

REVIEW ARTICLE

작은 신종괴 생검: 언제 할 것인가?

조진선

한림대학교 의과대학 비뇨의학교실

Small Renal Mass Biopsy: When to Do?

Jin Seon Cho

Department of Urology, School of Medicine, Hallym University, Chuncheon, Korea

The incidence of small renal mass (SRM) is increasing largely owing to the growing use of cross-sectional imaging. About 20% of SRMs are benign, and smaller masses are likely to have pathological characteristics of low malignant potential. Determining the optimal management for SRM can be challenging. Advances in our understanding of the nature of SRMs and expanding treatment options for SRMs have stimulated interest in SRM biopsy which can facilitate risk stratification and prognostication. Continuing concern regarding complications and accuracy, SRM biopsy is underutilized. However, recent series on SRM biopsy have reported diagnostic accuracy and rare complications. The median concordance rate between tumor histotype on renal tumor biopsy and on the surgical specimen was over 90%. SRM biopsy can be selectively used to improve risk stratification in patient where the clinical management may change on the basis of the results of biopsy. Currently, SRM biopsy can be recommended in most cases except in patients who have imaging or clinical characteristics indicative of benign tumors and in cases in which conservative management is considered. Urologists should be aware of the benefits of SRM biopsy which should be discussed with patients.

Key Words: Small renal mass, Biopsy, Indication

Received January 29, 2021

Revised March 31, 2021

Accepted April 2, 2021

Corresponding author:

Jin Seon Cho

Email: js315@hallym.or.kr

<https://orcid.org/0000-0003-0429-191X>

서론

신종양 또는 고환 종양을 제외하고는 다른 신생물에서 생검 결과 없이 치료하는 것을 찾아보기 힘들다. 대부분의 경우 신종양 치료전에 생검을 권유하지 않는다. 병기 I 신종괴를 동반한 건강한 환자 또는 보존 치료 예정인 고령의 환자에서 미국비뇨의학회(American Urological Association, AUA)는 치료 전 신생검을 권고하지 않고 있다.¹ 하지만 작은 신종괴(small renal mass, SRM)의 약 20%는 술 후 병리결과에서 양성으로 보고되어, 이 환자들은 불필요한 치료를 받은 것이 된다.² 신종괴의 크기가 작을수록 양성비율은 더 높아진다.^{2,3} 또한 신종괴의 생

물학적 공격성이 매우 다양하고,⁴ 조직검사 결과에 따라 작은 신종괴 치료법 또한 여러가지가 있을 수 있으므로 치료 전 신종괴 생검을 반드시 실시할 필요가 있다.

실제 임상에서는 근치 혹은 부분신절제술 받은 환자의 5명 중 1명에서 술 전 신생검이 시행되고 있어 신종괴 생검이 충분히 이용되지 않고 있다.⁵ 이에 작은 신종괴 생검 시행 논란에 살펴보고자 하였다.

과잉치료의 해

SRM 치료법으로 부분신절제술과 근치신절제술에 따른 합병증은 감소하고 있으나, 수혈(최소침습의 5%, 개복수



술은 최대 20%), 재수술(2%~5%), 호흡기 합병증(1%~7%) 등의 합병증이 있을 수 있고, 심지어 사망에 이를 수도 있다.⁶ 수술 합병증 이외에도, 신장 수술 이후 신기능 감소에 따른 장기간 건강 효과에 대한 논란이 있다. 신기능 저하는 심혈관 이벤트, 만성신질환 등과 관련 있을 수 있다.⁶ 신보존을 위한 부분신절제술의 이득에 대해 논란이 있지만 부분신절제술은 작은 신종괴의 표준 치료이다. 하지만 부분신절제술은 젊고, 건강한 환자에서 주로 시행되고, 고령 환자에서는 20% 정도에서 부분신절제술이 시행되고 있어, 신기능이 감소한 고령 환자에서 부분신절제술 시행에 따른 신기능 보존 혜택을 받지 못하고 있다.⁷

최근 연구에 따르면, 신장암 치료를 받은 27%의 환자에서 심리사회학적 돌봄이 필요하였다. 초기 신장암 환자에서 조차 불안, 슬픔, 수면장애가 발생하였다.⁸ 암진단으로 인해 추가 의학적 치료가 필요할 수 있고, 환자의 경제적, 사회적 계획에 악영향을 미친다.⁷

기대여명이 적고, 동반기저질환이 있는 환자에서는 능동감시를 적극적으로 시행함으로써 과잉치료의 해를 줄일 수 있고, SRM 생검으로 위험 분류 및 치료 선택에 도움이 된다.

신종괴 생검 방법

세침흡인생검(fine needle aspiration)은 21 게이지 바늘과 삽입관을 이용하여 생검을 시행하는 것으로 바늘 통로를 통한 파종 위험과 환자 불편이 중심부바늘생검(core needle biopsy)에 비해 적다. 중심부바늘생검은 18 게이지 삽입관을 통해 자동 총샘검으로 조직을 얻는다. 큰 종괴에서는 중심괴사를 피하기 위해 중심부와 주변부에서 조직을 얻고, 작은 종괴에서는 중심부에서만 조직을 채취한다. 조직은 10 mm 정도 길이가 되어야 하고, 눈으로 조직이 적절하게 채취되었는지 확인한다. 중심부생검이 세침흡인생검에 비해 민감도와 특이도(각각 99.1%와 99.7% vs. 93.2%와 89.8%)가 더 높아 일반적으로 중심부생검이 선호된다.⁹ 하지만 두가지 방법을 병용하면 진단율을 더 높일 수 있다. 특히 복잡성 양성 병변에서는 세침흡입생검과 중심부바늘 생검이 보완적이다.¹⁰ AUA는 세침흡입생검보다는 중심부 생검을 권고하고 있다.¹

중심부바늘생검 수에 대해서는 아직 규정되지 않았다. 생검 수가 증가할수록 진단율이 높아진다. 88명의 환자

에서 2회 이상 세침흡입생검 결과 96.6%에서 충분히 조직을 얻었으나, 5.7%가 비진단이 되어 90.9%의 진단율을 얻었다. 다른 연구에서도 110명의 2회 이상 중심부바늘생검 결과 91%에서 진단할 수 있었다.¹¹ 하지만 268명의 중심부바늘생검 결과에서 단변량 분석에서는 생검 수가 많을수록 진단성공률이 높아졌으나, 다변량 분석에서는 제외되었다.¹² 유럽비뇨의학회(European Association of Urology, EAU)는 2곳 이상 신생검을 권고하고 있다.

신종괴 생검 진단 정확도

신종괴의 적절한 치료는 종괴의 크기, 병기, 분화도를 포함한 신세포암의 아형 등이다. 과거 영상에서 신세포암으로 의심되면 신절제술을 시행하였다. 하지만 작은 신종괴의 약 20%는 양성이고 대부분 호산성과립세포종과 지방결핍 혈관지방종이다.^{2,3} 치료 전 양성종양을 진단하게 되면 불필요한 치료를 피할 수 있다. 최근 메타분석에 따르면 신생검의 민감도와 특이도는 99.1%와 99.7%였고, 생검과 술 후 조직 일치도는 90.3%였다.¹³ 영상에서 악성으로 추정되었으나 신종괴 생검으로 1/3 환자에서 수술을 피할 수 있었다.¹⁴

신종괴생검의 주요 논란 중의 하나는 비진단 비율이다. 비진단은 불충분한 검체 채취, 정상 신실질 생검 또는 병리 진단이 어려운 신종괴(불충분한 세포 충실성, 괴사 등)에 의해 발생한다. 비진단 비율은 10%~20%에 이른다.¹⁵ 병변의 크기가 작을수록, 남성일 경우 비진단 비율이 높아진다.¹⁶

정확한 진단을 위해서는 적합하고 충분한 검체 조직이 필요하다. 생검 시 검체 조직을 눈으로 확인해야 한다. 검체 조직을 동결 절편 혹은 병리 검사를 바로 시행하여 조직이 적합한지를 판단하는 것보다, 생검 시 눈으로 먼저 확인하는 것이 진단율을 더 높일 수 있고, 비용-효율이 높다. 비록 검체 조직이 적합하지를 눈으로 먼저 눈으로 확인하더라도 비진단 검체 문제는 여전히 있다. Leveridge 등¹⁶은 비진단 환자 12명에서 재생검을 실시하여 10명에서 진단(83.3%)할 수 있어 1차 생검 시 진단율(80.6%)과 비슷한 진단율을 보였다고 보고하였다. 다른 보고에서도 재생검 진단율은 1차 생검 진단율과 비슷하였다.

처음 생검 시 비진단일 경우 재생검을 시행하는 것이 권고되지만 언제 시행해야 되는지는 정해져 있지 않다. 재생검 시 다른 영상기법을 고려하는 것이 좋다. 또한 SRM

의 능동감시가 종양학적 치료 결과에 영향을 미치지 않는 것을 고려하여 재생검을 결정할 수 있다.¹⁷ 따라서 처음 신생검 시 적합한 검체를 얻는 것이 불필요한 재생검을 줄일 수 있다.

남성병변 중심부생검은 진단율이 낮다. 남성 신종괴는 낭종파열로 인한 종양파종 우려 및 종양 내 고형부분 생검 실패 가능성 등으로 남성 신종괴 생검은 Bosniak IV 낭종에서 제한적으로 시행되고 있다. Bosniak III 병변 28명의 환자에서 중심부생검과 세침생검을 병용하여 39%의 환자에서 불필요한 수술을 피할 수 있었고, 199명의 Bosniak IIF/III 신낭종 종괴에서도 중심부생검과 세침생검을 병용하여 87.9%에서 확진하였고, 70% 환자는 수술과 침습 시술을 피할 수 있었다.¹⁸ 하지만 EAU는 남성신종괴 생검을 권고하지 않는다.

신생검은 안전한 시술이지만 신문부 생검은 기술적으로 도전적이며,¹⁹ 조영증강이 되지 않는 종물, 피부에서부터 종물까지의 거리가 13 cm 이상인 경우 비진단율이 높아진다.²⁰

신종괴 생검 위험

신종괴 생검이 충분히 이용되지 않는 이유 중, 종양파종 위험은 0.01%–1.0%로 매우 드물다.²¹ 종양파종은 대부분 증례보고였으며 최근 발표된 증례보고에서는 1.2% (2/173)로 낮지만 기존 보고보다는 의미 있게 높게 나타났다.²² 이는 과거 생검통로를 면밀히 조사하지 않아 나타난 현상일 수도 있다. 하지만 다른 보고에서는 생검통로의 종양 파종은 거의 없다고 하였으나,¹⁸ SRM 생검 시 종양파종의 위험을 고려해야 한다.

가장 흔한 합병증은 신주위 혈종(2.7%–7.8%)이다. 신주위 혈종은 대부분 자연 흡수되며, 수혈이 필요한 혈종 (Clavien II)은 0.7%였다. 혈뇨는 1.1%–8.6%에서 나타나는데 대부분 자연 소실되며, 피떡으로 인한 요폐와 색전술이 필요한 거짓동맥류 증례도 있다. 요통은 1%–4.8%에서 나타날 수 있으며, 신생검 후 패혈증 증례 및 단순 기흉 보고(Clavien I)도 있다.^{13,15}

신생검 후 일상 추적 관찰을 하지 않기 때문에 신종괴 생검 후 합병증 발생률이 낮을 수 있다. 하지만 신생검 이 환율은 낮으며, 심각한 합병증은 드물다. 따라서 신생검은 비교적 안전한 시술이며, 필요 시 적극적으로 신생검을 고려해야 한다.

병리 신뢰성

갈색세포종은 혐색소성 신세포암과 병리 특징이 겹친다. 205예의 신생검 시행 갈색세포 신종괴 메타분석 결과 양성 예측률은 67%로 상당한 이질성을 나타냈다. 신생검에서 갈색세포종 진단 하에 수술 시행 결과 1/4에서 신세포암으로 진단되어 신종괴 생검에서 갈색세포종 진단을 신뢰할 수 없었다.²³ 이러한 이유로 비노병리에서는 갈색세포종이 특징적이지 않으면 갈색세포종과 일치하는 특징이 있는 ‘oncocytic neoplasm’이라는 용어를 사용한다.²⁴

Ginzburg 등²⁵은 홑 신종괴 절제술 환자의 2.7%에서 악성 종양과 더불어 양성 조직이 포함되어 있는 것을 보고하였다. 갈색세포종만이 혼합 악성종양과 관련 있었다. 따라서 홑 갈색세포종의 4.2%가 혐색소성 신세포암을 동반하였다. 혼합 신종양 발생률이 32%까지 이른다는 보고도 있다. 대부분의 혼합 신종양은 악성가능성인 낮은 암(예, 혐색소성 신세포암)으로 구성되어 있으나, 이 병변의 자연 경과는 확실하지 않고, 고분화도 악성 요소를 포함할 수 있다는 증례보고도 있다.²⁶

면역조직화학염색을 하더라도 저분화도 혐색소성 신세포암과 갈색세포종을 구분하기 어려울 수 있다. 하지만 전반적인 조직학적 신세포암 아형 진단 정확도는 높은 편이다. 신생검 표본에서 종양의 전체 형태를 파악하기 어려울 때 아형 진단이 어려울 수 있다.¹¹

BAUS (The British Association of Urological Surgeons)의 연구에서 갈색세포종 1,202 환자 중 35명(2.9%)을 생검한 결과, 양성 18명(51.4%), 악성 7명(20%), 비진단 8명(22.9%)으로 갈색세포종 술 전 진단이 어려웠다. 또한 갈색세포종으로 진단된 환자에서조차 2.9%만 생검이 시행되어 현실적으로 신생검이 별로 활용되지 않고 있었다.²⁷

신종괴 생검에서 신세포암의 분화도 정확도는 낮은 편이다. 신생검과 술 후 병리와 불일치는 31.3%에서 나타났고, 신생검 시 저분화도였으나 술 후 병리에서 고분화도인 경우가 25%였다. 이는 종양 내 분화도 이질성이 매우 크다는 것을 의미한다.²⁸ 또한 관찰자 간 일치도가 낮아서 발생할 수 있다. 생검 표본에서 고분화도는 양성 예측도가 매우 높고, Fuhrman 분화도를 2단계로 하면 관찰자가 일치도가 높아져 분화도 정확도를 높일 수 있다.¹¹

술 전 신종괴 생검 cT1a 신세포암 환자가 신주위 지방

침범(pT3a)으로 병기상향 가능성이 1% 증가한다(병기상향; 생검 시행군 2.1% vs. 생검 미시행군 1.1%).²⁹ 다기관 연구 결과 임상적 국소암이 신주위 혹은 신장동 지방침범 가능성이 5%–10%에 이른다(pT3a). R.E.N.A.L. 점수가 높을수록 종괴 직경이 클수록, 신장동에 위치한 종괴일수록 병기 상향 가능성이 높아졌다.³⁰

열절제 시 신종괴 생검 시기

열절제 시 신종괴의 조직과 분화도를 아는 것이 치료 후 적절한 감시와 암치료 결과를 평가하는데 매우 중요하다. 열절제 시 신종괴 생검을 시행하면 효율적이고, 생검에 따른 위험을 줄일 수 있다. 하지만 병행생검은 양성종물 절제 가능성이 높고, 분리생검의 조직학적 진단율은 병행 생검에 비해 높았다[210/213 (98.6%) vs. 60/71(84.3%), $p < 0.001$].³¹

생검 및 유도영상 기술 발달로 신생검 진단율이 높아졌다. 분리 생검 시 비진단의 경우 재생검으로 1차 생검과 비슷한 진단율을 얻을 수 있다.²⁰ 둘째, 양성종물 절제율은 분리생검이 3%인데 비해 병행생검은 약 20%로 분리생검으로 양성종물 절제를 피할 수 있다. 마지막으로 조직학적 진단을 알면 치료 선택에 위험과 이익을 좀더 정확하게 평가할 수 있다. 갈색세포종을 포함한 양성종물은 능동감시를 권고할 수 있고, 신세포암의 악성도에 따라 고주파절제술 혹은 부분신절제술을 시행할 수 있다. 따라서 열절제 전에 신생검을 분리 시행하는 것이 좋다.³¹

시술 전에 생검을 시행하지 못하였을 경우 열절제 직후에 생검을 시행할 수도 있다. 이론적으로 열절제후 생검은 종양이 파괴되었으므로 출혈이나 파종 가능성이 낮아진다. 열절제 시술 후 생검은 조직학적 변화로 병리진단이 어려울 수 있다. 고주파절제술 직후 신생검 시행한 70명의 환자에서 조직구조 파괴, 응고괴사, 염증반응 등의 소견이 보였으나, 조직학적 진단은 가능하였다.³² 반면에 동결절제는 조직의 빠른 동결로 조직 구조가 유지된다. 동결절제 시행 결과에 따르면, 동결절제 전에 시행한 생검의 조직학 일치율이 동결절제 후 생검에 비해 높았다.¹¹ 열절제 직후 생검 논문이 적은 것을 고려하면 열절제 전에 생검을 시행하는 것이 좋다.³¹ EAU는 열절제 전에 신생검을 권고하고 있다.

능동감시 대상 환자의 신생검

능동감시는 침습치료를 거부하거나 기저질환으로 침습 치료가 어려운 환자에게 시행된다. SRM의 자연사는 오래 전부터 연구되어 왔다. 880명 환자의 936 종괴 관찰 결과 23% (65 종괴)에서 종괴가 커지지 않았으며, 자라지 않는 종괴는 전이가 발생하지 않았다.³³ 약 10%–25% 환자에서 SRM은 제로 성장률을 보인다.³⁴ 이는 SRM의 상당부분이 능동감시 대상이 된다는 것을 의미한다.

양성 종양 성장률은 시간 경과에 따른 최대 종양지름의 변화를 선형 성장률로 나타낸다. 좀 더 정확한 방법은 3차원 영상을 이용하여 종양용적 변화를 측정하는 것으로 시간 소모가 크다.

캐나다 신세포암 컨소시엄은 진행을 다음과 같이 정의 하였다. (1) SRM이 4 cm 이상 자랄 때, (2) SRM 용적이 12개월 이내에 2배 이상될 때, (3) 전이가 발생했을 때. 209명의 환자를 상기 기준으로 평가하였을 때 25명 (11.9%)이 국소진행하였고(1번과 2번 기준에 해당), 2명 (1.1%)에서 전이가 발생하였다.³⁵

Delayed Intervention and Surveillance for Small Renal Masses (DISSRM) 그룹은 (1) 성장률이 0.5 cm/yr 이상일 때 (2) 종양 최대 직경이 4 cm 이상일 때 (3) 혈뇨가 있을 때, 진행이라고 정의하였다.³⁶ 이 기준에 따르면 16%의 환자가 진행하였고, 전이는 없었다.³¹ DISSRM 등록에서는 신생검에 대해 모든 환자와 논의하였으나, 신종괴 생검은 271명 중 33명(12.1%)의 환자에서 시행하였다.

능동감시 환자에서 신생검의 역할에 대해서는 많은 논란이 있다. 생검을 시행해야 한다는 측은 신생검은 안전하고 치료 결정에 더 많은 정보를 줄 수 있다고 주장한다. 하지만 성장률과 초기 종양 크기 만으로도 지연중재 예측에 효과적일 수 있다. 2008년도 발표된 우리나라 SRM 양성률은 13.2%로 술 전 진단 정확도가 서구에 비해 높았다.³ 최근 술 전 정확도가 더 높아져 우리나라와 미국의 다기관 데이터에서 우리나라 SRM 양성률이 서구에 비해 의미 있게 낮아(unpublished, 7.7% vs. 20.3%, $p < 0.001$) 능동감시 대상 환자의 신생검 역할이 적은 것은 사실이다. 종양성장 동역학 결과 악성종양 가능성이 있거나, 치료방침을 변경(능동감시에서 침습치료로의 전환)해야 할 때 신중하게 신생검을 시행하는 것이 좋다.³⁴ 침습치료가 좀 더 적합한 환자 또는 능동감시를 계속해도

되는 양성종양(호산과립세포종) 환자 모두에게 신생검이 필요하다.

SRM 신생검 AUA 지침

SRM의 열치료 전, 능동감시 및 수술 치료 대상 환자 이외에도 악성질환 과거력 있는 환자와 염증 질환을 감별하기 위해 신생검이 필요하다.

신생검 관련 불확실성으로 신생검을 꺼려하는 젊거나 건강한 환자 및 신생검 결과에 관련 없이 보존적 치료 예정인 고령 혹은 허약한 환자에서는 신생검이 필요하지 않다.

신생검 이전에 신생검에 따른 양성 및 음성 예측률, 위험과 비진단율에 대해 환자와 충분히 상담해야 한다.¹

결론

영상진단 사용 증가에 따라 SRM 발생률이 증가하고 있다. SRM의 약 20%는 양성이며 병리적으로 악성도가 낮다. SRM 생검은 정확도가 높고 합병증이 적다, SRM 생검은 병리조직 검사 결과에 따라 치료가 달라지거나 위험 분류를 향상시킬 수 있는 환자에게 시행할 수 있다. 최근 SRM 생검은 영상학적으로 양성종물을 시사하거나, 보존 치료가 필요한 환자를 제외한 대부분의 환자에게 권유된다. 비뇨의학 전문의는 치료 전 환자에게 SRM 생검의 이득과 해를 충분히 설명하고 SRM 생검을 적극적으로 고려해야 한다.

이해관계(CONFLICT OF INTEREST)

저자는 이 논문과 관련하여 이해관계의 충돌이 없음을 명시합니다.

REFERENCES

- Campbell S, Uzzo RG, Allaf ME, Bass EB, Cadeddu JA, Chang A, et al. Renal mass and localized renal cancer: AUA guideline. *J Urol* 2017;198:520-9.
- Johnson DC, Vukina J, Smith AB, Meyer AM, Wheeler SB, Kuo TM, et al. Preoperatively misclassified, surgically removed benign renal masses: a systematic review of surgical series and United States population level burden estimate. *J Urol* 2015;193:30-5.
- Kim SI, Choi YD, Kim SJ, Chung BH, Seong DH, Kim CI, et al. A multi-institutional study on histopathological characteristics of surgically treated renal tumors: the importance of tumor size. *Yonsei Med J* 2008;49:639-46.
- Shen SS, Ro JY. Histologic diagnosis of renal mass biopsy. *Arch Pathol Lab Med* 2019;143:705-10.
- Leppert JT, Hanley J, Wagner TH, Chung BI, Srinivas S, Chertow GM, et al. Utilization of renal mass biopsy in patients with renal cell carcinoma. *Urology* 2014;83:774-9.
- Liu JJ, Leppert JT, Maxwell BG, Panousis P, Chung BI. Trends and perioperative outcomes for laparoscopic and robotic nephrectomy using the National Surgical Quality Improvement Program (NSQIP) database. *Urol Oncol* 2014;23:473-9.
- Soholberg EM, Metzner TJ, Leppert JT. The harms of overdiagnosis and overtreatment in patients with small renal masses: a mini-review. *Eur Urol Focus* 2019;5:943-5.
- Draeger DL, Sievert KD, Hakenberg OW. Analysis of psychosocial stress factors in patients with renal cancer. *Ther Adv Urol* 2018;10:175-82.
- Herrera-Caceres JO, Finelli A, Jewett MAS. Renal tumor biopsy: indicators, technique, safety, accuracy results, and impact on treatment decision management. *World J Urol* 2019;37:437-43.
- Yang CS, Choi E, Idrees MT, Chen S, Wu HH. Percutaneous biopsy of the renal mass: FNA or core needle biopsy? *Cancer Cytopathol* 2017;125:407-15.
- Tsivian M, Rampersaud EN Jr, del Pilar Laguna Pes M, Joniau S, Leveillee RJ, Shingleton WB, et al. Small renal mass biopsy - how, what and when: report from an international consensus panel. *BJU Int* 2014;113:854-63.
- Menogue SR, O'Brien BA, Brown AL, Cohen RJ. Percutaneous core biopsy of small renal mass lesions:

- a diagnostic tool to better stratify patients for surgical intervention. *BJU Int* 2013;111:E146-51.
13. Marconi L, Dabestani S, Lam TB, Hofmann F, Stewart F, Norrie J, et al. Systemic review and meta-analysis of percutaneous renal tumour biopsy. *Eur Urol* 2016;69:660-73.
 14. Vasudevan A, Davies RJ, Shannon BA, Cohen RJ. Incidental renal tumours: the frequency of benign lesions and the role of preoperative core biopsy. *BJU Int* 2006;97:964-9.
 15. Patel HD, Johnson MH, Pierorazio PM, Sozio SM, Sharma R, Iyoha E, et al. Diagnostic accuracy and risks of biopsy in the diagnosis of a renal mass suspicious for localized renal cell carcinoma: systemic review of the literature. *J Urol* 2016;195:1340-7.
 16. Leveridge MJ, Finelli A, Rachura JR, Evans A, Chung H, Shiff DA, et al. Outcomes of small renal mass needle core biopsy, nondiagnostic percutaneous biopsy, and the role of repeat biopsy. *Eur Urol* 2011;60:578-84.
 17. Crispin PL, Viterbo R, Fox EB, Greenberg RE, Chen DYT, Uzzo RG. Delayed intervention of sporadic renal masses undergoing active surveillance. *Cancer* 2008;112:1051-7.
 18. Volpe A, Finelli A, Gill IS, Jewett MAS, Martignoni G, Polascik TJ, et al. Rationale for percutaneous biopsy and histologic characterization of renal tumours. *Eur Urol* 2012;62:491-504.
 19. Cooper S, Flood TA, Khodary ME, Shabana WM, Papadatos D, Lavallee LT, et al. Diagnostic yield and complication rate in percutaneous needle biopsy of renal hilar masses with comparison with renal cortical mass biopsies in a cohort of 195 patients. *AJR Am J Roentgenol* 2019;212:570-5.
 20. Prince J, Bultman E, Hinshaw L, Drewry A, Blute M, Best S, et al. Patient and tumor characteristics can predict non-diagnostic renal mass biopsy findings. *J Urol* 2015;193:1899-904.
 21. Krishna S, Leckie A, Kielar A, Hartman R, Khandelwal A. Imaging of renal cancer. *Semin Ultrasound CT MR* 2020;41:152-69.
 22. Macklin PS, Sullivan ME, Tapping CR, Cranston DW, Webster GM, Roberts ISD, et al. Tumour seeding in the tract of percutaneous renal tumour biopsy: a report on seven cases from a UK tertiary referral centre. *Eur Urol* 2019;75:861-7.
 23. Patel HD, Druskin SC, Rowe SP, Pierorazio PM, Gorin MA, Allaf ME. Surgical histopathology for suspected oncocytoma on renal mass biopsy: a systemic review and meta-analysis. *BJU Int* 2017;119:661-6.
 24. Wobker SE, Williamson SR. Modern pathologic diagnosis of renal oncocytoma. *J Kidney Cancer VHL* 2017;4:1-12.
 25. Ginzburg S, Uzzo R, Al-Saleem T, Dulaimi E, Walton J, Corcoran A, et al. Coexisting hybrid malignancy in a solitary sporadic solid benign renal mass: implications for treating patients following renal biopsy. *J Urol* 2014;191:296-300.
 26. Haifler M, Kutikov A. Current role of renal biopsy in urologic practice. *Urol Clin North Am* 2017;44:203-11.
 27. Neves JB, Withington J, Fowler S, Patki P, Barod R, Mumtaz F, et al. Contemporary surgical management of renal oncocytoma: a nation's outcome. *BJU Int* 2018;121:893-9.
 28. Ball MW, Bezerra SM, Gorin MA, Cowan M, Pavlovich CP, Pierorazio PM, et al. Grade heterogeneity in small renal masses: potential implications for renal mass biopsy. *J Urol* 2015;193:36-40.
 29. Salmasi A, Faiena I, Lenis AT, Pooli A, Johnson DC, Drakaki A, et al. Association between renal mass biopsy and upstaging to perinephric fat involvement in a contemporary cohort of patients with clinical T1a renal cell carcinoma. *Urol Oncol* 2018;36:527.e13-9.
 30. Gorin MA, Ball MW, Pierorazio PM, Tanagho YS, Bhayani SB, Kaouk JH, et al. Outcomes and predictors of clinical T1 to pathological T3a tumor upstaging after robotic partial nephrectomy: a multi-institutional analysis. *J Urol* 2013;190:1907-11.
 31. Wells SA, Wong VK, Wittmann TA, Lubner MG,

- Best SL, Ziemlewicz TJ, et al. Renal mass biopsy and thermal ablation: should biopsy be performed before or during the ablation procedure? *Abdom Radiol* 2017;42:1773-80.
32. Margulis V, Matsumoto ED, Lindberg G, Tunc L, Talyor G, Sagalowsky AI, et al. Acute histologic effects of temperature-based radiofrequency ablation on renal tumor pathologic interpretation. *Urology* 2004;64:660-3.
33. Smaldone MC, Kutikov A, Egleston BL, Canter DJ, Viterbo R, Chen DYT, et al. Small masses progressing to metastases under active surveillance: a systemic review and pooled analysis. *Cancer* 2012;118:997-1006.
34. Ristau BT, Correa AF, Uzzo RG, Smaldone MC. Active surveillance for the small renal mass: growth kinetics and oncologic outcomes. *Urol Clin North Am* 2017;44:213-22.
35. Jewett MAS, Mattar K, Basiuk J, Morash CG, Paulter SE, Siemens DR, et al. Active surveillance of small renal masses: progression patterns of early stage kidney cancer. *Eur Urol* 2011;60:39-44.
36. Uzosike AC, Patel HD, Alam B, Schwen ZR, Gupta M, Gorin MA, et al. Growth kinetics of small renal masses on active surveillance: variability and results from the DISSRM registry. *J Urol* 2018;199:641-8.