

초음파 유도 Mammotome을 이용한 경피적 유방 조직검사의 유용성

강서미즈메디병원 유방센터 외과, ¹방사선과, ²해부병리과

김도일 · 이병찬 · 장소용¹ · 유재경¹ · 박소영² · 김희정² · 김루시아² · 윤세옥

Usefulness of Ultrasound Guided Vacuum-Assisted Mammotome Biopsy for Breast Lesion

Doyil Kim, M.D., Byung Chan Lee, M.D., So Yong Jang, M.D.¹, Jae Kyung Ryu, M.D.¹, So Young Park, M.D.², Hee Jung Kim, M.D.², Lucia Kim, M.D.² and Sei Ok Yoon, M.D.

Purpose: The purpose of this study was to determine the accuracy of ultrasound guided vacuum-assisted Mammotome biopsy (UVAMB) for breast lesions.

Methods: Percutaneous biopsies of 564 breast lesions, in 489 patients, using UVAMB were performed between October 2000 and May 2002. The pathological findings of the UVAMB were compared with excisional biopsies, sonographic follow-ups and clinical follow-up findings. We evaluated the complication on immediate post-biopsy and 1 week later using ultrasound.

Results: Of the 564 lesions, 108 (19.1%) were diagnosed as malignant by UVAMB, and of 456 benign lesions, 63 were excised. On excision two of the benign lesions were found to be carcinomas. The false negative rate of the UVAMB was 2.7%, and 99 (17.5%) of the 564 biopsies were revealed as hematomas by ultrasound 1 week later. However, almost all of complications were well controlled by conservative management.

Conclusion: Ultrasound guided vacuum-assisted Mammotome biopsies reduced the possibility of false-negatives and underestimated the disease. The complications of UVAMB were not serious, was proved to be a good biopsy method for small, non-palpable breast lesions. (J Korean Surg Soc 2003;64:109-114)

Key Words: Breast mass, Diagnosis, Percutaneous breast biopsy, Ultrasound guided vacuum-assisted mammotome biopsy

중심 단어: 유방종양, 진단, 경피적 유방 조직검사, 초음파 유도 맘모툼 생검

Departments of Surgery, ¹Radiology, and ²Pathology, Breast Center, Kangseo Miz Medi Hospital, Seoul, Korea

서 론

유방암의 진단에 있어 유방진찰과 유방촬영 혹은 초음파 검사 그리고 세침 흡입 세포검사법이 삼중 진단법(Triple test)이라 하여 가장 기본적인 검사로 되어 있지만 세포검사는 침윤성 병변과 비침윤성 병변의 구분이 되지 않으며, 경험이 많은 병리의사가 필요하고, 비교적 위음성이나 위양성이 많다는 제한점으로 인해 최근에는 절침생검(Core biopsy)이 직접 조직을 얻을 수 있어 좀 더 정확한 정보를 얻고 확진할 수 있다는 장점으로 활발히 시행되고 있다.(1-3) 현재 가장 많이 사용되고 있는 절침 생검으로는 용수철의 힘을 이용한 자동 절침 생검이 대표적이며 보통 14 gauge를 이용한다. 하지만 자동 절침을 이용한 방법으로 생검을 할 때, 특히 만져지지 않는 작은 병변의 경우 초음파 유도하에 시행하게 되는데 절침 생검의 특성상 일단 한번 발사한 후에 바늘을 빼내어 조직을 회수한 후 다시 병변으로 여러 번 바늘을 넣어야 하기 때문에 정확한 조직 채취가 어려워진다.(3,4) 이러한 제한을 극복하기 위해 개발된 방법이 음압을 이용한 맘모툼 생검법으로 외국의 경우 유방X선 촬영상에서 확인된 병변의 조직검사를 위해 X-선 입체 정위장치(Stereotactic localization)를 이용한 음압하 맘모툼 생검법(Vacuum-assisted biopsy: Mammotome)이 많이 시행되고 그 정확도가 이미 보고되어 있다.(5-8) 최근에는 초음파 검사상에 관찰되는 병변의 조직검사를 위해 초음파 유도하에 손으로 들고 시행하는 맘모툼이 개발되었으나 그 정확도나 합병증에 관한 보고는 별로 없는 상태이다. 이에 저자들은 새롭게 시행되는 맘모툼 조직검사의 정확도와 그 합병증을 조사하여 맘모툼 생검의 유용성을 확인하고자 본 연구를 시작하였다.

책임저자 : 윤세옥, 서울시 강서구 내발산동 701-4
☎ 157-280, 강서미즈메디병원 유방센터
Tel: 02-2007-1440, Fax:02-2007-1249
E-mail: doylkim@mizmedi.net

접수일 : 2002년 9월 10일, 게재승인일 : 2002년 10월 29일

방 법

2000년 7월 15일부터 2002년 5월 10일까지 강서미즈메디병원 유방센터에 내원한 환자 중 유방촬영술 혹은 유방초음파 검사상 병변이 발견되어 초음파 유도 mamotome 생검(Mamotome Hand Held, SCM12, Johnson & Johnson, Cincinnati, USA)을 시행한 489명 564병변을 연구 대상으로 하였다. 유방센터에 내원한 환자는 먼저 유방진찰을 시행하고 35세 이하인 경우 유방초음파를 시행하고 악성종양이 의심되는 경우 추가적으로 유방촬영을 시행하였으며, 35세 이상인 경우는 유방촬영을 먼저 시행하고 종양이 만져지거나 유방촬영술상에서 치밀 유방으로 판단되는 경우 유방초음파를 시행하였다. 이러한 검사로 병변이 발견되면 원칙적으로 BI-RADS (Breast Imaging Reporting and Data System) Category 3 (probably benign) 이상이면서 축지되지 않는 병변만을 초음파 유도 mamotome 생검을 시행하였고, 축지되는 경우는 대부분 자동 절첩 생검(Core biopsy gun)을 시행하고 기술적으로 자동 절첩 생검이 어렵거나 정확히 경계가 구분되지 않는 경우 등에서도 초음파 유도 mamotome 생검을 시행하였다.

초음파 유도 mamotome 생검은 7~12-MHz linear transducer를 가진 고해상도의 근접범위 초음파(HDI 5000, ATL Ultrasound, Bothell, WA, USA)를 이용하여 초기에는 11gauge mamotome 바늘을 사용하였으며 2001년 9월부터는 8gauge mamotome 바늘도 함께 사용하였고, 생검으로 병변이 거의 없어졌을 때에는 후에 수술이 필요할 경우에 대비하여 Marking clip (MicroMark: Ethicon Endo-Surgery)을 생검 부위에 남겨 놓았다. 조직검사 후 출혈과 혈종을 방지하기 위해 약 10분간 국소 압박을 시행하고 탄력붕대를 이용하여 약 하루 동안 압박하였다. 시술 1주일째 진찰과 초음파를 이용하여 피하 출혈과 혈종이 있는지 확인하였고, 그 조직검사 결과 수술이 필요한 경우에는 수술을 시행하여 mamotome 조직검사의 경과와 수술 후 조직진단을 비교하여 그 정확도를 조사하였고 수술을 시행하지 않은 경우에는 1개월, 6개월 및 1년 후 등 장기 추적검사를 통해 그 귀추를 추적 검사하였다.

결 과

초음파 유도 mamotome 조직검사는 모두 489명 564병변에서 행하여 졌으며 환자들의 평균연령은 42.0세(15~68세)였고, 폐경 전 여성이 415명(84.9%), 폐경 후 여성이 74명(15.1%)이었다. 혹이 만져져서 내원한 환자는 231명(41.0%)이었고 296명(52.5%)은 증상 없이 정기 검진 목적으로 내원한 환자였으며 그 외 유방통증과 유두분비물 등의 증상을 보인 경우가 소수에서 있었다(Table 1).

초음파 검사 결과를 BI-RADS에 따라 구분하였을 때 cat-

Table 1. Age distribution

Age	Patients	%
10~19	3	0.6
20~29	42	8.6
30~39	130	26.6
40~49	221	45.2
50~59	84	17.2
60~69	9	1.8
Total	489	100.0

egory 5 (suspected malignancy)인 경우가 56병변(9.9%)이었고, category 4 (suspicious malignancy)인 경우 343병변(60.8%), category 3 (probably benign)인 경우는 115예였으며, category 2 (benign)인 경우는 48병변(8.5%), category 1 (negative)인 경우도 2병변에서 있었다.

유방 X-선 촬영 검사 결과를 BI-RADS에 따라 구분하였을 때는 category 5 (suspected malignancy)인 경우가 17병변(3.0%)이었고, category 4 (suspicious malignancy)인 경우 27병변(4.8%), category 3 (probably benign)인 경우는 8예였으며, category 2 (benign)인 경우는 29예(5.1%), category 1 (negative)인 경우는 135예(23.9%)였으며, category 0 (incomplete)인 경우가 245예(43.5%)였다(Table 2).

mamotome 조직검사 시 조직채취횟수는 평균 8.2회(3~30회)였으며 mamotome 조직검사 후 합병증으로는 혈종이 98예(17.3%)로 가장 많았으며 그 외 시술 후 유방통이 심하여 진통제를 먹어야 했던 경우 2예와 피부의 일부를 함께 절개한 경우 2예, 바늘이 들어간 자리로 출혈이 된 경우도 1예에서 있었다. 혈종은 시술 후 1주일일 경과한 후 초음파로 그 유무를 확인하였는데 모두 98예에서 발견되었으며 그 평균 크기는 1.7 cm (0.3~10 cm)이었고, 임상적으로 혈종이 만져지거나 통증을 동반할 수 있는 2 cm 이상의 혈종은 42예(7.4%)에서 관찰되었으나 혈종제거를 목적으로 수술 등의 시술이 필요한 경우는 초기에 1예에서 있었으며 그 외 대다수의 환자는 별다른 치료가 필요하지 않았다(Table 3, 4).

초음파 검사결과와 mamotome 조직검사 후의 병리결과를 비교해보면 초음파 검사상 암으로 진단된(category 5) 56병변 중 53병변(94.6%)이 mamotome 조직검사상 유방암으로 진단되었고, 3명은 양성(2명은 육아종성 염증, 1명은 섬유화)이었다. 암이 의심되는(BI-RADS cat 4) 343병변 중 53병변(15.5%)이 악성이었으며, 양성인 의심되는(BI-RADS cat 3) 115병변에서는 2병변(1.7%)이 악성이었다. Cat 2와 1에서는 악성이 없었다. 전체 564병변 중 19.1%인 108병변에서 악성으로 진단되었고 456예 80.9%가 양성 병변으로 진단되었다. mamotome 조직검사 결과 양성으로 진단되었다가 절제생

Table 2. Association of BI-RADS category and mammotome pathologic results

BI-RADS	Mammotome pathologic results				Total
	Benign	%	Malignancy	%	
Category 1 Negative	2	100	0	0	2
Category 2 Benign	48	100	0	0	48
Category 3 Probably benign	113	98.3	2	1.7	115
Category 4 Suspicious malignancy	290	84.5	53	15.5	343
Category 5 Suggestive of malignancy	3	5.4	53	94.6	56
Total	456	80.9	108	19.1	564

Table 3. Complications after mammotome biopsy

Complication	Frequency	Percent
Hematoma	99	17.5
Pain	2	0.4
Skin cut	1	0.2
Irregular scar	5	0.9
Machine error	1	0.2
No complication	455	80.7
Total	564	100.0

Table 4. Hematoma size on post-mammotome 7 days

Hematoma size (cm)	Frequency	Percent
~1.0	35	6.2
1.1~2.0	47	8.3
2.1~3.0	12	2.1
3.1~	4	0.7
No hematoma	466	82.6
Total	564	100

검을 시행한 경우는 모두 63명변으로 비정형 유관증식증과엽상종양 및 관내유두종인 경우 절제생검을 권하였으며, 초음파소견과 일치하지 않는 경우도 절제생검을 시행하였다(Table 5). 절제생검 후 악성으로 확진된 경우는 2예로 모두 유방촬영상 미세석회질이 발견되어 정위생검(localiza-

Table 5. Benign pathologic results of mammotome biopsy and percents of operation

Pathologic result of mammotome biopsy	No. of lesion	No. of operated lesion	Operation percents
ADH	27	18	66.7
Hamartoma	3	2	66.7
Phyllodes tumor	19	10	52.6
Adenoma	2	1	50.0
Intraductal papilloma	17	5	29.4
Mastitis	8	1	12.5
Stromal fibrosis	18	2	11.1
Epithelial hyperplasia	34	3	8.8
Adenosis	12	1	8.3
Fibroadenoma	239	18	7.5
Fibrocytic disease	50	2	4.0
Fibrosis	6	0	0
Ductectasia	18	0	0
Fat necrosis	3	0	0
Total	456	63	18.8

tion excision)을 권하였으나 수술을 원하지 않아 유방촬영으로 위치를 정한 후 그 자리를 맘모툼 조직 검사 시행하고, 조직검사 결과 양성으로 나왔으나 검체 유방 촬영상에 미세석회질이 나오지 않으면서, 미세석회화가 수술 후 유방 촬영상에 변화없이 남아 있어, 영상적 진단과 조직진단의 불일치로 다시 정위 절제 생검을 시행하여 관상피내암이 진단된 경우였다. 이로서 초음파 유도 맘모툼 생검의 민감도는 100%, 특이도는 99.7%이었다(Table 7).

Table 6. Ultrasonographic findings of breast lesions

Ultrasound findings	No. of lesions	Percent
Mass	523	92.7
Ductal dilatation	3	0.6
Calcification	38	6.7
Total	564	100

Table 7. Accuracy of mammotome biopsy

	Mammotome results	
	Benign	Malignancy
No. of lesion	456	108
No. of operation	74	73
False negative	2/74 (2.7%)	
False positive		0/73 (0%)
ADH underestimate	0/17 (0%)	
DCIS underestimate		5/13 (38.5%)

맘모톰 조직검사상 양성으로 진단된 456명변 중 다시 수술을 시행한 63명변(13.8%)을 제외한 393명변에서 수술을 시행하지 않고 추적검사 중이며, 악성으로 진단된 108명변 중 73예와 맘모톰 조직검사상 양성으로 진단되었다가 절제 생검 후 악성으로 진단된 2예를 합하여 모두 75예를 본원에서 수술을 시행하였다. 그중 근치 유방 절제술은 57예에서 유방 부분절제술은 18예에서 시행하여 25%의 부분 절제 수술률을 기록하였다.

고 찰

유방암의 진단에 가장 중요한 검사는 유방전문의사의 진찰과 유방촬영술 그리고 조직검사라고 할 수 있다. 과거 기본적인 조직검사로서 세침흡인세포검사가 시행되어 왔으나 근래에는 절첩생검(Core biopsy)이 많이 시행되고 있다. 최근에 들어 음압을 이용하여 절제한 조직이 자동으로 나오도록 고안된 맘모톰이 개발되어 보다 손쉽고 정확한 진단이 가능하게 되었다.

유방촬영이나 초음파 영상을 이용한 경피적 유방조직검사는 비촉지성 유방종양의 조직진단을 위한 수술적 조직검사를 대체하여 많이 시행되고 있다. 과거에는 세침흡인세포검사가 주로 이용되었으나 최근 들어 양성과 악성을 구분하는 데 보다 용이하며 충분한 조직을 얻을 수 있는 큰 굵기의 바늘을 이용한 절첩생검법이 선호되고 있다. 유방촬영을 이용한 정위생검법(stereotactic biopsy)은 두 가지의

다른 각도상의 위치의 차이를 이용하여 3차원상의 병변 위치를 찾아내는 원리를 이용한 것으로 14gauge 자동 절첩생검법을 시행한 후 수술 후의 진단과 비교한 연구들을 보면 약 87~96%의 일치율을 보고하고 있다.(9-12) 그러나 이 검사법의 가장 큰 단점은 고가의 장비가 필요하다는 것이다.

초음파를 이용한 14gauge 자동 절첩 생검법은 1993년 Parker 등(3)이 처음으로 181명변 중 수술을 시행한 49명변에서 모두 그 진단이 일치함을 보고하였다. 초음파를 이용한 경피적 조직검사는 방사선의 노출이 없다는 것과 특별한 장비가 필요없고, 유방이나 액와부 어디든지 가능하고, 바늘의 위치를 실시간으로 확인할 수 있으며, 여러 방향에서 조직 채취가 가능하다는 장점이 있다. 하지만 크기가 1 cm 보다 작은 종양을 초음파 유도 자동 절첩 검사를 하는 경우 바늘이 종양을 통과하지 않고 주위를 통과할 가능성이 높아 정확한 조직검사가 어렵고, 특히 유방이 크면서 종양이 작고 유방의 심부에 위치하는 경우 조직 채취가 용이하지 않고, 또한 병변이 초음파로 확인이 되어야만 가능하므로 유방촬영에서만 보이는 미세석회화의 경우 조직검사가 불가능할 수 있다는 단점이 있다.(3,13,14) 그래서 미세석회화가 보이는 경우 대부분 정위 절제 생검이 이루어지고 있으며, 저자들도 대부분 이 방법을 이용하였다. 하지만 연구대상 564명변 중 26명변에서 석회화를 대상으로 맘모톰을 시행하였으며 이 중 2예에서 악성병변을 양성으로 위음성 결과를 나타내어 초음파를 이용하여 석회화를 검사하는 방법에는 한계가 있음을 확인하였다.

경피적 유방 조직검사는 수술적 조직검사와 비교하면 비침습적이며, 유방형태의 변형을 일으키지 않으며 차후 유방촬영 결과에 지장을 초래하지 않고 빠르게 시행할 수 있다는 장점이 있다.(15,16) 합병증은 드물게 일어나며 혈종은 비교적 흔하게 일어나지만 감염이 되는 경우는 아주 드물어 약 0.1%에서 발생한다고 보고되고 있다.(4)

경피적 유방조직검사의 목적은 병변의 정확한 조직학적 진단을 얻는 것이라고 할 수 있다. 비촉지성 유방 종괴의 약 70~80%는 양성 병변이다. 그러므로 만약 경피적 조직검사결과가 영상 소견과 일치하여 양성인 경우 외과적 수술을 피할 수 있게 된다. Smith 등(17)은 경피적 조직검사로 진단된 유방암 환자의 경우 평균 1.25회의 수술을 시행하였으나, 수술적으로 진단된 환자의 경우 평균 2.01회의 수술이 행하여졌다고 보고하였다. 저자의 경우에서도 맘모톰 조직 검사상에 양성으로 보고된 병변의 86.2%인 393명변에서 수술을 피할 수 있었다. 또 Liberman 등(18)은 유방 보존 술식을 시행한 유방암 환자에서 경피적 조직검사를 시행한 경우 92%에서 절제 변연 음성이었으나, 수술적 조직검사를 시행한 경우는 단지 64%에서만 절제 변연 음성이라고 보고하였다.

그러나 경피적 조직검사의 가장 큰 제한점은 바로 미세 석회화의 진단이다. 종양의 조직진단에 비해 상대적으로

많은 양의 조직이 필요하며, 또한 병변의 채취 오류가 흔하고, 해부 병리적 특성을 파악하기가 어렵다.(6,19) 그러나 X선 유도하의 맘모톰 조직검사는 최근 들어 시행되고 있는 경피적 조직검사의 일종으로 한번의 삽입으로 많은 표본을 얻을 수 있다. 또 생검을 시행한 부위에 고인 혈액을 흡입하면서 지속적인 조직채취가 가능하여 미세석회화의 경피적 조직검사 방법으로 활발히 시행되어 많이 보고되고 있다.(20,21)

경피적 조직검사는 악성 병변, 관상피내암 또는 고위험 병변 등을 구별할 수 있어야 하나 때로는 한 단계 낮은 진단으로 조직학적 과소평가(histologic underestimate)가 될 수 있다.(22) 예를 들면 경피적 조직검사상 비정형 관상피 증식으로 진단되었으나 수술 후 관상피내암으로 진단되었다면 이를 비정형 관상피 증식 과소평가라 하며, 관상피내암이 경피적 조직검사로 진단되었으나 수술 후 침윤성 유방암으로 진단되면 이를 관상피내암 과소평가라 할 수 있다. 대부분의 비정형 관상피 증식이나 관상피내암은 석회화를 포함하고 있으므로 경피적 조직검사의 조직학적 과소평가는 석회화를 가진 병변에서 많이 발견된다.(23,24) 음압하 맘모톰 조직검사 역시 이런 조직학적 과소평가를 줄일 수는 있지만 없앨 수는 없다. 14gauge 절침생검의 비정형 관상피 증식 과소평가는 20~56%로 보고되었으나 음압하 맘모톰 생검의 경우 0~38%로 확인되었고, 관상피내암 과소평가는 14gauge 절침생검은 16~35%, 맘모톰 생검에서는 0~19%로 보고되어 맘모톰 조직검사가 절침생검보다 훨씬 정확한 조직진단을 할 수 있음이 확인되었다.(25-28) 저자들의 경우 비정형 관상피 증식 과소평가는 총 23예에서 한 예도 없었다. 그러나 관상피내암 과소평가는 총 23예의 관상피내암 중 8예에서 침윤성 병변이 발견되어 34%의 높은 관상피내암 과소평가가 있었다.

경피적 조직검사의 위음성률은 14gauge 절침 생검의 경우 약 2.8%로 보고되고 있다.(29) 이는 외과적 조직검사나 정위 절제 생검(Localization biopsy)의 위음성률이 2.0%임을 감안하면 큰 차이가 없으나 조직진단이 늦어질 가능성은 확인할 수 있다.(30) 저자들의 경우 2예의 위음성 예가 있어 맘모톰 조직검사의 위음성률은 0.44%로 아주 낮은 것을 확인할 수 있었다. 저자들의 위음성 예는 모두 미세석회화를 초음파 유도 맘모톰 검사를 한 경우로 맘모톰 조직검사 후 그 표본 X선 검사상에 미세석회질이 충분히 나오지 않았으면서 그 병리조직결과가 모두 정상 유방 실질로 보고되어, 결국 조직검사결과와 영상소견의 불일치로 판정하고 바로 수술적 조직검사를 권하였고 그 결과 관상피내암으로 진단되었다. 그러므로 위음성률을 줄이고 만약 발생하더라도 환자의 치료에 문제없도록 하기 위해선 검사 시 정확히 표적을 생검하는 것이 중요하며 또한 미세석회화의 경우 경피적 조직검사에서도 표본 X선 검사를 통해 미세석회화를 꼭 확인하여야 하겠다. 그리고 조직진단과 영상적 진단을

잘 비교하여 서로 잘 맞지 않을 경우 꼭 재조직검사를 시행하여야 하겠다.

결 론

저자들은 초음파 검사상에 관찰되는 병변의 조직검사를 위해 최근에 개발된 초음파 유도하 맘모톰 조직검사를 시행하고 그 병리조직검사 결과와 수술 후의 병리조직검사결과를 비교하여 그 위음성률이 2.7%, 민감도 100%, 특이도 99.7%임을 확인하였으며, 그 합병증으로는 혈종이 가장 흔하여 17.3%에서 발생하였으나 대부분 수술적 치료가 필요하지는 않았다. 이에 축지되지 않고 초음파에서만 확인되는 병변의 병리조직학적 진단을 위해 비침습적 방법으로서의 초음파 유도하 맘모톰조직검사는 유용한 방법이라고 생각된다.

REFERENCES

- 1) Jin SI, Han S, Bae BN, Kim KH, Kim HJ, Kim YD, et al. Use of the triple test at the breast screening center for patients with breast mass. *J Korean Surg Soc* 2001;61:21-6.
- 2) Park JW, Lee JY, Sung NH, Song YJ. The role of fine needle aspiration cytology and needle biopsy in diagnosis of a breast mass. *J Korean Surg Soc* 1999;57:189-95.
- 3) Parker SH, Jobe WE, Dennis MA, Stavros AT, Johnson KK, Yakes WF, et al. US-guided automated large-core breast biopsy. *Radiology* 1993;187:507-11.
- 4) Parker SH, Burbank F, Jackman RJ, Aucreman CJ, Cardenosa G, Cink TM, et al. Percutaneous large-core breast biopsy: a multi-institutional study. *Radiology* 1994;193:359-64.
- 5) Parker SH, Klaus AJ. Performing a breast biopsy with a directional, vacuum-assisted biopsy instrument. *Radiographics* 1997;17:1233-52.
- 6) Liberman L, Smolkin JH, Dershaw DD, Morris EA, Abramson AF, Rosen PP. Calcification retrieval at stereotactic, 11-gauge, directional, vacuum-assisted breast biopsy. *Radiology* 1998;208:251-60.
- 7) Liberman L, Vuolo M, Dershaw DD, Morris EA, Abramson AF, LaTrenta LR, et al. Epithelial displacement after stereotactic 11-gauge directional vacuum-assisted breast biopsy. *Am J Roentgenol* 1999;172:677-81.
- 8) Burak WE Jr, Owens KE, Tighe MB, Kemp L, Dinges SA, Hitchcock CL, Olsen J. Vacuum-assisted stereotactic breast biopsy: histologic underestimation of malignant lesions. *Arch Surg* 2000;135:700-3.
- 9) Parker SH, Lovin JD, Jobe WE, Luethke JM, Hopper KD, Yakes WF, et al. Stereotactic breast biopsy with a biopsy gun. *Radiology* 1990;76:741-7.
- 10) Parker SH, Lovin JD, Jobe WE, Burke BJ, Hopper KD, Yakes WF. Nonpalpable breast lesions: stereotactic automated large-

- core biopsies. *Radiology* 1991;180:403-7.
- 11) Elvecrog EL, Lechner MC, Nelson MT. Nonpalpable breast lesions: correlation of stereotaxic large-core needle biopsy and surgical biopsy results. *Radiology* 1993;188:453-5.
 - 12) Givovold JJ, Goellner JR, Grant CS, Donohue JH, Sykes MW, Karsell PR, et al. Breast biopsy: a comparative study of stereotaxically guided core and excisional techniques. *Am J Roentgenol* 1994;162:815-20.
 - 13) Rubin E, Dempsey PJ, Pile NS, Bernreuter WK, Urist MM, Shumate CR, et al. Needle-localization biopsy of the breast: impact of a selective core needle biopsy program on yield. *Radiology* 1995;195:627-31.
 - 14) Liberman L, Feng TL, Dershaw DD, Morris EA, Abramson AF. Ultrasound-guided core breast biopsy: utility and cost-effectiveness. *Radiology* 1998;208:717-23.
 - 15) Kaye MD, Vicinanza-Adami CA, Sullivan ML. Mammographic findings after stereotaxic biopsy of the breast performed with large-core needles. *Radiology* 1994;192:149-51.
 - 16) Burbank F. Mammographic findings after 14-gauge automated needle and 14-gauge directional, vacuum-assisted stereotactic breast biopsies. *Radiology* 1997;204:153-6.
 - 17) Smith DN, Christian R, Meyer JE. Large-core needle biopsy of nonpalpable breast cancers: the impact on subsequent surgical excision. *Arch Surg* 1997;132:256-9.
 - 18) Liberman L, LaTrenta LR, Dershaw DD. Impact of core biopsy on the surgical management of impalpable breast cancer: another look at margins (letter). *Am J Roentgenol* 1997;169:1464-5.
 - 19) Liberman L, Dershaw DD, Rosen PP, Abramson AF, Deutch BM, Hann LE. Stereotaxic 14-gauge breast biopsy: how many core biopsy specimens are needed? *Radiology* 1994;192:793-5.
 - 20) Meyer JE, Smith DN, DiPiro PJ, Denison CM, Frenna TH, Harvey SC, et al. Stereotactic breast biopsy of clustered microcalcifications with a directional, vacuum-assisted device. *Radiology* 1997;204:575-6.
 - 21) Reynolds HE, Poon CM, Goulet RJ, Lazaridis CL. Biopsy of breast microcalcifications using an 11-gauge directional vacuum-assisted device. *Am J Roentgenol* 1998;171:611-3.
 - 22) Burbank F, Parker SH. Methods for evaluating the quality of an imaging-guided breast biopsy program. In: Parker SH, ed. *Interventional breast procedures*. In: Feig SA, ed. *Seminars in breast disease*, vol. 1, no. 2. Philadelphia: Saunders 1998;1:71-83.
 - 23) Liberman L, Cohen MA, Dershaw DD, Abramson AF, Hann LE, Rosen PP. Atypical ductal hyperplasia diagnosed at stereotaxic core biopsy of breast lesions: an indication for surgical biopsy. *Am J Roentgenol* 1995;164:1111-3.
 - 24) Liberman L, Dershaw DD, Glassman JR, Abramson AF, Morris EA, LaTrenta LR, et al. Analysis of cancers not diagnosed at stereotactic core breast biopsy. *Radiology* 1997;203:151-7.
 - 25) Meyer JE, Smith DN, Lester SC, Kaelin C, DiPiro PJ, Denison CM, et al. Large-core needle biopsy of nonpalpable breast lesions. *JAMA* 1999;281:1638-41.
 - 26) Burbank F. Stereotactic breast biopsy of atypical ductal hyperplasia and ductal carcinoma in situ lesions: improved accuracy with a directional, vacuum-assisted biopsy instrument. *Radiology* 1997;202:843-7.
 - 27) Jackman RJ, Burbank F, Parker SH, Evans WP 3rd, Lechner MC, Richardson TR, et al. Stereotactic breast biopsy of nonpalpable lesions: determinants of ductal carcinoma in situ underestimation rates. *Radiology* 2001;218:497-502.
 - 28) Won B, Reynolds HE, Lazaridis CL, Jackson VP. Stereotactic biopsy of ductal carcinoma in situ of the breast using an 11-gauge vacuum-assisted device: persistent underestimation of disease. *Am J Roentgenol* 1999;173:227-9.
 - 29) Jackman RJ, Nowels KW, Rodriguez-Soto J, Marzoni FA, Finkelstein SI, Shepard MJ. Stereotactic, automated, large-core needle biopsy of nonpalpable breast lesions: false-negative and histologic underestimation rates after long-term follow-up. *Radiology* 1999;210:799-805.
 - 30) Jackman RJ, Marzoni FA. Needle-localized breast biopsy: why do we fail? *Radiology* 1997;204:677-84.