

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗРАБОТАННОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ПРИ БИОПСИИ НАДПОЧЕЧНИКОВ ПОД КОНТРОЛЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Пустовгар А.А., Ярош А.Л., Олейник Н.В., Солошенко А.А.

ФГАОУВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ», Белгород, e-mail: oleynik_nv@mail.ru

Биопсия надпочечников под контролем компьютерной томографии получила широкое распространение как эффективная, безопасная и высокоточная процедура диагностики. Одной из основных проблем данного метода является высокая лучевая нагрузка как на пациента, так и на врача-интервенциониста. В настоящее время в мире ведутся разработки различных роботизированных устройств для биопсии с целью сокращения длительности процедуры, возможности замены метода «свободных рук», повышения эффективности. Авторами разработано роботизированное устройство для биопсии новообразований различных органов под контролем компьютерной томографии. Устройство использовано для биопсии надпочечников у 18 пациентов. При биопсии были использованы различные доступы в зависимости от конкретного случая, в том числе с применением гидродиссекции тканей: задний косой, прямой задний без прохождения через легкое, чреспеченочный, трансплевральный и транспульмональный. В данной работе авторы приводят подробное описание заднего паравертебрального доступа с гидродиссекцией. Всего незначительные осложнения были отмечены у 2 пациентов: локальная гематома по ходу иглы и умеренный стабильный пневмоторакс. Средний размер образований был $53,1 \pm 8,2$ мм. Длительность процедуры с момента размещения пациента на компьютерном столе и до извлечения иглы составила в среднем $26,6 \pm 7,4$ минуты. Гистологические результаты биопсии позволили верифицировать диагноз у всех 18 пациентов. Повторных пункций не потребовалось. Авторами разработано роботизированное устройство для биопсии под контролем компьютерной томографии, которое позволяет исключить присутствие медицинского персонала в зоне радиационного облучения. При биопсии новообразований надпочечников авторы показали, что данное устройство повышает точность манипуляции, что дает возможность избежать повторных процедур биопсии и сокращает время процедуры. Это позволяет снизить лучевую нагрузку, в том числе и на пациента. Чувствительность, специфичность и точность метода при использовании роботизированного устройства составили 100% для каждого показателя.

Ключевые слова: чрескожная биопсия, компьютерная томография, роботизированное устройство, надпочечники.

THE FIRST RESULTS OF USING THE DEVELOPED ROBOTIC DEVICE FOR ADRENAL BIOPSY UNDER THE CONTROL OF COMPUTED TOMOGRAPHY

Pustovgar A.A., Jarosh A.L., Oleynik N.V., Soloshenko A.A.

Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: oleynik_nv@mail.ru

A biopsy of the adrenal glands under the control of computed tomography has become widespread as an effective, safe and highly accurate diagnostic procedure. One of the main problems of this method is the high radiation exposure of both the patient and the interventionist. Currently, various robotic biopsy devices are being developed in the world in order to reduce the duration of the procedure, the possibility of replacing the "free hands" method, and increase efficiency. The authors have developed a robotic device for biopsy of neoplasms of various organs under computed tomography control. The device was used for adrenal biopsy in 18 patients. During the biopsy, various approaches were used depending on the specific case, including using tissue hydrodissection: posterior oblique, straight posterior without passing through the lung, transhepatic, transpleural and transpulmonary. In this paper, the authors provide a detailed description of the posterior paravertebral access with hydrodissection. In total, minor complications were noted in 2 patients: a small local hematoma along the needle and a moderate stable pneumothorax. The authors have developed a robotic device for computed tomography-controlled biopsy, which makes it possible to exclude the presence of medical personnel in the radiation exposure zone. During biopsy of adrenal neoplasms, the authors showed that this device increases the accuracy of manipulation, which avoids repeated biopsy procedures and shortens the procedure time. This allows you to reduce the radiation load, including on the patient. The sensitivity, specificity and accuracy of the method when using a robotic device amounted to 100% for each indicator.

Keywords: percutaneous biopsy, computer tomography, robotic device, adrenal glands.

Надпочечники являются частой локализацией как первичных, так и вторичных патологических процессов. Чрескожная биопсия надпочечников стала широко применяемой интервенционной процедурой еще с 1970-х годов. Эта процедура чаще всего проводится пациентам с подозрением на метастатические процессы, где точный патологический диагноз играет важную роль в постановке диагноза и назначении адекватной терапии. Большую роль она играет и при первичной патологии надпочечников, таких как нефункционирующие или функционирующие аденомы, инфекционные заболевания, кровоизлияния в надпочечники или первичные злокачественные опухоли [1-3].

Биопсия под контролем компьютерной томографии (КТ) получила широкое распространение как эффективная, безопасная и высокоточная процедура диагностики во многих клинических случаях [4; 5].

Чрескожная биопсия надпочечника с визуализацией обычно выполняется под контролем КТ различными доступами: передним чреспеченочным, боковым чреспеченочным, задним транспульмональным или трансплевральным, в зависимости от особенностей анатомии [6]. Достижения в области гистопатологии, оборудования для визуализации и устройств для биопсии сделали этот вопрос предметом постоянного интереса в радиологии. Одной из основных проблем данного метода является высокая лучевая нагрузка как на пациента, так и на врача-интервенциониста. Поэтому в настоящее время ведутся разработки различных роботизированных устройств для биопсии с целью сокращения длительности процедуры, с одной стороны, и возможности замены метода «свободных рук» - с другой, то есть отсутствия врача в зоне облучения [7; 8].

Материал и методы исследования. Разработанный авторами роботизированный аппарат представляет собой дугообразный кронштейн, установленный на раме, который может вращаться вместе с зажимом для крепления иглы для биопсии. Аппарат оснащен электроприводом, обеспечивающим перемещение всей системы в различных направлениях. Радиус каркаса держателя соответствует среднему радиусу тела пациента. По внешней окружности каркаса имеются кронштейны для крепления ремней и фиксации их на теле пациента. Описанная система позволяет надежно прикрепить все устройство к телу пациента и обеспечивает быстрое и точное введение иглы в интересующую область [9].

Для навигации использовалась КТ-система Aquilion Lightning (TSX-036A), Canon Medical Systems Corporation, имеющая в своем составе комплект для осуществления интервенционных процедур с контролем в режиме реального времени. Данная КТ-система включает модуль управления в отсеке для оператора, жидкокристаллический монитор, программное обеспечение для визуализации диагностических изображений, устройство для

увеличения расстояния между гентри и столом, модуль корректировки скорости вращения гентри (до 0,5 сек.).

В группу исследования с биопсией роботизированным методом авторами было включено 18 пациентов: 14 мужчин и 4 женщины, в ретроспективную группу контроля – 19 пациентов: 16 мужчин и 3 женщины. В контрольной группе биопсия осуществлялась методом «свободной руки», то есть врач, находясь непосредственно рядом с обследуемым, продвигал иглу вручную и производил забор материала под постоянным контролем КТ. Возраст пациентов основной группы составил $55,4 \pm 5,5$ года, контрольной группы – $57,7 \pm 4,8$ года ($p = 0,25$); масса тела пациентов основной группы – $72,6 \pm 8,4$ кг, пациентов контрольной группы – $75,5 \pm 7,6$ кг ($p = 0,26$).

Пациенты основной/контрольной групп достоверно не отличались по наличию сопутствующей патологии. Из сопутствующих заболеваний у 10/10 пациентов имелась ишемическая болезнь сердца, у 1/1 – хроническая обструктивная болезнь легких, у 5/7 – сахарный диабет, у 12/12 – гипертоническая болезнь. У 10 пациентов основной группы и у 11 пациентов контрольной группы имелась надпочечниковая недостаточность. У 8 пациентов основной группы и 8 пациентов контрольной группы содержание кортизола в крови соответствовало норме, у них патология надпочечников была диагностирована при обследовании по поводу лихорадки, болей в животе, снижения массы тела, генерализованной отечности, рецидивирующего воспаления мочевыводящей системы, артритов, а также в процессе наблюдения за злокачественными процессами другой локализации.

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом медицинского института БелГУ 03.12.2019, протокол № 25. Перед каждым выполнением биопсии пациентами было подписано информированное согласие.

Перед каждой процедурой в обязательном порядке проводилось коагулологическое исследование крови. При двустороннем процессе биопсию проводили на стороне с большим очагом поражения или на той, где был возможен прямой доступ без травмы легкого, плевры или почек, а также чтобы вблизи места введения иглы не располагались крупные сосуды.

Пациент укладывался на компьютерном столе в пропозиции для прямого заднего доступа или на лежа на боку для косо заднего доступа, планировался маршрут введения иглы, который позволял избежать повреждения диафрагмы, почек, артерий и сосудов. Предварительно с этой целью производилась диагностическая КТ, а если поблизости от поражения надпочечника находился кровеносный сосуд, то исследование выполнялось с контрастным усилением. Перед началом исследования пациенту разъясняли правила задержки дыхания, желательно на середине вдоха, так как это снижает «эффект дыхания». Процедуру биопсии проводили под местной анестезией. Продвижение иглы осуществлялось

автоматически роботизированным устройством у пациентов основной группы и методом «свободной руки» – у пациентов контрольной группы. КТ выполнялась в последовательном режиме с установленными низкими дозами 100–120 кВ и 30–50 мА с ограничением области визуализации только иглой и несколькими дополнительными срезами над и под ней для снижения дозы облучения.

После установки иглы над проблемным местом при обеих методиках производили забор нескольких образцов ткани в нескольких разных областях, что достигалось различным наклоном иглы. При подозрении на инфекционный процесс, помимо гистопатологии, проводились микробиологические исследования для исключения или подтверждения туберкулеза или грибкового заболевания. Также оценивались результаты КТ при различных видах поражений надпочечников, фиксировались размеры, контуры пораженного надпочечника, наличие кальцификаций и характер накопления контраста.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась путем использования программного обеспечения SPSS (версия 20.0; IBM Corp., Армонк, Нью-Йорк, США) с лицензионным прикладным пакетом для статистического анализа Statistica 13. Показателем вариативности изучаемых признаков являлся диапазон ($\bar{X} \pm \sigma$), при среднем значении \bar{X} и стандартном отклонении σ , что определялось количеством данных n в группе. Статистическая значимость результатов, учитывая малые размеры выборок, оценивалась непараметрическими методами. При этом использовался непараметрический U-критерий Манна - Уитни. Уровень $p \leq 0,05$ считался статистически значимым.

Результаты исследования и их обсуждение. Обе группы пациентов не отличались по виду доступов к «зоне интереса» и их соотношению. В основной/контрольной группах биопсия левого надпочечника была произведена у 9/11 пациентов, правого – у 9/8 пациентов. Задний косой доступ использовали у 7/8 пациентов, прямой задний доступ без прохождения через легкое или плевру был возможен у 7/7 пациентов, чреспеченочный доступ использовали у 2/2 пациентов, трансплевральный – у 1/1 пациента и транспульмональный – у 1/1 пациента.

Положение тела на компьютерном столе при проведении биопсии отличалось у разных пациентов. Предпочтение отдавали пропозиции. Различные положения тела пациента при пункции, как и различные доступы к области надпочечников, широко освещены в литературе, и данные авторов совпадают с предыдущими результатами [10; 11].

В ряде случаев было необходимо положение на боку с целью смещения структур, по пути введения иглы, в частности легкого и нижней полой вены. В такой позиции легкое оказывалось в более низком положении и имело меньшую тенденцию к расширению, снижая риск развития пневмоторакса. При биопсии правого надпочечника, когда нижняя полая вена

располагается по ходу введения иглы, левое боковое или наклонное положение способствовало ее смещению и облегчало доступ для биопсии.

Авторами приводится пример пункции левого надпочечника из заднего паравертебрального доступа с применением гидродиссекции тканей. На рис. 1. представлен процесс установки разработанного устройства в положении пациента на боку.



Рис. 1. Подготовка роботизированного устройства для core-биопсии новообразования надпочечника в положении пациента «лежа на боку»

Перед началом биопсии авторы производили КТ в боковой наклонной позиции или лежа, от середины грудной клетки до нижнего полюса почки и выбирали направление продвижения иглы. В подкожную клетчатку вводили иглу 21-G и 5,0 мл 2% раствора лидокаина для местной анестезии. Делали небольшое рассечение кожи и с помощью роботизированного устройства проводили в подкожную клетчатку коаксиальную иглу 17-G. На уровне направляющей коаксиальной иглы для дальнейшего планирования процедуры проводили повторную КТ. Кончик коаксиальной иглы без стилета размещали в жировой прослойке между телом позвонка и плеврой и вводили 0,9% раствор натрия хлорида, смещая париетальную плевру и расширяя заднее паравертебральное пространство, одновременно продвигая иглу и контролируя ее ход последовательной КТ. Во время процедуры использовали минимальный объем физиологического раствора, 20–50 мл, необходимый для обеспечения безопасного продвижения иглы через пространство, образованное гидродиссекцией. Метод гидродиссекции не является изобретением авторов и описан в литературных источниках, в том числе и при биопсии надпочечников. Некоторые врач-интервенционисты предлагают также метод пневмодиссекции [12]. В данном исследовании авторами применен метод гидродиссекции одновременно с использованием роботизированного устройства, о чем ранее в литературе не сообщалось.

При задержке дыхания коаксиальный кончик иглы проходил диафрагму и располагался в непосредственной близости или внутри надпочечника (рис. 2). Затем, используя иглу 18-G,

получали несколько фрагментов ткани. Забирали три фрагмента ткани, наклоняя иглу под разными углами. Количество фрагментов увеличивали, если первые не удовлетворяли по количеству ткани. В описанном выше случае не было отмечено каких-либо осложнений.



а

б

Рис. 2. КТ-визуализация core-биопсии левого надпочечника паравертебральным доступом с использованием роботизированного устройства с применением гидродиссекции: а – аксиальная КТ брюшной полости в правом боковом положении пациента, гиподенсивный очаг в левом надпочечнике указан (); б – кончик коаксиальной иглы проведен через диафрагму и располагается рядом с левым надпочечником*

Ни один из 18 пациентов основной группы и 19 пациентов контрольной группы жалоб на выраженные болевые ощущения во время процедуры, в том числе при введении физиологического раствора, а также после процедуры не предъявляли. Осложнения были отмечены у 2 пациентов основной группы: у одного пациента – локальная гематома по ходу иглы, у другого – умеренный стабильный пневмоторакс. В контрольной группе у 1 пациента было диагностировано внутрибрюшное кровотечение, которое потребовало открытого оперативного вмешательства для его остановки. Это был пациент с обширным новообразованием правого надпочечника, которое инфильтрировало нижнюю полую вену гистопатологически лимфомой.

Размеры новообразований и их гистологическое строение у пациентов основной и контрольной групп достоверно не отличались и соответствовали результатам, представленным в литературе [13]. В основной/контрольной группах пациентов были получены следующие результаты гистологических исследований: туберкулез – у 2/2 пациентов, метастазы – у 4/5 пациентов, лимфома – у 4/3 пациентов, миелолипома – у 2/2 пациентов, доброкачественное новообразование коры надпочечников – у 3/4 пациентов, карцинома коры надпочечников – у 3/1 пациента. Размер образований в основной группе

составил $53,1 \pm 8,2$ мм, в контрольной – $56,5 \pm 7,4$ мм ($p = 0,09$). Поэтому результаты роботизированной биопсии, предложенной авторами, корректно могли сравниваться с результатами биопсии методом «свободной руки».

Чувствительность, специфичность и точность метода при использовании роботизированного устройства составили 100% для каждого показателя, поскольку гистологические результаты биопсии позволили верифицировать диагноз у всех 18 пациентов. В контрольной группе чувствительность метода составила 94,7%, так как у 1 пациента из 19 потребовалась повторная биопсия, которая показала злокачественный результат. Специфичность и точность составили также 100%. Эти показатели авторов оказались значительно лучше, чем при использовании метода «свободной руки», по данным других исследователей, в том числе в проспективных многоцентровых исследованиях с подробной регистрацией процедур биопсии и результатов определения эффективности диагностики и факторов, определяющих частоту неудачных биопсий и осложнений, связанных с процедурой [10]. Приведенные данные свидетельствуют о преимуществах роботизированной биопсии.

Длительность процедуры с момента размещения пациента на компьютерном столе и до извлечения иглы составила в основной группе $26,6 \pm 7,4$ минуты, в контрольной группе – $38,4 \pm 8,7$ минуты ($p = 0,03$). По данным различных литературных источников, биопсия методом «свободной руки» составляет от 40 до 60 минут [14; 15]. Это сказывается на лучевой нагрузке на пациента, которая значительно выше при интервенционных процедурах, чем при диагностической КТ.

Заключение. Достижение оптимального баланса для оптимизации медицинской помощи при одновременном ограничении радиационного облучения пациентов и медицинского персонала во время интервенционных вмешательств под контролем КТ – это задача, которая продолжает оставаться актуальной. Для решения ее авторами разработано роботизированное устройство для биопсии, позволяющее исключить присутствие медицинского персонала в зоне радиационного облучения. Кроме того, авторами показано, что данное устройство не снижает точность манипуляции и сокращает время процедуры. Это ведет к снижению лучевой нагрузки, в том числе и на пациента.

В данном исследовании авторы приводят результаты первого опыта использования разработанного ими роботизированного устройства для биопсии надпочечников, одной из самых сложных манипуляций в интервенционной радиологии. Поражения надпочечников представляют собой гетерогенную группу новообразований, которые могут быть доброкачественными или злокачественными. Если визуализация не позволяет верифицировать поражение как доброкачественное или если требуется гистологическое профилирование, показана чрескожная биопсия под контролем КТ. Биопсию надпочечников

следует применять с осторожностью, поскольку эта инвазивная процедура может быть чревата рядом осложнений, которых удалось избежать в результате использования роботизированного метода. Биопсия надпочечников наиболее полезна для диагностики метастазов у пациентов с недавно выявленным поражением и внепочечными злокачественными новообразованиями в анамнезе.

Список литературы

1. Schenker M.P., Silverman S.G., Mayo-Smith W.W., Khorasani R., Glazer D.I. Clinical indications, safety, and effectiveness of percutaneous image-guided adrenal mass biopsy: an 8-year retrospective analysis in 160 patients // *Abdominal Radiology (NY)*. 2024. Vol. 49. Is. 4. P. 1231-1240. DOI: 10.1007/s00261-024-04211-0.
2. McDermott E., Kilcoyne A., O'Shea A., Cahalane A.M., McDermott S. The role of percutaneous CT-guided biopsy of an adrenal lesion in patients with known or suspected lung cancer // *Abdominal Radiology (NY)*. 2021. Vol. 46. Is. 3. P. 1171–1178. DOI: 10.1007/s00261-020-02743-9.
3. Ierardi A.M., Petrillo M., Patella F., Biondetti P., Fumarola E.M., Angileri S.A., Pesapane F., Pinto A., Dionigi G., Carrafiello G. Interventional radiology of the adrenal glands: current status // *Gland Surgery*. 2018. Vol. 7. Is. 2. P. 147–165. DOI: 10.21037/gs.2018.01.04/
4. Kubo T., Arai Y., Sone M., Yonemori K., Abe O. Image-guided percutaneous needle biopsy for the diagnosis of cancer of unknown primary // *Asia-Pacific Journal of Clinical Oncology*. 2022. Vol. 18. Is. 5. e 479 –e 485. DOI: 10.1111/ajco.13762.
5. Brock K.K., Chen S.R., Sheth R.A., Siewerdsen J.H. Imaging in interventional radiology: 2043 and Beyond // *Radiology*. 2023. Vol. 308. Is. 1. e-230146. DOI: 10.1148/radiol.230146.
6. Zhang C.D., Delivanis D.A., Eiken P.W., Atwell T.D., Bancos I. Adrenal biopsy: performance and use // *Minerva Endocrinology*. 2019. Vol. 44. Is. 3. P. 288–300. DOI: 10.23736/S0391-1977.19.02969-9.
7. Won H.J., Kim N., Kim G.B., Seo J.B., Kim H. Validation of a CT-guided intervention robot for biopsy and radiofrequency ablation: experimental study with an abdominal phantom // *Diagnostic and Interventional Radiology*. 2017. Vol. 23. Is. 3. P. 233–237. DOI: 10.5152/dir.2017.16422.
8. Rajakulasingam R., Iqbal A., James S.L., Botchu R. Surface adhesive and hand-aided needle-assisted biopsy technique (SAHNA) // *Skeletal Radiology*. 2020. Vol. 49. Is. 3. P. 469–473. DOI: 10.1007/s00256-019-03320-y.

9. Пустовгар А.А., Ломакин К.А., Казеный А.Б. Стереотаксический держатель иглы для биопсии паренхиматозных органов. Патент 190455 Рос. Федерация: МПК А61В 17/00 / патентообладатель Пустовгар Андрей Андреевич. 2019.Бюл. № 19.
10. Bancos I., Tamhane S., Shah M., Delivanis D., Alahdab F., Arlt W., Fassnacht M., Murad M.H. The diagnostic performance of adrenal biopsy: a systematic review and meta-analysis // *European Journal of Endocrinology*. 2016. Vol. 175. Is. 2. P. R65-R80. DOI: 10.1530/EJE-16-0297.
11. Thabet A., Lahoud R., Shaqdan K., Arellano R.S., Uppot R.N. How we do it: Adrenal biopsy and ablation // *The Arab Journal of Interventional Radiology*.2019. Vol. 3. Is. 2. P. 50-57.
12. Ierardi A.M., Petrillo M., Patella F., Biondetti P., Fumarola E.M., Angileri S.A., Pesapane F., Pinto A., Dionigi G., Carrafiello G. Interventional radiology of the adrenal glands: current status. Review // *Gland Surg*. 2018. Vol. 7. Is. 2. P. 147–165. DOI: 10.21037/gs.2018.01.04.
13. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria ®Adrenal Mass Evaluation Revised 2021. Adrenal Mass Evaluation. [Электронный ресурс]. URL: <https://acsearch.acr.org/docs/69366/Narrative/> (дата обращения: 27.05.2024).
14. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria® Radiation Dose Assessment Introduction. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Appropriateness-Criteria/RadiationDoseAssessmentIntro.pdf>. Accessed March 26, 2021 (дата обращения: 27.05.2024).
15. Jenkins N.W., Parrish J.M., Sheha E.D., Singh K. Intraoperative risks of radiation exposure for the surgeon and patient // *Annals of Translational Medicine*. 2021. Vol. 9. Is. 1. P. 84. DOI: 10.21037/atm-20-1052.