

Ultrasonically Activated Shears를 이용한 갑상선 수술에 대한 전향적 연구

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 외과

김완욱 · 허성모 · 김성훈 · 이세경 · 임혜인 · 최재혁 · 김상민 · 이정언 · 김정한 · 김지수 · 남석진
양정현 · 최준호

Thyroidectomy Using Ultrasonically Activated Shears; Prospective Randomized Study

Wan Wook Kim, M.D., Sung Mo Hu, M.D., Sung Hoon Kim, M.D., Se-Kyung Lee, M.D., Hye In Lim, M.D., Jae Hyuck Choi, M.D., Sangmin Kim, Ph.D., Jeong Eon Lee, M.D., Jung-Han Kim, M.D., Jee Soo Kim, M.D., Seok Jin Nam, M.D., Jung-Hyun Yang, M.D. and Jun-Ho Choe, M.D.

Purpose: Adequate hemostasis in thyroidectomy is important to reduce postoperative complications including bleeding and hematoma. The object of this study was to evaluate the utility of thyroidectomy using ultrasonically activated shears.

Methods: This was a prospective randomized controlled study. It was conducted on 95 patients who underwent total thyroidectomy between January and March 2009. Patients were divided into two groups according to operation method used: group A (n=49) underwent total thyroidectomy using ultrasonically activated shears, group B (n=46) involved the conventional clamp and tie maneuver. Comparisons included operation time, drain amount, hospitalization, postoperative complications and off-thyroglobulin.

Results: The two groups had no significant differences regarding drain amount, hospitalization, postoperative complications and off-thyroglobulin. Operation time was statistically shorter in group A than group B (96.6 ± 22.7 min vs 114.6 ± 24.3 min) ($P=.00$).

Conclusion: Thyroidectomy using ultrasonically activated shears reduces operation time significantly, and enables a complete and safe operation without postoperative complications. We recommend the use of ultrasonically activated shears in thyroidectomy. (*Korean J Endocrine Surg*

2009;9:69-73)

Key Words: Ultrasonically activated shears, Thyroidectomy, Operation time

중심 단어: Ultrasonically activated shears, 갑상선 절제술, 수술 시간

Department of Surgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

서론

갑상선은 혈관이 많이 발달하여 수술 시 지혈을 위해서 전통적인 방법인 혈관을 결찰 하는 방법(clamp and tie maneuvers)으로 많은 혈관을 결찰 해야 한다. 그러기 위해서는 지혈에 많은 시간이 소요되며 지혈이 잘 안되었을 경우 수술 후 출혈, 혈종으로 심할 경우 기도폐색으로 심각한 문제를 야기할 수 있어 갑상선 수술에서 지혈은 중요한 문제이다. 최근 몇 년 사이 갑상선암의 빈도가 높아지면서 갑상선 수술이 증가하고 있고 수술 기법도 많이 발전되어 왔다. 현재 양성 질환 뿐 아니라 초기 갑상선 암에서 내시경적 갑상선 절제술 및 로봇 갑상선 절제술이 시행되어 지고 있는데 여기에는 ultrasonically activated shears (Harmonic[®], Ethicon Endo-Surgery, Inc, Seoul, Korea) 기구의 사용이 필수적이다. Ultrasonically activated shears란 전기 에너지를 초음파 진동으로 바꾸어 조직을 지혈과 동시에 절단하고 직경 7 mm까지의 혈관을 지혈할 수 있게 고안된 기계로 전기소작의 가장 큰 단점인 열전도를 최소화하여 주변 조직으로의 열손상을 최소화 하도록 개발되었다. 그리고 실과 클립 등의 이물질을 남기지 않아 이물질 반응(foreign body reaction)도 없는 장점이 있다.

기존의 연구에서 ultrasonically activated shears가 안전하고 빠른 지혈을 하여 믿을 만한 방법으로 수술 시간 및 수술 중 출혈량을 줄이고 수술 후 배액량을 줄여 재원 일수를 줄일 수 있고, 기존의 방법과 비교하여 수술 후 합병증의 발생도 줄일 수 있었다고 보고된 연구가 있다.(1,2)

책임저자 : 최준호, 서울시 강남구 일원동 50번지
☎ 135-710, 성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 외과
Tel: 02-3410-1657, Fax: 02-3410-6982
E-mail: junho.choe@samsung.net
게재승인일 : 2009년 6월 19일

이에 본 연구에서는 내시경 또는 로봇트 갑상선 수술이 아닌 기존의 전통적인 수술 방법에 ultrasonically activated shears를 도입하여 전통적인 수술 방법과 ultrasonically activated shears를 이용한 수술 방법의 비교를 통하여 ultrasonically activated shears를 이용한 갑상선 수술법의 유용성에 대해 알아보고자 한다.

방 법

2009년 1월부터 3월까지 갑상선암으로 외과적 치료가 필요하여 갑상선 전절제술을 시행 예정인 환자 95명을 대상으로 하였다. 연구 시작 전에 임상시험 심사위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받았고 수술 전 모든 환자에게 피험자 동의서를 받았다. 수술은 2명의 집도의와 같은 수술 팀에 의해 시행되었으며 대상군은 전향적으로 무작위 배정을 통하여 수술 방법에 따라 2개의 군으로 배정되어 수술을 시행하였다. A군은 상갑상선 동맥(superior thyroidal artery)을 포함한 큰 혈관과 부갑상선으로 가는 작은 혈관 등 모든 혈관을 기존의 결찰 방법을 사용하지 않고 ultrasonically activated shears만을 이용한 수술을 받았고, B군은 기존의 전통적 수술 방법인 혈관을 잡고 결찰하는 방법(clamp and tie maneuvers)으로 수술을 받았다. Ultrasonically activated shears를 사용 시 주변의 구조물의 열손상을 피하기 위해 최소 반회후두신경으로부터 2 mm, 부갑상선으로부터 1 mm 이상의 거리를 두고 작동하였다.

골다공증 등으로 수술 전 칼슘제 복용력, 부갑상선 기능항진증 및 저하증, 갑상선 기능항진증, 만성 신부전증(chronic renal failure), 요로결석 기왕력, 갑상선, 부갑상선 수술 과거력, 경부 방사선 치료 과거력, 입원 전 7일 이내에 아스피린, 항혈소판제 또는 혈액응고억제제 복용력, 내시경적 또는 로봇트 갑상선 수술을 받은 환자는 본 연구에서 제외하였고 수술 중 수술의 범위가 일엽 절제술로 축소되거나 경부림프절이 축지되어 수술범위가 확대되어 변형적 광범위 경부림프절 광청술(modified radical neck node dissection) 또는 선택적 림프절 절제술(selective neck node dissection)을 시행하였거나, 갑상선 앞의 띠근육(strap muscle)을 절단한 경우도 연구에서 제외하였다. 중앙 경부림프절 광청술(central neck node dissection) 여부에 상관없이 갑상선 전절제술을 시행한 환자 94명을 대상으로 하였고 A군은 49명, B군은 46명이었다. 각 환자에 대해서 성별, 나이, 조직병리학적 진단, 종양의 크기, 다발성 여부 등을 조사하였고 결과 변수로는 수술 시간, 총 배액량, 재원일수와 수술 후 출혈, 반회후두신경 마비(recurrent laryngeal nerve palsy), 저칼슘혈증 등의 합병증 여부, 수술 후 thyroglobulin 수치(postoperative off-Tg) 등을 측정하였다. 수술 시간은 집도의가 절개 시간부터 지혈 후 봉합시작 시간까지로 하였고 총 배액량은 체질량 지수(body mass index, BMI)를 보정하여 총 누적 총량

(cumulative)으로 측정하였다. 재원일수는 수술 후 회복실에서 회복 후 병실로 돌아온 시간부터 퇴원까지의 시간으로 측정하였고, 쉼 목소리가 나거나 고음이 잘 안 날 경우, 특히 기도 흡인(aspiration)이 있을 때는 후두경 검사(laryngoscope)를 시행하여 성대 마비 여부를 확인하였다. 저칼슘혈증은 손저림 등의 증상이 있는지 여부와 정도, 전칼슘(total calcium), 이온화칼슘(ionized calcium) 수치, 치료가 필요한 저칼슘혈증 여부, 경구 칼슘제 복용과 정맥 내 칼슘 주사 여부 등을 측정하였다. 저칼슘혈증의 정도는 경도(손, 발의 저림, 무감각), 중등도(심한 손, 발의 저림, 입 주변에 무감각, Chvostek's sign 양성), 그리고 중증(Trousseau's sign 양성, tetany, carpopedal spasm)으로 구분하였다. 치료가 필요한 저칼슘혈증은 저칼슘혈증 증상이 있으면서 수술 후 시행한 검사 상 전칼슘 <8.0 mg/dl이고 이온화 칼슘 <1.0 mmol/L인 경우로 정의하였다. 저칼슘혈증 증상이 없거나 경한 증상이 있어도 전칼슘 ≥ 8.0 mg/dl 또는 이온화 칼슘 ≥ 1.0 mmol/L인 경우 경구 칼슘제 복용 없이 관찰하고, 치료가 필요한 저칼슘혈증 시에 calcium carbonate (500 mg 2T 3번/하루), calcitriol (0.25 μ g 1C 2번/하루)를 복용하도록 하였다. 중증의 저칼슘혈증 증상이 있거나 경구 칼슘제 복용에도 증상이 지속 시에는 칼슘을 정맥 내 주사하도록 하였다. 수술 후 2일째 중등도 이상의 저칼슘혈증 증상이 있거나 증상은 없으나 전칼슘 <7.0 mg/dl 또는 이온화칼슘 <0.9 mmol/L인 경우는 퇴원을 보류하고 다른 합병증이 없고 배액량이 30 cc/day 이하로 줄었을 때 배액관을 제거 후 퇴원하도록 하였다. 갑상선 전절제술의 완결성(completeness)을 평가하기 위해 수술 후 thyroglobulin 수치(off-Tg)를 측정하였다. 통계분석은 SPSS 17.0을 이용하여 범주형 변수에 대해서는 chi-square test 또는 Fisher exact test, 연속형 변수에 대해서는 independent t-test 또는 Mann-Whitney test로 검증하였다. P값이 0.05 이하를 통계학적으로 의미 있는 것으로 판정하였다.

결 과

전체 95명의 환자는 모두 갑상선 유두암(papillary thyroid carcinoma)으로 갑상선 전절제술을 받았으며 이 중 ultrasonically activated shears를 이용한 수술을 받은 A군은 49명, 기존의 전통적 수술 방법인 혈관을 결찰 하는 방법(clamp and tie maneuvers)으로 수술을 받은 B군은 46명이었다. 환자의 평균 나이는 48.0세(19~77세)였으며 45세 미만은 35명(36.8%), 45세 이상은 60명(63.2%), 남자 16명(16.8%), 여자 79명(83.2%)이었다. 두 군 사이에 성별, 나이, 키, 몸무게, 체질량 지수(BMI), 집도의, 동반질환, 다발성, 종양의 크기, 절제된 림프절 개수, 전이된 림프절 개수 그리고 절제된 부갑상선의 수에서 의미 있는 차이는 없었다(Table 1).

그리고 총 배액량은 A군 94.0 ± 40.2 ml, B군 92.3 ± 29.4 ml

Table 1. Clinicopathologic characteristics of each group

	A group (n=49)	B group (n=46)	P-value
Age (year)	48.8±1.5	47.1±1.7	0.43
Gender (M : F)	7 : 42	9 : 37	0.49
Weight (kg)	60.2±10.0	61.3±8.7	0.59
Height (cm)	160.0±6.9	160.0±6.4	0.95
BMI (body mass index)	23.4±2.9	23.9±3.0	0.39
Surgeons			0.81
A	32 (65.3%)	29 (63.0%)	
B	17 (34.7%)	17 (37.0%)	
Tumor size (cm)	1.1±0.6	1.0±0.7	0.68
Co-disease			0.65
Nodular hyperplasia	17 (34.7%)	17 (37.0%)	
Thyroiditis	8 (16.3%)	9 (19.6%)	
Both	3 (6.1%)	1 (2.2%)	
Multiplicity	14 (28.6%)	19 (41.3%)	0.20
Number of dissected lymph node	7.6±4.7	8.9±6.8	0.65
Number of metastatic lymph node	1.4±2.6	1.3±1.9	0.72
Number of dissected parathyroid glands	0.4±0.5	0.4±0.6	0.76

였고, 재원기간은 A군 73.2±28.0시간, B군 63.5±21.4시간 이 었다. 체질량 지수(BMI)로 보정한 총 배액량과 재원기간은 두 군간에 의미 있는 차이는 없었다(P=.74, P=.08). 두 군간 에 수술 시간을 비교했을 때 ultrasonically activated shears를 이용한 수술을 받은 A군에서 전통적인 방법으로 수술 받은 B군보다 더 적었으며(96.6±22.7분 vs 114.6±24.3분) 이는 통 계학적으로 의미 있는 차이를 보였다(P=.00) (Table 2). 두 군간에 수술 시간 차이는 약 18분으로 이는 수술 시간의 약 16~19%에 해당되는 수치이다.

수술 후 합병증으로는 수술 상처부위 염증으로 항생제 치료를 한 경우가 A군에서 1예(2%) 있었고, 중앙 경부림프 절 광철술 후 저배액 유미루(low-output chylous fistula, <500 ml/d)로 재수술 없이 저지방식이 후 수술 후 6일째 배액량이 줄어 제거 후 퇴원한 경우가 A군에서 1예(2%) 있 었다. 수술 중 반회후두신경 손상은 없었으나 수술 후 기도 흡인은 없고 약간의 쉼소리(가래)가 있어 후두경으로 검사 상 일시적인 반회후두신경 마비가 있었던 경우가 A군에서 2 예(4%) 있었다(Table 2). 이 2예에서 모두 쉼소리는 호전 되었다. 두 군 모두에서 수술 중 출혈로 인하여 수혈이 필요 한 경우나 수술 후 출혈이나 혈종 등의 합병증은 없었다.

수술 후 저칼슘혈증 증상은 경미한 증상을 포함하여 A군 에서 25예(51.0%)에서 있었고 정도 21예(42.9%), 중등도 4예 (8.2%)에서 있었으며, B군은 17예(37.0%)에서 있었고 정도 14예(30.4%), 중등도 3예(6.5%)에서 있었고 중증의 저칼슘 혈증 증상은 두 군 모두에서 없었다(P=.38). 치료가 필요한

Table 2. Comparison of drain, administration, operative time, off-Tg, and complications

	A group (n=49)	B group (n=46)	P-value
Total drain amount (ml)	94.1±40.6	92.4±29.4	0.99
Hospitalization (hour)	73.2±28.1	63.6±21.4	0.08
Operation time (hour)	96.6±22.7	114.6±24.3	0.00
Off-Tg* (ng/ml)	0.95±1.1	1.79±3.2	0.83
Postop. complications			
Wound infection	1 (2%)	0 (0%)	1.00
Chylous fistula	1 (2%)	0 (0%)	1.00
Transient RLN [†] injury	2 (4%)	0 (0%)	0.49

*Tg = thyroglobulin; [†]RLN = recurrent laryngeal nerve.

Table 3. Comparison of postoperative hypocalcemia and treatment

	A group (n=49)	B group (n=46)	P-value
Hypocalcemic symptom	25 (51.0%)	17 (37.0%)	0.17
Mild	21 (42.9%)	14 (30.4%)	
Moderate	4 (8.2%)	3 (6.5%)	0.38
Severe	0 (0%)	0 (0%)	
Hypocalcemia requiring treatment	17 (34.7%)	11 (23.9%)	0.25
Oral calcium supplement	29 (59.2%)	21 (45.7%)	0.19
Calcium gluconate intravenous injection	17 (34.7%)	8 (17.4%)	0.06
1	14 (28.6%)	8 (17.4%)	
2	1 (2.0%)	0 (0%)	0.17
3	2 (4.1%)	0 (0%)	

저칼슘혈증은 A군 17예(34.7%), B군 11예(23.9%)에서 있었 고 A군보다 B군에서 조금 적었지만 두 군간에 의미 있는 차이는 없었다(P=.25). 저칼슘혈증으로 칼슘제를 복용했던 경우는 A군에서 29예(59.2%), B군에서 21예(45.7%)에서 있 었고(P=.19) 정맥 내 칼슘제 주입을 한 경우는 A군에서 17 예(34.7%), B군에서 8예(17.4%)에서 있었고 역시 B군에서 적었지만 통계학적인 의미는 없었다(P=.06). 칼슘제 정맥 내 주입횟수는 대개는 1회였으나 저칼슘혈증 증상이 지속 되어 2회 주입을 한 경우가 1예, 3번을 주입한 경우가 2예가 모두 A군에서 있었고 통계학적인 차이는 없었다(P=.17) (Table 3). 대부분의 저칼슘혈증은 수술 후 1달 이내에 회복 되었으며 영구적인 저칼슘혈증과 수술로 인한 사망한 경유 는 두 군 모두에서 없었다.

갑상선절제술의 완전성(completeness)을 나타내는 수술 후 thyroglobulin (postoperative off-Tg)은 A군은 0.95±1.1 ng/ml, B군은 1.79±3.2 ng/ml로 나왔고 두 군간에 의미 있는 차이는 없었다(P=.83).

고 찰

갑상선은 혈관이 많이 발달해 있는 기관 중에 하나로 갑상선 수술 시 발생할 수 있는 합병증을 막기 위해서는 절대적으로 혈관, 신경과 같은 구조물에 대한 해부학적 확인과 세심한 지혈이 요구되고 있다. 그럼으로 인해 이제까지 전통적인 혈관을 잡고 결찰하는 방법(clamp and tie maneuvers)이 기본 술식으로 인정되어 왔으나 Ultrasonically activated shears이 개발된 이후로 갑상선 내시경적 절제술 및 로봇 갑상선절제술에 많이 이용되고 있다.

Ultrasonically activated shears는 55,000 Hz의 고주파 초음파 에너지를 이용하여 조직을 절단하고 지혈하는 기계이다. 이 기계로 조직에 접촉하여 작동하게 되면 단백질과 콜라겐 구조물들이 변성되어 봉합과 지혈이 되게 되고 전기소작의 가장 큰 단점인 열전도를 최소화하여 상대적으로 주변 조직으로의 열손상을 최소화하고 연기발생이 덜 발생하도록 고안되었다. Ultrasonically activated shears는 이미 외과를 포함한 여러 과에서 복부, 흉부 수술 등에 사용되어 왔고 안전하고 효과적인 것으로 증명이 되었다.(3,4)

Ultrasonically activated shears의 지혈할 수 있는 안전한 한계는 논문마다 약간의 차이가 있지만 대개 최대 직경 3~7 mm 정도로 보고되고 있다.(5,6) Koutsoumanis 등(5)은 갑상선절제술 시 상 갑상선 동맥(superior thyroidal artery)과 같은 직경이 큰 혈관만을 결찰하고 그 이외의 혈관을 ultrasonically activated shears로 지혈하는 방법과 모든 혈관을 ultrasonically activated shears로 지혈하는 방법 사이에 수술 시간, 합병증에서 의미 있는 차이는 없다고 보고하였다. 그리고 상 갑상선 동맥에 대한 harmonic scalpel의 사용 시 안전성과 효능에 대해 보고된 연구들이 있다.(7,8) 미국 FDA에서도 ultrasonically activated shears의 지혈범위를 7 mm까지 인정하고 있다. 본 연구에서도 상 갑상선 동맥과 같은 큰 혈관을 포함한 모든 혈관을 ultrasonically activated shears로 지혈하였고 그 중 크기가 약간 큰 상 갑상선 동맥에 대해서는 2번의 연속적인 지혈을 실시하여 수술 후 출혈이나 혈종과 같은 합병증은 없이 안전하게 지혈되고 있음을 볼 수 있었다.

본 연구에서 저칼슘혈증이 다른 연구에 비해 다소 높은 것을 볼 수 있었다. 이는 다른 연구에서는 저칼슘혈증을 혈중 전칼슘치가 연속하여 2회 이상 8.0 mg/dl 이하인 경우 또는, 증상 유무에 관계없이 수술 후 1일, 3일, 7일째 측정한 혈중 전칼슘치가 8.0 mg/dl 이하, 이온화 칼슘치가 3.5 mg/dl 이하 등으로 정의하여서 본 연구의 정의와의 차이에 따른 것으로 생각된다.(14) 본 연구에서는 치료가 필요한 저칼슘혈증의 진단을 증상이 있으면서 수술 직후, 술 후 1일, 2일, 3일, 그리고 2주 전후에 시행한 혈액검사 상 한번이라도 전칼슘 <8.0 mg/dl, 이온화 칼슘 <1.0 mmol/L인 경우로 정의

하였다.

Ultrasonically activated shears의 열손상은 검자로부터 2~3 mm까지 보고되고 있다.(9-11) 본 연구에서도 ultrasonically activated shears를 이용한 수술 시 주변구조물에 열손상을 최소화 하기 위해 상 갑상선 동정맥을 지혈할 때 갑상선의 경계에 붙여서 지혈을 하였고 반회후두신경에서는 최소 2 mm, 부갑상선에서는 1 mm 이상의 거리를 두고 사용하였다. 이 원칙을 지킨다면 열손상으로 인한 반회후두신경(recurrent laryngeal nerve)과 상후두신경의 외측분지(external branch of superior laryngeal nerve)의 마비, 부갑상선의 손상 등의 합병증 없이 안전하게 수술할 수 있을 거라 생각된다.

갑상선절제술의 완전성(completeness)을 나타내는 수술 후 thyroglobuline (postoperative off-Tg)은 두 군간에 차이가 없어서 ultrasonically activated shears를 이용한 수술 시에도 갑상선 전절제술이 갑상선 조직을 거의 남기기 않고 완전하게 시행될 수 있음을 볼 수 있었다.

Ultrasonically activated shears의 가장 큰 이점은 수술 시간의 단축으로 보고하고 있다. Voutilainen과 Haglund(12)는 경험이 많은 외과의사에 의해 scalpel을 사용했을 때 31.5%의 수술시간 단축이 있었다고 보고하였고 Ortega 등(13)은 수술 시간이 전통적인 결찰하는 수술 방법으로 수술 시 101 ± 16 분, scalpel을 사용했을 때 86 ± 20 분으로 수술시간을 의미 있게 단축시킬 수 있었다고 발표하였다. 본 연구의 결과에서도 ultrasonically activated shears를 이용한 수술 방법이 전통적인 수술 방법에 비해 전체 수술 시간의 약 15~18% 정도를 줄일 수 있었고 이는 통계학적으로 의미 있었다(96.6 ± 22.7 분 vs 114.6 ± 24.3 분, $P=.00$). Ultrasonically activated shears를 이용한 수술에 대한 학습 곡선(learning curve)은 짧은 것으로 보고되고 있다. Koutsoumanis 등(5)의 보고에 따르면 약 처음 100예 수술 동안에 수술 시간을 단축시킬 수 있었고, 특히 숙련된 외과 팀에 의해 수술이 시행될 경우 이는 더 빨리 습득되리라 생각이 된다. 그리고 전통적인 수술 방법인 혈관을 잡고 결찰 하는 방법(clamp and tie maneuvers)으로 수술을 하게 될 때 보조의에 능력에 의해 수술 시간이 영향을 받는 경향이 많은데 ultrasonically activated shears를 이용하게 될 경우 보조의에 덜 의존하게 되어 수술 시간 단축에 더 도움이 될 것이라 생각된다. 하지만 전공의를 교육하는 병원에서는 ultrasonically activated shears를 이용한 수술만 시행할 경우 전통적인 수술 방법에서 배울 수 있는 전공의 교육에는 문제가 있을 수 있어 병행해서 수술하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

결 론

Ultrasonically activated shears를 이용한 수술 방법은 기존의 전통적인 수술 방법과 비교하여 수술 시간을 의미 있게 줄일 수 있었으며 수술 후 출혈, 반회후두신경 마비, 저칼슘

혈증 등의 합병증의 증가 없이 안전하고 완전절제가 가능하여 갑상선 절제술 시 기본 술식의 하나로 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Musunuru S, Schaefer S, Chen H. The use of the ligasure for hemostasis during thyroid lobectomy. *Am J Surg* 2008;195:382-5.
- 2) Manouras A, Markogiannakis H, Koutras AS, Antonakis PT, Drimousis P, Lagoudianakis EE, et al. Thyroid surgery: comparison between the electrothermal bipolar vessel sealing system, harmonic scalpel, and classic suture ligation. *Am J Surg* 2008;195:48-52.
- 3) Ohtsuka T, Wolf RK, Wurnig P, Park SE. Thoracoscopic limited pericardial resection with an ultrasonic scalpel. *Ann Thorac Surg* 1998;65:855-6.
- 4) Deo SV, Shukla NK. Modified radical mastectomy using harmonic scalpel. *J Surg Oncol* 2000;74:204-7.
- 5) Koutsoumanis K, Koutras AS, Drimousis PG, Stamou KM, Theodorou D, Katsaragakis S, et al. The use of a harmonic scalpel in thyroid surgery: report of a 3-year experience. *Am J Surg* 2007;193:693-6.
- 6) Youssef T, Mahdy T, Farid M, Latif AA. Thyroid surgery: use of the LigaSure Vessel Sealing System versus conventional knot tying. *Int J Surg* 2008;6:323-7.
- 7) Shemen L. Thyroidectomy using the harmonic scalpel: analysis of 105 consecutive cases. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2002;127:284-8.
- 8) Siperstein AE, Berber E, Morkoyun E. The use of the harmonic scalpel vs conventional knot tying for vessel ligation in thyroid surgery. *Arch Surg* 2002;137:137-42.
- 9) Landman J, Kerbl K, Rehman J, Andreoni C, Humphrey PA, Collyer W. Evaluation of a vessel sealing system, bipolar electrosurgery, harmonic scalpel, titanium clips, endoscopic gastrointestinal anastomosis vascular staples and sutures for arterial and venous ligation in a porcine model. *J Urol* 2003;169:697-700.
- 10) Harold KL, Pollinger H, Matthew BD, Kercher KW, Sing RF, Heniford BT. Comparison of ultrasonic energy, bipolar thermal energy, and vascular clips for the hemostasis of small-, medium-, and large-sized arteries. *Surg Endosc* 2003;17:1228-30.
- 11) Goldstein SL, Harold KL, Lentzner A, Matthews BD, Kercher KW, Sing RF. Comparison of thermal spread after ureteral ligation with the Laparo-Sonic ultrasonic shears and the Ligasure system. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2002;12:61-3.
- 12) Voutilainen PE, Haglund CH. Ultrasonically activated shears in thyroidectomy: a randomized trial. *Ann Surg* 2000;231:322-8.
- 13) Ortega J, Sala C, Flor B, Lledo S. Efficacy and cost-effectiveness of the ultracision harmonic scalpel in thyroid surgery: an analysis of 200 cases in a randomized trial. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2004;14:9-12.
- 14) Hong SJ, Lee CS, Kim YS. The risk factors of hypocalcemia after total thyroidectomy: What is the main cause of transient hypocalcemia? *Korean J Endocrine Surg* 2005;5:87-92.