

가토에서 상직근 Z-근연절단술 후 절단폭에 따른 근육약화 효과와 근장력의 변화

김소윤 · 이영춘

가톨릭대학교 의과대학 의정부성모병원 안과 및 시과학교실

목적: 가토에서 상직근 Z-근연절단술을 절단폭을 달리하여 시행하였을 때 근육약화효과와 근장력의 변화를 알아보았다.

대상과 방법: 가토 15마리(30안)의 상직근을 분리한 후 근육부착부위에서 10 mm 되는 위치에 표식을 한 후 근육부착부위에서 2 mm와 8 mm 떨어진 곳에 어긋나게 근연절단술을 각각 시행하였다. 근연절단은 근육폭의 25%를 절단한 군을 1군(10안)으로, 50%는 2군(10안), 75%는 3군(10안)으로 하였으며, 절단술 직후 근육부착부위와 표식자 사이의 근육의 길이변화와 근육을 작용 반대방향으로 당길 때 근장력의 변화를 측정하고, 수술 후 4주에 각각 재평가하였다.

결과: 근연절단 직후 표식자의 위치는 모두 후방으로 이동되었고, 1군에서 10.83 ± 0.13 mm, 2군에서 11.02 ± 0.17 mm, 3군에서 12.01 ± 0.23 mm로 각각 측정되었다. 근장력은 1군은 3.98 ± 0.22 mm, 2군은 3.54 ± 0.18 mm, 3군은 2.87 ± 0.25 mm로 군간 비교에서 2군과 3군에서 유의한 감소가 나타났다($p < 0.05$). 수술 4주에 표식자의 위치는 1군과 2군, 3군에서 10.55 ± 0.14 mm, 10.85 ± 0.20 mm, 11.91 ± 0.14 mm로 나타나 2군과 3군에서 유의한 변화가 있었고($p < 0.05$), 근장력도 4.01 ± 0.31 mm, 3.88 ± 0.53 mm, 3.12 ± 0.42 mm로 2군과 3군에서 유의한 변화가 있었다($p < 0.05$).

결론: 상직근의 Z-근연절단술은 근육폭의 75%를 절제하였을 때 현저한 근육약화효과와 근장력의 감소를 볼 수 있었다.

(대한안과학회지 2013;54(7):1104-1108)

Z-근연절단술(Z-myotomy)은 근육의 일부분을 절단하여 근육길이를 연장해서 근육약화를 시키는 수술방법이다.¹ 그러나 이는 근육약화효과가 다른 방법에 비해 약하고, 정량적인 방법이 아니어서 직근에서는 일차적으로 잘 사용되지 않으며 기존의 약화술 시행 후 추가적인 근육의 약화가 필요하거나 근육이 팽팽하여 잘 움직여지지 않을 때, 얇은 공막 등으로 접근이 힘들 때 시도된다. 사근의 기능향진이 있는 경우에는 후전술이나 “self adjusting effect”를 갖는 절제술 등이 흔히 시행되지만^{2,3} 최근 제한된 경우에서 Z-근연절단술의 효용성이 보고되었다.

Mellott et al⁴은 10명의 양안 상사근마비와 양안 비대칭 하사근기능향진증 환자를 대상으로 하사근기능향진이 큰 근육은 후전술이나 근절제술을 시행하고 향진정도가 작을 때 Z-근연절단술을 시행하여 사근의 기능향진을 교정하였다고 하였다. 또 Lee et al⁵도 임상적으로 경도(+2 이하)의 하사근기능향진을 가진 환자에서 Z-근연절단술의 효과를

보고한바 있다.

근연절단술의 정도에 대해서 Helveston⁶은 여러가지 근연절단 방법 중 overlapping double 80% marginal myotomy가 임상적으로 가장 유용하다고 보고하였고, Kennedy⁷는 최소한 근육폭의 3분의 2 이상의 절단이 필요하다고 하였다. 그러나 직근에서 근연절단 정도에 따른 근육약화 정도와 근장력에 대한 정량적인 보고는 없어 이에 저자들은 가토의 상직근을 이용하여 절단폭을 달리하여 Z-근연절단술을 시행하였을 때, 근육약화효과와 근장력의 변화를 비교하였다.

대상과 방법

실험은 실험동물로 체중이 3.0-3.5 kg 정도 되는 뉴질랜드 백색가토를 사용하였고 동물실험윤리위원회의 승인 후 동물보호법 및 동물실험지침을 준수하고 3R 즉, Reduction, Replacement, Refinement 원칙에 따라서 실험하였다. 마취는 Tiletamine/Zolazepam (Zoletil®, Virbac SA, France)을 kg당 30 mg, Xylazine hydrochloride (Rompun®, Mobay Co., Shawnee, USA)를 kg당 10 mg으로 대퇴근육에 근육마취를 하였다. 개검기로 안검을 벌린 후 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine®, Alcon Couvreur NV, Puurs, Belgium)

■ Received: 2012. 10. 26. ■ Revised: 2013. 2. 12.

■ Accepted: 2013. 4. 26.

■ Address reprint requests to Young Chun Lee, MD
Department of Ophthalmology, Uijeongbu St. Mary's Hospital,
#271 Cheonbo-ro, Uijeongbu 480-717, Korea
Tel: 82-31-820-3022, Fax: 82-31-847-3418
E-mail: yclee@cmcnu.or.kr

로 점안마취를 시행하고 상측 결막을 윤부로부터 박리하여 상직근을 노출시켰다. 상직근의 근부착 부위에서 10 mm 떨어진 곳에 5-0 black silk로 봉합하여 표식을 한 후, 근부착부위에서 2 mm와 8 mm 떨어진 곳에 서로 반대방향으로 근연절제술을 시행하였다. 근육폭의 절제정도에 따라 1군은 25%, 2군은 50%, 3군은 75%로 각각 나누어 5마리(10안)씩 시행하였다.

Z-근연절단술 직후의 근육의 길이변화를 측정하기 위해서 근연절단 직후 근부착지점에서 표식자까지의 거리를 측정하였다. 또 상직근의 근장력은 공막 부착부위에 6-0 nylon으로 고리를 만들어 중량계에 걸고 중량계에 미치는 힘이 50 g이 될 때까지 중량계를 근육의 작용 반대방향으로 당길 때 안구의 이동거리로 조사하였다. 실험후 6-0 nylon 고리를 제거하고 결막을 원래 위치로 덮은 후 Levofloxacin (Oculevo®, Samilallergan, Ansan, Korea) 항생제 안약을 점안하였다. 실험 4주후에 근육마취를 다시 시행하여 상직근의 표식지점을 찾아 근육부착지점으로부터의 거리와 근장력을 다시 측정하였다.

각 측정치의 통계분석은 SPSS for Window (SPSS Version 17.0 Inc., Chicago, USA) 통계프로그램을 이용하였고, 동일 시점의 세 군간의 비교는 Kruskal-Wallis One way ANOVA on Ranks test로 시행하고, 같은 군에서 수술 전후의 비교는 Wilcoxon signed ranks test로 하고, *p*-value의

유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

결 과

Z-근연절단술 직후 표식의 위치변화는 1군에서 10.83 ± 0.13 mm, 2군에서 11.02 ± 0.17 mm, 3군에서 12.01 ± 0.23 mm로 근육의 길이가 연장되었으며(Fig. 1), 2군과 3군에서 술전보다 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(Table 1). 근장력은 근연절단술 전에 1군에서 4.32 ± 0.21 mm, 2군에서 4.36 ± 0.22 mm, 3군에서 4.30 ± 0.21 mm로 세 군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었으며($p > 0.05$), 근연절단술 직후에 근장력은 1군과 2군, 3군에서 3.98 ± 0.22 mm, 3.54 ± 0.18 mm, 2.87 ± 0.25 mm로 각각 나타나 2군과 3군에서 유의하게 근장력의 감소가 나타났다($p < 0.05$)(Table 2).

시술 4주후에 표식자까지의 거리는 1군과 2군, 3군에서 각각 10.55 ± 0.14 mm, 10.85 ± 0.20 mm, 11.91 ± 0.14 mm로 2군과 3군에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(Table 1). 근장력의 변화는 1군, 2군, 3군에서 4.01 ± 0.31 mm, 3.88 ± 0.53 mm, 3.12 ± 0.42 mm로 2군과 3군에서 술전과 비교하여 유의한 감소 소견을 보였다(Table 2).

Z-근연절단 4주후 Z-근연절단 부위의 조직검사에서 정



Figure 1. Photographs of superior rectus according to the degree of Z-myotomy. (A) 25% Z-myotomy of muscle width. (B) 50% Z-myotomy of muscle width. (C) 75% Z-myotomy of muscle width.

Table 1. The location of mark on superior rectus muscle before and after Z-myotomy (initial position of mark is on 10.0 mm from muscle insertion site)

	Before	After Z-myotomy			
	Myotomy (A)	Immediately (B)	* <i>p</i> -value (A-B)	4 weeks after (C)	* <i>p</i> -value (A-C)
Group 1 [†]	10 mm	10.83 ± 0.13 mm	>0.05	10.55 ± 0.14 mm	>0.05
Group 2 [‡]	10 mm	11.02 ± 0.17 mm	<0.05	10.85 ± 0.20 mm	<0.05
Group 3 [§]	10 mm	12.01 ± 0.23 mm	<0.05	11.91 ± 0.14 mm	<0.05
Comparison between groups (<i>p</i> -value)		<0.05		<0.05	

Values are presented as mean \pm SD.

*Wilcoxon signed rank test; [†]25% Z-myotomy of muscle width; [‡]50% Z-myotomy of muscle width; [§]75% Z-myotomy of muscle width;

^{||}Kruskal-Wallis One way ANOVA on Ranks test.

Table 2. The change of the eyeball position after traction with 50 g tension to opposite direction of muscular action

	Before	After Z-myotomy			
	Myotomy (A)	Immediately (B)	*p-value (A-B)	4 weeks after (C)	*p-value (A-C)
Group 1 [†]	4.32 ± 0.21 mm	3.98 ± 0.22 mm	>0.05	4.01 ± 0.31 mm	>0.05
Group 2 [‡]	4.36 ± 0.22 mm	3.54 ± 0.18 mm	<0.05	3.88 ± 0.53 mm	<0.05
Group 3 [§]	4.30 ± 0.21 mm	2.87 ± 0.25 mm	<0.05	3.12 ± 0.42 mm	<0.05
Comparison between groups (p-value)	>0.05	<0.05		<0.05	

Values are presented as mean ± SD.

*Wilcoxon signed ranks test; [†]25% Z-myotomy of muscle width; [‡]50% Z-myotomy of muscle width; [§]75% Z-myotomy of muscle width;

^{||}Kruskal-Wallis One way ANOVA on Ranks test.

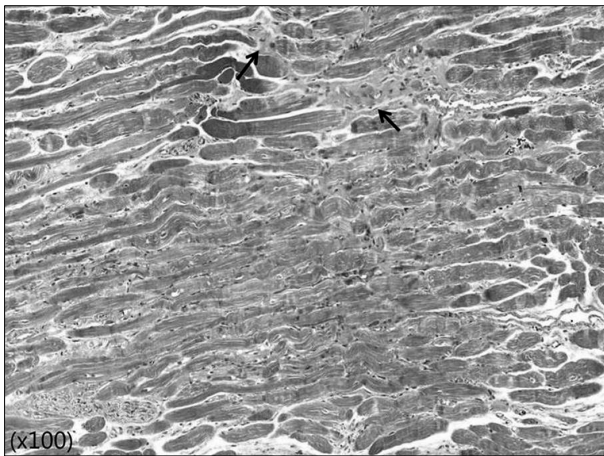


Figure 2. Histologic findings of Z-myotomy site (75% Z-myotomy of muscle width) at 4 weeks after surgery (Masson's trichrome stain). Distorted muscle structures and collagen fiber proliferations (arrows) between muscle fibers were shown.

상적인 근육구조는 왜곡되어 있었으며, 근육사이의 아교섬유가 형성되었다. 군 간에 조직검사 소견의 차이는 없었다 (Fig. 2).

고 찰

Z-근연절단술은 근육을 다른 두 방향에서 근섬유와 직각으로 일부분을 절단하여 안구에 대한 접촉각(arc of contact)의 변화없이 근육의 수축을 담당하는 근섬유의 수를 감소시켜 근육을 약화시키는 수술방법이다.^{8,9} 그렇지만 초기의 근연절단술은 외안근 약화술에 시도되었으나 수술 효과가 크지 않고, 예측도가 떨어져 현재는 일부 예외적인 경우를 제외하고는 거의 사용하지 않는 방법이다.

근연절단술의 방법에는 여러가지가 있는데 central myotomy, O'Connor "triple cut" myotomy, incomplete marginal myotomy, overlapping marginal myotomy, multiple incomplete marginal myotomies, L-shaped overlapping double marginal myotomy 등이 소개되었다.⁶ 이 중 Helveston⁶은 근육폭의 30% 간격으로 서로 다른 방향에서 근육폭의 80%를 절제하였을 때 근

육 폭의 0.9배 정도의 길이 증가효과를 보이는 Overlapping double 80% marginal myotomy가 임상적으로 가장 유용하다고 보고하였다. Overlapping marginal myotomy는 Z-근연절단술(Z-myotomy)이라고도 불리는데 과거에는 수평사시의 치료방법으로 사용되었고, 이후 사근수술에서 사용되며 그 효과가 보고되고 있다.^{4,5,10} 하사근의 수술 중 흔히 쓰이는 절제술 혹은 절단술은 정량화된 방법이 아니고 "self adjusting effect"로 하사근기능향진이 심할수록 더 큰 효과를 나타낸다.^{2,3} 반면에 근연절단술이 상대적으로 근육 약화효과가 떨어지는 것을 이용하여 Lee et al⁵은 정도의 하사근 기능향진 환자를 대상으로 Z-근연절단술의 효과를 보고하였다.

Z-근연절단술은 이미 후전술을 받은 직근에서 접촉(tangency)하는 기능점(functional point)을 유지하며 추가적인 약화를 하기 위해서나 후전술과 병합하여 생리적인 접촉각을 유지하며 이중 약화효과를 만들기 위해 쓰인다. 또는 직근의 부착부위가 공막돌출 물질이나 삽입물과 가까이 있거나 공막이 매우 얇을 때 사용될 수 있다.⁸

효과적인 근연절단술은 이론적으로는 근육의 기시부(origin)와 부착부(insertion)를 연결하는 모든 근섬유다발이 끊어져야 근육의 길이가 늘어나게 된다.⁶ 임상적으로는 Ku et al¹¹이 근육폭의 75%를 수술하여 유의한 근육길이의 연장을 얻었다고 보고하였고, Kennedy⁷는 최소한 근육폭의 3분의 2 이상의 절단이 필요하고 사시각이 45 프리즘 디옵터를 넘을 경우에는 4분의 3 이상이 필요하다고 하였다.⁷ 본 연구에서도 근육폭의 50%와 75% 절제시 유의한 효과를 보였고, 75% 절제시에 더욱 현저한 길이연장 효과를 보여 근육의 중심부가 충분히 끊어지는 정도 이상의 절단폭이 효과가 있음을 알 수 있었다.

술 후 4주에는 모든 군에서 절단직후에 비하여 근육의 연장길이가 줄어드는 경향이 있었으며, 통계적으로 유의한 결과를 보이는 2군과 3군에서도 절단직후에 비해서 연장길이가 줄었다. 이는 절제부위의 섬유화반응이나 직근이 안구와 부착하는 부분에 생긴 유착 등으로 근육연장이 감소했을 가능성이 있다. 즉 근연절단술 후에 근섬유의 길이 증가가

초기에는 크지만 근섬유의 두께가 너무 얇으면 장기적인 수축이나 유착 등으로 인해 근육의 후전효과가 떨어질 수도 있을 것으로 생각한다.

근장력 측정은 일정한 정도의 무게로 잡아당길 때 이동되는 거리로 측정하였다. 근연절단술 후 근육길이의 연장으로 인해 안구위치를 변화시키기 위해서는 더 많은 힘으로 당겨져야 한다. 본 실험에서 근장력의 약화에 의한 안구 이동거리는 수술 직후에는 절단폭이 커질수록 감소하였지만, 3군에서 현저한 감소 소견을 나타내 50% 이하의 절단 폭에서는 근작용 약화는 있지만 효과가 떨어지는 것으로 생각한다. 또한 4주후에는 안구 이동거리가 감소되는 소견을 보여 시간의 경과에 따른 근육의 섬유화가 근장력 약화효과를 감소시켰을 것으로 생각한다.

본 실험의 한계점으로 첫째, Z-근연절단술 전후의 측정치가 마취상태일 때의 값이므로 깨어있을 때 토끼의 외안근의 기능을 나타내지 못하였으며 둘째, 토끼의 안구는 사람과 달리 견안근(retractor bulbi muscle)이 있어 근육약화술 후에도 눈의 위치가 그 효과를 반영하기 어려울 수 있고 또한 장력측정 시에도 영향을 미칠 수 있으며 셋째, 절단 기준점이 근육부착부와 너무 가까운 2 mm 떨어진 곳으로 하여 근육폭보다 작아 근육연장이 제한되었을 가능성이 있다는 것이다.

결론적으로 50%와 75%의 근절제술에서 유의한 근육약화 효과와 근장력의 감소를 보였으나 75%에서 더욱 현저한 변화를 나타내 Z-근연절단술의 효과가 제한적임을 고려한다면 임상적으로 75%의 Z-근연절단술이 유용할 것으로 생각한다. 그러나 시간이 경과되면서 근섬유의 섬유화와 유착 등으로 인해 근육연장과 근장력 약화효과가 감소된

것을 보아 장기적인 관찰시 그 효과가 제한적일 수 있으리라 생각한다.

REFERENCES

- 1) Almeida HC, Alvares MA. Split lengthening of the inferior oblique muscles. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1988;226:181-2.
- 2) Toosi SH, von Noorden GK. Effect of isolated inferior oblique muscle myectomy in the management of superior oblique muscle palsy. *Am J Ophthalmol* 1979;88(3 Pt 2):602-8.
- 3) von Noorden GK. *Binocular Vision and Ocular Motility: theory and management of strabismus*, 5th ed. St. Louis: Mosby, 1996; 535.
- 4) Mellott ML, Scott WE, Ganser GL, Keech RV. Marginal myotomy of the minimally overacting inferior oblique muscle in asymmetric bilateral superior oblique palsies. *J AAPOS* 2002;6:216-20.
- 5) Lee SY, Cho HK, Kim HK, Lee YC. The effect of inferior oblique muscle Z-myotomy in patients with inferior oblique overaction. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2010;47:366-72.
- 6) Helveston EM. *Atlas of strabismus surgery*, 3rd ed. St. Louis: CV Mosby, 1985;254-9.
- 7) Kennedy JA. Marginal myotomy of the medial rectus. *Arch Ophthalmol* 1970;84:625-6.
- 8) Helveston EM, Cofield DD. Indications for marginal myotomy and technique. *Am J Ophthalmol* 1970;70:574-8.
- 9) von Noorden GK. *Binocular Vision and Ocular Motility: theory and management of strabismus*, 6th ed. St. Louis: Mosby, 2002: 101-7.
- 10) Kumar K, Prasad HN, Monga S, Bhola R. Hang-back recession of inferior oblique muscle in V-pattern strabismus with inferior oblique overaction. *J AAPOS* 2008;12:401-4.
- 11) Ku HC, Park YG, Lee SY, Lee YC. Muscle weakening effect after superior rectus Z-myotomy in rabbits. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:1121-8.

=ABSTRACT=

Muscle Weakening and Change of Tension According to Degree of Superior Rectus Z-Myotomy in Rabbits

So Yoon Kim, MD, Young Chun Lee, MD

*Department of Ophthalmology and Visual Science, Uijeongbu St. Mary's Hospital,
The Catholic University of Korea College of Medicine, Uijeongbu, Korea*

Purpose: To identify the muscle weakening effect and the change of muscle tension according to degree of superior rectus Z-myotomy in rabbits.

Methods: After dissection of superior rectus in 15 rabbits (30 eyes), marking was done on 10 mm apart from muscle insertion. Then, Z-myotomy was done on 2 mm and 8 mm apart from muscle insertion which are two different positions on apposite sides. 25%, 50% and 75% Z-myotomy were defined as group 1 (10 eyes), group 2 (10 eyes) and group 3 (10 eyes). After Z-myotomy, the change of muscle lengthening between muscle insertion and marking, and muscle tension were measured. At 4 weeks after Z-myotomy, all parameters were re-measured.

Results: After Z-myotomy all markings moved posteriorly, and showed result as 10.83 ± 0.13 mm in group 1, 11.02 ± 0.17 mm in group 2 and 12.01 ± 0.23 mm in group 3 respectively. Muscle tension result showed as 3.98 ± 0.22 mm in group 1, 3.54 ± 0.18 mm in group 2 and 2.87 ± 0.25 mm in group 3. In comparison of three groups, group 2 and group 3 showed the significant results ($p < 0.05$). At 4 weeks after Z-myotomy the markings showed result as 10.55 ± 0.14 mm, 10.85 ± 0.20 mm, 11.91 ± 0.14 mm respectively, and in group 2 and group 3 the significant changes were seen ($p < 0.05$). Muscle tensions were 4.01 ± 0.31 mm, 3.88 ± 0.53 mm, 3.12 ± 0.42 mm respectively. There were significant results in group 2 and group 3 ($p < 0.05$).

Conclusions: 75% Z-myotomy of superior rectus showed significant results in muscle weakening and decreasing muscle tension.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(7):1104-1108

Key Words: Muscle weakening, Z-myotomy

Address reprint requests to **Young Chun Lee, MD**

Department of Ophthalmology, Uijeongbu St. Mary's Hospital

#271 Cheonbo-ro, Uijeongbu 480-717, Korea

Tel: 82-31-820-3022, Fax: 82-31-847-3418, E-mail: yclee@cmnu.or.kr