



Роль и место ПЭТ/КТ в оценке распространенности меланомы кожи

Сорокина М.В., Редькин А.Н., Устинова Е.Ю., Мануковская О.В.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, ул. Студенческая, 10, Воронеж, 394036, Российская Федерация

Сорокина Маргарита Викторовна, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; <https://orcid.org/0000-0002-4436-8101>

Редькин Александр Николаевич, д. м. н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; <https://orcid.org/0000-0001-7901-0751>

Устинова Елена Юрьевна, д. м. н., доцент кафедры онкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; <https://orcid.org/0000-0002-6893-4657>

Мануковская Ольга Валерьевна, к. м. н., доцент кафедры онкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; <https://orcid.org/0000-0002-6698-5901>

Резюме

Меланома кожи является потенциально самой опасной формой среди всех опухолевых поражений кожи. Согласно статистическим данным именно на меланому приходится около 90% случаев летальных исходов. Причиной высокой смертности больных является раннее метастазирование. При этом метастазы меланомы могут локализоваться практически во всех органах и тканях. Помимо местного и регионарного метастазирования в кожу, подкожную клетчатку и лимфатические узлы метастатическое поражение меланомы отдаленных органов – нередкое явление, и это резко ухудшает прогноз заболевания. Качественная инструментальная диагностика на различных этапах ведения пациентов (от первичной диагностики до контроля лечения) позволяет снизить смертность и увеличить общую выживаемость. Позитронно-эмиссионная томография в сочетании с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) в последнее десятилетие используется в качестве доминирующего метода визуализации для первичного стадирования, контроля лечения и выявления прогрессирования или рецидива различных видов рака, включая меланому. Она имеет большое практическое значение для прогнозирования выживаемости, оценки риска прогрессирования заболевания, а также эффективности лучевой и системной терапии. Именно ПЭТ/КТ позволяет одновременно при минимальной лучевой нагрузке оценить состояние всех органов и тканей, являясь более чувствительным и специфичным методом в сравнении с ультразвуковым исследованием, КТ и магнитно-резонансной томографией. ПЭТ/КТ с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой – наиболее эффективный способ визуализации для раннего выявления бессимптомного рецидивирования меланомы. Помимо точного установления стадии опухолевого процесса данный метод имеет решающее значение для обеспечения адекватного и эффективного лечения, что, в свою очередь, позволяет увеличить продолжительность жизни данной категории больных в ближайшем будущем.

Ключевые слова: меланома; метастазы; позитронно-эмиссионная томография; позитронно-эмиссионная томография в сочетании с компьютерной томографией; ^{18}F -фтордезоксиглюкоза; обзор.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Авторы выражают благодарность заведующему кафедрой онкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, главному врачу БУЗ ВО «Воронежский областной клинический онкологический диспансер», главному внештатному специалисту-онкологу Департамента здравоохранения Воронежской области, Заслуженному врачу Российской Федерации, д. м. н. Мошурову Ивану Петровичу за содействие в публикации.

Для цитирования: Сорокина М.В., Редькин А.Н., Устинова Е.Ю., Мануковская О.В. Роль и место ПЭТ/КТ в оценке распространенности меланомы кожи. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2022; 103(1–3): 77–82. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2022-103-1-3-77-82>

Для корреспонденции: Сорокина Маргарита Викторовна, E-mail: wwwdelicious@rambler.ru

Статья поступила 25.04.2022

После доработки 18.05.2022

Принята к печати 19.05.2022

Role and Place of PET/CT in the Assessment of Skin Melanoma Prevalence

Margarita V. Sorokina, Alexander N. Redkin, Elena Yu. Ustinova, Olga V. Manukovskaya

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, ul. Studencheskaya, 10, Voronezh, 394036, Russian Federation

Margarita V. Sorokina, Postgraduate, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; <https://orcid.org/0000-0002-4436-8101>

Alexander N. Redkin, Dr. Med. Sc., Professor, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; <https://orcid.org/0000-0001-7901-0751>

Elena Yu. Ustinova, Dr. Med. Sc., Associate Professor, Chair of Oncology, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; <https://orcid.org/0000-0002-6893-4657>

Olga V. Manukovskaya, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Chair of Oncology, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; <https://orcid.org/0000-0002-6698-5901>

Abstract

Skin melanoma is potentially the most dangerous form among all tumor skin lesions. According to statistics, melanoma accounts for about 90% of deaths. The cause of high mortality of patients is early metastasis. At the same time, melanoma metastases can be localized in almost all organs and tissues. In addition to local and regional metastasis to the skin, subcutaneous tissue and lymph nodes, metastatic melanoma of distant organs is not uncommon, and this dramatically worsens the prognosis of the disease. High-quality instrumental diagnostics at various stages of patient management (from primary diagnosis to treatment control) allow to reduce mortality and increase the overall survival of patients. Positron emission tomography in combination with computed tomography (PET/CT) has been used in the last decade as a dominant imaging method for initial staging, control of treatment and detection of progression or recurrence of various types of cancer, including melanoma. It is of great practical importance for predicting survival outcomes, assessing the risk of disease progression, as well as the effectiveness of radiation and systemic therapy. It is PET/CT that allows to simultaneously evaluate the condition of all organs and tissues with minimal radiation load being more sensitive and specific imaging method in comparison with ultrasound, CT and magnetic resonance imaging. PET/CT with ^{18}F -fluorodeoxyglucose is the most effective method for early detection of asymptomatic melanoma recurrence. In addition to accurate setting the tumor process stage, this method is crucial to ensure adequate and effective treatment, which in turn will increase the life expectancy of this category of patients in the near future.

Keywords: melanoma; metastases; positron emission tomography; positron emission tomography in combination with computed tomography; ^{18}F -fluorodeoxyglucose; review.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The authors are grateful to Ivan Petrovich Moshurov (Dr. Med. Sc., Chief of Chair of Oncology, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; Chief Physician, Voronezh Regional Clinical Oncological Dispensary; Chief Freelance Oncologist, Department of Health of the Voronezh Region; Honored Doctor of the Russian Federation) for his assistance in the preparation of the publication.

For citation: Sorokina MV, Redkin AN, Ustinova EYu, Manukovskaya OV. Role and place of PET/CT in the assessment of skin melanoma prevalence. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2022; 103(1–3): 77–82 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2022-103-1-3-77-82>

For corresponding: Margarita V. Sorokina, E-mail: wwwdelicious@rambler.ru

Received April 25, 2022

Revised May 18, 2022

Accepted May 19, 2022

Введение

Меланома кожи является потенциально самой опасной формой среди всех опухолевых поражений кожи. Согласно статистическим данным именно на меланому приходится около 90% случаев летальных исходов [1].

Показатель заболеваемости меланомой кожи на протяжении последних лет неуклонно растет. По данным статистики, в Российской Федерации в 2009 г. она составляла 44,5 случая на 100 тыс. населения, в 2019 г. – 66,9 на 100 тыс. Прирост заболеваемости за последние 10 лет составил 43,51% [2, 3].

Высокая смертность больных обусловлена ранним метастазированием меланомы, нередко бессимптомным. При этом метастазы меланомы могут локализоваться практически во всех органах и тканях. Помимо местного и регионарного метастазирования в кожу, подкожную клетчатку и лимфатические узлы метастатическое поражение меланомы отдаленных органов – нередкое явление, и это резко ухудшает прогноз заболевания. Решающее значение имеет качественная инструментальная диагностика на различных этапах ведения пациентов (от первичной диагностики до контроля лечения), которая позволяет снизить смертность и увеличить общую выживаемость пациентов.

Помимо нового подхода к индивидуализации терапии каждого пациента на сегодняшний день необходимы методические рекомендации, содержащие точные инструкции относительно оптимальной схемы последующего наблюдения больных после радикального лечения для исключения бессимптомного прогрессирования болезни.

Вышеизложенное свидетельствует о необходимости более системного изучения наиболее эффективных инструментальных методов диагностики меланомы кожи.

ПЭТ/КТ как основной метод визуализации при меланоме

Позитронно-эмиссионная томография в сочетании с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) с радиофармпрепаратом ^{18}F -фтордезоксиглюкозой (^{18}F -ФДГ) в последнее десятилетие используется в качестве доминирующего метода визуализации для определения стадии, мониторинга и наблюдению за различными видами рака, включая меланому [4].

Меланома относится к опухолям, имеющим один из самых высоких уровней метаболизма глюкозы и характеризующимся высоким захватом ФДГ [5].

Различные визуализирующие методы инструментального обследования могут быть использованы с целью выявления метастатического распространения заболевания после первичной постановки диагноза меланомы или при клиническом подозрении на рецидив заболевания. Точная постановка диагноза имеет решающее значение для обеспечения адекватного и эффективного лечения. ПЭТ/КТ, являясь более чувствительным и специфичным методом визуализации в сравнении с ультразвуковым исследованием, КТ и магнитно-резонансной томографией (МРТ), позволяет одновременно при минимальной лучевой нагрузке оценить состояние всех органов и тканей [6–9].

Необходимость выполнения ПЭТ/КТ для первичного стадирования меланомы кожи при толщине опухоли по Бреслоу от 1 до 2 мм обусловлена

высоким риском лимфогенного метастазирования при данной онкологической патологии. Тот факт, что меланома обладает высоким уровнем метаболизма глюкозы, облегчает первичное стадирование заболевания [10, 11].

Эффективность и экономическую значимость применения ПЭТ/КТ доказывают последние исследования [12]. ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ продемонстрировала высокую эффективность для исключения метастатических очагов заболевания. Также доказана роль данного метода в планировании хирургического вмешательства при III ст. и потенциально ризектабельной IV ст. заболевания.

Основная цель исследования S.H. Twycross et al. [13] состояла в том, чтобы определить, изменит ли применение ПЭТ/КТ изначально установленную стадию заболевания и какова будет дальнейшая лечебная тактика ведения пациентов с прогрессирующей и рецидивирующей меланомой. Был проведен ретроспективный анализ историй болезни пациентов с меланомой кожи, которых направили на проведение этапной ПЭТ/КТ, за 3-летний период наблюдений. Как показывают результаты, смена стадии заболевания произошла у 21 из 39 (53,8%) пациентов. При этом у 76,2% отмечалось уменьшение стадии, а у 23,8% – увеличение. При анализе случаев III и IV ст. заболевания и рецидивирующей меланомы изменение стадии наблюдалось у 90% пациентов с III ст., у 50% больных с IV ст. и у 50% пациентов с рецидивирующей меланомой. Это привело к изменению тактики лечения в 86,7% случаев III и IV ст. и рецидивирующей меланомы в совокупности [13, 14]. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы определить оптимальные сроки применения ПЭТ/КТ в послеоперационном периоде.

Точность определения метастазов различной локализации с использованием ПЭТ/КТ выше при проведении данного исследования в послеоперационном периоде. По данным двух исследований (153 участника, 95 случаев) [15, 16], суммарная чувствительность метода в послеоперационном периоде составила 92,6% (95% ДИ 85,3–96,4), специфичность – 89,7% (95% ДИ 78,8–95,3). Это выше, чем в предоперационном периоде (чувствительность по отдельным исследованиям варьировала от 30% до 47%, специфичность – от 73% до 88%). Кроме того, ПЭТ/КТ является более чувствительным методом, чем КТ в пред- и послеоперационном периодах.

Раннее выявление рецидивирующей меланомы увеличивает общую выживаемость пациентов, поэтому при диспансерном наблюдении данной категории больных помимо клинического осмотра необходимо включать ПЭТ/КТ-сканирование с ^{18}F -ФДГ. Оно позволяет обеспечить раннее выявление бессимптомных рецидивов у пациентов с меланомой кожи III ст. [17, 18].

ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ показывает высокую диагностическую значимость у пациентов с подозрением на рецидив заболевания. Этот метод визуализации может иметь важное практическое значение для прогнозирования результатов выживаемости, оценки риска прогрессирования заболевания, а также оказывать влияние на принятие решения о необходимом лечении [19, 20]. По данным Американского объединенного комитета по изучению рака (AJCC), для пациентов с I и II ст. чувствительность ПЭТ/КТ в основном колебалась от 0% до 67%. Специфичность варьировала от 77% до 100%. Для III и IV ст. чувствительность составляла от 68% до 87%, а специфичность – от 92% до 98%. Диагностическая точность ПЭТ/КТ, по-видимому, увеличивается с более высокими стадиями [21, 22].

ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ – подходящий метод для раннего выявления бессимптомного рецидива меланомы кожи. I. Lawal et al. [23] оценили диагностическую точность ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ в выявлении бессимптомного рецидива у пациентов с меланомой кожи, у которых была проведена резекция первичного очага поражения. Кроме того, авторы определили характер и факторы, предрасполагающие к рецидиву заболевания. Пациентов со злокачественной меланомой, перенесших хирургическое удаление первичного очага опухоли и не имеющих клинических признаков рецидива, наблюдали с помощью ПЭТ/КТ-сканирования с ^{18}F -ФДГ. Бессимптомный рецидив отмечен у 37 из 144 больных (25,7%), среднее время возникновения рецидива составило 20 мес. Пол, толщина опухоли, ее гистологический вариант и наличие регионарных метастазов являлись наиболее важными предикторами рецидива опухоли. Чувствительность, специфичность и точность ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ для выявления рецидива составили 94,5%, 87,6% и 89,6% соответственно [23].

I. Koskivuo et al. [24] также проводили исследование по изучению роли ПЭТ/КТ как основного инструмента визуализации у бессимптомных пациентов из группы высокого риска на ранней стадии наблюдения. Из 110 бессимптомных больных с клиническим диагнозом меланомы кожи IIB–IIIC ст. у 64% пациентов результаты ПЭТ/КТ оказали значительное влияние на решение вопроса о дальнейшей тактике лечения. ПЭТ/КТ позволяет выявить 24% всех рецидивов у бессимптомных пациентов с меланомой кожи [24]. ПЭТ/КТ-наблюдение, по-видимому, является эффективной стратегией выявления бессимптомного рецидива при меланоме IIIB и IIIC ст. в первый год после полного хирургического иссечения опухоли [25]. Аналогичные результаты наблюдения за меланомой были получены и в работе J. Zheng et al. [26]. Помимо точности в выявлении метастазов результаты ПЭТ/КТ

могут изменить ведение пациентов в послеоперационном периоде. Два проспективных исследования и систематический обзор показали, что изменение в лечении произошло у 19–35% пациентов с III ст. после проведения ПЭТ/КТ [27–29].

ПЭТ/КТ-сканирование всего тела обычно используется для определения точной стадии заболевания у пациентов с клинически определяемыми регионарными метастазами, но его роль у больных с сателлитными и/или транзитными метастазами до конца не изучена. Применение ПЭТ/КТ позволило улучшить стадирование заболевания у пациентов с наличием сателлитных и/или транзитных метастазов меланомы, а также изменить первоначально предполагаемый план лечения в 16% случаев [30, 31].

Многообещающим является изучение использования ПЭТ/КТ для оценки раннего ответа на терапию меланомы. Также ведутся исследования по применению ПЭТ/КТ для определения основных биологических характеристик опухоли [32–34].

Оценку дополнительного преимущества ПЭТ/КТ всего тела по сравнению со стандартной ПЭТ/КТ (от нижней орбиты глазницы до середины бедра) у пациентов с меланомой провели H.R. Webb et al. [35]. У больных с меланомой включение нижних конечностей полностью при проведении ПЭТ/КТ всего тела несет мало дополнительной клинической ценности, так как обнаружение изолированных метастазов в этой области встречается в единичных случаях. Визуализация головного мозга может принести дополнительную пользу, поскольку наличие метастазов в головном мозге приводит к изменению клинического ведения пациента в дальнейшем. В целом в случаях меланомы применение ПЭТ/КТ с дополнительной визуализацией области головного мозга может быть полезным, но рутинное включение нижних конечностей в полном объеме неоправданно, поскольку дает мало дополнительной клинически значимой информации, поэтому остановка сканирования в проксимальном отделе бедер оптимальна при проведении исследования [35]. К подобным выводам пришли и S. Ozdemir et al. [36]: ПЭТ/КТ-визуализация нижних конечностей с ^{18}F -ФДГ в полном объеме преимущественно нецелесообразна, если первичное новообразование не локализуется в нижних конечностях. Точно так же ПЭТ/КТ-сканирование головного мозга может быть неоправданно, если уже проведена контрастная КТ или МРТ головы, поскольку эти методы более чувствительны для данной области [36–38].

ПЭТ/КТ играет важную роль в определении тактики лечения пациентов, страдающих меланомой. Применение новых радиофармпрепаратов могло бы улучшить потенциал этого диагностического инструмента при данном заболевании [39].

В подавляющем большинстве случаев при применении ПЭТ/КТ для первичного стадирования, контроля лечения и выявления прогрессирующей меланомы в качестве радиофармпрепарата вот уже три десятилетия успешно используется ^{18}F -ФДГ, которая входит в стандарты диагностики этой патологии. Вместе с тем для визуализации меланомы нашли применение и другие радиофармпрепараты, например ^{18}F -5-FPN, ^{68}Ga -NE2P1A-PEG4-LLP2A, F-FDOPA, что подтверждается многочисленными исследованиями [40–42]. Данные радиофармпрепараты нацелены на небольшие метастатические поражения с более высоким отношением захвата мишени к норме, чем у ^{18}F -ФДГ, что предполагает их способность выявлять метастатические поражения раньше, чем ^{18}F -ФДГ. Необходимы дальнейшие исследования с широким спектром клеточных вариаций меланомы, чтобы подтвердить аналогичную эффективность.

Заключение

Таким образом, на сегодняшний день ПЭТ/КТ является оптимальным методом визуализации, используемым для определения стадии, выявления отдаленных метастазов и рецидивов опухоли. Этот метод диагностики может иметь большое практическое значение для прогнозирования результатов выживаемости, оценки риска прогрессирования заболевания, а также эффективности лучевой и системной терапии. Кроме того, ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ – наиболее эффективный способ визуализации для раннего выявления бессимптомного рецидивирования меланомы. Помимо точной постановки стадии опухолевого процесса метод имеет решающее значение для обеспечения адекватного и эффективного лечения, что, в свою очередь, позволит увеличить продолжительность жизни данной категории больных в ближайшем будущем.

Литература [References]

- Garbe C, Peris K, Hauschild A, et al. Diagnosis and treatment of melanoma. European consensus-based interdisciplinary guideline – Update 2016. *Eur J Cancer*. 2016; 63: 201–17. <http://doi.org/10.1016/j.ejca.2016.05.005>.
- Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. (ред.) Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность). М.: МНИОИ им. П.А. Герцена; 2019: 250 с. [Kaprin AD, Starinskiy VV, Petrova GV (Eds) *Malignancies in Russia in 2018 (morbidity and mortality)*. Moscow; MNIIOI im. P.A. Gertsena; 2019: 250 pp (in Russ).]
- Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. (ред.) Состояние онкологической помощи населению России в 2019 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена; 2020: 239 с. [Kaprin AD, Starinskiy VV, Shakhzadova AO (Eds) *The state of cancer care in Russia in 2019*. Moscow: MNIIOI im. P.A. Gertsena; 2020: 239 pp (in Russ).]
- Keu KV, Igaru AH. The clinical use of PET/CT in the evaluation of melanoma. *Methods Mol Biol*. 2014; 1102: 553–80. http://doi.org/10.1007/978-1-62703-727-3_30.
- Рудас М.С., Насникова И.Ю., Матякин Г.Г. Позитронно-эмиссионная томография в клинической практике. М.; 2007: 53 с. [Rudas MS, Nasnikova IYu, Matyakin GG. *Positron emission tomography in clinical practice*. Moscow; 2007: 53 pp. (in Russ).]
- Гусева Ю.А., Бялик А.Я. Оценка эффективности и информативности ПЭТ КТ в отношении оценки стадии меланомы и выявления метастаз. В кн.: Проблемы современной медицины: актуальные вопросы. Красноярск; 2016: 187–90. [Guseva YuA, Byalik AYa. Evaluation of the effectiveness and informativeness of PET/CT in assessment of the melanoma stage and detection of metastases. In: *Problems of modern medicine: topical issues*. Krasnoyarsk; 2016: 187–90 (in Russ).]
- Джуза Д.А. Диагностическая эффективность в онкологии позитронно-эмиссионной томографии с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой. *Онкология*. 2016; 12(3): 296–303. [Juzha DA. Diagnostic efficiency of positron emission tomography with ^{18}F -fluorodeoxyglucose in oncology. *Oncology*. 2016; 12(3): 296–303 (in Russ).]
- Заплатников К., Менцель К., Деберт Н. и др. Позитронно-эмиссионная томография в онкологии. *Клиническая медицина*. 2003; 81(12): 13–21. [Zaplatnikov K, Menzel C, Dobert N, et al. *Positron-emission tomography in oncology*. *Clinical Medicine (Russian Journal)*. 2003; 81(12): 13–21 (in Russ).]
- Сапогов Д.А., Бойков И.В., Труфанов Г.Е. и др. Применение совмещенной позитронно-эмиссионной и компьютерной томографии в динамическом наблюдении больных после лечения меланомы кожи. *Вестник Российской военной медицинской академии*. 2013; 4: 125–9. [Sapogov DA, Boykov IV, Trufanov GE, et al. Application of combined positron-emission and computed tomography in post-treatment monitoring of patients with cutaneous melanoma. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2013; 4: 125–9 (in Russ).]
- Fletcher JW, Djulbegovic B, Soares HP, et al. Recommendations on the use of ^{18}F -FDG PET in oncology. *J Nucl Med*. 2008; 49(3): 480–508. <http://doi.org/10.2967/jnumed.107.047787>.
- Schwenzer NF, Pfannenbergl AC. PET/CT, MR, and PET/MR in lymphoma and melanoma. *Semin Nucl Med*. 2015; 45(4): 322–31. <http://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2015.03.006>.
- Dinnes J, Ferrante di Ruffano L, Takwoingi Y, et al. Ultrasound, CT, MRI, or PET-CT for staging and re-staging of adults with cutaneous melanoma. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019; 7(7): CD012806. <http://doi.org/10.1002/14651858.CD012806.pub2>.
- Twycross SH, Burger H, Holness J. The utility of PET-CT in the staging and management of advanced and recurrent malignant melanoma. *S Afr J Surg*. 2019; 57(3): 44–9.
- Groen LC, Lazarenko SV, Schreurs HW, Richir MC. Evaluation of PET/CT in patients with stage III malignant cutaneous melanoma. *Am J Nucl Med Mol Imaging*. 2019; 9(2): 168–75.
- Lee JW, Nam SB, Kim SJ. Role of ^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography or positron emission tomography/computed tomography for the detection of recurrent disease after treatment of malignant melanoma. *Oncology*. 2019; 97(5): 286–293. <http://doi.org/10.1159/000501398>.

16. Gellén E, Sántha O, Janka E, et al. Diagnostic accuracy of (18) F-FDG-PET/CT in early and late stages of high-risk cutaneous malignant melanoma. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2015; 29(10): 1938–44. <http://doi.org/10.1111/jdv.13084>.
17. Lewin J, Sayers L, Kee D, et al. Surveillance imaging with FDG-PET/CT in the post-operative follow-up of stage 3 melanoma. *Ann Oncol*. 2018; 29(7): 1569–74. <http://doi.org/10.1093/annonc/mdy124>.
18. Nicol I, Chuto G, Gaudy-Marqueste C, et al. Role of FDG PET-CT in cutaneous melanoma. *Bull Cancer*. 2008; 95(11): 1089–101 (in French). <http://doi.org/10.1684/bdc.2008.0745>.
19. Albano D, Familiari D, Fornito MC, et al. Clinical and prognostic value of ¹⁸F-FDG-PET/CT in the restaging process of recurrent cutaneous melanoma. *Curr Radiopharm*. 2020; 13(1): 42–7. <http://doi.org/10.2174/1874471012666191009161826>.
20. Schüle SC, Eigentler TK, Garbe C, et al. Influence of (18)F-FDG PET/CT on therapy management in patients with stage III/IV malignant melanoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2016; 43(3): 482–8. <http://doi.org/10.1007/s00259-015-3187-2>.
21. Schröer-Günther MA, Wolff RF, Westwood ME, et al. F-18-fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomography (PET) and PET/computed tomography imaging in primary staging of patients with malignant melanoma: a systematic review. *Syst Rev*. 2012; 1: 62. <http://doi.org/10.1186/2046-4053-1-62>.
22. Vensby PH, Schmidt G, Kjær A, Fischer BM. The value of FDG PET/CT for follow-up of patients with melanoma: a retrospective analysis. *Am J Nucl Med Mol Imaging*. 2017; 7(6): 255–62.
23. Lawal I, Lengana T, Ololade K, et al. ¹⁸F-FDG PET/CT in the detection of asymptomatic malignant melanoma recurrence. *Nuklearmedizin*. 2017; 56(3): 83–9. <http://doi.org/10.3413/Nukmed-0864-16-11>.
24. Koskivuo I, Kemppainen J, Giordano S, et al. Whole body PET/CT in the follow-up of asymptomatic patients with stage IIB–IIIB cutaneous melanoma. *Acta Oncol*. 2016; 55(11): 1355–9. <http://doi.org/10.1080/0284186X.2016.1213879>.
25. Madu MF, Timmerman P, Wouters MW, et al. PET/CT surveillance detects asymptomatic recurrences in stage IIIB and IIIC melanoma patients: a prospective cohort study. *Melanoma Res*. 2017; 27(3): 251–7. <http://doi.org/10.1097/CMR.0000000000000347>.
26. Zheng J, Menda Y, Graham M, et al. Using F-18 FDG PET/CT for post-operative surveillance of cutaneous melanoma recurrence. *J Nucl Med*. 2019; 60(S1): 1268.
27. Howarda MD. Melanoma radiological surveillance: a review of current evidence and clinical challenges. *Yale J Biol Med*. 2020; 93(1): 207–13.
28. Bastiaannet E, Wobbes T, Hoekstra O, et al. Prospective comparison of [18F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography and computed tomography in patients with melanoma with palpable lymph node metastases: diagnostic accuracy and impact on treatment. *J Clin Oncol*. 2009; 27(28): 4774–80. <http://doi.org/10.1200/jco.2008.20.1822>.
29. Brady M, Akhurst T, Spanknebel K, et al. Utility of preoperative [(18)]f fluorodeoxyglucose-positron emission tomography scanning in high-risk melanoma patients. *Ann Surg Oncol*. 2016; 13(4): 525–32. <http://doi.org/10.1245/ASO.2006.02.008>.
30. Holtkamp LHJ, Chakera AH, Fung S, et al. Staging ¹⁸F-FDG PET/CT influences the treatment plan in melanoma patients with satellite or in-transit metastases. *Melanoma Res*. 2020; 30(4): 358–63. <http://doi.org/10.1097/CMR.0000000000000666>.
31. Leon-Ferre R, Kottschade L, Block M, et al. Association between the use of surveillance PET/CT and the detection of potentially salvageable occult recurrences among patients with resected high-risk melanoma. *Melanoma Res*. 2017; 27(4): 335–41. <http://doi.org/10.1097/CMR.0000000000000344>.
32. Mena E, Taghipour M, Sheikhbahaei S, et al. ¹⁸F-FDG PET/CT and melanoma: value of fourth and subsequent posttherapy follow-up scans for patient management. *Clin Nucl Med*. 2016; 41(9): e403–9. <http://doi.org/10.1097/RLU.0000000000001275>.
33. Wei W, Ehlerding EB, Lan X, et al. PET and SPECT imaging of melanoma: state of the art. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2018; 45(1): 132–50. <http://doi.org/10.1007/s00259-017-3839-5>.
34. Nijhuis AAG, Dieng M, Khanna N, et al. False-positive results and incidental findings with annual CT or PET/CT surveillance in asymptomatic patients with resected stage III melanoma. *Ann Surg Oncol*. 2019; 26(6): 1860–8. <http://doi.org/10.1245/s10434-019-07311-0>.
35. Webb HR, Latifi HR, Griffeth LK. Utility of whole-body (head-to-toe) PET/CT in the evaluation of melanoma and sarcoma patients. *Nucl Med Commun*. 2018; 39(1): 68–73. <http://doi.org/10.1097/MNM.0000000000000778>.
36. Ozdemir S, McCook B, Klassen C. Whole-body versus routine skull base to mid-thigh ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography in patients with malignant melanoma. *J Clin Imaging Sci*. 2020; 10: 47. http://doi.org/10.25259/JCIS_93_2020.
37. Plouznikoff N, Arsenault F. Clinical relevance of ¹⁸F-FDG PET/CT lower-limb imaging in patients with malignant cutaneous melanoma. *Nucl Med Commun*. 2017; 38(12): 1103–8. <http://doi.org/10.1097/MNM.0000000000000747>.
38. Gershenwald JE, Scolyer RA, Hess KR, et al. Melanoma staging: evidence-based changes in the American Joint Committee on Cancer eighth edition cancer staging manual. *CA Cancer J Clin*. 2017; 67(6): 472–92. <http://doi.org/10.3322/caac.21409>.
39. Annunziata S, Laudicella R, Caobelli F, et al. Clinical value of PET/CT in staging melanoma and potential new radiotracers. *Curr Radiopharm*. 2020; 13(1): 6–13. <http://doi.org/10.2174/1874471012666191015094620>.
40. Zhang-Yin J, Jublanc C, Aouidad I, et al. Incidental metastatic melanoma identified on ¹⁸F-FDOPA PET/CT with confirmation by histology. *Clin Nucl Med*. 2020; 45(10): 817–8. <http://doi.org/10.1097/RLU.00000000000003233>.
41. Gai Y, Sun L, Lan X, et al. Synthesis and evaluation of new bifunctional chelators with phosphonic acid arms for gallium-68 based PET imaging in melanoma. *Bioconjug Chem*. 2018; 29(10): 3483–94. <http://doi.org/10.1021/acs.bioconjchem.8b00642>.
42. Wang Y, Li M, Zhang Y, et al. Detection of melanoma metastases with PET – comparison of ¹⁸F-5-FPN with ¹⁸F-FDG. *Nucl Med Biol*. 2017; 50: 33–8. <http://doi.org/10.1016/j.nucmedbio.2017.03.005>.