

초음파유화술의 방법에 따른 수술과정 및 결과의 차이

김소아 · 고통아 · 김재용 · 김명준 · 차홍원

울산대학교 의과대학 서울아산병원 안과학교실

목적: 백내장 수술에서 분할 정복 방법과 여러 번 쪼개기 방법에 따른 수술 과정 및 술후 결과를 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 양안 백내장 수술을 한 환자를 대상으로 한 눈은 분할 정복 방법(D안)으로 반대편 눈은 차에 의해 개발된 여러 번 쪼개기 방법(M안)을 이용하여 초음파유화술을 시행하였다. 수술 방법에 따른 각막두께의 변화, 총 초음파 사용 시간 및 초음파에너지의 차이를 조사하였다.

결과: 총 29명이 기준을 만족하였다. 수술 전후의 중심부각막두께 변화는 D안에서 $8.4 \pm 11.8 \mu\text{m}$, M안에서 $11.5 \pm 16.7 \mu\text{m}$ 였으며 ($p=0.350$), 초음파 사용 시간은 D안에서 70.1 ± 32.9 초, M안에서 71.1 ± 55.0 초로 유의한 차이가 없었다($p=0.689$). 초음파에너지는 D안에서 $12.4 \pm 8.3 \text{ power} \times \text{s}$, M안에서 $8.4 \pm 9.9 \text{ power} \times \text{s}$ 로 M안에서 D안보다 유의하게 적은 값을 나타내었다($p<0.001$).

결론: 분할 정복 방법과 여러 번 쪼개기 방법은 각막두께변화, 초음파 사용 시간에서는 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 여러 번 쪼개기 방법 사용시 분할 정복 방법보다 더 적은 초음파에너지를 사용할 수 있었다.

〈대한안과학회지 2013;54(9):1353-1358〉

초음파유화술은 미세절개창을 통해 백내장 수술을 가능하게 하여 백내장 수술의 역사에 있어 한 획을 그었다. 1985년 Gimbel¹이 제안한 분할 정복 방법(divide and conquer)은 수정체 핵을 사분한 뒤 수정체유화술을 시행하는 것으로 이는 인공수정체를 넣는 과정에서 유화시킬 수 있는 방법을 제시하였기에 각광받게 되었다. 한편 1993년 Nagahara는 수정체를 결이 있는 나무토막에 비유하면서 phaco-chop이라고 불리는 새로운 기법을 제안하였는데 이는 진공으로 수정체를 고정한 후 chopper를 이용하여 수정체를 적도부위부터 수정체 자체의 자연적인 결에 따라 힘을 가해 기계적으로 분쇄한 후 분쇄된 조각을 유화하는 방법이었다. 이는 초음파 에너지를 이용하지 않고 수정체를 보다 작은 조각으로 분쇄한 뒤, 이후 초음파 에너지를 사용하기 시작하였기 때문에 초음파 유화술에 필요한 시간과 사용되는 에너지를 절약할 수 있음이 보고된바 있다.²⁻⁶ 이와 더불어 힘의 방향은 초음파 팁의 반대 방향으로 향하면서도 초음파 팁은 중앙의 안전한 지대 내에 위치해 있기 때문에 소대와 낭에 가

해지는 힘을 줄여주는 장점이 있었다.

본 논문에서 소개하고자 하는 여러 번 쪼개기 방법(Multiple phaco-chop)은 앞서 언급한 phaco chop 술기의 변형으로 전방절개 후 수정체 핵을 쪼개기로 이분하고, 반쪽으로 분할된 수정체 핵을 다시 여러 번에 걸쳐 동일한 방법으로 쪼갬 후, 주로 음압을 이용하여 유화술을 시행하는 술기이다. 이 술기 역시 수정체를 미리 잘게 분쇄해 놓기 때문에 기존의 분할 정복 방법보다 초음파 에너지 사용량을 줄이고 수술 시간을 단축시키는데 우월할 것이라고 예상된다.

본 논문에서는 여러 번 쪼개기 방법과 분할 정복 방법의 수술과정 및 수술 결과에 어느 정도 영향을 미치는지에 대해 알아보려고 하였다.

대상과 방법

2010년 8월부터 2011년 8월까지 양안 백내장 수술을 받는 환자를 대상으로 전향적 연구를 시행하였다. 임의로 한 눈은 분할 정복 방법을, 반대쪽 눈은 여러 번 쪼개기 방법을 사용하여 백내장수술을 시행하였으며 서로 다른 술자로 인한 오차를 줄이기 위하여 모든 수술은 한 사람의 술자에 의하여 이루어졌다. 수술 전 각막내피세포밀도가 적어도 2000 개/ mm^2 이상이며 안축장 길이는 22.0-25.0 mm, 수정체의 핵경화도는 The Lens Opacity Classification System III (LOCS II)상 grade 3 이상인 경우에 대하여 연구를 진행하였다. 한편 한쪽 눈이라도 수술 중 합병증이 일어났는지, 양

■ Received: 2012. 5. 25. ■ Revised: 2012. 10. 4.

■ Accepted: 2013. 6. 25.

■ Address reprint requests to **Hung Won Tchah, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Asan Medical Center, #88
Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea
Tel: 82-2-3010-3674, Fax: 82-2-470-6440
E-mail: hwtchah@amc.seoul.kr

* This study was presented as a narration at the 106th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2011.

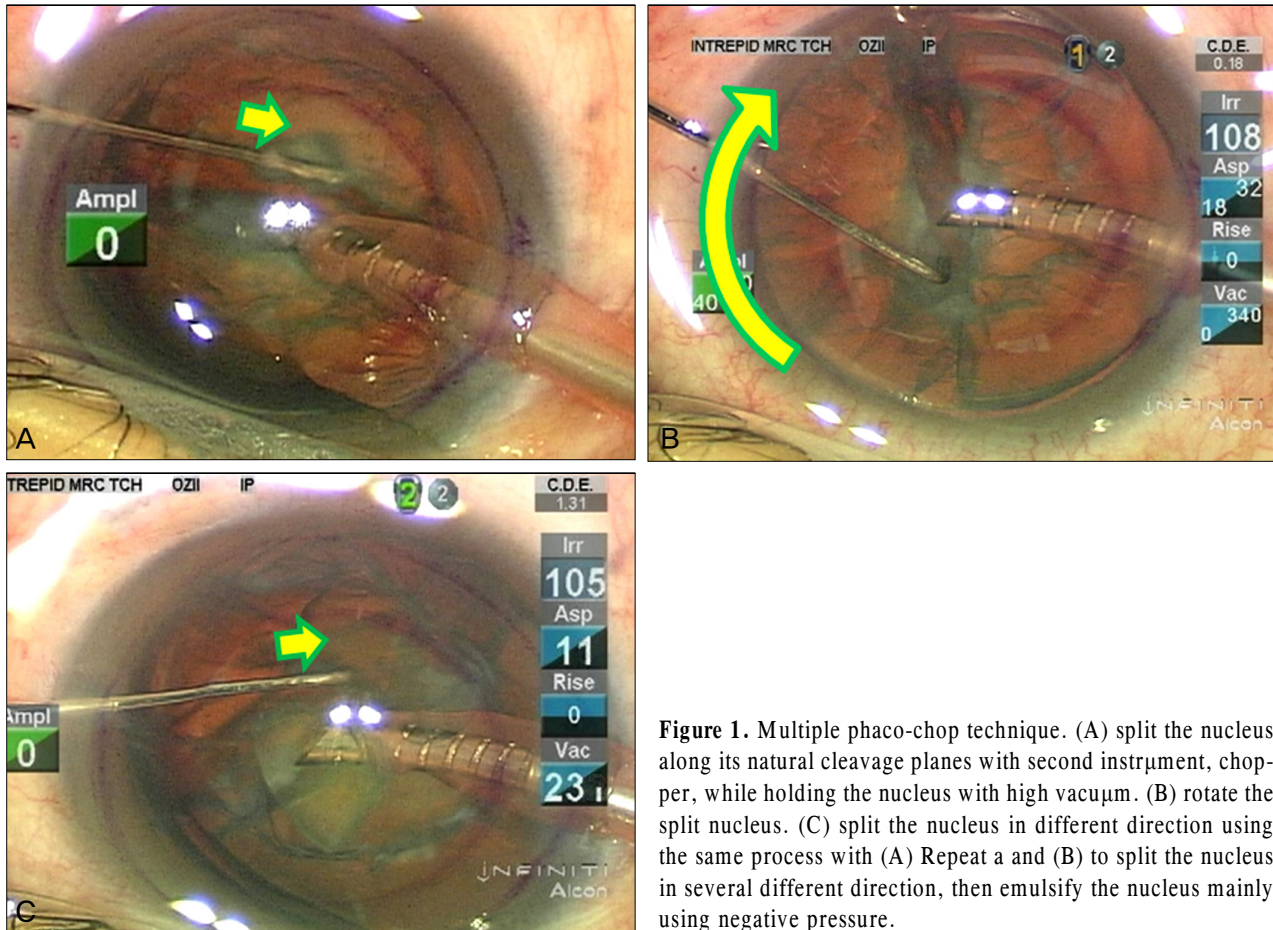


Figure 1. Multiple phaco-chop technique. (A) split the nucleus along its natural cleavage planes with second instrument, chopper, while holding the nucleus with high vacuum. (B) rotate the split nucleus. (C) split the nucleus in different direction using the same process with (A). Repeat a and (B) to split the nucleus in several different direction, then emulsify the nucleus mainly using negative pressure.

안의 상태가 심하게 차이 나는 환자 또는 백내장 이외의 다른 안과적 이상 소견이 있는 환자는 제외하였다.

분할 정복 방법을 사용할 때는 수정체를 grooving과 sculpting을 통해 사분면으로 나눈 뒤 수정체를 유화하였다. 여러 번 쪼개기 방법을 사용할 때는 수정체유화기를 핵 속에 파묻은 뒤에 진공으로 수정체를 고정한 후 일차로 chopper를 이용하여 수정체 핵을 이분하고(chopping)(Fig. 1A), 핵을 90도 회전시켜(Fig. 1B), 이분된 핵을 유화기의 음압으로 고정시켜 chopper로 다시 이분하였다(Fig. 1C). 이분된 조각을 여러 번 회전시켜 쪼개기를 행한 뒤, 각각의 조각난 수정체 핵은 주로 음압을 이용하여 제거하였다.

수술 전 시력, 안축장 길이, 각막내피세포밀도, 전방 깊이, 중심각막두께를 측정하였으며, 두 가지 수술 방법에 따른 수술 중 사용된 관류액의 양과 중심각막두께의 수술 전후 변화량, 초음파를 사용한 시간과 사용된 초음파 에너지의 총량, 3단계에서의 total equivalent power를 측정하였다. 총 초음파 에너지는 안구에 전달된 총 에너지, 즉(Phaco Time × Average Phaco Power) + (Torsional Time × 0.4 × Average Torsional Amplitude)으로 계산하였다. 각막내피세포밀도는 수술 전 3개월 내에 측정하였다. 중심각막두께의 측정은

수술 시작 직전과 직후에 측정하였으며, 3번 측정한 값의 평균값을 사용하여 분석하였다. 수정체 핵의 경화도에 따른 분석을 위해 LOCS III grade N4 미만은 soft nucleus, N4 이상은 hard nucleus로 나누어 분석하였다.

초음파유화술 장비는 Phacoemulsification unit: Infinity® vision system (Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA)을 이용하였다. 초음파 세기 중 linear power는 0%, Torsional Amplitude는 100% (linearly controlled)로 이용하였으며 진공력은 200–250 mmHg를 이용하였다. 흡입률은 32 cc/min으로 유지하였다.

통계학적 분석은 SPSS 18.0 software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였으며 paired *t*-test와 Wilcoxon matched-pair signed rank test를 이용하여 분석하였다. *p*값이 0.05 이하인 경우 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였다.

결 과

총 29명의 환자에 대해 분석이 이루어졌다. 실험에 참여한 환자 중 남자는 8명, 여자는 21명이었으며, 평균 연령은 71.8 ± 9.9 세였다. 수술 전 각막내피세포밀도는 분할 정복

Table 1. Patient baseline characteristics

	DivC (n = 29)	MultiPC (n = 29)	p-value*
Sex (M/F)	0.38	0.38	1
Age (years)	71.8 ± 9.88	71.8 ± 9.88	1
ECD (cell/mm ²)	2718 ± 576	2653 ± 405	0.405
Nuclear sclerosis [†]	3.30 ± 1.09	3.37 ± 0.99	0.633
Axial Length (mm)	23.41 ± 0.87	23.41 ± 0.86	0.982
ACD (mm)	2.95 ± 0.47	2.97 ± 0.45	0.610
Preop VA [‡] (log MAR)	0.46 ± 0.32	0.45 ± 0.32	0.721

Values are presented as mean ± SD.

SD = standard deviation; DivC = divide and conquer technique; MultiPC = multiple phaco-chop technique; ECD = endothelial cell density; ACD = anterior chamber depth.

*Paired t-test; [†]LOCS III grading; [‡]log MAR.

방법을 사용한 눈은 2718 ± 576개/mm², 여러 번 쪼개기 방법을 사용한 눈은 2653 ± 405/mm²로 두 군간의 유의한 차이는 없었다($p=0.405$). 안축장 길이는 두 군에서 각각 23.41 ± 0.87 mm, 23.41 ± 0.86 mm였으며 전방깊이는 2.95 ± 0.47 mm, 2.97 ± 0.45 mm로 역시 유의한 차이를 나타내지 않았다. 수술 전 시력은 0.46 ± 0.32 logMAR, 0.45 ± 0.32 logMAR로 차이를 나타내지 않아($p=0.721$) 수술 전 한 환자의 양안은 큰 차이가 없음을 알 수 있었다 (Table 1).

한 환자의 양안에 대해 무작위로 한 눈에서는 분할 정복 방법을 사용하고, 다른 한 눈에서는 여러 번 쪼개기 방법을 사용하였다.

수술 중 사용한 관류액의 양은 분할 정복 방법 군에서 70.2 ± 23.6 ml, 여러 번 쪼개기 방법 군에서 65.9 ± 20.9 ml로 뚜렷한 차이는 없었으며($p=0.388$), 수술 중 초음파 유화술에 사용된 시간을 측정한 결과 분할 정복 방법을 사용한 군에서는 70.1 ± 32.9초, 여러 번 쪼개기 방법을 사용한 군에서는 71.1 ± 55.0초로 유의한 차이가 없었다($p=0.689$). 초음파유화술에 사용된 시간과 에너지가 각막 부종의 정도에 영향을 미칠 수 있으므로 이를 역추정하기 위하여 수술 전후 각막 두께의 변화량을 측정하였다. 분할 정복 방법 군에서는 중심각막두께의 수술 전후 변화량이 8.4 ± 11.8 μm, 여러 번 쪼개기 방법 군에서는 11.5 ± 16.7 μm로 두 군 간의 유의한 차이는 없었다($p=0.350$). 한편 평균 초음파 에너지는 분할 정복 방법 군에서 17.7 ± 6.0%, 여러 번 쪼개기 방법 군에서 13.2 ± 7.7%로 분할 정복 방법 군에서 유의하게 높게 측정되었으며($p=0.014$), 총 초음파 에너지의 양(cumulative dissipated energy), 즉 총 phaco energy와 torsional energy를 모두 합한 에너지량은 분할 정복 방법 군에서 12.4 ± 8.3 power × s, 여러 번 쪼개기 방법 군에서 8.4 ± 9.9 power × s로 이 역시 분할 정복 방법 군에서 더 높은 수치를 나타내었으며, 유의한 차이를 보였다($p<0.001$)(Fig. 2).

Comparison of surgical parameters and outcomes according to the phacoemulsification technique

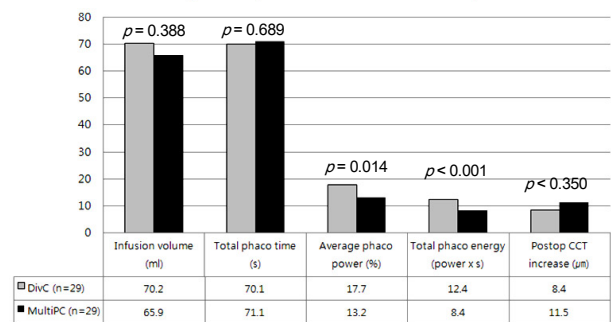


Figure 2. Comparison of surgical parameters and outcomes according to the phacoemulsification technique. DivC = divide and conquer technique; MultiPC = multiple phaco-chop technique.

LOCS III grade N4 미만의 soft nucleus를 가진 환자는 18명, N4 이상의 hard nucleus를 가진 환자는 8명이었다. 수정체 핵의 경화도에 따라 분석해본 결과 soft nucleus 군에서는 평균 초음파 에너지가 분할 정복 방법 군에서는 16.8 ± 4.5%인 반면, 여러 번 쪼개기 방법 군에서는 10.5 ± 7.4%로 여러 번 쪼개기 방법 군에서 유의하게 작은 값을 보였으며($p=0.008$), 총 초음파 에너지의 양 역시 각각 11.0 ± 5.4 power × s, 6.3 ± 6.4 power × s로 여러 번 쪼개기 방법 군에서 유의하게 작은 값을 나타내었다($p=0.004$). 한편 hard nucleus 군에서는 모든 결과에서 두 군간에 유의한 차이를 보이지 않았지만 평균 초음파 에너지는 분할 정복 방법 군에서는 21.7 ± 7.8%, 여러 번 쪼개기 방법 군에서는 17.4 ± 6.3%로 분할 정복 방법 군에서 더 높은 값을 보였고, 총 초음파 에너지의 양도 각각 18.3 ± 13.5 power × s, 16.9 ± 15.4 power × s로 분할 정복 방법 군에서 평균적으로 더 많은 에너지를 사용했음을 알 수 있었다(Table 2).

고 찰

낭외수정체적출술에 비해 수정체유화술은 각막내피세포

Table 2. Comparison of surgical parameters and outcomes according to the phacoemulsification technique by nucleus density

Soft nucleus* (<N4)	DivC (n = 18)	MultiPC (n = 18)	p-value [‡]
Infusion volume (ml)	64.3 ± 19.3	62.3 ± 20.8	0.535
Total phaco time (s)	64.0 ± 37.7	56.1 ± 34.3	0.184
Aver phaco power (%)	16.8 ± 4.5	10.5 ± 7.4	0.008
CDE (power × s)	11.0 ± 5.4	6.3 ± 6.4	0.004
Postoperative CCT increase (μm)	10.2 ± 16.6	8.7 ± 16.4	0.554
Hard nucleus [†] (≥N4)	DivC (n = 8)	MultiPC (n = 8)	p-value [‡]
Infusion volume (ml)	76.5 ± 35.1	83.7 ± 26.7	0.345
Total phaco time (s)	94.7 ± 38.5	114.7 ± 68.8	0.263
Aver phaco power (%)	21.7 ± 7.8	17.4 ± 6.3	0.161
CDE (power × s)	18.3 ± 13.5	16.9 ± 15.4	0.463
Postoperative CCT increase (μm)	15.3 ± 20.2	18.3 ± 19.5	0.674

Values are presented as mean ± SD.

SD = standard deviation; DivC = divide and conquer technique; MultiPC = multiple phaco-chop technique; CCT = central corneal thickness; CDE = cumulative dissipated energy.

* <LOCS III grade N4; [†] ≥LOCS III grade N4; [‡] Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Ranks test.

가 손상될 수 있는 위험성을 가지고 있다.^{7,8} 이는 초음파와 연관된 여러 요인들, 즉 기계적 요인과 기포, free radical로 인한 손상, 관류액으로 인한 손상, 또는 수술 기구 자체, 수정체, 인공수정체로 인한 직접적인 손상 등으로 인한 것으로 알려졌다.^{3,9-12} Gimbel¹이 1985년에 제안한 분할 정복 방법은 수정체를 낭 내에서 유화할 수 있게 하여 인공수정체를 후낭 내에 위치시키는데 적절한 조건을 조성할 수 있게 해주어 각광받아 왔지만 초음파유화술 자체에 따른 이러한 위험성은 감소되지 않았다. 한편 1993년 Nagahara는 phaco-chop이라고 불리는 새로운 기법을 제안하였는데 이는 진공으로 수정체를 고정한 후 chopper를 이용하여 수정체를 적도부위부터 수정체 자체의 자연적인 결에 따라 힘을 가해 기계적으로 분쇄한 후 분쇄된 조각을 유화하는 방법이었다. 이는 초음파 에너지를 이용하지 않고 수정체를 보다 작은 조각으로 분쇄한 뒤에서야 초음파 에너지를 사용하였기 때문에 초음파유화술에 필요한 시간과 사용되는 에너지를 절감할 수 있음이 보고된 바 있다.²⁻⁴ Akahoshi에 의해 이루어진 한 연구에서는 phaco-chop 술기는 수정체의 핵에 central groove를 만드는 시간을 절감할 수 있기에 50%까지 초음파를 사용하는 시간을 줄일 수 있으며 handpiece의 움직임을 최소화하여 결과적으로 기계적, 열적 손상을 줄일 수 있음을 보고한바 있다.^{2,6} 수정체의 핵을 분쇄하려면 그와 동시에 핵을 고정하는 힘이 존재하여야 한다. 분할 정복 방법 술기에서는 수정체 소대와 수정체낭이 그 지지 역할을 해주는 반면, phaco chop 술기에서는 핵에 고정되어 있는 phaco tip이 그 역할을 한다. 또한 분할 정복 방법 술기에서는 소대에 지속적으로 힘을 가하는데 반하여, phaco tip 술기에서는 소대와 멀어지는 방향으로, 즉 원심성으로 힘을 가하기 때문에 보다 안전하게 수술을 진행할 수 있다.¹³ 이에 본 연구는 기존의 분할 정복 방법과

phaco-chop 술기의 한 변형인 여러 번 쪼개기 방법을 비교하고자 양안 백내장 수술을 받는 환자를 대상으로 행하여 졌다.

본 논문에서는 양안 백내장 수술을 받은 환자의 양안을 비교함으로써 비슷한 특징을 가진 실험안을 대상으로 연구할 수 있었다. 수술 전 양안의 특성이 심하게 차이 나는 환자는 대상에서 제외하였으며 실제로 수술 전 양안의 상태는 유의한 차이를 나타내지 않았기에(Table 1), 수술 안에 따른 분석의 오차를 줄일 수 있었다. 또한 임의로 두 술기 중 한 술기를 택해 수술을 진행하여 선택편의를 줄일 수 있었다.

실험 결과 여러 번 쪼개기 방법을 사용할 경우 분할 정복 방법을 사용할 때보다 초음파 에너지 사용량을 유의하게 줄일 수 있음을 알 수 있었다. 이는 phaco chop 술기와 분할 정복 방법을 비교한 기존의 논문들과 유사한 결과를 보이고 있었다. 본 실험은 대상군이 29명으로 비교적 소규모를 대상으로 행해진 실험이라는 단점이 있지만 술자와 실험안에 따른 차이를 최소화하여 두 술기를 비교한 실험이기에 의미가 있다고 생각한다.

여러 번 쪼개기 방법이 반복적인 쪼개기와 주로 음압을 이용한 흡입으로 수술시간이 더 길어질 것으로 예측하였으나 연구 결과 두 술기 간의 초음파유화술에 사용된 시간에는 차이가 없었다. 즉 분할 정복 방법과 여러 번 쪼개기 방법을 행하는데 소요되는 시간에는 유의한 차이가 없었다. 하지만 소요 시간은 술자의 숙련도에 따라 차이가 있을 수 있으며, 본 실험의 경우에는 두 가지 술기에 모두 익숙한 술자에 의해 실험이 진행됐기 때문에 두 술기에 드는 시간에 차이가 없을 수 있다는 사실 역시 고려하여 할 것으로 생각한다.

평균 초음파 사용량은 여러 번 쪼개기 방법 술기에서 평

균 4.5% 더 적었고($p=0.014$), 초음파 시간을 고려하여 계산된 총 초음파 에너지는 분할 정복 방법 술기보다 평균 $4.0 \text{ power} \times \text{s}$ 가 더 적었으며 이는 통계적 유의성을 보였다($p<0.001$)(Fig. 2). 이는 앞서 언급하였듯이 phaco chop과 유사하게, central groove를 만들 때 사용되는 초음파에 에너지를 절약할 수 있기 때문으로 생각한다. 또한 이는 soft nucleus 군에서도 동일한 결과를 보여주었다. 한편 hard nucleus 군에서는 분할 정복 방법 군과 여러 번 쪼개기 방법 군 사이에서 술기에 따른 유의한 차이를 보이지 않았는데 이는 hard nucleus 군에 속한 환자가 8명이었기에 통계적으로 의미를 부여하기는 난점이 있었지만 평균값을 비교해보면 같은 경향성을 보이고 있었다.

본 실험을 통하여 phaco chop의 한 변형 술기인 여러 번 쪼개기 방법(multiple phaco-chop)은 기존의 분할 정복 방법(divide and conquer)에 비하여 추가적인 소요시간을 요하지 않으면서도, 더 적은 초음파 에너지를 이용하여 수정체유화술을 가능하게 할 수 있음을 알 수 있었다.

LOCS III grade에 따라 분석한 결과 특히, N4 미만의 수정체에서 여러 번 쪼개기 방법이 분할 정복 방법보다 더 적은 평균 초음파 에너지와 총 초음파 에너지를 사용하였으며 이는 통계적으로 유의성을 보였다. 국내에 행해지는 백내장 수술 중 LOCS III grade 상 N4 이상의 단단한 수정체보다 N3 이하의 백내장 수술이 증가하고 있는 현실에서, 본 연구는 더 적은 에너지를 이용한 수술 술기를 소개했다는 데에 의미가 있다고 생각한다. 즉 초음파 수정체유화술시보다 적은 초음파 에너지를 사용함으로써 수술로 인한 안내 조직의 손상을 방지할 수 있을 것이다.

한편 수술 후 평균각막두께는 여러 번 쪼개기 방법에서 더 증가하였지만 이는 유의성을 나타내지 않았다($p=0.350$). 수술 직후와 직전의 평균각막두께는 차이가 없었지만 수술 직후 각막 부종은 내피세포 감소의 영향뿐만 아니라, 수술 중 사용한 관류액의 양 등에 의해서도 영향을 받을 수 있으므로, 내피세포 손상 정도를 평가하기 위해서는 더 장기적인 경과 관찰이 필요할 것이라고 생각한다. 또한 전방 내의 free radical이나 사이토카인 등의 측정하여 평균각막두께 변화량과의 관련성도 연구해볼 수 있을 것이다.

본 실험의 한계점이 있다면 수정체유화술의 방법에 따른 내피세포 수의 감소에 대한 추적관찰이 이루어지지 않았다는 점이다. 수술 후 내피세포에 대한 추적관찰을 통해 실제로 두 술기에 사용된 초음파에너지에 의한 각막 내피세포 감소의 차이에 대한 연구도 필요하다고 생각한다. 또한 본 연구에서는 수술 중 합병증이 발생한 경우, 실험 대상에서 제외되었기 때문에, 실제로 여러 번 쪼개기 방법이

소대에 가해지는 힘을 줄여 합병증 발병률을 줄일 수 있는지에 대한 정보를 얻을 수가 없었다는 점이 있었으며 숙련된 한 명의 술자에 의해 이루어졌기 때문에 술자의 숙련도에 따라 어느 술기가 실제로 더 안전한지에 대한 정보 역시 얻을 수 없었다. 향후 이러한 한계점들에 대한 연구가 더 필요할 것이라고 생각한다. 이와 더불어 여러 번 쪼개기 방법과 기존의 phaco chop 술기에 대한 비교 연구 역시 이루어져야 할 것이라고 생각한다.

REFERENCES

- 1) Gimbel HV. Divide and conquer nucleofractis phacoemulsification: development and variations. J Cataract Refract Surg 1991;17:281-91.
- 2) Cho KJ, Lee HS, Joo CK The effectiveness and safety of the phaco prechopper technique before lens phacoemulsification in cataract surgery. J Korean Ophthalmol Soc 2008;49:1917-22.
- 3) Pereira AC, Porfirio F Jr, Freitas LL, Belfort R Jr. Ultrasound energy and endothelial cell loss with stop-and-chop and nuclear pre-slice phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 2006;32:1661-6.
- 4) Wong T, Hingorani M, Lee V. Phacoemulsification time and power requirements in phaco chop and divide and conquer nucleofractis techniques. J Cataract Refract Surg 2000;26:1374-8.
- 5) Pirazzoli G, D'Eliseo D, Ziosi M, Acciarri R. Effects of phacoemulsification time on the corneal endothelium using phacofracture and phaco chop techniques. J Cataract Refract Surg 1996;22:967-9.
- 6) DeBry P, Olson RJ, Crandall AS. Comparison of energy required for phaco-chop and divide and conquer phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 1998;24:689-92.
- 7) Kreislser KR, Mortenson SW, Mamalis N. Endothelial cell loss following "modern" phacoemulsification by a senior resident. Ophthalmic Surg 1992;23:158-60.
- 8) Hayashi K, Nakao F, Hayashi F. Corneal endothelial cell loss after phacoemulsification using nuclear cracking procedures. J Cataract Refract Surg 1994;20:44-7.
- 9) Olson LE, Marshall J, Rice NS, Andrews R. Effects of ultrasound on the corneal endothelium: I. The acute lesion. Br J Ophthalmol 1978;62:134-44.
- 10) Beesley RD, Olson RJ, Brady SE. The effects of prolonged phacoemulsification time on the corneal endothelium. Ann Ophthalmol 1986;18:216-9, 222.
- 11) Craig MT, Olson RJ, Mamalis N, Olson RJ. Air bubble endothelial damage during phacoemulsification in human eye bank eyes: the protective effects of Healon and Viscoat. J Cataract Refract Surg 1990;16:597-602.
- 12) Kim EK, Cristol SM, Kang SJ, et al. Endothelial protection: avoiding air bubble formation at the phacoemulsification tip. J Cataract Refract Surg 2002;28:531-7.
- 13) Can I, Takmaz T, Cakici F, Ozgöl M. Comparison of Nagahara phaco-chop and stop-and-chop phacoemulsification nucleotomy techniques. J Cataract Refract Surg 2004;30:663-8.

=ABSTRACT=

Comparison of Surgical Parameters and Outcomes According to the Phacoemulsification Technique

Soa Kim, MD, Dong Ah Ko, MD, Jae Yong Kim, MD, PhD, Myoung Joon Kim, MD, PhD,
Hung Won Tchah, MD, PhD

Department of Ophthalmology, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To compare intraoperative parameters and postoperative results between divide-and-conquer and multiple phaco-chop technique.

Methods: Two different techniques were performed by one operator on the patients with bilateral cataract. One eye was phacoemulsified by divide-and-conquer technique (D eye), and the other was performed by multiple phaco-chop technique (M eye). Changes of central corneal thickness during the operation, total phaco-time and phaco-energy were measured.

Results: Total 29 patients were included. The change of central corneal thickness were $8.4 \pm 11.8 \mu\text{m}$ in D eye and $11.5 \pm 16.7 \mu\text{m}$ in M eye, which showed no significant difference ($p = 0.350$) and total phaco-time were 70.1 ± 32.9 seconds in D eye and 71.1 ± 55.0 seconds in M eye, which also showed no significant difference ($p = 0.689$). However, phaco-energy were 12.4 ± 8.3 power \times s in D eye and 8.4 ± 9.9 power \times s in M eye, and this result showed significantly larger energy when using divide-and-conquer technique ($p < 0.001$).

Conclusions: There was no significant difference in change of central corneal thickness and phaco-time between two techniques, divide-and-conquer and multiple phaco-chop technique. However, significantly smaller phaco energy was used by multiple phaco-chop technique compared with divide-and-conquer technique.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(9):1353-1358

Key Words: Cataract surgery, Divide and conquer, Multiple phaco-chop, Phacoemulsification, Phaco energy

Address reprint requests to **Hung Won Tchah, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Asan Medical Center
#88 Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea
Tel: 82-2-3010-3674, Fax: 82-2-470-6440, E-mail: hwtchah@amc.seoul.kr