자기공명영상 유도하 전립선 조직검사를 시행 받은 환자들에 대한 합병증 및 병리학적 결과에 대한 고찰

분당서울대학교병원 비뇨기과

송병도 · 이상철

A Study on the Complications and Pathologic Results of the Patients Undergoing Magnetic Resonance Imaging Guided Prostate Biopsy

Byeongdo Song, Sangchul Lee

Department of Urology, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam, Korea

Purpose: We aimed to study clinicopathological parameters and complications of patients who underwent magnetic resonance imaging-transrectal ultrasonography fusion guided prostate biopsy (MRI-TRUS FGB).

Materials and Methods: We investigated 576 patients who underwent MRI-TRUS FGB of prostate from May 2003 to December 2017 retrospectively. The clinicopathological features and complications were presented, using the modified Clavien-Dindo classification system.

Results: Fourteen patients (2.4%) readmitted within 30 days after MRI-TRUS FGB due to complications, and 85.7% (12 of 14) of them complained mild to moderate complications, the Clavien-Dindo classification grades I and II. The most common complication was hematuria (n=5, 0.9%), followed by acute urinary retention (n=3, 0.5%), dysuria (n=2, 0.3%), fever (n=1, 0.2%), hematochezia (n=1, 0.2%). According to multivariate analysis, only age was the significant risk factor of overall complications and bleeding related complications. Two hundred thirteen patients were diagnosed as prostate cancer after MRI-TRUS FGB. When the Likert suspicious scale of prostate cancer on apparent diffusion coefficient (ADC) was ≤ 4 , 27.8% (137 of 493) were diagnosed as prostate cancer, of whom 56.2% (77 of 137) were confirmed as prostate cancer only at randomized 12 cores. When the ADC suspicious level was grade 5, 91.6% (76 of 83) were diagnosed as prostate cancer, of whom 11.8% (7 of 76) were confirmed as prostate cancer only at randomized 12 cores.

Conclusions: The present study demonstrates the safety of MRI-TRUS FGB in terms of complications. When ADC suspicious level is grade 5, MRI-TRUS FGB alone could be a reasonable measure to diagnose prostate cancer, but randomized 12-core prostate biopsy would be recommended additionally when ADC suspicious level is ≤ 4 . (Korean J Urol Oncol 2018;16:63-68)

Key Words: Prostate · Prostate biopsy · Magnetic resonance imaging · Complication · Pathology

Received June 18, 2018, Revised July 3, 2018,

Accepted July 15, 2018

Corresponding Author: Sangchul Lee

Department of Urology, Seoul National University Bundang Hospital, 82 Gumi-ro 173beon-gil, Bundang-gu, Seongnam 13620, Korea

E-mail: sclee@snubh.org

Tel: +82-31-787-7345, Fax: +82-31-787-4057

ORCID code: <https://orcid.org/0000-0003-0844-6843>

• This research was supported by a grant of the Korean Health Technology R&D Project through the Korea Health Industry Development Institute (KHIDI), funded by the Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea (grant number: HI17C1264).

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2018 © Copyright The Korean Urological Oncology Society and The Korean Prostate Society. All Rights Reserved.

서 론

전립선암은 미국에서 남성에서 가장 많이 진단되는 암이며, 남성의 암 연관 사망의 3번째 원인을 차지하는 질환이다.¹ 전립선암은 인간 개발지수(human development index)와 상관관계를 보이고 있으며, 우리나라에서도 높은 발생률을 보이고 있다.² 국가암정보센터에서 발표한 2015년 암 발생 현황에 따르면 전립선암은 전체 남성 암 중에서 9.0%로 5위를 차지하였으며, 암종별 사망률은 3.6%로 7위를 차지하였다.³

전립선암의 선별검사로서 1980년대부터 혈청 전립선특이항원(prostate-specific antigen, PSA)이 도입되었으나, 확진 수단으로는 1968년 이래 전립선 조직검사가 널리 시행되고 있다.⁴ 비뇨기과 분야에서 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)이 도입되면서 기존의 경직장 초음파에 비해 해상도, 해부학적 구조물의 시각화, 기능적 평가 및 악성도 평가면에서 우월하다고 평가되었으며, 이에 따라 MRI 유도하 전립선생검은 기존에 특이도와 민감도가 비교적 낮았던 초음파 유도하 전립선 조직검사에 비해 전립선암에 대한 진단적 가치가 더 높을 것으로 기대되었다.^{5,6}

한편 전립선 조직검사 이후 몇 가지 합병증이 보고되었는데, 대표적인 합병증으로는 감염성합병증, 출혈 및 요폐 관련 합병증이 있다. 전립선 조직검사 이후 30일 내 재입원율이 6.9%에 달하는 것으로 보고되었으며,⁷ 특히 조직검사로 인한 감염성합병증의 발생률이 높아지면서 입원을 요하는 합병증 발생률이 2000년대 이후 크게 증가한 것으로 보고되었다.⁸ 이에 2015년 9월부터 2017년 12월까지 본 기관에서 MRI-TRUS 융합 영상 유도하 전립선 조직검사를 시행 받은 환자들을 대상으로 환자들의 합병증 빈도 및 양상, 조직검사 이후 병리학적 결과에 대하여 살펴보고자 한다.

대상 및 방법

1. 환자 및 임상 정보 수집

이 연구에서는 2015년 9월부터 2017년 12월까지 분당서울대학교병원 비뇨기과를 방문한 환자 중 다중 변수 MRI(multiparametric MRI)를 시행 후 자기공명영상-경직장 초음파 융합 영상 유도하 전립선 조직검사(MRI-TRUS fusion targeted prostate biopsy)를 시행 받은 576명의 환자들의 임상 정보를 후향적으로 분석하였다. 조직검사 시 환자의 나이, 체질량지수, 당뇨 여부, 혈청 PSA, 전립선 용적, 이전 전립선 조직검사 시행력, 전립선 조직검사 코어(core) 수, 조직검사 후 30일 내 재내원을 요하는 합병증 여부, 병리 결과를 분석하였다.

2. 자기공명영상-경직장 초음파 융합 영상 유도하 전립선 조직검사

전립선 조직검사 전 다중 변수 MRI 시행 여부는 전립선 특이항원 수치가 3.0 ng/mL 이상이면서 전립선 크기가 비교적 큰 경우 표본오차(sampling error)를 줄이기 위한 목적으로, 혹은 이전에 전립선암을 진단받은 후 추적 관찰을 하는 환자이거나 이전에 전립선 조직검사 시행 결과 암이 확인되지 않았으나 지속적으로 혈청 PSA 수치가 높은 경우 등에 한해 환자와의 면담을 거쳐 환자의 동의 하에 결정되었다.

다중 변수 MRI 시행 후 겔보기확산계수(apparent diffusion coefficient, ADC) 지도와 T2 강조 영상(T2 weighed image)에서 확인된 병변에 대해서는 리커트 척도 (Likert score)에 따라 1점에서 5점까지 임상적으로 유의미한 전립선암 의심 등급을 매긴 후(grade 1, highly unlikely to be present; grade 2, unlikely to be present; grade 3, equivocal; grade 4, likely to be present; and grade 5, highly likely to be present) EPIQ PercuNav System (Philips, Amsterdam, Netherlands)을 사용하여 MRI-TRUS 융합 영상 유도하 조직검사를 시행하였다. 조직검사 시행 시 경직장 초음파를 통해 사전에 지정된 12개 core들(right and left apex, right and left mid-prostate, right and left base, right and left lateral apex, right and left mid-lateral, right and left lateral base)에 대해 무작위 조직검사를 시행하였으며, 조직검사 전 시행한 다중 변수 MRI 영상에서 의심되는 병변에 대해 추가로 자기공명영상-경직장 초음파 융합 영상 유도하에 표적 조직검사를 시행하였다.

감염 예방을 위하여 조직검사 이전에 적절한 항생제 투여와 글리세린(glycerin) 관장이 시행되었다. 환자들은 생검 당일 검사 30-60분 전 fluoroquinolone 혹은 cephalosporin 계열 항생제를 경정맥 투여 받았다.

조직검사 후 발생한 합병증은 30일 이내에 외래 혹은 응급실을 통해 재내원한 환자들을 대상으로 조사하였으며, Clavien-Dindo classification system을 이용하여 분류하였다.⁹ 상기 합병증들 중 세균뇨, 발열 및 패혈증 등의 증상을 보인 환자들은 감염 관련 합병증으로, 혈뇨, 혈변 및 혈정액증을 보이는 환자들은 출혈 관련 합병증으로 분류하였다.

3. 통계 분석

각 항목에서 연속형 변수는 평균값±표준편차(범위)로 나타내었고, 범주형 변수는 절대값과 백분율을 사용하여 나타내었다. 다변량 회귀분석을 통하여 합병증 발생에 대한 위험 인자를 확인하였으며, p값은 0.05 미만을 통계적으로 유의한 것으로 정의하였다. 통계 분석 프로그램은 IBM

Table 1. Clinicopathologic characteristics of the patients who underwent MRI-TRUS fusion targeted prostate biopsy (n=576)

Characteristic	Value
Age (yr)	64.82±8.90 (34.00–88.00)
Body mass index (kg/m ²)	24.48±2.61 (17.79–34.12)
Diabetes mellitus	70 (12.2%)
Mean PSA (ng/dL)	20.14±151.50 (0.30–2,528.10)
Prostate volume (mL)	43.19±20.14 (9.60–161.00)
Prior biopsy	
(-)	275 (47.7)
(+)	301 (52.3)
No. of biopsy cores	14.13±0.71 (12–16)
Pathology	
Prostate cancer	213 (37.0)
BPH/prostatitis	354 (61.4)
Others	9 (1.6)
Complication (+)	14 (2.4)
Sepsis	0 (0)
Fever	1 (0.2)
Dysuria	2 (0.3)
Hematuria	5 (0.9)
Hematochezia	1 (0.2)
Hemospermia	0 (0)
AUR	3 (0.5)
Others	2 (0.3)
Clavien-Dindo classification	
I	12/14 (85.7)
II	0/14 (0)
IIIa	1/14 (7.1)
IIIb	1/14 (7.1)
IV	0/14 (0)

Values are presented as mean±standard deviation (range) or number (%).

MRI-TRUS, magnetic resonance imaging-transrectal ultrasonography; PSA, prostate-specific antigen; BPH, benign prostatic hyperplasia; AUR, acute urinary retention.

SPSS Statistics ver. 19.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하였다.

결 과

MRI-TRUS 융합 영상 유도하 전립선 조직검사를 시행 받은 환자들의 검사 전 임상학적 지표 및 검사 후 병리학적/합병증 결과에 대해서는 Table 1에 요약되어 있다. MRI-TRUS 융합 영상 유도하 전립선 조직검사를 시행 받은 환자 576명 중 213명(37.0%)에서 전립선암이 확인되었으며, 조직검사 당시 평균 연령은 64.82±8.90세, 평균 체질량지수는 24.48±2.61 kg/m², 당뇨 환자는 70명(12.2%), 평균 전립선특이항원 수치는 20.14±151.50 ng/dL였으며, 평균 전립선 용적은 43.19±

Table 2. Multivariate analyses of complications after MRI-TRUS fusion targeted prostate biopsy

Variable	Overall complication			Infectious complication			Bleeding complication			Clavien-Dindo grade ≥ II complication		
	HR	95% CI	p-value	HR	95% CI	p-value	HR	95% CI	p-value	HR	95% CI	p-value
Age (yr)	1.116	1.040–1.197	0.002	1.214	0.920–1.602	0.170	1.118	1.006–1.241	0.038	1.181	0.975–1.429	0.088
Body mass index (kg/m ²)	0.991	0.948–1.037	0.699	1.124	0.737–1.714	0.587	1.024	0.945–1.109	0.562	0.969	0.865–1.085	0.582
Diabetes mellitus	2.015	0.548–7.407	0.292	-	-	-	1.452	0.167–12.614	0.735	-	-	-
PSA (ng/dL)	0.937	0.836–1.050	0.261	0.996	0.848–1.170	0.965	0.980	0.869–1.104	0.737	0.999	0.979–1.020	0.946
Prostate volume (mL)	0.979	0.953–1.006	0.120	1.035	0.983–1.091	0.188	0.987	0.949–1.026	0.508	0.939	0.865–1.020	0.134
No. of prior biopsies	0.976	0.519–1.838	0.941	1.379	0.189–10.040	0.751	1.626	0.761–3.476	0.210	0.247	0.011–6.630	0.066
No. of biopsy cores	0.549	0.258–1.167	0.119	0.756	0.042–13.610	0.849	1.435	0.528–3.901	0.479	0.755	0.098–5.847	0.788

MRI-TRUS, magnetic resonance imaging-transrectal ultrasonography; HR, hazard ratio; CI, confidence interval; PSA, prostate-specific antigen.

20.14 mL였다. 이전 전립선 조직검사를 경험한 자는 301명이었으며, 평균 조직검사 코어 수는 14.13 ± 0.71 곳이었다.

1. 조직검사 후 합병증

융합 영상 유도하 조직검사 후 발생한 합병증으로 인해 검사 후 30일 이내 다시 내원한 환자는 총 14명(2.4%)였으며, 이들 중 85.7%는 Clavien-Dindo classification 등급 I, II에 속하는 경증의 합병증이었다. 혈뇨를 호소한 환자가 5명(0.9%)으로 가장 많았으며, 급성 요폐(3명, 0.5%), 배뇨통(2명, 0.3%), 발열(1명, 0.2%), 혈변(1명, 0.2%) 순이었다. 혈뇨로 인해 국소 마취하 응혈 제거술 및 혈변으로 색전술을 시행한 외 대부분의 출혈 합병증은 경과관찰로 호전되었으며, 급성 요폐는 단기간의 도뇨관 삽입 후 정상화되었다. 합병증에 대해 다변량 분석을 시행한 결과, 연령만이 전체 합병증 발생 및 출혈 관련 합병증에 대해서 유의미한 위험인자(hazard ratio [HR], 1.116; $p=0.002$; HR, 1.118; $p=0.038$, respectively)로 확인되었으며, 나머지 인자들은 유의미한 영향을 끼치지 않았다(Table 2).

2. 조직검사 후 병리학적 결과

MRI-TRUS 융합 영상 유도하 조직검사 후 전립선암이 확인된 환자 213명에 대해서, 실제로 자기공명영상에서 의심되는 병변에서 암이 확인되었는지 여부를 Likert 척도에 따라 정리한 결보기확산계수 의심 수준(ADC suspicious level)에 따라 분석한 결과는 Table 3에 정리되어 있다.

4점 이하일 경우 27.8% (137/493)만이 조직검사 결과 실제로 전립선암이 확인되었으며, 그 중 MRI에서 의심되는 병변이 아닌 무작위 12 코어에서만 암이 확인된 경우가 56.2% (77/137)였다. 반면 ADC 의심 수준이 5점일 경우 전체의 91.6% (76/83)에서 전립선암이 확인되었으며 그 중 88.2% (67/76)에서 MRI에서 의심되는 병변에서 실제로 암이 확인되었다. 아울러 MRI ADC 의심 수준이 3점 이상일

경우 MRI 표적 코어에서 실제로 전립선암이 확인될 민감도와 특이도, 양성 예측도와 음성 예측도는 각각 92.1% (117/127), 26.9% (121/449), 26.3% (117/445), 92.4% (121/131), 4점 이상일 경우 각각 76.4% (97/127), 65.7% (295/449), 38.7% (97/251), 90.8% (295/325), 5점일 경우 각각 52.8% (67/127), 96.4% (433/449), 80.7% (67/83), 87.8% (433/493)로 확인되었다.

고 찰

이번 연구 결과 MRI-TRUS 융합 영상 유도하 조직검사를 시행한 2.4%에서 30일 내 재내원을 요하는 합병증을 보고하였으며, 가장 흔한 합병증은 혈뇨였으며 전체 합병증 중 85.7%는 Clavien-Dindo classification 등급 I, II의 경증이었다. 이 같은 합병증의 유의미한 위험 인자로는 연령(HR, 1.116; $p=0.002$)이 있었다.

전립선 조직검사는 1968년 처음 도입된 이래 전립선암의 표준적인 확진 수단으로서 활용되어 왔으나 고전적으로 경직장 초음파를 이용한 비표적(nontarget) 방식이 사용되어 왔다. 1980년대 이후 비뇨기와 영역에 MRI가 도입되면서 전립선 및 주변 구조물을 평가하기 위해 MRI가 널리 사용되었으며, T1 및 T2 강조영상 외에 확산 강조 영상(diffusion-weighted imaging, DWI), 결보기 확산 계수 영상, 동적 대비 강조(dynamic contrast-enhanced) 영상을 포함한 다중 변수 MRI의 등장으로 보다 정교한 영상을 얻을 수 있게 되었다. 이에 따라 2000년대 들어 전립선 조직검사에서도 MRI가 활용되면서 전립선의 크기나 종양의 위치에 따라 발생할 수 있는 추출 오류(sampling error)를 줄일 수 있게 되었고, 민감도 및 특이도 면에서 개선점이 보고되었다.^{10,11} Rosenkrantz 등¹²은 이전 전립선 조직검사 결과 암이 확인되지 않았던 환자들에 대해 최소 2코어 이상 MRI 유도하 조직검사를 시행해볼 것을 권고하였다.

Table 3. Cancer detection rates on MRI-TRUS fusion targeted prostate biopsy

	Overall	Cancer (-) (n=363)	Cancer (+) (n=213)			p-value
			At randomized 12 cores (#1-#12)	At MRI targeted cores (#13-)	At both cores (#1-#12 & #13-)	
ADC suspicious level						0.000
1	123	82 (66.7)	31 (25.2)	1 (0.8)	9 (7.3)	
2	8	6 (75.0)	2 (25.0)	0 (0)	0 (0)	
3	194	154 (79.4)	20 (10.3)	2 (1.0)	18 (9.3)	
4	168	114 (67.9)	24 (14.3)	2 (1.2)	28 (1.7)	
5	83	7 (8.4)	9 (10.8)	1 (1.2)	66 (79.5)	

MRI-TRUS, magnetic resonance imaging-transrectal ultrasonography; ADC, apparent diffusion coefficient.

이러한 MRI 유도하 전립선 조직검사에는 3가지 방법론이 존재한다. 첫째로 실시간으로 MRI 영상을 확인하며 시행하는 조직검사(in-bore MRI-guided biopsy), 둘째로 MRI에서 확인되는 병변을 검사자가 직접 경직장 초음파로 확인하여 조직검사를 시행하는 MRI-TRUS cognitive-targeted biopsy, 마지막으로 컴퓨터 프로그램을 이용하여 MRI와 경직장 초음파 영상을 동기화시켜 확인된 병변을 표적으로 조직검사를 시행하는 MRI-TRUS 융합 영상 유도하 조직검사가 있다. Wegelin 등¹³은 상기한 3가지 방법을 비교하여 실시간 MRI 유도하 조직검사가 전체 전립선암 진단을 면에서 MRI-TRUS cognitive-targeted biopsy보다 우수하며, 전체 전립선암 진단율 및 임상적으로 유의미한 전립선암의 진단율 면에서 MRI-TRUS 융합 영상 유도하 조직검사와 동등하다고 보고하였다. 본원에서는 종래의 비표적 방식으로 무작위 12 코어 외에 MRI에서 의심되는 병변에 대해 MRI-TRUS 융합 영상 유도하에 2개 코어 이상 추가 조직검사를 시행하였다.

MRI 유도하 조직검사의 합병증에 대해서는 현재까지 일련의 연구들이 존재한다.¹⁴⁻¹⁸ 이 연구는 국내에서 시행된 최대 규모의 MRI-TRUS 융합 영상 유도하 조직검사의 병리학적 성적과 합병증을 보고하였다는 데 의의가 있다.

전립선 조직검사와 관련된 합병증에 대한 관련 검토 논문(review article)에서, 주로 보고된 합병증들로는 혈뇨, 혈정액증, 혈변 및 직장출혈 등 출혈 관련 합병증과 감염 관련 합병증, 통증, 급성 요폐 증상 등이 있으며 발생 빈도는 혈뇨가 10%-84%, 혈정액증 1.1%-93%, 혈변 및 직장출혈 1.3%-45%, 감염 관련 합병증 0%-6.3%, 급성 요폐 0.2%-1.7%로 언급하였다.¹⁹ MRI 유도하 전립선 조직검사의 경우 기존 검토 논문²⁰에서 재입원을 요하는 혈뇨 증상과 감염 관련 합병증의 발생 빈도는 각각 1% 미만, 0% 내외, 급성 요폐의 경우 0%-1%로 언급되었다. 이 연구에서는 평균 14개 코어(12-16개)에서 전립선 조직검사 후 혈뇨 및 혈변이 1.1%, 감염 관련 합병증이 0.2%에서 발생하여 검토 논문과 유사한 결과를 보여주고 있다.

MRI상의 의심 병변들에서 실제로 전립선암이 진단될 확률의 경우 기존 논문들에서는 8%-70%로 보고 있다.^{18,21,22} 이 연구에서 MRI-TRUS 융합 영상 유도하 전립선 조직검사 후 암이 확인된 환자들에서 실제로 MRI상 의심되는 병변에서 암이 확인되었는지 해당 병변의 MRI ADC 의심 수준에 따라 비교 분석해 본 결과, 3점 이하인 환자 중 25.5%만이 실제로 암이 확인되었으며, 그 중 MRI 의심 병변이 아니라 무작위 12 코어에서만 전립선암이 확인된 경우는 63.9%나 되었다. 반면, ADC 의심 수준이 4점 이상인 병변이 있을 경우 51.8%에서 실제로 암이 확인되었고, 무작위 12 코어에

서만 전립선암이 발견되는 경우는 25.4%였으며, 5점인 병변에 대해서는 91.6%에서 실제 암이 확인되었으며, 그 중 88.2%에서 해당 병변에서 암이 확인되었다. MRI ADC 의심 수준에 따라 MRI 표적 코어에서 실제로 전립선암이 확인될 민감도와 특이도 및 양성/음성 예측도를 분석한 결과, ADC 의심 수준이 3점 이상을 절단값(cutoff)으로 할 경우 민감도는 92.1%로 가장 높으나 양성 예측도는 26.2%로 가장 떨어졌으며, 5점을 절단값(cutoff)으로 할 경우 양성 예측도가 가장 높았다(80.7%). 이를 통해 볼 때, 전립선 조직검사 전 MRI에서 ADC 의심 수준 5점 병변에 대해서는 MRI 표적 조직검사만을 고려할 수 있으나 4점 이하의 병변에 대해서는 MRI 표적 조직검사 이외에 무작위 12 코어 전립선 조직검사를 병행하는 쪽을 고려할 수 있다.

이번 연구의 한계점으로는 후향적으로 진행된 연구이며 단일 기관에서의 조직검사를 시행 받은 환자군만을 대상으로 하였으므로 이에 대한 임상적 변수 한정, 선택 편파성(selection bias)이 있을 것으로 보인다. 또한 전립선암 환자로 판정이 된 환자들이 추후 근치적 전립선 전절제술을 시행 받았을 경우 그 병리학적 결과는 이번 연구에서 따로 제시하지 못하였으며, 기존의 무작위 12 코어 경직장 유도하 전립선 조직검사와 MRI-TRUS 융합 영상 유도하 전립선 조직검사 간 합병증 비교 분석 역시 시행하지 못하였다. 아울러 조직검사를 시행 받은 환자들의 항응고제 복용력과 같은 임상적 요소들도 누락되었다. 따라서, 향후 전향적인 다기관 연구를 통하여 추가 연구가 필요할 것으로 생각한다.

결론

이 연구에서 MRI-TRUS 융합 영상 유도하 전립선 조직검사를 시행했을 때 합병증 발생 빈도는 2.4%였으며, 원인별 빈도는 각각 1% 미만으로 나타나 MRI-TRUS 융합 영상 유도하 전립선 조직검사의 안전성을 확인할 수 있었다. 한편, MRI상 ADC 의심 수준이 4점 이하인 경우 전립선 조직검사를 시행할 때 MRI에서 의심되는 병변 외에 무작위 12 코어에 대한 조직검사를 같이 시행할 필요가 있으며 5점일 경우에는 MRI에서 의심되는 병변만을 조직검사하는 것을 고려할 수 있다.

이해관계(Conflict of Interest)

저자들은 이 논문과 관련하여 이해관계의 충돌이 없음을 명시합니다.

Acknowledgments

This study was approved by the Institutional Review Board (IRB) of Seoul National University Bundang Hospital (Seongnam, Republic of Korea). IRB approval number is B-1804/465-001.

The authors declare that the principles of the Helsinki Declaration were followed in this study.

REFERENCES

1. Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer Statistics, 2017. *CA Cancer J Clin* 2017;67:7-30.
2. Hassanipour-Azgomi S, Mohammadian-Hafshejani A, Ghoncheh M, Towhidi F, Jamehshorani S, Salehiniya H. Incidence and mortality of prostate cancer and their relationship with the Human Development Index worldwide. *Prostate Int* 2016;4:118-24.
3. National Cancer Information Center [Internet]. Goyang: National Cancer Information Center; 2016 [cited 2016 Aug 31]. Available from: <http://www.cancer.go.kr>.
4. Lee F, Torp-Pedersen ST, Siders DB, Littrup PJ, McLeary RD. Transrectal ultrasound in the diagnosis and staging of prostatic carcinoma. *Radiology* 1989;170(3 Pt 1):609-15.
5. Siddiqui MM, Rais-Bahrami S, Truong H, Stamatakis L, Vourganti S, Nix J, et al. Magnetic resonance imaging/ultrasound-fusion biopsy significantly upgrades prostate cancer versus systematic 12-core transrectal ultrasound biopsy. *Eur Urol* 2013;64:713-9.
6. Rastinehad AR, Durand M. A comparison of magnetic resonance imaging and ultrasonography (MRI/US)-fusion guided prostate biopsy devices: too many uncontrolled variables. *BJU Int* 2016;117:548-9.
7. Loeb S, Carter HB, Berndt SI, Ricker W, Schaeffer EM. Complications after prostate biopsy: data from SEER-Medicare. *J Urol* 2011;186:1830-4.
8. Nam RK, Saskin R, Lee Y, Liu Y, Law C, Klotz LH, et al. Increasing hospital admission rates for urological complications after transrectal ultrasound guided prostate biopsy. *J Urol* 2013;189(1 Suppl):S12-7.
9. Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg* 2004;240:205-13.
10. Cormack RA, D'Amico AV, Hata N, Silverman S, Weinstein M, Tempany CM. Feasibility of transperineal prostate biopsy under interventional magnetic resonance guidance. *Urology* 200;56:663-4.
11. D'Amico AV, Tempany CM, Cormack R, Hata N, Jinzaki M, Tuncali K, et al. Transperineal magnetic resonance image guided prostate biopsy. *J Urol* 2000;164:385-7.
12. Rosenkrantz AB, Verma S, Choyke P, Eberhardt SC, Eggener SE, Gaitonde K, et al. Prostate magnetic resonance imaging and magnetic resonance imaging targeted biopsy in patients with a prior negative biopsy: a consensus statement by AUA and SAR. *J Urol* 2016;196:1613-8.
13. Wegelin O, van Melick HH, Hooft L, Bosch JL, Reitsma HB, Barentsz JO, et al. Comparing three different techniques for magnetic resonance imaging-targeted prostate biopsies: a systematic review of in-bore versus magnetic resonance imaging-transrectal ultrasound fusion versus cognitive registration. Is there a preferred technique? *Eur Urol* 2017;71:517-31.
14. Zangos S, Eichler K, Engelmann K, Ahmed M, Dettmer S, Herzog C, et al. MR-guided transgluteal biopsies with an open low-field system in patients with clinically suspected prostate cancer: technique and preliminary results. *Eur Radiol* 2005; 15:174-82.
15. Anastasiadis AG, Lichy MP, Nagele U, Kuczyk MA, Merseburger AS, Hennenlotter J, et al. MRI-guided biopsy of the prostate increases diagnostic performance in men with elevated or increasing PSA levels after previous negative TRUS biopsies. *Eur Urol* 2006;50:738-48.
16. Hambrock T, Somford DM, Hoeks C, Bouwense SA, Huisman H, Yakar D, et al. Magnetic resonance imaging guided prostate biopsy in men with repeat negative biopsies and increased prostate specific antigen. *J Urol* 2010;183: 520-7.
17. Engehausen DG, Engelhard K, Schwab SA, Uder M, Wach S, Wullich B, et al. Magnetic resonance image-guided biopsies with a high detection rate of prostate cancer. *ScientificWorldJournal* 2012;2012:975971.
18. Hoeks CM, Schouten MG, Bomers JG, Hoogendoorn SP, Hulsbergen-van de Kaa CA, Hambrock T, et al. Three-Tesla magnetic resonance-guided prostate biopsy in men with increased prostate-specific antigen and repeated, negative, random, systematic, transrectal ultrasound biopsies: detection of clinically significant prostate cancers. *Eur Urol* 2012;62: 902-9.
19. Loeb S, Vellekoop A, Ahmed HU, Catto J, Emberton M, Nam R, et al. Systematic review of complications of prostate biopsy. *Eur Urol* 2013;64:876-92.
20. Borghesi M, Ahmed H, Nam R, Schaeffer E, Schiavina R, Taneja S, et al. Complications after systematic, random, and image-guided prostate biopsy. *Eur Urol* 2017;71:353-65.
21. Overduin CG, Fütterer JJ, Barentsz JO. MRI-guided biopsy for prostate cancer detection: a systematic review of current clinical results. *Curr Urol Rep* 2013;14:209-13.
22. Pokorny MR, de Rooij M, Duncan E, Schröder FH, Parkinson R, Barentsz JO, et al. Prospective study of diagnostic accuracy comparing prostate cancer detection by transrectal ultrasound-guided biopsy versus magnetic resonance (MR) imaging with subsequent MR-guided biopsy in men without previous prostate biopsies. *Eur Urol* 2014;66:22-9.