

УДК 611.717.7.068

І.Г. Бірюк, Т.В. Хмара, Т.В. Комар, І.І. Заморський, Т.Б. Сикирицька

Функціональна анатомія кисті

Буковинський державний медичний університет, Україна

Ukrainian Journal of Perinatology and Pediatrics. 2024.4(100): 131-139. doi: 10.15574/PP.2024.4(100).131139

For citation: Biryuk IG, Khmara TV, Komar TV, Zamorskyi II, Sykrytska TB. (2024). Functional anatomy of the hand. Ukrainian Journal of Perinatology and Pediatrics. 4(100): 131-139. doi: 10.15574/PP.2024.4(100).131139.

Останні воєнні роки призвели до значного зростання інтересу до анатомії та хірургії кисті й пальців, яка стала об'єктом окремої наукової спеціалізації. Вивчення анатомії кисті й пальців перетворилося на функціональну анатомію, орієнтовану на повсякденну і професійну діяльність. Сучасна анатомія кисті важлива як для розуміння нормальної функції, так і для лікування й відновлення після травматичних ушкоджень.

Мета — проаналізувати та узагальнити сучасні дані про функціональні можливості кисті.

Аналіз закономірностей функціонування верхніх кінцівок є надзвичайно важливим у контексті підготовки хірургів та ортопедів. Протезування кистей має значний потенціал успіху, особливо якщо базуватися на глибокому розумінні їхньої функціональної анатомії. Знання анатомії кисті дає змогу розробляти та налаштовувати протези таким чином, щоб вони максимально відтворювали природні рухи та функції. Відзначено важливу роль великого пальця кисті в забезпеченні опори й рухливості інших пальців при захваті предметів, що підкреслюється як важлива особливість анатомії кисті людини. Описано процес протиставлення великого пальця іншим пальцям, що допомагає людині керувати взятими предметами відповідно до своїх намірів. Зазначається, що відсутність або неповний розвиток будь-якого елемента руху обмежує можливості захвату та роботи кисті.

Висновки. Глибоке розуміння функціональної анатомії кисті сприяє вдосконаленню технологій протезування для значного поліпшення життя пацієнтів після різного роду травматичних пошкоджень.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Ключові слова: функціональна анатомія, кисть, верхня кінцівка, людина.

Functional anatomy of the hand

I.G. Biryuk, T.V. Khmara, T.V. Komar, I.I. Zamorskyi, T.B. Sykrytska

Bukovinian State Medical University, Ukraine

The last war years led to a significant increase in interest in the anatomy and surgery of the hand and fingers, which became the object of a separate scientific specialization. The study of the anatomy of the hand and fingers has evolved into a functional anatomy focused on every day and professional activities. Modern hand anatomy is important both for understanding normal function and for treatment and recovery from traumatic injuries.

Aim — analyze and summarize modern data on the functional capabilities of the hand.

The analysis of patterns of functioning of the upper extremities becomes extremely important in the context of training surgeons and orthopedists. Prosthetics of the hands have a significant potential for success, especially if based on a deep understanding of their functional anatomy. Knowing the anatomy of the hand allows you to design and adjust prostheses in such a way that they reproduce natural movements and functions as much as possible. The important role of the thumb in providing support and mobility of the other fingers when grasping objects is noted, which is emphasized as an important feature of the anatomy of the human hand. The process of opposing the thumb to other fingers is described, which allows a person to control the taken objects according to his intentions. It is noted that the absence or incomplete development of any element of movement limits the possibilities of grasping and work of the hand.

Conclusions. A deep understanding of the functional anatomy of the hand contributes to the improvement of prosthetic technologies to significantly improve the lives of patients after various types of traumatic injuries.

No conflict of interests was declared by the authors.

Keywords: functional anatomy, hand, upper extremity, human.

Аналіз і синтез літературних анатомічних даних слід проводити насамперед для правильного уявлення про структурно-функціональну організацію будь-якого органа, який, будучи частиною організму, сам є цілісним утворенням.

Мета дослідження — проаналізувати й узагальнити сучасні дані про функціональні можливості кисті.

Пошук наукової літератури проведено в базах даних «PubMed» і «Google Scholar». Глибина пошуку — 10 років, перевагу надано

найновішим джерелам. Із загального масиву 86 публікацій відібрано 44, які, на нашу думку, найбільше відповідають предмету пошуку. Особливу увагу приділено роботам, у яких описано перспективи практичного застосування функціональної анатомії кисті, зокрема, у сфері протезування.

Скласти чітке уявлення про будову й функції будь-якого органа, про його значення для діяльності всього організму можна лише після вивчення довгого і мінливого шляху, який пройшов у своєму еволюційному розвитку цей

орган. Як наголошував давньокитайський мислитель, філософ Конфуцій (551–479 до н.е.): «Пізнавати, не міркуючи, — даремно; міркувати, не пізнаючи, небезпечно» [35].

Коли людина здорова, вона рідко замислюється про все різноманіття функцій того чи іншого органа [12]. При цьому з філогенетичної точки зору верхня кінцівка як частина опорно-рухового апарату людини зазнає найбільш специфічного розвитку і досягає найдосконалішої функції та анатомічної структури. На верхню кінцівку, зокрема кисть і пальці, падає величезна частка рухової діяльності людини. Домашній побут, самообслуговування, усе наше повсякденне життя неможливе без участі кисті. Вона відіграє основну роль у різноманітних трудових процесах. Рука пов'язана з усією особистістю людини та в деяких відносинах характеризує її своїми рухами.

Рука людини від первісних часів до вершин сучасної цивілізації залишається основним знаряддям праці. У зв'язку з війною в Україні збільшується кількість травматичних ушкоджень структур ділянки кисті [7,34]. За частою захворювань і травм, кількістю втраченого робочого часу, матеріальними витратами, пов'язаними з оплатою тимчасової непрацездатності та несприятливих наслідків, пошкодження та захворювання кисті й пальців залишаються важливою медико-соціальною проблемою [18,31].

Дослідження будови і функціонального значення окремих частин кисті та їхнього взаємозв'язку почалося в давнину. Ці дослідження в різних варіаціях продовжуються, доповнюються і поглиблюються сьогодні [9,14,21]. Відомо, що анатомо-фізіологічні особливості руки формувалися в процесі праці. Кисть є не лише виконавцем волі людини, але й вихователкою свідомості, «будівельницею» мозку в процесі еволюції людини.

Територія проєкції кисті в передцентральної і зацентральної звивинах кори великих півкуль мозку має майже таку ж протяжність, як і всі інші частини тіла. Це і не дивно, якщо пам'ятати, що в усіх видах різноманітної діяльності людини та повсякденному житті головна роль належить кисті [10,33].

Кисть виконує статичну, динамічну і сенсорну функції. Функція кисті передбачає три елементи. Витягнута вперед рука, відкрита, з прямими пальцями слугує лопатою, совком; зігнуті пальці — гачком, щипцями, а більш складна

функція — захватом [6,32]. Як наголошував ще у 1843 р. хірург М.І. Пирогов: «Природа відрізняла руку людини особливою здатністю: керувати взятими предметами... рухати їх у різних напрямках». Під час виконання захвату людини, залежно від мети руху, від характеру об'єкта (розмір, маса, форма, консистенція), формує з кисті новий механізм, створює нові позиції. Слід зауважити, що рука людини здатна на більшу точність за ту, що забезпечує її зір.

З аналізу різноманітних видів захвату, які людина здійснює в повсякденній практиці, встановлено, що, враховуючи положення кисті й пальців, захват можна згрупувати у два основні види — силовий і тонкий. За силового захвату предмет затиснутий між неповністю зігнутими пальцями і долонею, великий палець надає протитиск, розташовуючись щільно на площині долоні, приведений у зап'ястково-п'ястковому і п'ястково-фаланговому суглобах. II–V пальці приведені і дещо повернені назовні в п'ястково-фалангових суглобах. Ступінь згинання всіх пальців, у т.ч. великого, у міжфалангових суглобах різна залежно від розмірів охопленого предмета. Кисть знаходиться в положенні відведення в ліктьовому напрямку і невеликому дорсальному згинанні (рис. 1а).

За тонкого захвату предмет стиснутий між пальцями і протиставленим великим пальцем. Коли розміри предмета великі, пальці відведені в п'ястково-фалангових суглобах, причому вказівний палець повернутий до середини, а IV і V пальці — назовні, усі пальці злегка зігнуті в п'ястково-фалангових і міжфалангових суглобах. Великий палець відведений, зігнутий і повернутий до середини. Кисть знаходиться в положенні вираженого тильного згинання та в нейтральній позиції щодо ліктьового і променевого відведення (рис. 1б).

Різне положення великого пальця за обох видів захвату зумовлює його різну роль. Протиставлення великого пальця за тонкого захвату є підставою для точності й контролювання рухів, що забезпечує одночасно й стабільність.

За силового захвату великий палець із теном є опорою з долонно-променевого боку для кисті, яка протиставляється натиску пальців на захоплений предмет та істотно збільшує силу захвату. За потреби захопити предмет із максимальною силою великий палець «лягає» на тильну поверхню пальців, утворюючи кулак. Силовий захват у кулак стомливо, і його не можна підтримувати протягом тривалого часу.

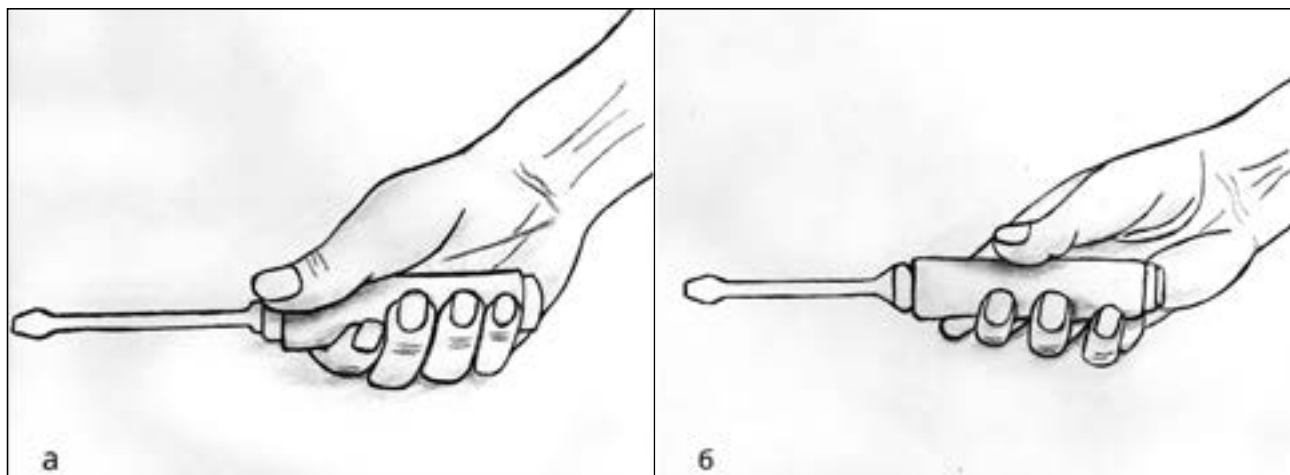


Рис. 1. Види захвату: а — силовий; б — тонкий (кінчиковий)

Існує низка морфологічних класифікацій способів захвату, частина з яких дуже докладні. Так, наприклад, G. Schiesinger (1919) розпізнає 12 видів захвату. Для практики доцільно розрізняти такі види захвату: гачковий, міжпальцевий, площинний, щипковий, циліндричний, кулястий, бічний (ключовий) тощо (рис. 2а—є).

Точність, міцність захвату здійснюється не лише усіма відділами кисті — пальцями, п'ястком, зап'ястком, — але значною мірою залежить від функції поясу верхньої кінцівки, плеча, ліктя і передпліччя. Захват та утримання предметів — це складний руховий акт, що передбачає ряд підготовчих моментів. Спочатку створюється зручне для передбачуваної дії положення зап'ястка. При чому основне значення зап'ястка М.І. Пирогов вбачає у формуванні щільного, рухливого склепіння, що з'єднує передпліччя, «за допомогою п'ястка з основною частиною руки — пальцями». Розташувати, підготувати пальці до взяття предметів, щільного утримання великих тіл та управління дрібними предметами — це призначення п'ястка [11,24].

М.І. Пирогов наголошує: «Головний інструмент захвату та утримання — це пальці рук». Пальці виконують згинання, розгинання, приведення й відведення один від одного. Значна їхня рухливість у різних напрямках забезпечується п'ястково-фаланговими суглобами [17]. Відомо, що пальці мають різну довжину, товщину і ширину. Ця обставина дуже важлива для формування захвату: найдовший ІІ палець відповідає заглибині долоні, тоді як короткі бічні пальці відповідають підвищенням. Завдяки цьому забезпечується скульптурний захват (комбінація різних видів захвату). Відповідно

до форми пальців різняться й їхнє призначення [3,29,41]. Великий палець кисті (перший палець) діє незалежно, ІІІ—ІV і V пальці схильні до спільного виконання певного руху або функції. Вказівний палець, хоча і знаходиться поряд з іншими, проте більш незалежний у рухах. Вказівному пальцю властива велика майстерність і тонка чутливість. Він першим починає захват, його роль особливо важлива при щипковому і скульптурному захватах ними [19]. ІІ, середній, палець більш масивний і довгий, надає силу та міцність захвату. Довготривале утримання в руці предметів без участі ІІ пальця є складним. ІV, перстеновий, палець завдяки розвиненому дотику регулює м'язове відчуття, що є суттєвим у роботі. V, мізинець, закріплює захват, закриває долонню чашу, надає стійкості кисті під час рухів по площині. Після втрати мізинця атрофується підвищення мізинця (гіпотенар). Після втрати четвертого пальця зменшується сила мізинця [37].

Важливу роль відіграє сильно розвинений, рухливий, протиставлений до всіх інших пальців — І палець, який є відмінною особливістю кисті людини, і завдяки великому пальцю кисть людини є органом праці. Під час захвату великий палець кисті зазвичай слугує опорою для інших пальців, які доторкаються до нього своїми кінцями, утворюючи різновиди щипців. Завдяки великому пальцю людина може керувати взятими предметами залежно від намірів. Проте після втрати антагоністів великий палець кисті стає безпорадним, чим коротші культі ІІ, ІІІ, ІV і V пальців [39].

Протиставлення великого пальця суміжним — це складний акт, при якому І палець має бути відведений, повернутий і зігнутий настільки, щоб доторкнутися згинальної поверхні

антагоністів. Виконання навіть найпростіших робочих операцій забезпечується в результаті численних поз і різних видів захвату [20].

Для функції кисті мають значення і нігтьові пластинки, що забезпечують надійність щипкового захвату, можливість піднімати з гладкої поверхні дрібні предмети. Нігті не мають чутливості, але дотик до них сприймається рецепторами шкіри [4].

Якщо будь-який зі вказаних елементів руху відсутній або неповний, захват обмежується або стає неможливим. Максимальна сила захвату та стискання пальців у кулак досягається, коли кисть у зап'ястку розігнута дорсально і відведена в променевий бік. При цьому забезпечується пасивне напруження згиначів і збільшується їхня потенційна сила. І, навпаки, за зігнутої до долоні кисті людина втрачає від половини до s сили і швидкості рухів. Наскільки корисне для функції кисті розгинання в зап'ястку, настільки ж не вигідне положення розгинання в п'ястково-фалангових і

міжфалангових суглобах. Великою перешкодою для функціонування кисті є прямі пальці, які стирчать і втратили чутливість та функцію згинання [4,42].

Слід відрізняти положення кисті в спокої від її активного стану. Під час відпочинку та сну пальці злегка зігнуті, кінцева фаланга великого пальця спрямована до променевого боку вказівного пальця. Це — фізіологічний стан кисті; він є результатом збалансованого нормального тонуусу всіх м'язів кисті (рис. 2з). На відміну від цього, функціональне положення кисті, розроблене Kanavel (1933 р.) [5], відображає її готовність до дії і характеризується розгинанням у зап'ястку на 20° при приведенні в ліктьовий бік на 10° . Пальці розведені, зігнуті в п'ястково-фалангових суглобах — на 45° , у проксимальних міжфалангових суглобах — на 70° , у дистальних міжфалангових суглобах — на 30° . Перша п'ясткова кістка знаходиться в положенні відведення та опозиції; протиставлений великий палець зігнутий у

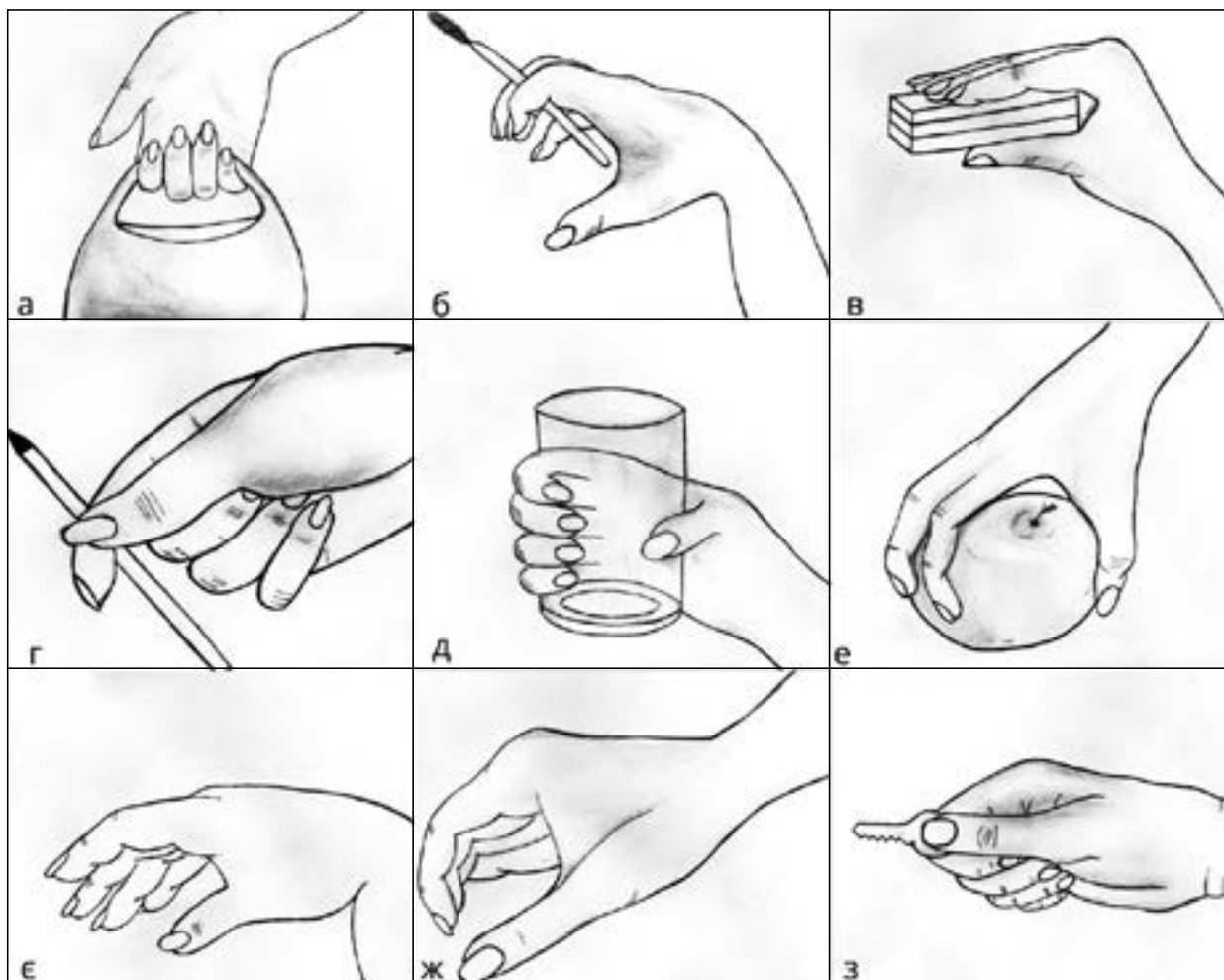


Рис. 2. Різновиди функцій кисті: види захвату (а — гачковий, б — міжпальцевий, в — площинний, г — щитковий, д — циліндричний, е — кулястий, є — бічний); ж — кисть у стані спокою; з — у стані дії (функціональне положення)

міжфаланговому суглобі; згинальна поверхня його кінцевої фаланги спрямована до подушечок II—III пальців. Передпліччя знаходиться в середньому положенні між пронацією і супінацією. При іммобілізації, якщо немає особливих показів до спеціальної позиції, кисть приймає функціональне положення (рис. 2з).

Отже, говорячи про функцію кисті як робочого органа, важливо зазначити, що вона не існує і не може розглядатися окремо від організму — вона є його частиною [18]. При цьому на функцію кисті впливає фізичний і психічний стан людини. У народі широко розповсюджені приказки, що свідчать про тісний зв'язок між активністю кисті та психічним станом: «все з рук валиться», «руки опускаються» тощо.

Слід зазначити, що кисть — це не лише орган захвату, вона є тонким органом дотику. Дотикові подушечки долоні та пальців дають уявлення про форму, величину, консистенцію, температуру, положення і переміщення предметів [22].

Дотик, так само як і захват, зазнає різних змін у процесі праці, то вдосконалюючись і розвиваючись, то притупляючись. У людей, що виконують дрібну роботу з малими деталями, дотик поступово стає більш диференційованим через підвищення рівня дотикової чутливості (пізнавальна чутливість). Груба ж, важка робота, часті охолодження й обпікання шкіри сприяють зроговінню епідермісу, притупляють дотик [1].

Слід пам'ятати, що відчуття (тактильна, температурна, больова чутливість, відчуття ступеня тиску) у кожному русі сумується з відчуттям положення суглобів, ступенем тону м'язів, ковзанням сухожилків у піхвах [28]. Отже, будь-які рухи кисті відбуваються завдяки функції цілого ряду складних нервових зв'язків. Порушення балансу між ними неодмінно призводить до втрати гармонії рефлексорної діяльності від чутливих стимулів, що призводить до виникнення «неконтрольованої кисті», «статичної кисті» [25].

Рука настільки пов'язана з нашим мисленням, переживаннями, працею, що вона стала допоміжною частиною нашого мовлення. Усе, що людина не може висловити словами, де вона не може знайти слів, виражається рухом руки — жестом [2]. Тема руки як засобу для відображення нашого внутрішнього світу з давніх-давен відображена і в мистецтві. Отже, ми користуємося багатосторонніми та тонки-

ми руховими можливостями руки, щоб виразити свої пориви і почуття, думки та настрої, втілюючи їх у жести, пишучи поеми та творячи наукові твори, у руці ми тримаємо пензель для створення картин, граємо на різних музичних інструментах [30].

Як на обличчі, так і на кисті час, праця та перенесені захворювання залишають слід. Більше того, на обличчі ще немає зморшок, а кисть вже втрачає виразність пози, рухливість суглобів, блиск нігтів. Із віком пальці стають вузловими, шкіра тильної ділянки кисті покривається численними складками, на ній з'являються бурі пігментні плями. Шкіра стає тоншою й втрачає еластичність; крізь неї різко виступає розширена венозна сітка. Атрофія підшкірної жирової клітковини, м'язів підвищення великого пальця (тенара) і мізинця (гіпотенара) призводить до сплюснення долонної чаші [13,26].

Під час уважного огляду кисті можна помітити багато важливого. Своїм виглядом кисть розкаже про вік, професію; вона може сигналізувати про наявність загальних захворювань і шкідливих звичок обстежуваного. Важливо під час огляду звертати увагу на положення руки (вільне, вимушене) і на наявність тремтіння (паркінсонізм, алкоголізм, тиреотоксикоз та інші), переконатися у збереженні пропорційності, симетричності розпізнавальних виступів, западин, складок, правильності осі кінцівки, рівномірності забарвлення шкіри нігтів, не випустити з уваги наявність застійних, запальних явищ і трофічних розладів [8,40]. Слід звернути увагу на характер росту волосся, стан підшкірної венозної сітки, наявність деформації, рубців, куксів, свищів, виразок, мозолів, тріщин розладів [23].

Кисть є посередником людини у взаємодії із зовнішнім світом. Кисть — це орган праці у всій різноманітності професій. Вона виконує волю людини в механічних актах і в психічних переживаннях. Кисть — орган дотику; у сліпих — орган зору, у німих — орган мовлення [27].

Втрата кисті трагічна, і, як наслідок цього, людина позбавлена неперевершеного інструменту. Але при цьому втрачається щось більше: у глухий кут переводяться найбільш творчі відділи мозку.

Отже, функція кисті — це сукупність рухів і чутливості, в основі якої лежать три елементи: захват, щипок і відчуття. Тому основним завданням під час дослідження функції паль-

ців та кисті є виявлення стану ковзаючого апарату та нервів. Фактично це здійснюється перевіркою рухливості пальців, яка спочатку визначається як єдине ціле, а потім (за потреби) досліджуються окремі ланки [36]. Найпростіший прийом — це стискання пацієнтом кисті в кулак. При цьому великий палець має бути відведений, щоб не заважати згинанню решти пальців. Нормально стислий кулак оцінюється як стовідсоткова функція. При цьому діють усі м'язи і функціонують усі нерви кисті [38].

Для перевірки ковзного апарату розгиначів пропонується хворому щільно притиснути долоню до столу, розвести всі пальці та підняти над столом кисть і кожен палець окремо [16].

Орієнтовно розпізнати рухову функцію основних нервів кисті можна за рухливістю великого пальця: стан променевого нерва характеризує розгинання великого пальця, ліктьового нерва — приведення розігнутого великого пальця до другого пальця, серединного

нерва — згинання великого пальця в міжфаланговому суглобі [15].

Стиснення кисті в кулак та активні рухи великого пальця в зазначених трьох напрямках свідчать про збереження функції нервів. Коли ці рухи неможливі, утруднені або неповноцінні, слід виявити деталі функціональних розладів, дотримуючись певної системи рухів (рис. 3, 4).

Кисть руки та пальці іннервуються трьома нервами: серединним, ліктьовим і променевим. Усі три нерви є змішаними, причому тільки в ділянці кисті променевий нерв представлений своїм чутливим компонентом. Серединний нерв — «пізнавальний» нерв кисті, тому що його чутливі гілки іннервують більшу частину долонної поверхні кисті та пальців (ліктьовий нерв іннервує лише гіпотенар, мізинець і ліктьову частину IV пальця). Ліктьовий нерв — силовий нерв кисті, тому що від його рухової частини відходять гілки до більшої частини власних коротких м'язів кисті. Дуже

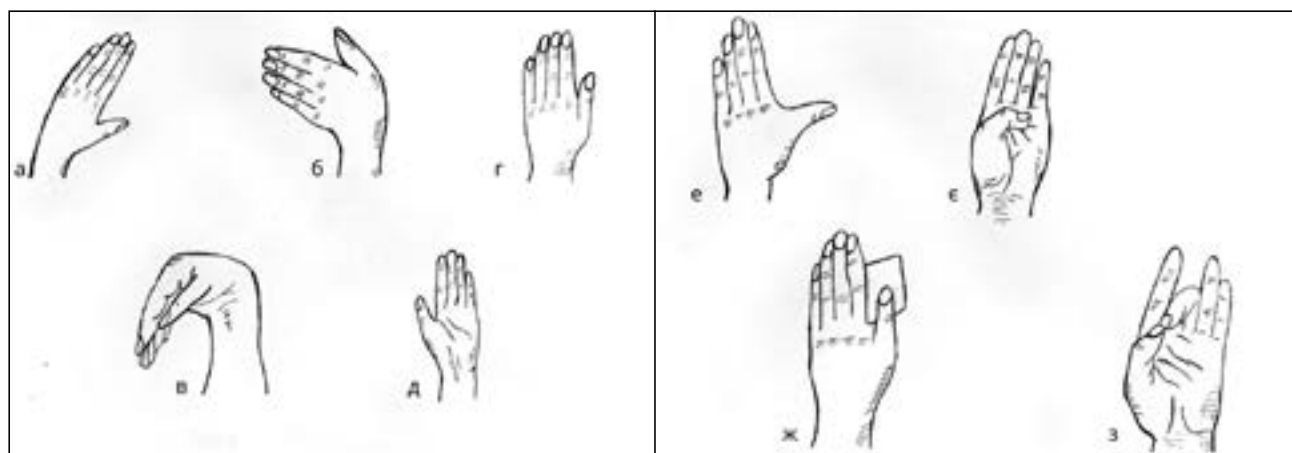


Рис. 3. Дослідження функції кисті: а — відведення; б — приведення; в — згинання в променево-зап'ястковому суглобі; г — привертання (пронація); д — відвертання (супінація); е — відведення; є — згинання; ж — приведення; з — протиставлення великого пальця

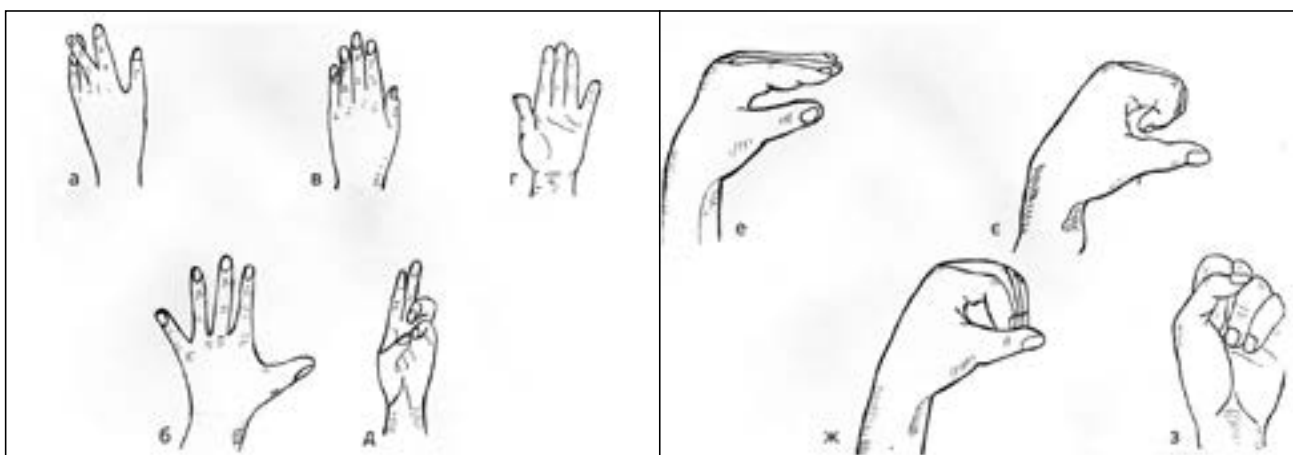


Рис. 4. Дослідження функції пальців кисті: а, б, в — розгинання, розведення і приведення II—III—IV—V пальців; г, д — відведення, протиставлення мізинця та інших пальців; е, є, ж — згинання пальців у п'ястково-фалангових, проксимальних і дистальних міжфалангових суглобах; з — стискання пальців у кулак

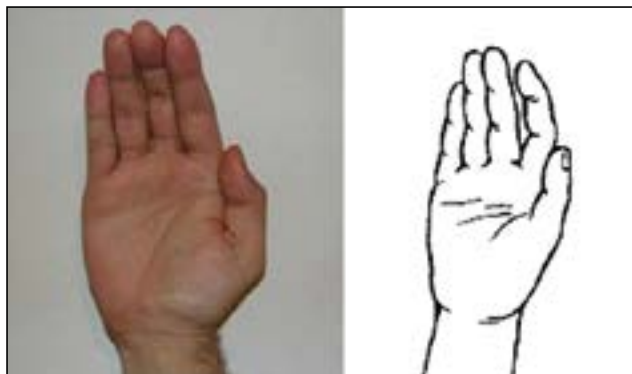


Рис. 5. «Лапа мавпи» при ураженні серединного нерва

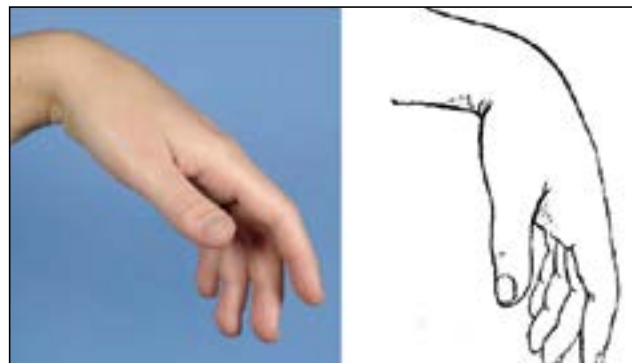


Рис. 6. Звисаюча кисть («лапа тюленя») при ураженні променевого нерва

часто в іннервації коротких м'язів кисті спостерігаються анатомічні варіанти, які стають причинами діагностичних помилок і неправильного врахування результатів після накладання шва на серединний і ліктьовий нерви. Однією з найчастіших варіацій є іннервація обох головок короткого м'яза-згинача великого пальця ліктьовим нервом. У таких випадках великий палець зберігає свою хорошу опозицію після переривання серединного нерва. Іншою причиною припущення помилки в діагностуванні ушкодження нервів можуть бути анастомози між стовбурами серединного і ліктьового нервів у ділянці передпліччя або низький анастомоз між обома нервами в проксимальній половині долоні.

При ураженнях серединного, променевого і ліктьового нервів кисть набуває характерної форми (рис. 5–7).

Під час діагностування розладів шкірної чутливості тильної і долонної поверхонь кисті та пальців мають значення дані щодо ділянок типової іннервації шкіри пальців кисті (рис. 8).

Однак під час випробування окремих видів чутливості кисті потрібно враховувати, що межі територіального розподілу шкірних нервів кисті дуже розпливчасті через перекриття кінцевих гілок суміжних нервів. Заходячи одна на одну, вони утворюють численні анастомози. Внаслідок цього лише незначна частина зони шкіри постачається одним нервом. Дослідження зазвичай обмежується визначенням голкою або пензликом шкірної чутливості.

Висновки

Незважаючи на досить велику кількість наукових досліджень, присвячених анатомії та хірургії захворювань та ушкоджень кисті, за останні воєнні роки інтерес до кисті й пальців з усім різноманіттям їхньої варіантної анатомії

кровопостачання, іннервації, патології та проблем лікування неймовірно зріс. Специфічні знання, накопичені у величезній кількості про цей, настільки складний і важливий для праці людини орган, як і необхідність у спеціальній кваліфікації в галузі хірургічного лікування



Рис. 7. Кігтеподібна кисть при ураженні ліктьового нерва

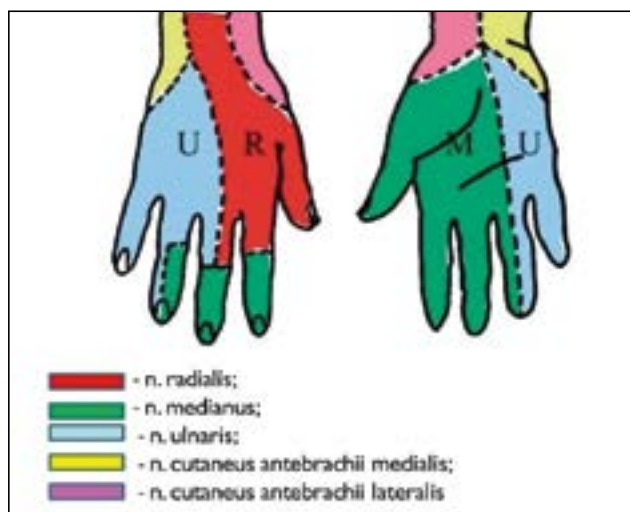


Рис. 8. Кіннервація шкіри кисті: на долоні: nervus ulnaris іннервує п'ятий палець і половину четвертого; nervus medianus іннервує другу половину четвертого і три пальці; на тилі: nervus radialis і nervus ulnaris, кожен — по два з половиною пальці.

пошкоджень кисті й пальців, створили умови та необхідність відокремлення кисті й пальців у рамках хірургічної та ортопедо-травматологічної спеціальності. Така тенденція цілком природна і закономірна. Анатомія кисті перестала бути об'єктом класичної описової анатомії трупа людини і перетворилася на функціональну анатомію живих рухів і практичної діяльності. Сучасна анатомія кисті являє собою анатомо-кінезіологію кисті. Анатомічні дослідження слід проводити в цей час виключно

у зв'язку з їхньою роллю і значенням для функції та виконання руху кистю й пальцями за умов норми і при травматичних ушкодження різного генезу, передусім при вогнепальних пораненнях. І наприкінці хочеться навести вислів Джованні Боккаччо (1313–1375 рр.): «...вичерпати цей предмет неможливо: вже здається, сказано так багато, а ні — треба сказати ще більше...».

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

References/Література

1. Arnold A, Dennison E, Kovacs CS, Mannstadt M, Rizzoli R, Brandi ML et al. (2021). Hormonal regulation of biomineralization. *Nat Rev Endocrinol*. 17(5): 261–275. <https://doi.org/10.1038/s41574-021-00477-2>.
2. Badura A, Baumgart M, Grzonkowska M, Badura M, Janiewicz P et al. (2024). Application of artificial neural networks to evaluate femur development in the human fetus. *PloS One*. 19(3): e0299062. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299062>.
3. Baumgart M, Wiśniewski M, Grzonkowska M, Badura M, Szpinda M, Pawlak-Osińska K. (2019). Morphometric study of the primary ossification center of the fibular shaft in the human fetus. *Surg Radiol Anat*. 41(3): 297–305. <https://doi.org/10.1007/s00276-018-2147-5>.
4. Baumgart M, Wiśniewski M, Grzonkowska M, Badura M, Szpinda M, Pawlak-Osińska K. (2019). Three-dimensional growth of tibial shaft ossification in the human fetus: a digital-image and statistical analysis. *Surg Radiol Anat*. 41(1): 87–95. <https://doi.org/10.1007/s00276-018-2138-6>.
5. Baumgart M, Wiśniewski M, Grzonkowska M, Małkowski B, Badura M et al. (2016). Digital image analysis of ossification centers in the axial dens and body in the human fetus. *Surg Radiol Anat*. 38(10): 1195–1203. <https://doi.org/10.1007/s00276-016-1679-9>.
6. Breeland G, Sinkler MA, Menezes RG. (2022). Embryology, bone ossification. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
7. Chukhrii I. (2017). Features of the body image development among people with musculoskeletal disorders. *Psychological Journal*. 3(5): 163–172. [Чухрій ІВ. (2017). Особливості розвитку образу тіла у осіб з порушенням функцій опорно-рухового апарату. *Психологічний часопис*. 3(5): 163–172]. <https://doi.org/10.31108/1.2017.5.9.14>.
8. Dawood Y, Strijkers GJ, Limpens J, Oostra RJ, de Bakker BS. (2020). Novel imaging techniques to study postmortem human fetal anatomy: a systematic review on microfocus-CT and ultra-high-field MRI. *Eur Radiol*. 30(4): 2280–2292. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06543-8>.
9. Dmytrenko RR, Koval OA, Andrushchak LA, Makarchuk IS, Tsyhykalo OV. (2023). Peculiarities of the identification of different types of tissues during 3d-reconstruction of human microscopic structures. *Neonatology, Surgery and Perinatal Medicine*. 13(4): 125–134. [Дмитренко РР, Коваль ОА, Андрушак ЛА, Макачук ІС, Цигикало ОВ. (2023). Особливості ідентифікації різних типів тканин під час 3D-реконструкції мікроскопічних структур людини. *Неонатологія, хірургія та перинатальна медицина*. 13(4): 125–134.]. <https://doi.org/10.24061/2413-4260.XIII.4.50.2023.18>.
10. Grzonkowska M, Baumgart M, Badura M, Wiśniewski M, Szpinda M. (2021). Quantitative anatomy of the fused ossification center of the occipital squa-
- ma in the human fetus. *PloS One*. 16(2): e0247601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247601>.
11. Grzonkowska M, Baumgart M, Badura M, Wiśniewski M, Lisiecki J, Szpinda M. (2021). Quantitative anatomy of primary ossification centres of the lateral and basilar parts of the occipital bone in the human foetus. *Folia Morphol (Warsz)*. 80(4): 895–903. <https://doi.org/10.5603/FM.a2021.0115>.
12. Grzonkowska M, Baumgart M, Kułakowski M, Szpinda M. (2023). Quantitative anatomy of the primary ossification center of the squamous part of temporal bone in the human fetus. *PloS One*. 18(12): e0295590. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295590>.
13. Han X, Yu J, Yang X, Chen C, Zhou H, Qiu C et al. (2024). Artificial intelligence assistance for fetal development: evaluation of an automated software for biometry measurements in the mid-trimester. *BMC Pregnancy Childbirth*. 24(1): 158. <https://doi.org/10.1186/s12884-024-06336-y>.
14. Kang X, Carlin A, Cannie MM, Sanchez TC, Jani JC. (2020). Fetal postmortem imaging: an overview of current techniques and future perspectives. *Am J Obstet Gynecol*. 223(4): 493–515. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.04.034>.
15. Khmara TV, Shevchuk KZ, Morarash YA, Ryznychuk MO, Stelmakh GYa. (2020). Ontology of the Congenital Malformation of the Pectoral Girdle Bones. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sport*. 5(3): 98–106. [Хмара ТВ, Шевчук КЗ, Морараш ЮА, Ризничук МО, Стельмах ГЯ. (2020). Онтологія уроджених вад кісток грудного пояса, Український журнал медицини, біології та спорту. 5(3): 98–106]. <https://doi.org/10.26693/jmbs05.03.098>.
16. Knapik DM, Do MT, Fausett CL, Liu RW. (2022). An anatomic and 3D study of the development of the proximal humeral physis. *Surg Radiol Anat*. 44(6): 869–876. <https://doi.org/10.1007/s00276-022-02946-3>.
17. Lang A, Benn A, Collins JM, Wolter A, Balcaen T, Kerckhofs G et al. (2024). Endothelial SMAD1/5 signaling couples angiogenesis to osteogenesis in juvenile bone. *Commun Biol*. 7(1): 315. <https://doi.org/10.1038/s42003-024-05915-1>.
18. Marchuk OF, Sokolnik SA, Marchuk JF, Andriychuk DR, Marchuk FD. (2018). Morphogenesis of the bones of forearm and hand in human ontogenesis. *Bukovinian Medical Herald*. 22(4): 87–91. [Марчук ОФ, Сокольник СО, Марчук ЮФ, Андрійчук ДР, Марчук ФД. (2018). Морфогенез кісток передпліччя та кисті в онтогенезі людини. *Буковинський медичний вісник*. 22(4): 87–91]. <https://doi.org/10.24061/2413-0737.XXII.4.88.2018.91>.
19. Norberti N, Tonelli P, Giaconci C, Nardi C, Focardi M, Nesi G et al. (2019). State of the art in post-mortem computed tomography: a review of current literature. *Vir-*

- chows Arch. 475(2): 139–150. <https://doi.org/10.1007/s00428-019-02562-4>.
20. Pappalardo XG, Testa G, Pellitteri R, Dell'Albani P, Rodolico M et al. (2023). Early Life Stress (ELS) Effects on Fetal and Adult Bone Development. *Children (Basel)*. 10(1): 102. <https://doi.org/10.3390/children10010102>.
 21. Rayannavar A, Calabria AC. (2020). Screening for Metabolic Bone Disease of prematurity. *Semin Fetal Neonatal Med*. 25(1): 101086. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2020.101086>.
 22. Sethi A, Priyadarshi M, Agarwal R. (2020). Mineral and bone physiology in the fetus, preterm and full-term neonates. *Semin Fetal Neonatal Med*. 25(1): 101076. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2019.101076>.
 23. Stenhouse C, Suva LJ, Gaddy D, Wu G, Bazer FW. (2022). Phosphate, Calcium, and Vitamin D: Key Regulators of Fetal and Placental Development in Mammals. *Adv Exp Med Biol*. 1354: 77–107. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85686-1_5.
 24. Suzuki Y, Matsubayashi J, Ji X, Yamada S, Yoneyama A, Imai H et al. (2019). Morphogenesis of the femur at different stages of normal human development. *PloS One*. 14(8): e0221569. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221569>.
 25. Tsyhykalo OV, Dmytrenko RR, Popova IS, Banul BYu. (2021). Features of the formation of certain bones of the skull at the early stages of human ontogenesis. *Bukovinian Medical Herald*. 25(3): 144–148. [Цигикало ОВ, Дмитренко РР, Попова ІС, Банул БЮ. (2021). Особливості будови та функцій опорно-рухового апарату людини в різні вікові періоди. *Буковинський медичний вісник*. 25(3): 144–148]. <https://doi.org/10.24061/2413-0737.XXV.3.99.2021.22>.
 26. Xu R, Hu J, Zhou X, Yang Y. (2018). Heterotopic ossification: Mechanistic insights and clinical challenges. *Bone*. 109: 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2017.08.025>.
 27. Xu Y, Huang M, He W, He C, Chen K, Hou J et al. (2022). Heterotopic Ossification: Clinical Features, Basic Researches, and Mechanical Stimulations. *Front Cell Dev Biol*. 10: 770931. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.770931>.

Відомості про авторів:

Бірюк Ігор Григорович — к. мед. н., доц., зав. каф. медицини катастроф та військової медицини БДМУ. Адреса: м. Чернівці, Театральна пл., 2; тел.: +38 (0372) 55-37-54. <https://orcid.org/0000-0003-3032-8202>.

Хмара Тетяна Володимирівна — д. мед. н., проф. каф. анатомії людини ім. М.Г. Туркевича БДМУ. Адреса: м. Чернівці, Театральна пл., 2. <https://orcid.org/0000-0003-4699-6600>.

Комар Тетяна Василівна — д. філос., асистент каф. патологічної анатомії БДМУ. Адреса: м. Чернівці, Театральна пл., 2. <https://orcid.org/0000-0002-2525-562X>.

Заморський Ігор Іванович — д. мед. н., проф., зав. каф. фармакології БДМУ. Адреса: м. Чернівці, Театральна пл., 2. <https://orcid.org/0000-0003-0947-6729>.

Сикирицька Тетяна Богданівна — к. мед. н., доц. каф. дитячої хірургії, оториноларингології та офтальмології БДМУ. Адреса: м. Чернівці, Театральна пл., 2. <https://orcid.org/0000-0001-7882-4825>.

Стаття надійшла до редакції 06.09.2024 р.; прийнята до друку 27.11.2024 р.