

УДК 616.314.163-08:331.101.1

Ратушний Р.І., Годерзді Н., Гончарук-Хомин М.Ю., Костенко С.Б., Пензелик І.В., Чобей А.С.

АНАЛІЗ КЛІНІКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ЕРГОНОМІКИ РОБОТИ ЛІКАРІВ-СТОМАТОЛОГІВ НА РЕЗУЛЬТАТ ЕНДОДОНТИЧНОГО ЛІКУВАННЯ

Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», Ужгород, Україна

Вступ

Ергономічний аспект роботи є одним із ключових у щоденній практиці лікаря-стоматолога. Вплив особливостей ергономіки роботи лікарів-стоматологів на завершальний результат ендодонтичного лікування обґрунтований наявністю доведених залежностей між показником якості забезпеченої стоматологічної реабілітації та складовими лікувального процесу, що є процесуально- й мануально-асоційованими [1-3].

Аналіз ергономічних співвідношень складових елементів робочого процесу під час стоматологічного лікування передбачає виокремлення факторів, що можуть бути визначені як домінантні за траєкторією виконуваних рухів оператором й охоплюють термінальні ділянки верхніх кінцівок (ліктів, зап'ясть і кистей), власне робочий інструмент (ендомотор, наконечник) і зону робочого поля, яка визначається топографічними особливостями кожного окремого зуба.

Зміну рухів і просторового взаємовідношення цих складових елементів можна описати з використанням скінченої множини геометричних фігур у кожній із площин дослідження, формуючи таким чином набір n -мірних тетраєдрів, або ж симплексів. Для кожної складової симплексу можуть бути визначені барицентричні координати в структурі афінного простору, який складається з векторних складових (за напрямком руху домінантних елементів робочого процесу) і множини точок, що визначають початкове й кінцеве положення кожного елемента робочого процесу в конкретний проміжок часу, – ендомотора, кисті руки лікаря-ендодонтиста й зуба зі сформованим ендодоступом [3-7].

Ураховуючи цільове вивчення змін просторового співвідношення трьох складових (ендомотора, кисті руки лікаря-ендодонтиста й зуба зі сформованим ендодоступом), запропоновано принцип дискретно-подійного моделювання в якості принципу триангуляції, який попередньо вже використовувався в ендодонтичній практиці й слугує основою для реалізації підходів лікування із застосуванням навігаційної ендодонтиї (зокрема для центрування положення робочих інструментів відносно ендодонтичного доступу й ходу кореневих каналів за даними, отриманими за допомогою томографічного дослідження зони

інтересу й суперімпозиції отриманих результатів із даними сканування поверхонь), складовий аспект якої також може бути інтерпретований у ролі ергономічно-орієнтованого. Крім того, у попередніх дослідженнях розглядалися перспектива й доцільність застосування принципу триангуляції для оцінки впливу застосування оптично-збільшувальної техніки й крісел спеціального дизайну для проведення певних видів ятрогенних стоматологічних втручань, що потенційно може сприяти зниженню ризику виникнення уражень опорно-рухового апарату [6-9].

Такий підхід із застосуванням принципу триангуляції також узгоджується з використанням двох цільових підходів оцінки відповідності змін положення складових елементів тіла ергономічно-доцільним: Rapid Upper Limb Assessment (RULA) – специфічно для зони верхніх кінцівок, і Rapid Entire Body Assessment (REBA) – для всього тіла лікаря-стоматолога. Проектування основних змін положення рук і тіла в різних площинах шляхом їх розбиття на прості геометричні фігури дозволяє верифікувати найбільш виражені порушення основних ергономічних позицій відносно осі тіла оператора, до осі направленості термінального відділу верхніх кінцівок під час механічної обробки кореневого каналу, до осі використовуваного наконечника/ендомотора, до осі робочого ендодонтичного інструмента й до осі досліджуваного зуба.

Взаємонакладання площин і точок симплексів при аналізі різних типів просторових девіацій позиції тіла лікаря-стоматолога в трьох взаємно перпендикулярних площинах, або ж у площинах вищезгаданих осей, свідчить про вищу значимість тих чи інших відхилень елементів опорно-рухового апарату в розрізі порушень ергономічно-орієнтованих діапазонів рухів під час ендодонтичного лікування. Аналіз змін просторового положення цілісних симплексів із моменту досягнення однієї позиції до моменту досягнення іншої (при виконанні повторюваних рухів у процесі ендодонтичного лікування) дозволяє проводити трекинг і картування геометричних патернів-репрезентацій рухів, таким чином оптимізуючи подальше опрацювання даних не для кожної окремої точки, що змінила своє положення, а для площини в цілому, ураховуючи також і ангулярні девіації.

Стан системи (положення тіла лікаря-стоматолога й окремих елементів опорно-рухового апарату) описується за вихідним рівнем відповідності критеріям оцінки ергономіки роботи, передбаченим методологічними підходами REBA і RULA [5, 10-14], і зміною даних відповідностей (їхніми відхиленнями від прийнятного діапазону) як похідними функціями на кожному з етапів проведення ендодонтичного лікування (передендодонтична підготовка, проведення механічної й медикаментозної обробки кореневого каналу, obturaція ендодонтичного простору, постендодонтичне відновлення).

Цільовими для дослідження в процесі дискретно-подійного моделювання було обрано етап механічної й медикаментозної обробки кореневого каналу й етап obturaції, оскільки етапи передендодонтичної підготовки й постендодонтичного відновлення асоційовані з вищою вірогідністю виникнення варіацій під час виконання відповідних маніпуляцій, натомість етапи механічної й медикаментозної обробки й obturaції при відповідній апроксимації можна представити у формі послідовних повторюваних процедур, окремі складові елементи яких відрізнятимуться лише з огляду на вплив супутніх умов робочого процесу (факт використання оптично-збільшувальної апаратури, факт використання ротаційних ендодонтичних інструментів, факт роботи з асистентом).

Синхронізація подій у структурі досліджуваної системи проводилась лише на рівні кожного окремого індивіда, проте не розглядалась при порівнянні робочих процесів різних лікарів-стоматологів, оскільки їхні звичаєві патерни можуть відрізнятися залежно від наявного обсягу клінічного досвіду, обсягу виконання саме ендодонтичних втручань протягом дня, процесуально-асоційованих параметрів роботи. З огляду на те, що в структурі використовуваного підходу до моделювання передбачали врахування лише двох етапів, вони були категоризовані у формі списку подій, що розвиваються послідовно. Проте в структурі етапу механічної й медикаментозної обробки було враховано список субподій, що полягав у диференціації рухів, виконуваних лікарем-стоматологом, при механічній обробці кореневого каналу ендодонтичними інструментами, і рухів, пов'язаних із повторюваною іригацією між зміною файлів.

Мета дослідження – оцінка взаємозв'язків ергономічних складових роботи лікарів-стоматологів і результату ендодонтичного лікування й ризику виникнення помилок у процесі лікування корневих каналів за допомогою програмного забезпечення.

Матеріали і методи дослідження

До досліджуваної вибірки було включено 32 лікарів-стоматологів, які забезпечували стоматологічний прийом на базі Університетської стоматологічної поліклініки, а також у межах інших клінічних

баз стоматологічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

Реєстрація звичного робочого патерну лікаря-стоматолога під час ендодонтичного лікування можлива або ж за рахунок проведення продовжуваного моніторингу, або ж шляхом відеореєстрації з подальшою стратифікацією окремих рухів, що представляють предмет дослідження, і деталізацією діапазону траєкторій їх виконання під час маніпуляцій на етапах механічної й медикаментозної обробки корневих каналів, а також у процесі їх obturaції. Проте для уточнення відповідності/невідповідності всіх складових лікувального процесу кількісним і якісним критеріям оптимальної їх організації необхідно первинно провести їх ієрархізацію, розглядаючи зміни положення тіла лікаря-стоматолога з точки зору змін на рівні головної осевої складової (корпуса) та її похідних (поясу верхніх кінцівок і поясу нижніх кінцівок), ураховуючи, що окремі рухи під час ендодонтичного втручання можуть бути виконані лише в термінальних відділах кінцівок за збереження сталого положення тулуба, а деякі провокують зміну всього корпусу тіла, суміжно асоційовану зі зміною просторового положення інших складових елементів опорно-рухового апарату прямо чи опосередковано.

Імітація змін положення окремих складових опорно-рухового апарату під час лікування корневих каналів і супровідний аналіз отриманих чисельних параметрів цих змін проводили з використанням адаптованого програмного забезпечення Tescomatix Jack (Siemens). Tescomatix Jack був розроблений для аналізу умов і особливостей робочого процесу, що передбачають або повторюваність окремих патернів рухів, або ж наявність критично виражених потенційно травматичних змін положення тіла, імітація яких у цифровому середовищі дозволить мінімізувати ризик виникнення виробничої травми. Пакет програмного забезпечення Tescomatix Jack застосовувався фактично як сукупність алгоритмів для моделювання взаємодії цифрового манекена з навколишнім робочим середовищем з урахуванням впливу на нього складових повторюваності рухів, сили прикладених зусиль, просторових взаємозмін положення тіла лікаря-ендодонтиста в робочих умовах на різних етапах обробки або ж obturaції корневих каналів.

Процес моделювання основних рухів під час маніпуляцій у структурі ендодонту зубів передбачав такі етапи:

1) визначення базової позиції (сидячи), в якій зберігається повний баланс моделі відносно спроектованих основних біомеханічних вузлів;

2) ієрархізація проаналізованих рухових циклів на окремих етапах ендодонтичних втручань за даними відеореєстрації на менші складові елементи у формі сценаріїв із вилученням перших траєкторій із метою апроксимації;

3) програмування сценарію руху для кожного окремого положення тіла при відхиленні від базової позиції (із використанням інструменту Task Simulation Builder);

4) компілювання запрограмованих сценаріїв руху з формуванням проміжного патерну від базової позиції до термінальної точки кожного з виокремлених циклів;

5) ітерація сформульованих проміжних патернів і порівняння їх із фактично зареєстрованими циклами для деталізації основних розбіжностей;

6) доповнення проміжних патернів за рахунок додатково виявлених або ж пропущених значимих змін положення складових опорно-рухового апарату з формування кінцевих патернів;

7) оцінка змін положення тіла в розрізі їх відповідності ергономічно-рекомендованим діапазонам за даними кількісного аналізу кінцевих патернів на кожному етапі проведення ендодонтичних втручань ізольовано;

8) сумація зареєстрованих фактів відхилень від ергономічно-аргументованого положення тіла лікаря-стоматолога з урахуванням повторюваності їх виникнення й інтерпретація отриманих результатів у розрізі кількісних і якісних характеристик наявних девіацій.

Після аналізу зареєстрованих фактів відхилень від ергономічно-аргументованого положення тіла лікаря-стоматолога з урахуванням повторюваності їх виникнення й інтерпретації отриманих результатів у розрізі кількісних і якісних характеристик наявних девіацій у цифровому середовищі забезпечували корекцію найбільш критичних ергономічних порушень і подальшу оцінку за підходом RULA, що дозволяло верифікувати об'єктивні рівні поліпшення умов організації робочого процесу під час ендодонтичних втручань. Після цього відповідні індивідуальні рекомендації було надано лікарям-стоматологам, ураховуючи особливості робочого процесу лікування кореневих каналів кожного з них, і проведено повторний відеомоніторинг їх дотримання з подальшою систематизацією кількості зареєстрованих похибок, допущених у процесі ендодонтичного лікування вже після оптимізації ергономічних параметрів роботи.

Для виявлення статистичних взаємозалежностей отримані в ході клініко-експериментального дослідження дані було обраховано за допомогою програмної платформи «SPSS Statistics» (IBM SPSS, США).

Результати дослідження та їх обговорення

Проведено аналіз змін положення тіла й окремих елементів опорно-рухового апарату лікаря-стоматолога під час виконання ендодонтичних втручань в умовах цифрового середовища шляхом симуляції й відтворення основних діапа-

зонів і траєкторій рухів. Така модель дослідження дозволяє категоризувати не тільки всю послідовність змін індексних показників RELA і RUBA на різних етапах реалізації ендодонтичного втручання, а і вписується в концепт дискретно-подійної симуляції триангуляційних співвідношень особливостей ергономіки роботи лікарів-стоматологів.

Переваги підходу цифрової імітації роботи лікаря-стоматолога в процесі лікування кореневих каналів із подальшим аналізом ергономічних параметрів полягають у можливості модифікації умов робочого середовища безпосередньо в структурі сформованої досліджуваної моделі з урахуванням особливостей дизайну крісла оператора, наявності/відсутності підтримки рук, просторового положення ділянок втручання відносно різних спроектованих біомеханічних вузлів, віддаленості необхідних інструментів відносно картування робочого кабінета на робочу, трансферну і статичну зони. Крім того, за умов цифрової імітації спрощується процес ідентифікації основних ергономічних розбіжностей роботи при застосуванні засобів для оптичного збільшення й без таких, при використанні ротаційних ендодонтичних інструментів і лише ручних файлів, при роботі з асистентом і самостійно.

Можливість імітації умов стоматологічного кабінету з урахуванням опції застосування операційного мікроскопа в ролі додаткової оптично-збільшувальної апаратури була забезпечена алгоритмом CAD-моделювання, який дозволяє імпортувати основні складові робочого середовища зі збереженням принципів їх розподілу на окремі зони залежно від віддаленості від центру (стоматологічного крісла) і з урахуванням змін їх картування на різних етапах ендодонтичного лікування (переважно завдяки імпорту файлів типу *.stl). Крім того, сукупність алгоритмів Tespomatix Jack включає можливості для створення цифрових манекенів із характерними антропометричними відмінностями, що впливають на особливості взаємовідношення між окремими біомеханічними вузлами під час змін положення опорно-рухового апарату в цілому чи окремих його складових елементів (рис.1).

У ролі референтних критеріїв для оцінки відповідності отриманих результатів певному нормованому патерну застосовували критерії підходів REBA і RULA, валідність застосування яких була доведена в численних попередніх дослідженнях, присвячених питанню ідентифікації взаємозв'язків між фактами порушення ергономічних норм лікарями-стоматологами й ризиком розвитку в них порушень опорно-рухового апарату різної тяжкості.

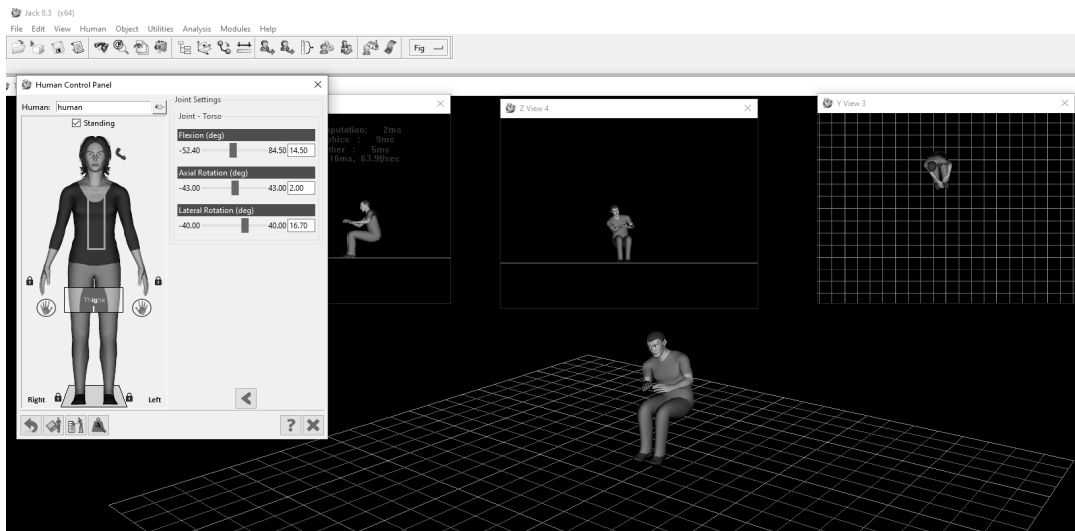


Рис. 1. Імітація особливостей робочого положення лікаря-стоматолога в програмному забезпеченні Testomatix Jack (Siemens)

У структурі програмного забезпечення проводилося моделювання первинної звичної позиції лікаря під час ендодонтичних втручань (сидячи) із вихідним проєктуванням цільових біомеханічних вузлів (ділянки грудної клітки, колін, ліктів, шиї, плечей і зап'ясть), відносно яких проводили імітацію рухів, аналогічних таким, які лікарі виконують під час маніпуляцій у процесі лікування кореневих каналів зубів різної топографічної локалізації. Крім того, спроектовані біомеханічні вузли були пов'язані між собою таким чином, що зміни положення складової опорно-рухового

апарату вздовж одного з них викликала відповідні зміни в положенні інших, таким чином забезпечуючи апроксимацію параметрів досліджуваної моделі дійсним умовам проведення стоматологічних маніпуляцій. Отже, за вищеописаним алгоритмом відбувалося формування просторового простого кінематичного ланцюга у формі деревоподібної структури компонентів верхнього рівня організації (тулуба, поясів верхніх і нижніх кінцівок) і нижнього рівня організації (ліктів, зап'ясть, шиї) (рис. 2).

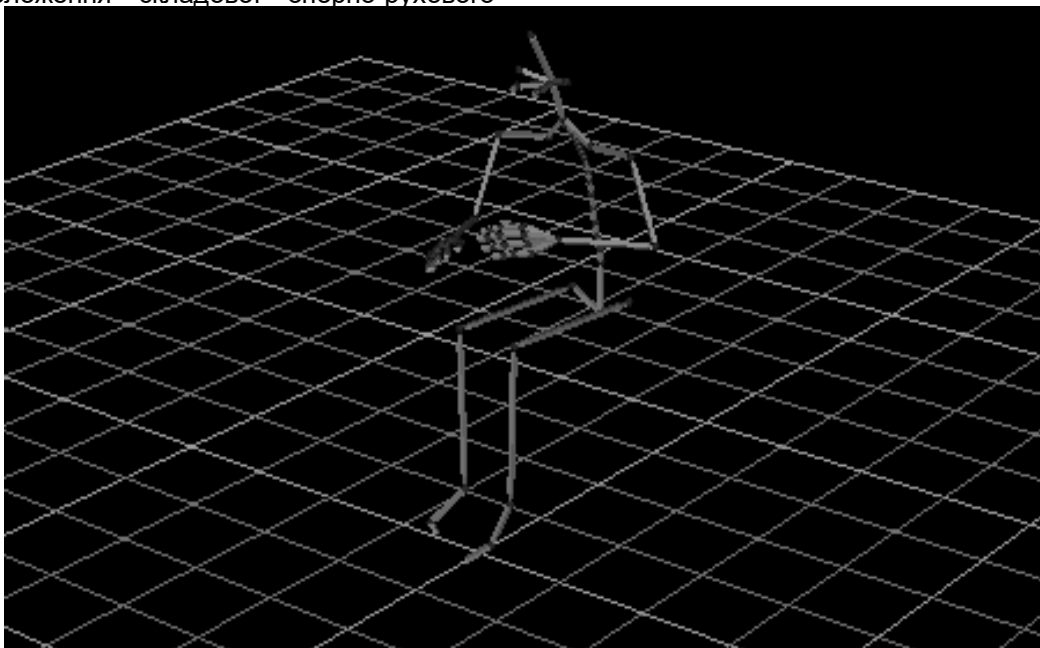


Рис. 2. Формування дизайну кінематичного ланцюга

Кінцевими ефекторами виступали вузли, спроектовані в ділянці зап'ясть, оскільки вони одночасно представляли собою кінцевий елемент кінематичної сітки й основну направляючу рухів ендомотора відносно положення кожного окремого зуба. Застосування принципів формування кінематичних пар і кінематичних ланцюгів обґрунтовано їхньою значимістю в структурі розробки стандартів осанки, особливостей візу-

алізації складових робочого процесу і підтримки балансу опорно-рухового апарату лікарів-стоматологів під час виконання маніпуляцій різних типів.

За результатами регресійного аналізу взаємозалежностей між частотою реєстрації різних типів помилок під час ендодонтичного лікування різців, іклів, премолярів і молярів та значеннями ергономічних критеріїв RULA, відмічених серед

досліджуваної вибірки лікарів-стоматологів, було встановлено, що досліджувана модель взаємо-

зв'язків може бути представлена сукупністю параметрів, наведених у таблиці 1.

Таблиця 1
Параметри регресійних моделей взаємозв'язків показників RULA з частотою реєстрації помилок при ендодонтичному лікуванні

Параметри	Значення	Стандартна похибка	t	Pr > t	Верхня межа (95%)	Нижня межа (95%)
Різці						
Точка перетину	2,204	9,693	0,227	0,841	-39,501	43,909
RULA	1,037	1,101	0,942	0,446	-3,700	5,774
Рівняння	$I.(\text{різці}) = 2,2037037037037+1,03703703703704 \cdot RULA$					
Ікла						
Точка перетину	3,130	3,997	0,783	0,516	-14,066	20,326
RULA	0,296	0,454	0,653	0,581	-1,657	2,250
Рівняння	$C. (\text{ікла}) = 3,12962962962963+0,296296296296296 \cdot RULA$					
Премоляри						
Точка перетину	5,444	14,309	0,380	0,740	-56,123	67,012
RULA	2,444	1,625	1,504	0,272	-4,549	9,438
Рівняння	$P. (\text{премоляри}) = 5,44444444444444+2,44444444444444 \cdot RULA$					
Моляри						
Точка перетину	-22,120	48,430	-0,457	0,693	-230,498	186,257
RULA	9,796	5,501	1,781	0,217	-13,874	33,466
Рівняння	$M. (\text{моляри}) = -22,1203703703704+9,7962962962963 \cdot RULA$					

Рівні прогнозу і стандартизованих залишкових спостережуваних змінних, що стосуються

вищенаведених показників, представлені на рисунку 3.

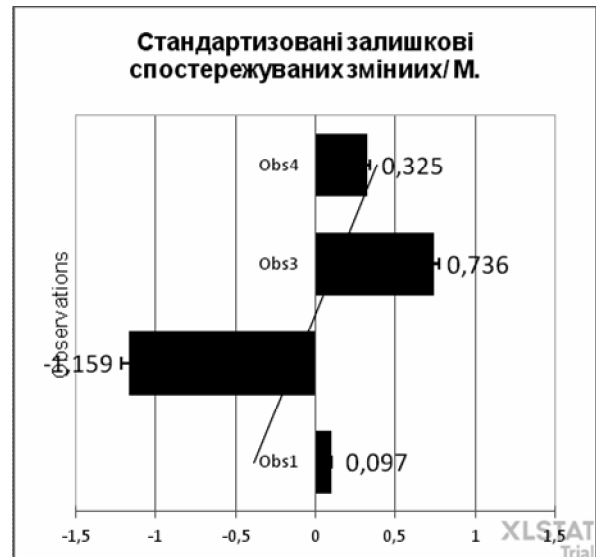
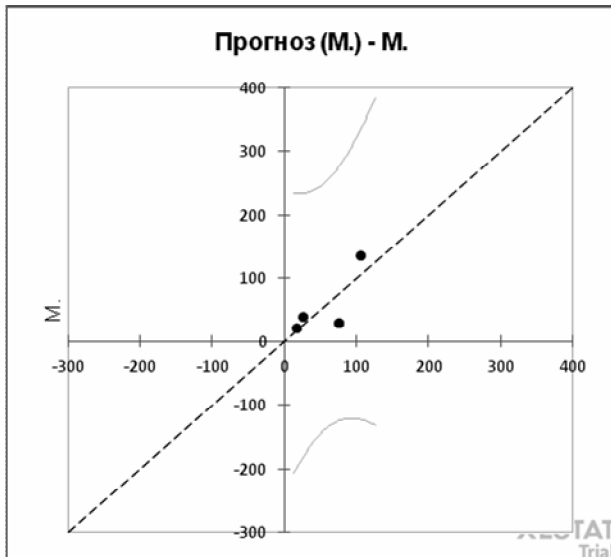


Рис.3. Репрезентація прогнозу і значень стандартизованих залишкових спостережуваних змінних за результатами регресійного аналізу взаємозв'язку показника RULA з частотою реєстрації помилок при ендодонтичному лікуванні молярів

Також проводили регресійний аналіз взаємозалежностей між частотою реєстрації різних помилок, зареєстрованих у процесі виконання ендодонтичних втручань у структурі різців, іклів, премолярів і молярів, та значеннями ергономіч-

них критеріїв REBA, занотованих серед лікарів досліджуваної вибірки. Параметри досліджуваних моделей взаємозв'язків представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Параметри регресійних моделей взаємозв'язків показників REBA з частотою реєстрації помилок при ендодонтичному лікуванні

Параметри	Значення	Стандартна похибка	t	Pr > t	Верхня межа (95%)	Нижня межа (95%)
Різці						
Точка перетину	-2,812	10,575	-0,266	0,808	-36,468	30,844
RULA	1,752	1,472	1,190	0,320	-2,933	6,437
Рівняння	$I.(\text{різці}) = -2,81203007518797 + 1,75187969924812 \cdot \text{REBA}$					
Ікла						
Точка перетину	-1,398	5,841	-0,239	0,826	-19,988	17,191
RULA	0,906	0,813	1,114	0,346	-1,682	3,494
Рівняння	$C. (\text{ікла}) = -1,3984962406015 + 0,906015037593985 \cdot \text{REBA}$					
Премоляри						
Точка перетину	0,632	12,415	0,051	0,963	-38,880	40,143
RULA	3,026	1,728	1,751	0,178	-2,474	8,527
Рівняння	$P. (\text{премоляри}) = 0,631578947368421 + 3,02631578947368 \cdot \text{REBA}$					
Моляри						
Точка перетину	-13,346	34,099	-0,391	0,722	-121,866	95,174
RULA	9,117	4,747	1,920	0,151	-5,991	24,224
Рівняння	$M. (\text{моляри}) = -13,3458646616541 + 9,11654135338346 \cdot \text{REBA}$					

За допомогою систематизації даних регресійного аналізу виявлено характерну особливість зниження частоти реєстрації випадків помилок, допущених у процесі ендодонтичного лікування всіх груп зубів, при досягненні максимально високих значень показників RULA і REBA, що не відповідає загальній тенденції встановленого прогнозу, яка характеризується зростанням кількості зареєстрованих випадків помилок паралельно зі зростанням значень показників RULA і REBA, виявлених серед досліджуваної вибірки лікарів-стоматологів. Така дев'яціця обґрунтована зареєстрованою значимою меншою кількістю випадків досягнення максимальних значень показників RULA і REBA в порівнянні з кількістю випадків реєстрації середніх значень даних ергономічних критеріїв серед усіх досліджуваних лікарів-стоматологів, що в результаті й повипливало на специфічність встановленого прогнозу.

У ролі додаткових змінних, що можуть бути категоризовані як фактори впливу на результат проведеного ендодонтичного лікування й безпосередньо не пов'язані з об'єктами аналізу, було виокремлено такі: факт наявності повної первинної прохідності каналу, розмір апікального отвору на момент досягнення первинної повної прохідності каналу, первинний чи вторинний тип ендодонтичного втручання, наявність попередньо зареєстрованих ендодонтичних ускладнень до моменту вторинної ревізії каналу, кількість попередньо проведених ендодонтичних втручань у структурі зуба до початку виконання реферативного лікування суб'єктом із досліджуваної вибірки лікарів-стоматологів.

Прогностичний вплив вищезгаданих змінних на кінцевий показник відносного ризику розвитку різних типів ускладнень на етапі механічної й медикаментозної обробки кореневих каналів, а

також на етапі їх obturaції в структурі досліджуваної моделі був урахований в формі відповідних коефіцієнтів корекції, що характеризуються різними чисельними значеннями при комбінації з різними зареєстрованими параметрами RULA і REBA, а також при комбінації з різними патернами відхилень положення тіла в цілому й окремих елементів опорно-рухового апарату, зокрема відносно ергономічно-аргументованих, що були встановлені в процесі дискретно-подійного моделювання.

Висновки

Моделювання основних патернів змін робочого положення лікарів-стоматологів у процесі лікування кореневих каналів і аналіз їх у структурі цифрового середовища за даними, зареєстрованими в ході моніторингу за фактичними особливостями проведення ендодонтичного лікування, сприяє цільовій ідентифікації проблемних елементів робочого процесу з точки зору відповідності його складових ергономічним критеріям і специфіки їхніх змін у розрізі врахування топографічних особливостей окремих зубів, можливого факту застосування оптично-збільшувальної апаратури, роботи з ротаційними й ручними типами ендодонтичних інструментів.

Опрацювання отриманих результатів і звітів моделювання дозволило систематизувати сукупність превентивних заходів і рекомендацій, дотримання яких у комплексі загальної оптимізації ергономіки роботи лікарів-стоматологів сприятиме вираженій редукції відносних ризиків розвитку помилок, асоційованих із недотриманням відповідних ергономічних параметрів, виявлених під час ендодонтичних втручань різних рівнів складності.

Запропонований підхід до оптимізації ендодонтичного лікування

донтитного лікування з точки зору дотримання відповідних ергономічних критеріїв є індивідуально-специфічним, а систематизація загально-характерних особливостей, зареєстрованих серед усієї вибірки, сприятиме розширенню цілісної системи вдосконалення якості й ефективності надання стоматологічної допомоги з огляду на значимість окремих ергономічних складових у її структурі.

Перспективи подальших досліджень

Оцінка практичної значимості й фактичної доцільності використання підходу дискретно-подійного моделювання триангуляційних співвідношень для оптимізації ергономічних складових робочого процесу під час ендодонтитного лікування.

Список літератури

- Mulimani, P, Hoe V, Hayes M, Idiculla J, Abas A, Karanth L. Ergonomic interventions for preventing musculoskeletal disorders in dental care practitioners. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018;10. doi: [10.1002/14651858.CD011261.pub2](https://doi.org/10.1002/14651858.CD011261.pub2)
- Костенко ЄЯ, Ратушний ПІ, Богдан ІМ, Білинський ОЯ, Костенко СБ. Дискретно-подійне моделювання триангуляційних співвідношень складових робочого процесу лікаря-стоматолога при ендодонтитних маніпуляціях. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2021;3(31):269-76. doi: [10.26693/jmbs06.03.269](https://doi.org/10.26693/jmbs06.03.269)
- Bos-Huijzer JJ, Bolderman FW. Ergonomic movement in dentistry. *Ned Tijdschr Tandheelkd*.2014;121(2):106.
- Plessas A. The role of ergonomic saddle seats and magnification loupes in the prevention of musculoskeletal disorders. A systematic review. *Int J Dent Hyg*. 2018;16(4):430-40. doi: [10.1111/idh.12327](https://doi.org/10.1111/idh.12327)
- McAtamney L, Corlett EN. RULA: A survey method for investigation of work-related upper limb disorders. *Appl Ergonomics*. 1993;24(2):91-9. doi: [10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)
- Ратушний ПІ, Гончарук-Хомин МЮ, Годердзі Н, Білинський ОЯ, Юрженко АВ. Систематизація експертних підходів і проблемних аспектів оцінки якості проведеного ендодонтитного лікування. *Вісник Вінницького національного медичного університету*.2020;24(3):550-7.
- Mulimani P, Hoe V, Hayes M, Idiculla J, Abas A, Karanth L. Ergonomic interventions for preventing musculoskeletal disorders in dental care practitioners. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2014;8. doi: [10.1002/14651858.CD011261](https://doi.org/10.1002/14651858.CD011261)
- Hayes M, Taylor J, Smith D. Predictors of workrelated musculoskeletal disorders among dental hygienists. *International Journal of Dental Hygiene*. 2012;10(4):265-9. doi: [10.1111/j.1601-5037.2011.00536.x](https://doi.org/10.1111/j.1601-5037.2011.00536.x)
- Ратушний ПІ, Костенко СБ, Богдан ІМ, Костенко ОЄ, Зорівчак ТІ, Годердзі Н. Статистичний аналіз помилок під час ендодонтитного лікування зубів верхньої щелепи. *Вісник стоматології*.2021;2(115):6-11.
- McAtamney L, Corlett N. Rapid upper limb assessment (RULA). In: *Handbook of human factors and ergonomics methods*. CRC Press; 2004;86-96. doi: [10.1201/9780203489925-16](https://doi.org/10.1201/9780203489925-16)
- Al Madani D, Dababneh A. Rapid Entire Body Assessment: A Literature Review. *Am J Engineer Appl Sci*. 2016;9(1):107-18 doi: [10.3844/ajeassp.2016.107.118](https://doi.org/10.3844/ajeassp.2016.107.118)
- Joshi M, Deshpande V. Identification of indifferent posture zones in RULA by sensitivity analysis. *Int J Ind Ergon*. 2021;83:103-23. doi: [10.1016/j.ergon.2021.103123](https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103123)
- Hignett S, McAtamney L. Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Appl Ergonomics*. 2000;31:201-5. doi: [10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Yadi Y, Kurniawidjaja LM, Hapsari Susilowati I. Ergonomics Intervention Study of the RULA/REBA Method in Chemical Industries for MSDs' Risk Assessment. *Int Conference of Occupational Health and Safety (ICOHS-2017)*. 2018;181-9. doi: [10.18502/kls.v4i5.2551](https://doi.org/10.18502/kls.v4i5.2551)

References

- Mulimani, P, Hoe V, Hayes M, Idiculla J, Abas A, Karanth L. Ergonomic interventions for preventing musculoskeletal disorders in dental care practitioners. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018;10. doi: [10.1002/14651858.CD011261.pub2](https://doi.org/10.1002/14651858.CD011261.pub2)
- Kostenko Yela, Ratushnyi RI, Bohdan IM, Bilynskyi Ola, Kostenko SB. Dyskretno-podiine modeliuвання tryanhuliatsiinykh spivvidnoshen skladovykh robochoho protsesu likaria-stomatoloaha pry endodontychnykh manipuliatsiiaakh. *Ukrainskyi zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu*. 2021;3(31):269-76. doi: [10.26693/jmbs06.03.269](https://doi.org/10.26693/jmbs06.03.269). (Ukrainian).
- Bos-Huijzer JJ, Bolderman FW. Ergonomic movement in dentistry. *Ned Tijdschr Tandheelkd*.2014;121(2):106.
- Plessas A. The role of ergonomic saddle seats and magnification loupes in the prevention of musculoskeletal disorders. A systematic review. *Int J Dent Hyg*. 2018;16(4):430-40. doi: [10.1111/idh.12327](https://doi.org/10.1111/idh.12327)
- McAtamney L, Corlett EN. RULA: A survey method for investigation of work-related upper limb disorders. *Appl Ergonomics*. 1993;24(2):91-9. doi: [10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)
- Ratushnyi RI, Honcharuk-Khomyn Mlu, Hoderdzi N, Bilynskyi Ola, Yurzhenko AV. Systematyzatsiia ekspertnykh pidkhoiv i problemnykh aspektiv otsinky yakosti provedenoho endodontychnoho likuvannia. *Visnyk Vinnytskoho natsionalnoho medychnoho universytetu*.2020;24(3):550-7. (Ukrainian).
- Mulimani P, Hoe V, Hayes M, Idiculla J, Abas A, Karanth L. Ergonomic interventions for preventing musculoskeletal disorders in dental care practitioners. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2014;8. doi: [10.1002/14651858.CD011261](https://doi.org/10.1002/14651858.CD011261)
- Hayes M, Taylor J, Smith D. Predictors of workrelated musculoskeletal disorders among dental hygienists. *International Journal of Dental Hygiene*. 2012;10(4):265-9. doi: [10.1111/j.1601-5037.2011.00536.x](https://doi.org/10.1111/j.1601-5037.2011.00536.x)

9. Ratushnyi RI, Kostenko SB, Bohdan IM, Kostenko Ole, Zorivchak TI, Hoderdzi N. Statystychnyi analiz pomylok pid chas endodontychnoho likuvannia zubiv verkhnoi shchelepy. Visnyk stomatolohii. 2021;2(115):6-11. (Ukrainian).
10. Mcatamney L, Corlett N. Rapid upper limb assessment (RULA). In: Handbook of human factors and ergonomics methods. CRC Press; 2004;86-96. doi: 10.1201/9780203489925-16
11. Al Madani D, Dababneh A. Rapid Entire Body Assessment: A Literature Review. Am J Engineer Appl Sci. 2016;9(1):107-18 doi: 10.3844/ajeassp.2016.107.118
12. Joshi M, Deshpande V. Identification of indifferent posture zones in RULA by sensitivity analysis. Int J Ind Ergon. 2021;83:103-23. doi: 10.1016/j.ergon.2021.103123
13. Hignett S, McAtamney L. Rapid Entire Body Assessment (REBA). Appl Ergonomics. 2000;31:201-5. doi: 10.1016/S0003-6870(99)00039-3
14. Yadi Y, Kurniawidjaja LM, Hapsari Susilowati I. Ergonomics Intervention Study of the RULA/REBA Method in Chemical Industries for MSDs' Risk Assessment. Int Conference of Occupational Health and Safety (ICOHS-2017). 2018;181-9. doi: 10.18502/kls.v4i5.2551.

**Стаття надійшла
15.02.2022 р.**

Резюме

Недостатнє вивчення ергономічних аспектів роботи лікарів-стоматологів обумовлює актуальність даного дослідження, оскільки ергономічна складова роботи є однією з ключових у щоденній практиці лікаря-стоматолога.

Мета дослідження – оцінка взаємозв'язків ергономічних складових роботи лікарів-стоматологів і результату ендодонтичного лікування й ризику виникнення помилок у процесі лікування кореневих каналів за допомогою програмного забезпечення.

Методи дослідження: цільові методи дослідження Rapid Upper Limb Assessment – RULA (для зони верхніх кінцівок) і Rapid Entire Body Assessment REBA (для всього тіла лікаря-стоматолога), програмне забезпечення StatPlus Pro, рентгенологічне дослідження.

Результати дослідження. Кожен етап робочого циклу лікаря-стоматолога під час проведення ендодонтичних втручань був стратифікований у формі сегментованих сценаріїв, які для забезпечення достатнього рівня апроксимації зіставляли з даними відеомоніторингу; після цього виокремлювали факти відхилень від ергономічно-аргументованого положення тіла лікаря-стоматолога з урахуванням повторюваності їх виникнення й забезпечували інтерпретацію отриманих результатів у розрізі кількісних і якісних характеристик наявних девіацій.

За даними систематизації основних відхилень окремих елементів опорно-рухового апарату й тіла лікаря-стоматолога в цілому від ергономічно-аргументованих діапазонів спочатку проводили корекцію найбільш критичних порушень у цифровому середовищі й повторну перевірку за критеріями RULA і REBA для об'єктивізації позитивних змін у структурі організації робочого процесу. Згідно з результатами проведеного моделювання й теоретичного обґрунтування імплементації необхідних ергономічних змін для кожного з лікарів-стоматологів досліджуваної вибірки формулювали сукупність індивідуальних рекомендацій, упровадження яких у робочий процес сприяло зростанню ефективності реалізації ендодонтичних втручань і зменшенню кількості зареєстрованих помилок.

Висновки

Запропонований підхід до оптимізації ендодонтичного лікування з точки зору дотримання відповідних ергономічних критеріїв є індивідуально-специфічним, а систематизація загально-характерних особливостей, що були зареєстровані серед усієї вибірки, сприятиме розширенню цілісної системи вдосконалення якості й ефективності надання стоматологічної допомоги з огляду на значимість окремих ергономічних складових у її структурі.

Перспективи подальших досліджень

Оцінка практичної значимості й фактичної доцільності використання підходу дискретно-подійного моделювання триангуляційних співвідношень для оптимізації ергономічних складових робочого процесу в ході ендодонтичного лікування.

Ключові слова: ергономіка роботи, ендодонт, обтурація кореневих каналів, RULA, REBA.

UDC 616.314.163-08:331.101.1

ANALYSIS OF CLINICAL AND EXPERIMENTAL FORECASTING OF INFLUENCE OF ERGONOMICS OF DENTISTS WORK ON THE RESULT OF ENDONTIC TREATMENT

Ratushniy R.I., Goderdzi N., Goncharuk-Khomyn M.Yu., Kostenko S.B., Penzelyk I.V., Chobei A.S.
State Educational Institution «Uzhhorod National University», Uzhhorod, Ukraine

Summary

Abstract. The ergonomic aspect of work is one of the keys to the daily practice of a dentist. In-depth study and development of ways to optimize the basic ergonomic principles of work, monitoring the dynamics of implementation and, if necessary, the possibility of their correction is an important scientific and practical issue that can increase the level of dental care.

The aim of the study was to assess the relationship between the ergonomic components of the work of dentists and the outcome of endodontic treatment and the risk of errors in the treatment of root canals with software.

Materials and methods: target research methods Rapid Upper Limb Assessment (for the upper extremities) and Rapid Entire Body Assessment (for the whole body of the dentist), StatPlus Pro software, X-ray examination. Simulation of changes in the position of individual components of the musculoskeletal system during the treatment of root canals and the accompanying analysis of the obtained numerical parameters of these changes were performed using adapted software Tecnomatix Jack (Siemens).

Results and discussion. Each stage of the dentist's work cycle during endodontic interventions was stratified in the form of segmented scenarios, which were compared with video monitoring data to ensure a sufficient level of approximation; then separated the facts of deviations from the ergonomically-reasoned position of the body of the dentist, taking into account the recurrence of their occurrence and providing an interpretation of the results in terms of quantitative and qualitative characteristics of the observed deviations.

Based on the data of systematization of the main deviations of individual elements of the musculoskeletal system and the body of the dentist as a whole from the ergonomic-reasoned ranges, first corrected the most critical violations in the digital environment and re-test according to RULA and REBA organization of the work process. Systematization of data of the regression analysis, it is possible to note characteristic feature of decrease in the frequency of registration of the cases of the mistakes made during endodontic treatment of all groups of teeth, at the achievement of the highest values of RULA and REBA indicators.

According to the results of modeling and theoretical justification of the implementation of the necessary ergonomic changes for each of the dentists of the study, the sample formulated a set of individual recommendations, the implementation of which in the workflow helped increase the effectiveness of endodontic interventions and reduce the number of errors.

Conclusions. Modeling the main patterns of changes in the working position of dentists during root canal treatment and analysis of such in the structure of the digital environment according to the data, promotes targeted identification of problematic elements of the workflow in terms of compliance with ergonomic criteria and specifics of their changes, the possible fact of using optically magnifying equipment, work with rotary and manual types of endodontic instruments.

The proposed approach to the optimization of endodontic treatment in terms of compliance with relevant ergonomic criteria is individual-specific, and the systematization of general characteristics, which were registered among the entire sample, will help expand the integrated system of improving the quality and efficiency of dental care in its structure.

Prospects for further research. Evaluation of the practical significance and actual feasibility of using the approach of discrete-event modeling of triangulation relations to optimize the ergonomic components of the work process during endodontic treatment.

Key words: ergonomics of work, endodontist, root canal obturation, Rapid Upper Limb Assessment, Rapid Entire Body Assessment.