизованого виробництва (САМ), що перетворюють модель в завдання для 3D-принтера;
- програмне забезпечення для управління принтером.

### **Системи автоматизованого проектування**

Програми твердого моделювання використовують метод, званий «конструктивна блокова геометрія» (CSG), або аналогічні технології, що дозволяє створювати складні 3D форми.

Популярні програми цього виду: SketchUp, Autodesk 123D і Tinkercad. У твердотільному моделюванні прості форми - коробки, циліндри і піраміди - використовують для створення більш складних форм, часто із застосуванням логічних операцій.

У програм твердотільного моделювання є три основних переваги. По-перше, сам процес моделювання більш інтуїтивний. По-друге, інтерфейс дозволяє легко встановити точні вимірювання між об'єктами, що зручно для створення механічних частин. По-третє, програмне забезпечення обробляє більшість питань, пов'язаних із забезпеченням цілісності («герметичності»), незважаючи на безліч операцій, які здійснюються для створення складних форм.

**Скульптурні програми моделювання** - ZBrush, Sculpttris і Mudbox - більше підходять для формування таких поверхонь, як особи і фігури, але менш придатні для точних деталей і плоских поверхонь.

**Параметричні програми моделювання** OpenSCAD унікальні, оскільки замість малювання фігур мишею використовують прості підпрограми, що описують фігури і їх різні комбінації. Такий спосіб ідеально підходить для створення технічних моделей, таких як корпусу, механізми, дозволяючи точно задавати їх габарити.

**Програми моделювання** Marius Watz's ModelBuilder і Grasshopper орієнтовані на абстрактні форми, створені з численних даних або математичних формул.

**Полігональні програми моделювання** являють собою об'єкти, створені за допомогою тисячі дрібних трикутників, об'єднаних разом по всій моделі поверхні. Приклади таких програм: Blender, 3ds Max, Maya і Modo. Вони відмінно підходять для створення 3D-графіки та анімації, але вимагають особливого підходу при 3D-друку.

САПР-програма створює 3D-моделі зазвичай в форматі STL.

Деякі САМ, наприклад такі як Slic3r, включають можливість коригування файлу, що дозволить виправити прості помилки.

Моделі можна відкоригувати і вручну, за допомогою полігонального модельєра. Іншим варіантом є MeshLab. Це потужне рішення з відкритим вихідним кодом, але може виявитися складним для молодосвідчених користувачів.

### **Системи автоматизованого виробництва**

Якщо є безпомилкова 3D-модель, то вона повинна бути перетворена в зрозумілі для принтера інструкції ToolPath, які контролюють переміщення друкуючої головки, а також процес видавлювання гарячого пластику по заданому шляху. Цей процес називається нарізкою. Стандартний формат таких інструкцій - програма, яка називається G-Код.

Більшість принтерів використовують програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом на движку Skeinforge або Slic3r для підготовки G-коду з файлів моделі.

Утиліта з закритим вихідним кодом KiSSlicer використовує такі унікальні особливості, як адаптоване заповнення (використовуючи більше матеріалів поблизу краю відбитка і менше - в центрі) і підтримку декількох прутків (для використання різних матеріалів, структур підтримки та заповнення).

Новий движок з відкритим вихідним кодом від MakerBot -Miracle-Grue.

CAM забезпечує можливість настройки параметрів, пов'язаних зі швидкістю, якістю, висотою шару, швидкістю голівки, щільність заповнювача, кількістю «оболонок», що оточують заповнення в кожному шарі.

### **Пакети програм для створення 3D-графіки**

#### **3Dtin**

3Dtin - найпростіший програмний онлайнний 3D-редактор. 3Dtin має лише базовий набір функцій для тривимірного моделювання (примітивні тривимірні форми, інструменти трансформації, об'ємний текст). Можна малювати моделі прямо з браузера Google Chrome або Firefox (з підтримкою WebGL).

Передбачено експорт в стандартні формати файлів: STL, OBJ, DAE, які можуть бути імпортовані в інші програми моделювання. Готову модель можна відразу відправити на друк в будь-який 3D-принтер.

#### **Autodesk 3ds Max**

Autodesk® 3ds Max® 2015 (раніше Discreet 3dsmax, потім Autodesk 3D Studio MAX) - повнофункціональна професійна програмна система для створення і редагування 3D-графіки та анімації.

#### **Blender 3D**

Blender - безкоштовний додаток для створення 3D-контента, що включає засоби тривимірного моделювання, анімації, постобробки відео, а також створення інтерактивних ігор. Blender доступний для операційних систем під ліцензією GNU General Public License. В даний час користується найбільшою популярністю серед безкоштовних 3D-редакторів в зв'язку з швидким і стабільним розвитком.

#### **Google SketchUp**

**Google SketchUp** - легка у використанні програма для 3D-моделювання. Створюючи модель в Google SketchUp, можна малювати ребра і грані, використовуючи кілька простих інструментів.

Можете витягнути будь-яку плоску поверхню в 3D-форму.

Програма працює спільно з Google Earth, тому заготовку можна імпортувати безпосередньо з Google Earth.

**Google SketchUp Pro 8** - простий і зручний інструмент для створення, обробки і презентації 3-вимірних моделей. Дозволяє швидко і якісно створювати практично будь-які побудови різного рівня подачі: від попереднього драфт-ескізу до готового проекту. Добре працює в зв'язці з 3ds max, Cinema 4d, Vue xStream, Piranesi, Archicad. Об'єкти проектуються за лічені хвилини.

Google SketchUP надає можливість створювати багатосторінкові документи та презентації; розкладати і анотувати безліч масштабованих моделей на одній

сторінці; створювати, документувати і робити презентацію проекту, використовуючи одне єдине креслення.

Програма Google SketchUp - це дуже простий у використанні додаток для створення 3D-моделей. Завдяки Google SketchUp можна додавати різноманітні деталі, змінювати текстуру, розміри моделей з дуже високою точністю.

Вже готові моделі можна розмістити на сервісі Google Earth, пересилати їх колегам, роздрукувати копії або розмістити їх на сайті. Google SketchUp має такі корисні в роботі інструменти, як:

- в себе безліч функцій;

- конструювання, також представлене різноманітними можливостями.

За допомогою даної програми можна:

- редагувати, малювати, обертати, вимірювати, а також масштабувати різноманітні геометричні фігури;

- пом'якшувати і ретушувати дефекти малюнка;

- 3D-модель розділити на секції, для того щоб переглянути окремі деталі і обробити їх;

- застосовувати до моделей вже наявні текстури або створити абсолютно нові;

- імітувати розміщення відеокамер;

- роздрукувати зображення моделей;

- використовувати ряд інших корисних в роботі функцій.

### **OpenSCAD**

**OpenSCAD** - програма для створення 3D-CAD об'єктів, проектування і 3D-моделювання. Програма призначена для тих користувачів, яким потрібна потужна платформа з розширеним функціоналом систем автоматизованого проектування. Це безкоштовне програмне забезпечення доступне для Linux / UNIX, MS Windows і Mac OS X операційних систем.

### **SolidWorks**

**SolidWorks 2013 SP3.0** - система автоматизованого проектування, інженерного аналізу та підготовки виробництва виробів будь-якої складності і призначення.

SolidWorks є ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу відповідно до концепції CALS-технологій, включаючи двонаправлений обмін даними з іншими Windows-додатками і створення інтерактивної документації.

SolidWorks забезпечує розробку виробів будь-якого ступеня складності і призначення. Працює в середовищі Windows XP x86 / x64, Windows Vista x86 / x64, Windows 7 x86 / x64.

### **Tinkercad**

**Tinkercad** - програма, що дозволяє створити модель для 3D-принтера в короткі терміни. Вона дозволяє змінювати розміри об'єктів, переміщати їх або видаляти. Tinkercad створена з використанням технології WebGL, яка робить можливим відображення тривимірної графіки в браузері.

Для роботи з сервісом не потрібно встановлювати додаткові програми, достатньо мати браузер, що підтримує WebGL (Chrome, Firefox або Opera 12 Alpha). Користувачі можуть створювати тривимірні моделі у вікні браузера, зберігати проекти на сервері або завантажувати їх на жорсткий диск у вигляді файлів формату STL.

Tinkercad працює з декількома сервісами тривимірного друку (Ponoko, Shapeways і i.Materialise) і принтерами MakerBot.

### **CAD / CAM-системи стоматологічного застосування**

CAD (Computer-Aided Design) визначає область геометричного моделювання об'єктів з використанням комп'ютерних технологій.

CAM (Computer-Aided Manufacturing) забезпечує автоматизацію рішення геометричних задач в технології виробництва, розрахунок траєкторії руху обробного інструменту.

CAD / CAM в стоматології - це сучасна технологія виробництва каркасів зубних протезів за допомогою комп'ютерного моделювання та 3D-друку або фрезерування на верстатах з числовим програмним забезпеченням.

Перелік основних CAD / CAM-систем стоматологічного застосування:

1. Bego Medifufacturing Bego Medical (Bremen, D).

<http://www.bego.com>

2. Cad.esthetics Cad.esthetics AB (Skelleftea, Sweden).

<http://www.cadesthetics.com>

3. CELAY MIKRONA TECHNOLOGIE AG (Spreitenbach, CH).

<http://www.mikrona.com>

4. ce.novation ce.novation (Hermsdorf, D). <http://www.cenovation.de>

5. Cercon® smart ceramics DeguDent GmbH (Hanau, D).

<http://www.degudent.com>

6. CEREC (CEramic REConstruction) Sirona Dental Systems GmbH (Bensheim, D). <http://www.sirona.de>

7. CICERO® (Computer Integrated Ceramic Reconstruction) Cicero Dental Systems B.V. (Hoorn, NL). <http://www.cicerodental.com/index.php.htm>

8. DCS-Dental DCS Dental AG (Allschwil, CH). <http://www.dcs-dental.com>

9. DENTAL CAD / CAM GN-1 GC Corporation (Tokyo, J) GC Europe.

<http://www.gcdental.co.jp/index.html>

10. DigiDent (Hint-Els) GIRRbach Dental GmbH (Pforzheim, D).

<http://www.girrbach.de/index.php> <http://www.hintel.com>

11. EDC Wieland Dental (Pforzheim, D). <http://www.wieland-dental.de>

12. Etkon etkon AG (Grafelfing, D). <http://www.etkon.de>

13. Everest KaVo Elektrotechnisches Werk GmbH (Leutkirch, D).

<http://www.kavo-everest.com>

14. Lava® 3M ESPE Dental AG (Seefeld, D). <http://www.3m.com/espe/>

15. Pro 50, WaxPro CYNOVADSM (Montreal, Canada).

<http://www.cynovad.com>

16. Procera® Nobel Biocare Deutschland GmbH (Koln, D / USA).

<http://www.nobelbiocare.com>

17. Triclone 90 Renishaw GmbH (Gloucestershire, GB).

<http://www.renishaw.de>

18. WOL-CERAM-EPC-CAM Wol-Dent GmbH (Ludwigshafen, D).

<http://www.wolceram.de>

19. ZFN-Verfahren, Xawex Dentalsystem I-Mes (Eiterfeld, D).

<http://www.isel.com>

Технології CAD / CAM стоматологічного застосування розвивалися в двох напрямках:

- індивідуальні CAD / CAM-системи, що дозволяють виконувати реставрацію в межах однієї установи, в стоматологічному кабінеті і в присутності пацієнта (CEREC 3, Sirona Dental Systems GmbH, Germany);

- централізовані системи, що передбачають наявність загального виробничого високотехнологічного центру, котрий виготовляє на замовлення великий асортимент конструкцій, і цілої мережі віддалених від нього периферичних робочих станцій (наприклад, ProCERA, Nobel Biocare, Sweden).

Порядок робіт стоматологічних CAD / CAM-систем включає наступні етапи:

1. Збір даних про рельєф поверхні протезного ложа спеціальним пристроєм і перетворення отриманої інформації в цифровий формат. На цьому етапі системи CAD / CAM значно відрізняються між собою, використовуючи оптичні (пристрій для отримання оптичного образу-зліпка, що перетворює відбитий від об'єкта світло в потік електричних імпульсів) або механічні цифрові перетворювачі (скануючі системи зчитують інформацію з рельєфу контактним зондом, який пересувається по поверхні згідно заданої траєкторії).

2. Побудова віртуальної моделі майбутньої конструкції протеза за допомогою комп'ютера і з урахуванням побажань лікаря (етап CAD). Система, отримавши зі сканера відцифровану інформацію про рельєф поверхні протезного ложа, приступає до побудови його зображення на екрані монітора.

3. Безпосереднє виготовлення самого зубного протеза на основі отриманих даних (етап CAM). Ранні автоматизовані системи виготовляли зубну реставрацію шляхом «методу вирахування (видалення)» (англ. Subtractive) і «методу складання (додавання)» (англ. Additive). Деякі системи CAD / CAM комбінують обидва підходи, наприклад Procera (Nobel Biocare, Sweden), інші використовують метод виборчого лазерного спікання (Medifabricating (Bego Medical AG, Germany).

Різні стоматологічні CAD / CAM-системи в основному відрізняються лише технологічними рішеннями для виконання цих етапів.

### *XI. Методи контролю базових знань*

- Перевірка базових знань за темою (опитування, тестовий контроль).
- Самоконтроль слухача.
- Контроль викладача за діями лікаря при клінічному обстеженні хворого.
- Перевірка правильності вибору методу та обсягу ортопедичного лікування.
- Безпосередній, самостійний прийом пацієнтів.
- Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій.
- Перевірка викладачем якості заповнення документації.

### *XII. Характер і обсяг позааудиторної навчальної роботи:*



1. Самостійне вивчення літератури по темі.
2. Підготовка до клінічного розбору пацієнта.
3. Складання ситуаційних задач, кросвордів, тестових питань з урахуванням набутого досвіду.
4. Написання рефератів, доповідей, статті.
5. Робота над тематичною картотекою.

## Методична розробка практичного заняття

### Тема 10: Практичні способи застосування 3-D друку в ортопедичній стоматології. Комп'ютерна технологія CERЕК.

*I. Мета заняття:* Ознайомити слухачів із сучасними системами, що використовуються для моделювання та подальшого виготовлення 3-D об'єктів.

*II. Тривалість заняття* – 3 години

*III. Об'єм повторної інформації* – 20%

*Об'єм нової інформації* – 80%

#### *IV. План проведення заняття*

Код	ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ	Тривалість, хвилин
	I. Вступне слово викладача про мету заняття.	5 хв.
01 02 03 04 05	II. Визначення обсягу теоретичних знань з теми: <i>Програмне забезпечення 3-D технологій.</i> <i>Системи автоматизованого проектування.</i> <i>Системи автоматизованого виробництва.</i> <i>Пакети програм для створення 3-D графіки.</i> <i>CAD/CAM системи, що застосовуються в стоматології.</i>	55 хв.
06	Контрольні запитання: <i>Які існують системи автоматизованого проектування?</i>	
07	<i>Які існують системи автоматизованого виробництва?</i>	
08	<i>Які основні принципи та алгоритми роботи програмного забезпечення для створення 3-D?</i>	
09	<i>Які CAD/CAM системи частіше використовуються в стоматології?</i>	
	III. Прийом пацієнтів (самостійна робота під керівництвом викладача – 50%).	60 хв.
	IV. Проведення самоконтролю та заповнення документації.	45 хв.
	V. Проведення підсумку заняття разом із викладачем.	15 хв.

*VI. Перелік професійних знань, практичних навичок та ступінь їх засвоєння слухачами*

Код			Назва практичних навичок	Ступінь засвоєння		
Р	Т	Е		ознай.	Опан.	Овол.

### *VII. Методи контролю опанування практичними навичками*

Код			Назва практичних навичок	Метод контролю
Р	Т	Е		
			Контроль викладача за діями слухача при клінічному обстеженні хворого	+
			Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій та якості заповнення документації	+

### *VIII. Умови для проведення заняття*

- Тематичні хворі.
- Інструментарій для обстеження пацієнтів.
- Мікростенди.
- Слайди.

### *IX. Методичні матеріали для проведення заняття*

- Календарний план.
- Навчальна програма.
- Методичні розробки заняття.
- Журнал обліку відвідування занять та успішності.
- Ситуаційні задачі та тести з теми заняття.

### *X. Короткий зміст заняття*

#### **ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 3D-ТЕХНОЛОГІЙ**

Практичні способи застосування 3D-друку в ортопедичній стоматології. Для друку 3D-моделі зуба спочатку роблять сканування порожнини рота пацієнта з використанням стоматологічного 3D-сканера. Після того, як отримано скан порожнини рота, дані вводяться в комп'ютер. Далі спеціальна програма, здійснює роботу із зображеннями, вибудовує віртуальну модель майбутнього зубного протеза. Потім оператор виробляє комп'ютерне коригування моделі та контролює процес виготовлення віртуального каркаса. Після того, як віртуальна модель зубного протеза буде готова, комп'ютерна програма сформує завдання для друку на 3D-принтері та надішле його на друк. Процес друку каркасів коронок та зубних протезів на 3D-принтер виконується пошарово з біосумісних матеріалів. Виходячи з місцевих умов роботи, в зуботехнічній лабораторії можуть бути використані й інші тривимірні технології друку, розглянуті раніше. Шар кераміки або металу напилюють на готовий каркас, після чого протез стає придатним для експлуатації.

Заключний етап — встановлення зубного протезу пацієнту та проведення інструктажу щодо його правильної експлуатації.

### **Комп'ютерна технологія CEREC**

Застосування передових CAD/CAM-досягнень знайшло відображення в технології моделювання економічних функціональних та естетичних керамічних реставрацій CEREC (від англ. Chairside Economical Restorations of Esthetic Ceramic або CERamic REConstruction).

CEREC - це можливість виготовлення цільнокерамічних вкладок («інлей», «онлей»), часткових коронок, вінірів, коронок на фронтальну та жувальну групу зубів, ендокоронок, а також тимчасових мостоподібних протезів до чотирьох одиниць. CEREC поєднує переваги великого спектру естетичних реставрацій, а також пропонує пацієнту комфортне лікування за одне відвідування без традиційних зліпків та тимчасових реставрацій.

Комп'ютерна технологія CEREC дозволяє зробити цільнокерамічну реставрацію в одне відвідування від початку до кінця. Лікар препарує зуб під необхідну конструкцію: вкладку, коронку чи вінір. За допомогою 3D-камери робиться об'ємний оптичний знімок зуба, який обробляється комп'ютером. У результаті виходить точна 3D модель зуба на екрані монітора.

Лікар розпочинає комп'ютерне моделювання майбутньої реставрації, надаючи їй індивідуальні анатомічні особливості. Пацієнт може брати участь у цьому процесі, висловлюючи свої побажання. Процес моделювання займає від 5 до 15 хв. на один зуб.

Після закінчення моделювання дані відправляють на шліфувальний модуль, в якому із заздалегідь підбраного за розміром і кольором керамічного блоку виточується реставрація. Цей процес займає від 10 до 30 хв, залежно від розміру реставрації.

Конструкція приміряється в роті, остаточно підганяється за прикусом та кольором. Реставрація фіксується на зуб за допомогою надміцного адгезивного цементу.

Протезування з виготовленням вкладок та коронок на CEREC застосовується переважно для заміщення одиночних дефектів зубів.

При великому плані ортопедичного лікування з виготовленням багатьох коронок застосовують традиційну техніку зняття відбитків.

Технологія CEREC має низку незаперечних переваг:

– Економія часу – протягом одного відвідування пацієнта виконується вся робота від початку препарування до фіксації.

Залежно від складності отриманої вкладки лікар витрачає 1-2 години робочого часу. При стандартному, непрямому методі реставрації зубів, цей процес може зайняти 2-3 дні або більше.

— Універсальність — застосовується як для відновлення зуба, так і для виготовлення пломб, містків, вінірів.

— Моделювання виконується зі збільшенням x12, тому різко підвищується якість конструювання. Це дозволяє виключно точно виготовити вкладку - відстань між вкладкою та стінкою зуба становить 25-60 мкм. Щоб зафіксувати реставрацію, необхідно мінімум адгезивного матеріалу.

Забезпечується максимальна відповідність поверхонь протезу навколишнім тканинам і зубам.

— Оскільки зафіксувати конструкцію можна протягом короткого часу після препарування, повністю виключено можливість пошкодити дентин та зубну емаль під зовнішнім впливом. Це сприяє хорошій «прилипанню» матеріалу до зубних тканин, захищає порожнину рота від вторинного інфікування і, як наслідок, вторинного карієсу, що дуже актуально при виготовленні та фіксації вінірів.

— Сама вкладка виточується з виробленого промисловим шляхом і має однорідну структуру фарфору високої якості, що дає можливість зберегти оптимальну міцність та твердість отриманої вкладки, близьку до зубної емалі. Такий фарфор відмінно полірується, його можна глазурувати і підфарбовувати в печі для випалу кераміки.

На сьогодні це найсучасніша технологія виробництва каркасів зубних протезів.

### **Практичні прийоми застосування технології CEREC**

Розглянемо далі практичні методи та прийоми, які використовуються при виготовленні зубних протезів за технологією CEREC.

Технологія CEREC 3 дозволяє за одне відвідування пацієнта без установки тимчасових протезів конструювати та виготовляти біосумісні, що мають вигляд природних зубів реставрації (коронки, вініри, вкладки та ін.) з високоякісної та стійкої безметалової кераміки. Цей матеріал абсолютно гіпоалергенний, не вбирає вологу і з часом не змінює колір, за міцністю в кілька разів перевершує емаль натурального зуба.

Область, де проводитиметься реставрація, для підвищення світловідбивної здатності покривають тонким шаром білого порошку. За допомогою 3D-сканера CEREC 3D зображення виводиться на екран монітора, після чого стоматолог приступає до побудови реставрації.

Персональний комп'ютер із платою для захоплення 3D-зображень оснащений спеціальною програмою CEREC inLab 3D. Програма розпізнає тривимірні зображення препаративних зубів, сусідніх зубів та антагоністів (протилежних зубів) та моделює системні пропозиції щодо конструювання реставрації з банку даних, складеного з кількох тисяч оптичних зліпків природних зубів.

За потреби лікар може внести зміни до запропонованої програмою реставрації. На відміну від ручної роботи техніка, лікар на екрані монітора моделює недостатню частину зуба, ретельно змальовуючи її межі. Зображення збільшено у 12 разів, що дозволяє значно підвищити точність конструювання.

Після промальовування всіх ліній комп'ютер обчислює обсяг вкладки та передає ці дані у шліфувальний блок.

Безметалева кераміка CEREC надійна та не відрізняється від власних зубів пацієнта. Використання керамічних блоків, що пройшли термічну обробку і тому не мають усадки з гомогенною структурою матеріалу, дозволяє значно покращити процес виготовлення реставрацій.

Лікар-стоматолог повністю контролює процес реставрації зуба до отримання кінцевого результату. При використанні технології CEREC не потрібні послуги

зубного техніка та стоматологічної лабораторії і виключається ряд етапів (зняття відбитка, виготовлення зліпка та моделі). Кожен із цих етапів роботи вносив свої похибки у конфігурацію зубного протеза з допомогою особливостей матеріалу та кваліфікації зубного техніка, який навіть бачив пацієнта.

Коронки з оксиду цирконію хімічно та біологічно індиферентні, тому не викликають подразнення тканин ротової порожнини.

У них однорідна структура та прозорість, що відповідає тканинам зуба. За рахунок використання керамічної коронки або вініру з більш тонкою стінкою вдається зберегти більший обсяг природних тканин зуба, що реставрується. Кераміка має високу міцність і термоізоляцію, оберігаючи кукусу зуба від механічних і температурних подразників. Сучасні блоки-заготівлі, у тому числі виготовляють коронки, мають у всій масі блоку градієнт фарбування, відповідний природному розподілу кольору зуба пацієнта.

Усі процедури, що потребують анестезії при реставрації зуба, можуть бути здійснені у мінімальні терміни (не більше години).

Додаткових ін'єкцій для зняття болючого синдрому не потрібно. Знижується ризик вторинного карієсу та проведення повторних маніпуляцій у відстрочений період. Довгостроковий прогноз тривалості експлуатації реставрації залежить від ймовірності розвитку вторинного карієсу тканин зуба у місці встановлення реставраційного елемента.

Металокераміка або композитні вініри складаються з декількох матеріалів (метал, кераміка, полімер), кожен з яких суттєво відрізняється за характеристиками не тільки тканин зуба, але й один від одного. У кожного з матеріалів свої індивідуальні фізико-хімічні показники: об'ємного та лінійного теплового розширення, пружності, хімічної та корозійної стійкості тощо. У результаті кожен компонент такої коронки та самого зуба по-різному відгукується на зовнішні впливи при циклах гаряче/холодне, жувальних навантажень, прийомі агресивних рідин. Це веде до виникнення мікрозон напруги та їх концентрації в коронці, руйнування сполучного компонента з тканиною зуба, утворення мікротріщин та зазорів, у яких абсорбується та розмножується патогенна мікрофлора. В результаті розвивається вторинний карієс.

Перевага безметалової кераміки в тому, що вона має гомогенну структуру на всю товщину виготовленого реставраційного елемента і тому рівномірно сприймає та розподіляє всі навантаження, аналогічно тканинам зуба. Вона не піддається окисленню та корозії навіть при контакті з агресивним середовищем (кислим або лужним), прийомі напоїв та продуктів. Швидкість проведення реставрації не дає можливості патогенної мікрофлори влаштуватися в тканинах зуба, підготовлених для реставрації, як це відбувається, коли пацієнту доводиться ходити з обточеними зубами і чекати кілька днів або тижнів під час виготовлення коронок звичайним способом.

#### *XI. Методи контролю базових знань*

- Перевірка базових знань за темою ( опитування, тестовий контроль).
- Самоконтроль слухача.
- Контроль викладача за діями лікаря при клінічному обстеженні хворого.

- Перевірка правильності вибору методу та обсягу ортопедичного лікування.
  - Безпосередній, самостійний прийом пацієнтів.
  - Перевірка викладачем якості виконання маніпуляцій.
- Перевірка викладачем якості заповнення документації.

*XII. Характер і обсяг позааудиторної навчальної роботи:*

26. Самостійне вивчення літератури по темі.
27. Підготовка до клінічного розбору пацієнта.
28. Складання ситуаційних задач, кросвордів, тестових питань з урахуванням набутого досвіду.
29. Написання рефератів, доповідей, статті.
30. Робота над тематичною картотекою.

**Список літератури рекомендованої для самостійної підготовки:**

**Базова:**

1. Ортопедична стоматологія: підручник/ М.М. Рожко, В.П. Неспрядько, І.В. Палійчук та ін.; за ред.. М.М. Рожка, В.П. Неспрядька. – К.: ВСВ «Медицина», 2020. – 720 с. : кольор. вид.
2. Біда В.І. Патологічне стирання зубів та його лікування/В.І. Біда, Ю.І. Струк. – Чернівці: Букрек, 2015. – 72 с.
3. Давиденко В. Ю. Бюгельне протезування: навчальний посібник / В. Ю. Давиденко, М. Я. Нідзельський, Г. М. Давиденко, В. В. Кузнецов, В. П. Чикор.– ПП «Астрая», Полтава, 2018. – с. 145.
4. Військова ортопедична стоматологія: підручник/П.В. Іщенко та ін.. – К.: Медицина, 2013. – 113 с.
5. Гасюк П.А. Альбом із пропедевтики ортопедичної стоматології /П.А. Гасюк, В.В. Щерба. – 3-є вид. – Тернопіль: ТДМУ. – Укрмедкнига, 2017. – 222 с.
6. Зубопротезна техніка: підручник/ М.М. Рожко, В.П. Неспрядько, І.В. Палійчук та ін.; за ред.. М.М. Рожка, В.П.Неспрядько. – 3-є вид.; переробл. та допов. – К.: Книга плюс, 2016. – 6-4 с.
7. Основні технології виготовлення зубних протезів: навч.посіб./Вінниц.НМУ ім..М.І. Пирогова, Укр.мед.стомат.академія, Терноп.ДМУ ім..І.Я. Горбачевського; уклад.Е.В.Беляєв та ін.. – Вінниця: Твори, 2019. – 104 с.
8. Нідзельський М.Я. Практикум з ортопедичної стоматології /М.Я. Нідзельський, О.А. Писаренко, Н.В. Цветкова, В.М. Соколовська. – П.: ФОП Болотін А.В., 2016.– 104 с.
9. Нідзельський М.Я. Семіологія в стоматології /М.Я. Нідзельський, Є.Г. Шиян, М.Д. Король, Н.В. Цветкова, В.В. Савченко. – Полтава: ФОП Мирон І.А. – 2017.– 188 с.

10. Пропедевтика ортопедичної стоматології/С.І.Черкашин, С.О. Росоловська, В.М. Лучинський та ін.; за ред. С.І. Черкашина. – Тернопіль: ТДМУ – Укрмедкнига, 2016р. – 300 с.
11. Протезування при повній втраті зубів/П.А. Гасюк, Є.Я. Костенко, В.В. Щерба, В.Б. Радчук. – Тернопіль: ТОВ «Терно-граф», 2017 р. – 216 с.
12. Стоматологія: підручник: у 2 кн. – Кн.1/М.М. Рожко, З.Б. Попович, В.Д. Куроєдова та ін.; за ред. проф. М.М. Рожка. – К.: ВСВ «Медицина», 2013. – 872 с.
13. Король Д.М. Клінічні і лабораторні особливості виготовлення металокерамічних протезів: навчальний посібник // Д.М. Король, М.О. Рамусь, М.Д. Король [та ін.] . – 2017. – 125 с.
14. Король М.Д., Нідзельський М.Я., Король Д.М., Дорубець А.Д. «Вторинні деформації зубних рядів» // - 2 видання, виправл. – Полтава, 2016. – 111 с.
15. Нідзельський М.Я., Писаренко О.А., Цветкова Н.В. [та ін.] «Техніка прецизійного литва в ортопедичній стоматології». // – Полтава, 2014. – 113 с.
16. Клинические и лабораторные этапы изготовления зубных протезов. Ортопедический атлас / В.А. Клёмин, А.Г.Комлев, А.А.Комлев. – Донецк: Издатель Заславский А.Ю., 2012. – 128 с. «Рекомендовано Центральним методичним кабінетом з вищої медичної освіти МОЗ України як атлас для студентів стоматологічних факультетів вищих медичних навчальних закладів IV рівня акредитації (протокол № 2 від 26.10.2011 р.)» засідання науково-методичної Комісії з медицини Міністерства освіти науки, молоді та спорту України.
17. Макеев В.Ф., Ступницький Р.М. Теоретичні основи ортопедичної стоматології (навчальний посібник). – Львів: ЛНМУ імені Данила Галицького, 2010, -394 с.

#### Допоміжна:

1. Нідзельський М. Я. Кросворди з ортопедичної стоматології: навчальний посібник // М. Я. Нідзельський, М. Д. Король, Н. В. Цветкова [та ін.] // . – 2019. – с. 216.
2. Нідзельський М.Я. Ортопедична стоматологія для лікарів-інтернів: навчальний посібник /М.Я. Нідзельський, Г.М. Давиденко, В.В. Кузнецов. – П.: ФОП Болотін А.В., 2016. – 358 с.
3. Нідзельський М.Я. Структура полімерних стоматологічних матеріалів в електромагнітному полі // Нідзельський М.Я., Коротецька-Зінкевич В.Л.//Навчальний посібник. – Полтава, 2016. – 103 с.
4. Нідзельський М.Я., Писаренко О.А., Соколовська В.М. [та ін.] «Глумачний термінологічний довідник із ортопедичної стоматології». // – Полтава, 2015. – 265 с.
5. Сестринство в стоматології / Під загальною редакцією професора Короля М. Д.– Полтава. – ФОП Мирон. І. А. – 2019. – 312 с.
6. Король Д.М. Сестринська практика в ортопедичній та терапевтичній



стоматології [навч. посіб. для студ. стом. ф-тів мед. навч. заклад. III-IV рівнів акредитації.] / Король Д.М., Козак Р.В., Ткаченко І.М. – Полтава, 2015. - 120 с.

7. Дезінфекція, перед стерилізаційне очищення та стерилізація медичних виробів в закладах охорони здоров'я // Стоматолог Інфо. - 2016. - № 10 (Спецвыпуск). - С. 2-74.
8. Наказ «Про затвердження державних санітарних норм та правил «Дезінфекція, перед стерилізаційне очищення та стерилізація медичних виробів в закладах охорони здоров'я»» // Стоматолог Інфо. - 2016. - № 10. - С. 2-74.

### **Інформаційні ресурси**

1. Офіційний Web-сайт ПДМУ <https://www.pdmu.edu.ua/>
2. Електронні інформаційні ресурси кафедри: <https://polso.pdmu.edu.ua/>
3. Довідник кваліфікаційних характеристик професій працівників Вип. 78 Охорона здоров'я Режим доступа: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va117282-02>
4. <http://moz.gov.ua/ua/portal/>