

척수수막류 환자의
종족변형에 대한
전경골근 건 이진술

연세대학교 대학원
의 학 과
박 건 보

척수수막류 환아의
종족변형에 대한
전경골근 건 이전술

지도 김 현 우 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2005년 6월 일

연세대학교 대학원

의 학 과

박 건 보

박건보의 석사 학위논문을 인준함

심 사 위 원 _____ 인

심 사 위 원 _____ 인

심 사 위 원 _____ 인

연세대학교 대학원

2005년 6월 9일

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 깊은 애정과 자상한 지도로 이끌어 주신 김현우 교수님께 진심으로 감사드리며, 본 연구를 위하여 각별한 조언을 아끼지 않으신 문성환 교수님, 박은숙 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 언제나 사랑으로 저를 아껴주시고 지켜주시는 부모님과 사랑하는 아내, 그리고 항상 힘이 되어준 모든 동료와 선후배에게 감사드리며 이 논문을 바칩니다.

저 자 씬

차 례

국문요약	1
I. 서 론	3
II. 대상 및 방법	5
1. 연구 대상	5
2. 연구 방법	8
III. 결 과	10
1. 보행분석.....	10
2. 족저압 측정.....	14
3. 술 전 슬관절 운동범위의 차이에 따른 술 후 족저압의 변화	17
4. 술 전 슬관절 운동범위의 차이에 따른 술 후 보행분석의 변화	21
IV. 고 찰	30
V. 결 론	37
참고문헌	38
영문요약	43

그림 차례

Figure 1 A-B.

(A) Lateral radiograph of the foot in standing after tibialis anterior tendon transfer.

(B) Lateral radiograph of the foot in standing after tibialis anterior tendon transfer with calcaneal sliding osteotomy7

Figure 2 A-B.

Preoperative and postoperative kinematics(A) and kinetics(B)12,13

Figure 3.

Comparison between preoperative and postoperative dynamic foot pressure measurements15

Figure 4.

Preoperative kinematics of the knee and changes in dynamic pedobarographs after surgery in Groups I and II18

Figure 5.

Preoperative and postoperative dynamic foot pressure measurement in Groups I & II20

Figure 6.

Preoperative and postoperative kinematics and kinetics of the ankle in Groups I & II22

Figure 7.

Preoperative and postoperative kinematics and kinetics of the knee in Groups I & II24

Figure 8.

Preoperative and postoperative kinematics and kinetics of the hip in Groups I & II26

Figure 9.

Preoperative and postoperative kinematics of the pelvis in Groups I & II28

표 차례

Table 1.

Changes in kinematic parameters during
stance phase11

Table 2.

Changes in relative impulse in dynamic foot-
Pressure measurement16

Table 3.

Changes in relative impulse between Group I
and II in dynamic foot-pressure measurement
.....19

Table 4.

Comparisons between Group I and II during
stance phase29

국문요약

척수수막류 환자의 종족변형에 대한 전경골근 건 이전술

척수수막류 환아에서 관찰되는 종족변형(calcaeus deformity)은 제 5 요추 및 제 1 천추 신경근 결함에 의한 족근관절의 굴곡과 신전근력의 불균형에 의해 초래되며 현재 주로 추천되는 대표적인 연부 조직 수술로 족근관절에 대한 단순 전외방 유리술(anterolateral release)과 전경골근의 종골로의 후방이전술(tibialis anterior tendon transfer to calcaneus through interosseous membrane)을 들 수 있다. 이 중 전경골근 이전술은 단순 건절제술에 비해 술식이 광범위하고 복잡하며 특히 치료 결과가 일정치 않다는 점 등이 이 술식의 단점으로 제시된 바 있다. 역동적 족저압 측정과 3차원 보행 분석으로 전경골근 후방이전술의 결과를 분석하고, 술식의 제한점과 적응증을 제시하고자 하였다.

2000년 3월부터 2003년 12월까지 수술을 시행받은 16명, 27족을 대상으로 하였다. 수술 당시 평균 연령은 7년 4개월이었고, 평균 추시 기간은 25개월이었다. 3족에서는 종골 후방전이 절골술을 시행하였다. 술 전과 술 후 12개월에 역동적 족저압 측정과 3차원 보행 분석을 시행하였다.

술 후 입각기 족관절의 운동범위는 호전되었으나 족관절의 운동

역학, 슬관절과 고관절의 운동역학, 운동형상학적 변화는 관찰되지 않았다. 종골부 비례추진력은 83%에서 54%로 감소하였다. 술 전 35도 미만의 강직된 슬관절 운동범위를 보인 10족에서는 종골부 비례추진력이 술 전 90%에서 75%로 감소하여 술 전 81%에서 45%로 감소한 군보다 저조한 결과를 보였으며, 술 전후, 감소된 슬관절 운동범위와 증가된 고관절 외전, 골반회전, 골반사위가 관찰되었다.

술 전 시상면에서 감소된 슬관절의 운동범위와 증가된 고관절 외전, 관상면 및 횡단면에서의 과도한 골반운동이 전경골근 후방이전술의 결과에 영향을 미치며, 고관절 외전근력이 중요한 예후인자로 생각된다.

핵심되는 말 : 종골, 척수수막류, 족저압, 보행분석, 전경골근

척수수막류 환자의 종족변형에 대한 전경골근 건 이전술

<지도교수 김 현 우>

연세대학교 대학원 의학과

박 건 보

I. 서 론

척수수막류 환자에서 관찰되는 족부 변형은 매우 다양하며 적절한 치료가 이루어지지 못할 경우 커다란 보행장애를 유발한다. 선천성 기형이 아닐 경우 이들은 하지 근육의 불균형과 중력이나 지면 반발력(ground reaction force) 등 족부에 가해지는 외력과의 상호작용으로 발생한다. 이중 종족변형(calcaneus deformity)은 족근관절의 굴곡과 신전근력의 불균형에 의해 초래되며 이분척추증(spina bifida) 환자의 약 20 내지 40%에서 관찰된다^{1,2,3,4}. 이러한 변형은 대개 진행성으로 보존적 치료로 호전이 어려우며, 성장함에 따라 발 뒤꿈치의 꺾임을 유발하거나 crouch 보행으로의 진행 등 활동적 보행자(community ambulator)로서의 유지를 어렵게 할 수 있다⁵.

대부분의 저자들은 조기에 수술적 치료를 시행함으로써 위에 언급된 합병증과 서서히 발전되는 뼈의 이상을 방지하고, 후에 이들에 대한 광범위한 교정수술을 피할 수 있다고 강조하였다. 수술적 치료

로는 과거 전경골근 건 연장술(tibialis anterior tendon lengthening), 아킬레스건 고정술(Achilles tenodesis to fibula) 등이 제시된 바 있으나 그다지 만족스러운 결과를 얻지 못했던 반면, 현재 주로 추천되는 대표적인 연부 조직 수술로 족근관절에 대한 전방 혹은 전 외방 유리술(anterior or anterolateral release)과 전경골근의 종골로의 후방이전술(tibialis anterior tendon transfer to calcaneus through interosseous membrane)을 들 수 있다. 이 중 전경골근 이전술은 근력이 4등급 이상이고 근육의 동반된 경직(spasticity)이 없는 경우 적용할 수 있다고 하였으나⁶, 단순 건 절제술에 비해 술 후 고정 기간이 길고 술식이 복잡하며 특히 치료 결과가 일정치 않다는 점 등이 이 술식의 단점으로 제시된 바 있다^{4,7}. 또한 중족변형을 보이는 환자 중 일부에서는 crouch 보행을 보이는데, 이와 같은 상위 관절의 비 정상적 운동이 치료 결과에 미치는 영향에 대한 보고는 더욱 없는 실정이다. 본 저자들은 술 전 및 술 후 시행된 3차원 보행분석과 역동적 족저압 측정을 통해 전경골근의 후방 건 이전술에 대한 치료 결과를 판정하였으며, 특히 과거 연구에서 정확한 언급이 없었던 술식의 제한점과 적응증을 제시하고자 하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

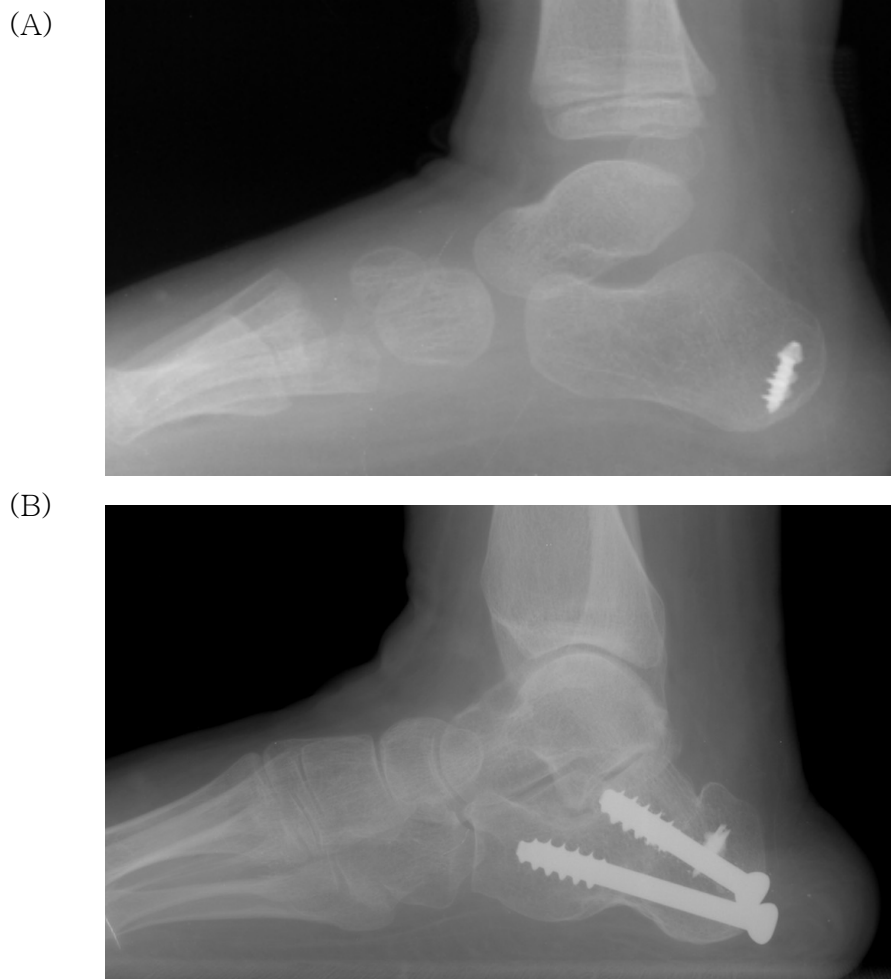
2000년 3월부터 2004년 12월까지 수술을 시행 받은 이분척추증에 합병된 종족변형 환아 중 수술 전 독립보행(independent ambulation)이 불가능 하였거나 단순 전방 유리술을 시행했던 경우, 척추측만증, 하지 길이의 차이 혹은 요내반족 변형(pes calcaneocavovarus)이 동반되었던 경우를 제외하고 술 후 최소 12개월 이상 추적 관찰이 가능하였던 경우를 대상으로 하였다. 총 16명의 환아, 27레로서 남아가 7명, 여아가 9명이었으며 수술 당시 평균 연령은 7년 2개월(4년11개월 - 14년 9개월), 술 후 평균 추시기간은 25개월(15 - 50개월)이었다. International Myelodysplasia Study Group에 의한 분류 상⁸ 모든 환아의 신경분절 수준(neurosegmental level)은 각각 제 5 요추(12레) 혹은 제 1 천추(15 레)였으며 전경골근의 근력은 최소 4등급, 족근관절 굴곡근의 근력은 최고 2등급이었다. 전 레에서 슬관절의 굴곡구축이나 고관절 이형성증은 없었다.

수술은 전경골근의 건 종지부를 내측 설상골(medial cuneiform)에서 완전 박리한 후 경골-비골 골간막(interosseous membrane)을 통해 후방으로 이전하였는데 3레에서는 아킬레스건의 종골 부착부위에 봉합한 후 pull-out 술식으로 고정하였으며, 나머지 24레에서

는 나사를 이용하여 종골에 고정한 후 추가로 아킬레스건과 봉합하였다(Fig. 1A). 23례에서 족근관절에 대한 전방 관절낭 유리술(anterior capsulotomy)이 시행되었으며, 단비골근(peroneus brevis)에 대하여 12례에서 건 절단술(tenotomy), 4례에서는 아킬레스건으로의 추가 이전술을 시행하였다. 동반기형에 대한 술식으로 족근관절의 외반변형(pes calcaneovalgus)이 있었던 5례 중 4례에서 과상부 내반 절골술(supramalleolar varus osteotomy), 나머지 1례에서 내측 원위경골 골성장판 유합술(epiphysiodesis)이 시행되었다. 또한 원위 경골의 외회전 변형(external tibial torsion)이 있었던 3례에서 과상부 감염 절골술(supramalleolar derotation osteotomy), 편평 외반족 변형(pes planovalgus)이 있었던 7례에서 종골 연장절골술(os calcis lengthening, 5례) 혹은 관절 외 거골하 관절유합술(extraarticular arthrodesis of subtalar joint, 1례)을 시행하였으며, 연장아(older children)로서 종골의 수직변형이 심했던 3례에서 종골의 후방전이 절골술(posterior displacement osteotomy)이 추가로 시행되었다(Fig. 1B). 술 후 약 5도 정도의 족저 굴곡 상태에서 평균 6주간의 단 하지 석고고정을 시행하였으며, 족근관절을 안정시키고 과도한 족배 굴곡을 방지하기 위해 족근 족부보조기(ankle foot orthosis)를 착용시켰는데 술 전 보행에서 슬관절 굴곡이 심했던 환아에 대해서는 주로 floor-reaction형을, 나

머지 예에서는 다양한 각도로 조절된 신전 멈춤(dorsiflexion stop) 형을 처방하였다.

Fig. 1 A-B. (A) Lateral radiograph of the foot in standing after tibialis anterior tendon transfer. (B) Lateral radiograph of the foot in standing after tibialis anterior tendon transfer with calcaneal sliding osteotomy.



2. 연구방법

술 전, 후의 체중 부하 단순방사선촬영에서는 측면 거골종골각(lateral talocalcaneal angle)과 종골 경사각(calcaneal pitch)을 측정하였으며, 보행분석은 Vicon 370 Motion Analysis System(Oxford Metrics Inc., Oxford, U.K.)을 통해 시공간적인 지표(temporospatial data), 운동형상학적 지표(kinematic data)와 운동학적 지표(kinetic data)의 변화를 분석하였다. 운동학적 지표의 경우, 보도 중간에 숨겨져 있는 힘판(force plate)에서 기록되는 지면 반발력(ground reaction force)으로 측정되었고 이를 통한 관절의 모멘트는 내부 모멘트(internal moment)로 기록되었다. 역동적 족저압 측정의 경우, F-scan®(Tekscan High Resolution Pressure Assessment System; Tekscan Inc., South Boston, MA, U.S.A)을 이용하여 무지(Hallux), 제 1, 2, 3-4, 5 중족골두(MT), 중족부(midfoot), 종골 등 7 곳 부위를 4×4 unit 의 값으로 통일하여 분석하였고, 보행 시 전체 압력-시간 적분값(total pressure -time integral)에 대한 족부의 각 부분이 차지하는 비율인 비례 추진력(relative impulse, %)을 구하여 환아의 몸무게와 족부 면적에 영향을 받지 않도록 하였다^{9,10}.

또한 crouch 보행과 같이 슬관절에서의 비 정상적 운동이 동반될 경우 치료 결과에 미치는 영향을 평가하기 위해, 술 전 입각기 시

충분한 슬관절의 신전이 이루어졌던 환자(제 1 군, 17례)와 신전이 제대로 이루어지지 않고 전 보행주기 중 30도 미만의 감소된 굴곡-신전 운동범위를 보였던 crouch 보행 환자(제 2 군, 10례)로 나누어 결과를 비교, 분석하였다. 환자의 신경분절 수준은 제 1 군의 경우 각각 제 5 요추 7례, 제 1 천추 10례 였으며, 제 2 군의 경우는 제 5 요추 6례, 제 1 천추 4례였다. 통계 분석은 SPSS 11.0 for window version을 이용하였고 수술 전, 후의 방사선 촬영 측정값, 시공간적, 운동역학적, 운동학적 지표 및 족저압의 비교 시 paired t-test를, 제 1 군과 제 2 군사이의 비교 시 Wilcoxon signed rank test방법을 각각 적용하였으며, p value가 0.05 미만일 경우 통계학적으로 의미 있는 것으로 정의하였다.

III. 결 과

최종 추시 때 모든 환아는 보조기 착용 없이 활동적인 보행이 가능하였고 종족 변형의 재발 내지 악화는 없었다. 술 후 다른 형태의 족부 기형은 발생하지 않았으나 체중부하 시 5도 내지 10도의 족근관절 외반이 2례에서 관찰되었다. 측면 거골종골각은 술 전 39.8 ± 11.4 도에서 술 후 42.7 ± 7.6 도로, 종골 경사각은 술 전 12.8 ± 19.7 도에서 술 후 9.3 ± 7.9 도로 각각 변화했으나 통계학적 차이는 없었다($p=0.38$, $p=0.49$).

1. 보행분석

수술 전 후의 시공간적 지표를 비교한 결과 분속수(cadence), 보행속도(velocity), 활보장(step length) 및 단하지 지지기(single limb support)에서 의미있는 차이는 없었다(data not shown). 또한 고관절과 슬관절에서의 술 전, 후 운동역학, 운동학적 인자에서도 차이가 없었으나, 술 후 시상면(sagittal plane)에서 족근관절의 입각기 최대 굴곡이 증가하였고($p<0.05$) 최대 신전은 감소하여($p<0.05$) 입각기 족근관절의 운동범위가 술 전 23.99 ± 8.18 도에서 술 후 28.05 ± 4.77 도로 증가하였음을 관찰하였다($p<0.05$). 한편, 족근관절에서의 굴곡 모멘트(moment)와 힘(power)의 경우 술 전, 후 차이가 없었으며, 골반의 전방 경사(anterior pelvic tilt),

골반 회전(pelvic rotation), 골반 사위 (pelvic obliquity) 및 족부 진행각(foot progression angle)의 경우에도 술 후 의미있는 변화가 없었다(Table 1, Fig. 2A, B).

Table 1. Changes in kinematic parameters during stance phase.

Parameters	Preop.(degrees)	Postop.(degrees)	<i>p value</i>
<i>Sagittal Plane</i>			
Peak ankle dorsiflexion*	33.05 ± 6.80	27.37 ± 4.59	0.01
Peak ankle plantarflexion*	9.16 ± 9.64	-0.71 ± 3.20	0.01
Peak knee extension	11.99 ± 7.74	10.20 ± 8.11	0.48
Peak hip extension	3.73 ± 8.88	6.49 ± 8.27	0.31
<i>Coronal Plane</i>			
Peak knee valgus	8.47 ± 3.73	7.33 ± 4.79	0.45
Peak hip abduction	5.96 ± 8.38	5.03 ± 9.49	0.49
<i>Transverse Plane</i>			
Peak foot internal rotation	1.19 ± 16.93	-4.01 ± 12.36	0.38
Peak knee external rotation	25.37 ± 10.48	22.65 ± 9.15	0.24
Peak hip internal rotation	11.58 ± 7.71	12.38 ± 7.91	0.20

Values are mean ± standard deviation.

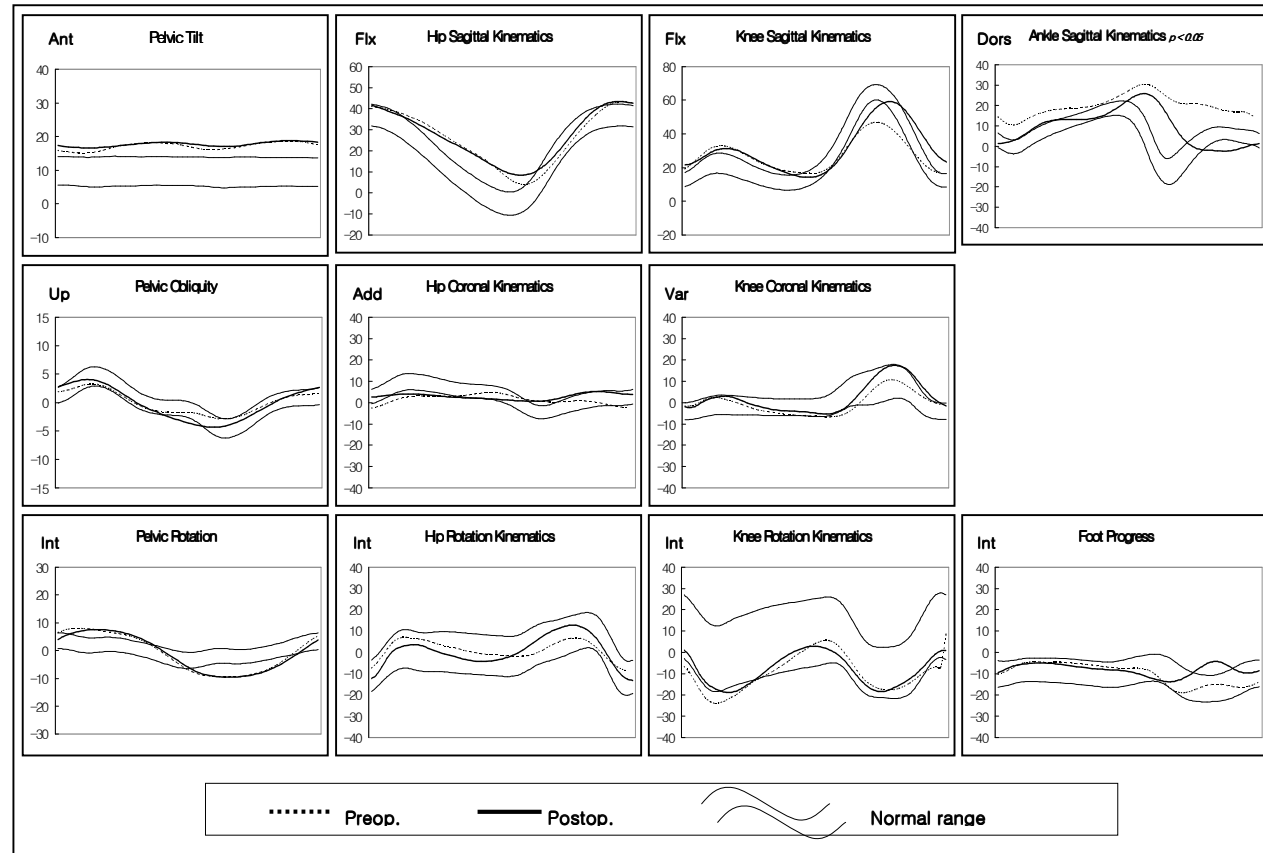
Preop.: preoperative parameter; Postop.: postoperative parameter.

* $p < 0.05$: Preop. vs Postop.

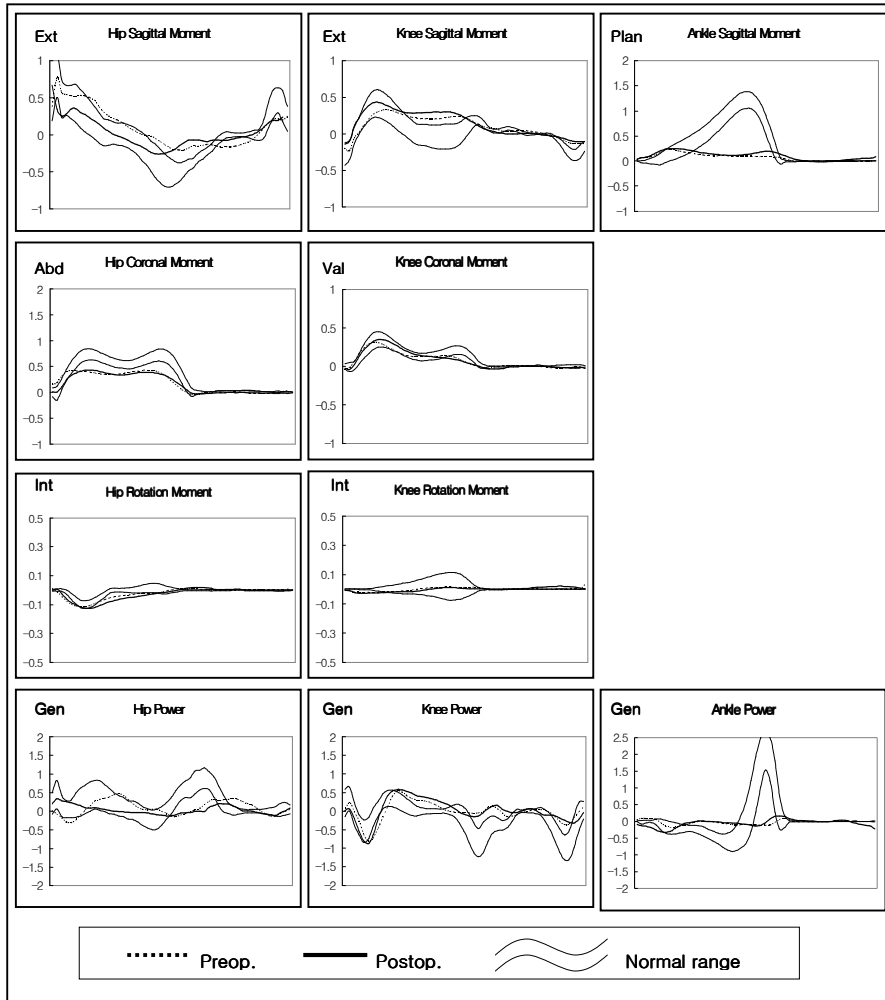
Ankle : positive = dorsiflexion, negative = plantarflexion.

Fig. 2 A-B. Preoperative and postoperative kinematics(A) and kinetics(B).

(A)



(B)



2. 족저압 측정

술 전에는 초기 입각기의 종골부 압력이 말기 입각기때 보다 크게 측정되었으나 술 후에는 전반적인 감소와 함께 초기와 말기 입각기때의 종골부 압력이 유사하였다(Fig. 3). 또한 종골부의 비례추진력은 술 전 83%에서 술 후 54%로 크게 감소하였고($p<0.05$) 나머지 각각의 부위에서도 술 후 의미있는 호전이 관찰되었다($p<0.05$) (Table 2).

Fig. 3. Comparison between preoperative and postoperative dynamic foot pressure measurements.(N/cm²)

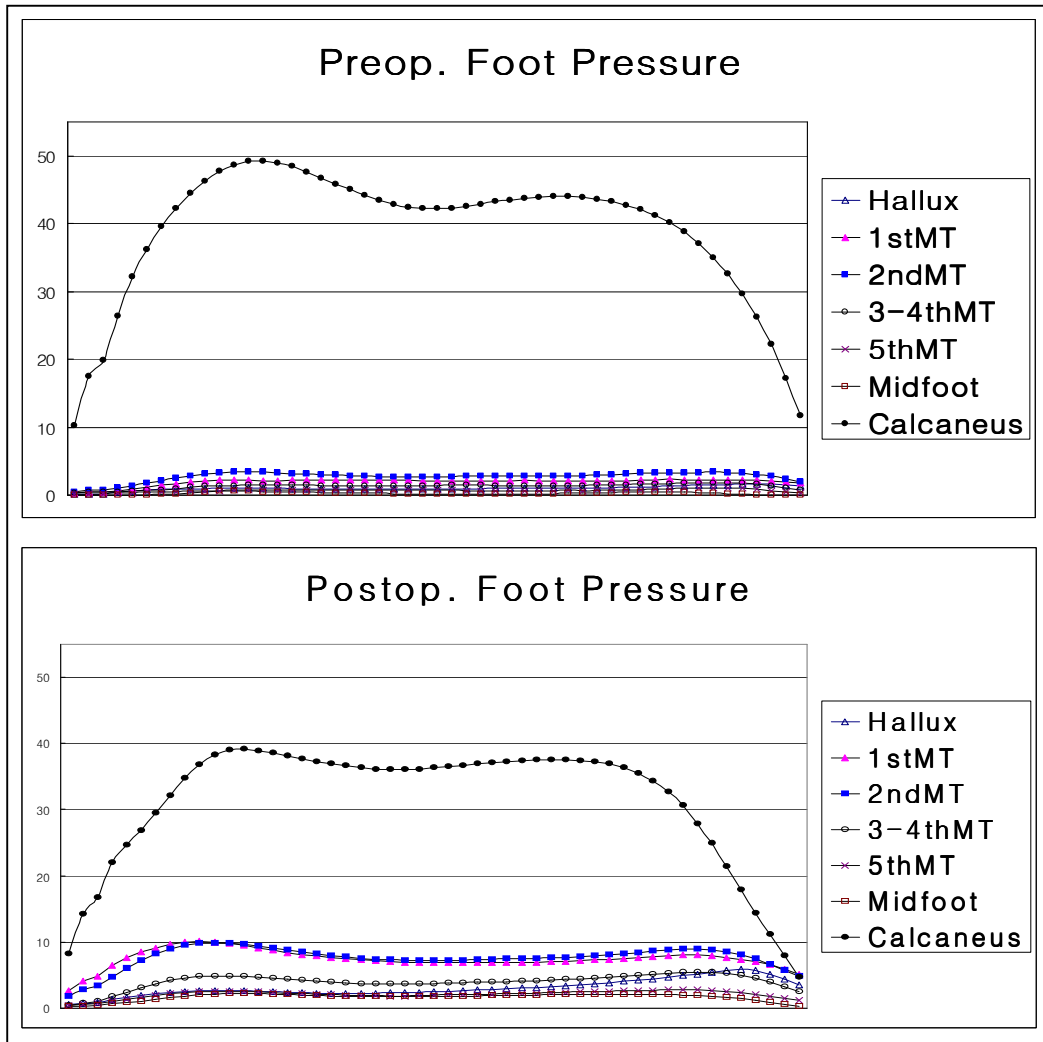


Table 2. Changes in relative impulse in dynamic foot–pressure measurement.

%	Hallux*	1 st MT*	2 nd MT*	3-4 th MT*	5 th MT*	Midfoot*	Calcaneus*
Preop.	2	4	5	3	2	1	83
Postop.	6	13	13	7	4	3	54

* $p < 0.05$: Preop. vs Postop.

3. 술 전 슬관절 운동범위의 차이에 따른 술 후 족저압의 변화

족저압의 경우 제 1 군과 제 2 군 사이에서 수술 전 종골부에서의 비례추진력은 차이가 없었으나 술 후에는 의미있는 차이를 보였다($p<0.05$). 또한 제 1 군 환아에서의 종골부 비례추진력은 술 전 81%에서 술 후 45%로 크게 감소된 반면($p<0.05$), 제 2 군의 종골부 비례추진력은 술 전 90%에서 술 후 75%로 감소하여 ($p<0.05$) 제 1 군에 비해 호전 정도가 작았다(Fig. 4). 한편, 종골부를 제외한 무지와 각 중족골두에서의 비례추진력은 두 개의 군 사이에서 수술 전, 후 모두 차이가 없었다(Table 3, Fig. 5).

Fig. 4. Preoperative kinematics of the knee and changes in dynamic pedobarographs after surgery in Groups I and II.

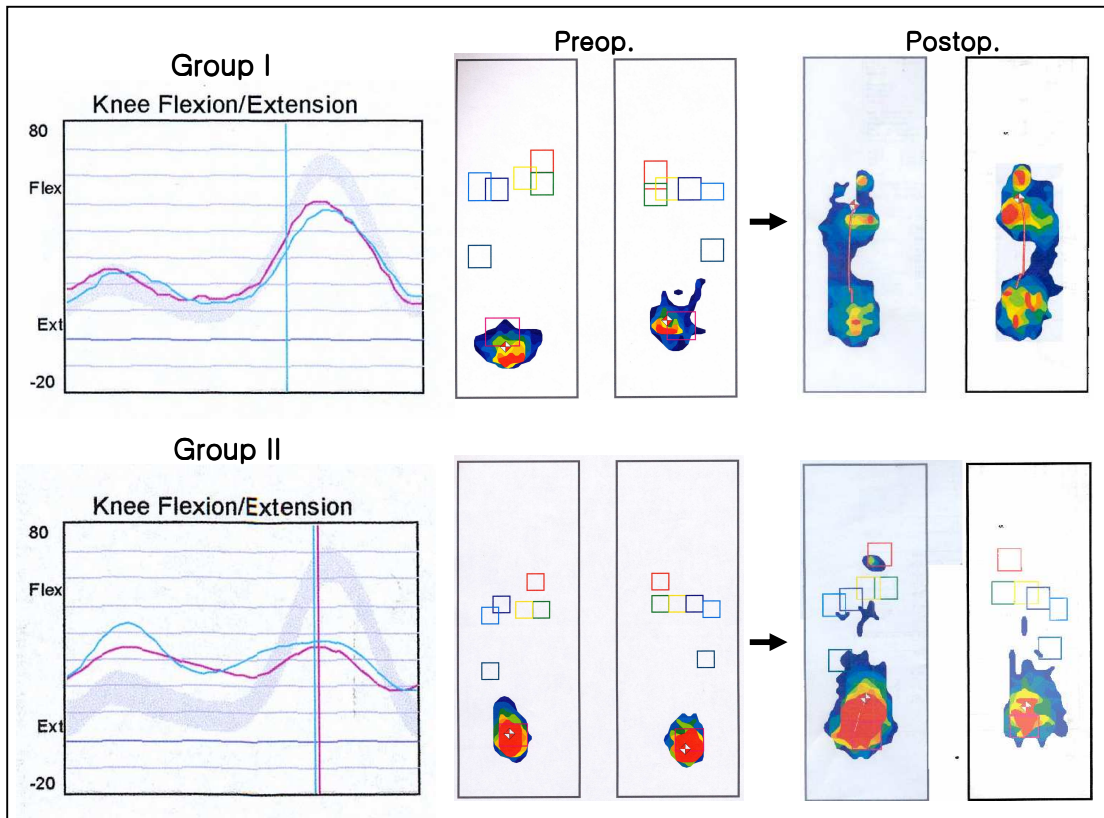
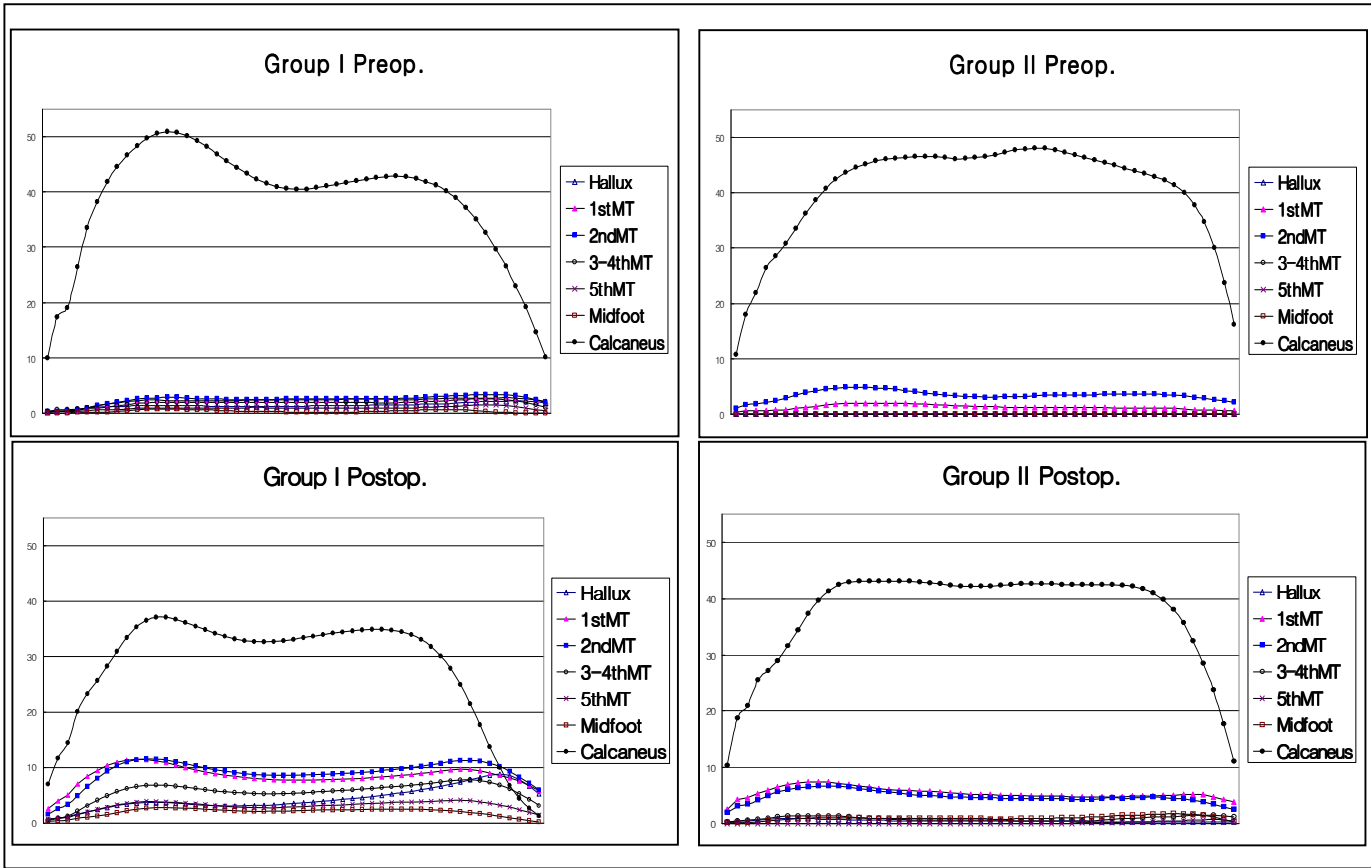


Table 3. Changes in relative impulse between Group I and II in dynamic foot-pressure measurement.

%	Hallux	1 st MT	2 nd MT	3-4 th MT	5 th MT	Midfoot	Calcaneus
Group I Preop.	3	5	4	4	2	1	* 81
Group II Preop.	0	3	7	0	0	0	* 90
Group I Postop.	8	15	15	9	5	3	45 *
Group II Postop.	0	11	10	2	0	2	75

* $p < 0.05$: Group I vs Group II.

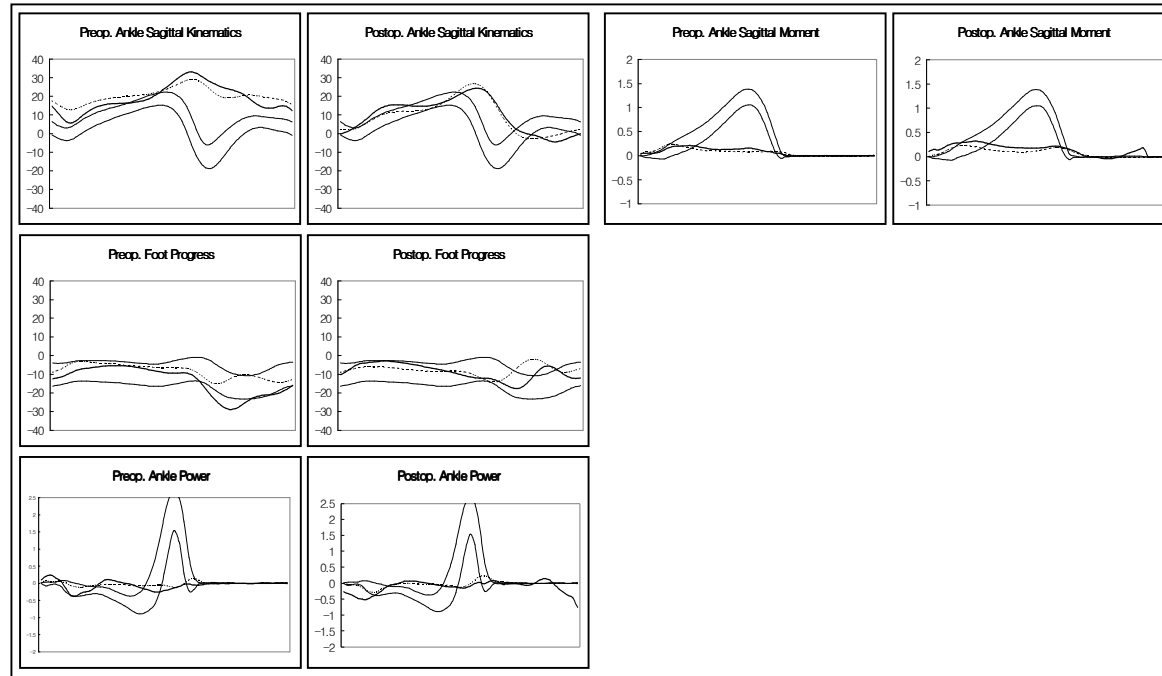
Fig. 5. Preoperative and postoperative dynamic foot pressure measurement in Groups I & II.



4. 술 전 슬관절 운동범위의 차이에 따른 술 후 보행분석의 변화

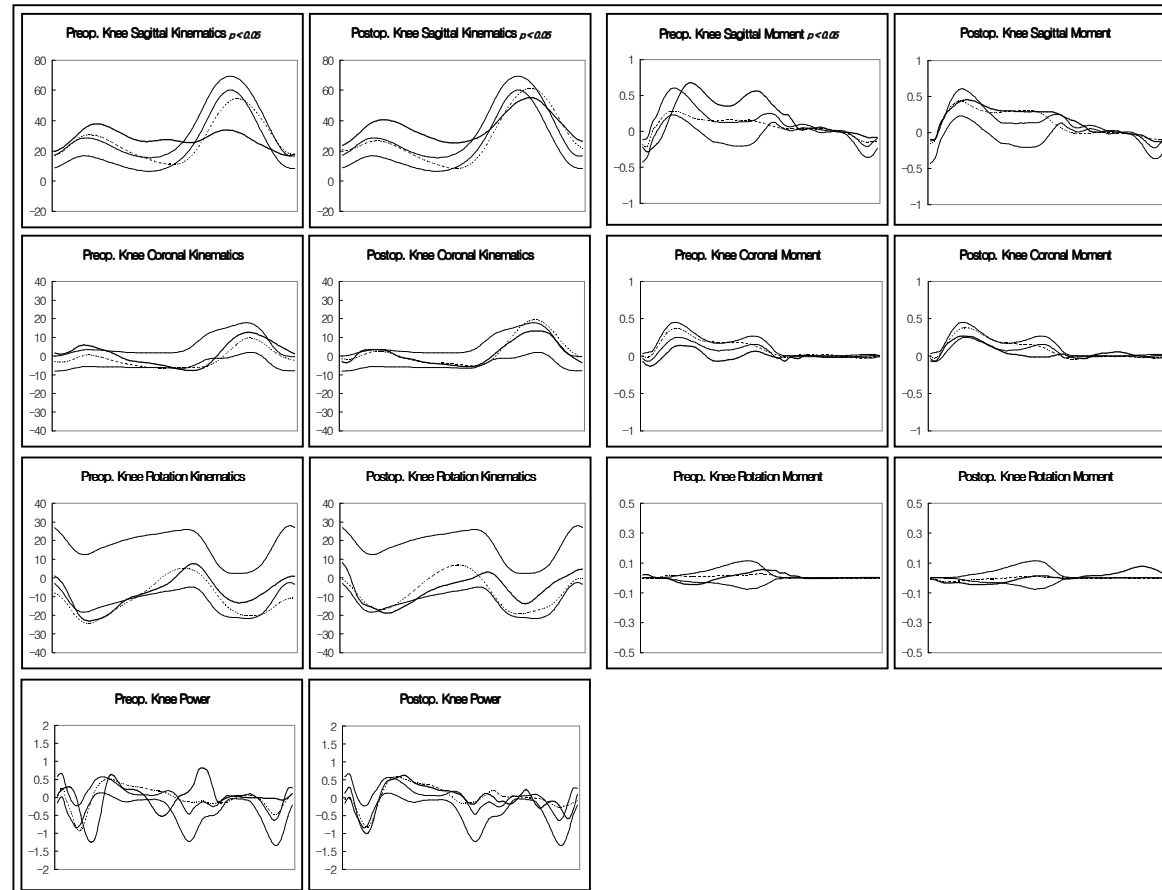
수술 전 후의 시공간적 지표를 비교한 결과, 두 개의 군 사이에서 분속수, 보행속도, 활보장 및 단하지 지지기는 차이가 없었다 (data not shown). 관절운동의 경우, 제 1 군에서는 술 후에도 전 보행주기 중 정상에 가까운 슬관절 운동범위를 보인 반면, 제 2 군의 경우에는 술 전에 관찰되었던 슬관절의 감소된 운동범위와 과도한 골반 회전 및 골반 사위가 술 후에도 지속되었다. 족근관절의 운동형상학 및 운동역학적 인자의 경우 술 전, 후 제 1 군과 제 2 군 사이에 차이가 없었다(Fig. 6).

Fig. 6. Preoperative and postoperative kinematics and kinetics of the ankle in Groups I & II.



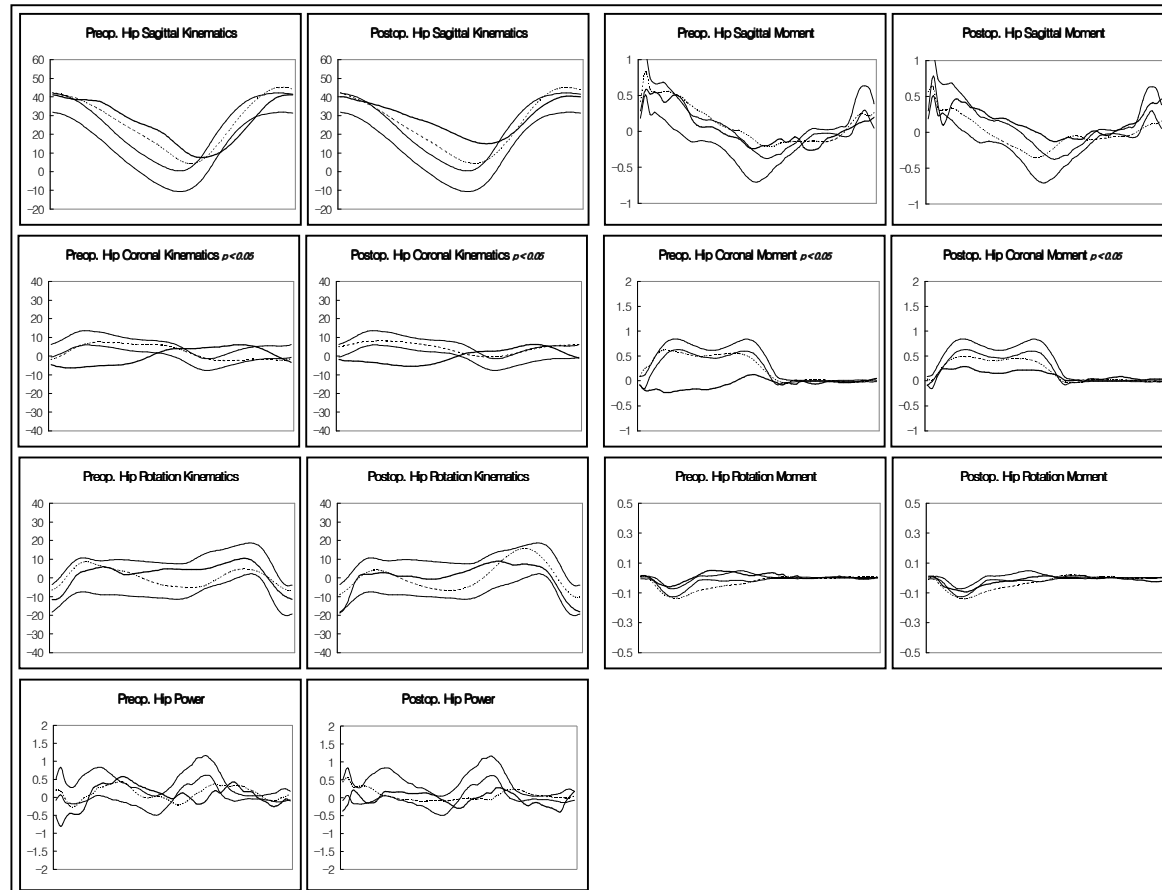
한편, 슬관절의 경우에는 입각기 중 최고 신전각이 제 2 군에서 수술 전, 후 모두 감소되어($p < 0.05$) 슬관절의 충분한 신전이 이루어지지 않았음을 관찰하였다. 한편, 술 전 입각기 최고 신전 모멘트는 제 2 군에서 증가되어 있었으나 술 후에는 제 1 군과 차이가 없었다(Fig. 7).

Fig. 7. Preoperative and postoperative kinematics and kinetics of the knee in Groups I & II.



고관절의 경우에는 입각기 중 최고 외전각이 술 전, 후 모두에서 제 2 군이 제 1 군보다 증가되어 있었고($p < 0.05$), 특히 제 2 군에서는 초기와 중기 입각기때 고관절 외전이 비 정상적으로 관찰되었으며 외전 모멘트는 제 2 군이 제 1 군보다 증가되어 있었다($p < 0.05$)(Fig. 8). 나머지 슬관절과 고관절에서의 보행분석 인자 및 족부 진행각의 경우 두 군간의 차이는 관찰되지 않았다.

Fig. 8. Preoperative and postoperative kinematics and kinetics of the hip in Groups I & II.



한편, 제 1 군의 경우 골반 사위와 골반 회전이 정상과 유사한 반면 제 2 군에서는 매우 불안정한 운동을 보였는데 술 전, 후 모두에서 골반의 내회전(pelvic internal rotation)의 최고값이 제 2 군에서 증가되어 있었고($p < 0.05$), 골반 사위 역시 정상에서 크게 편향된 양상이 수술 전, 후 관찰되었다($p < 0.05$)(Fig. 9). 한편, 골반의 전방 경사는 술 전, 후 모두 정상 범위보다 증가되어 있었으나 두 개의 군 사이에서 통계학적 차이는 없었다(Table 4).

Fig.9. Preoperative and postoperative kinematics of the pelvis in Groups I & II.

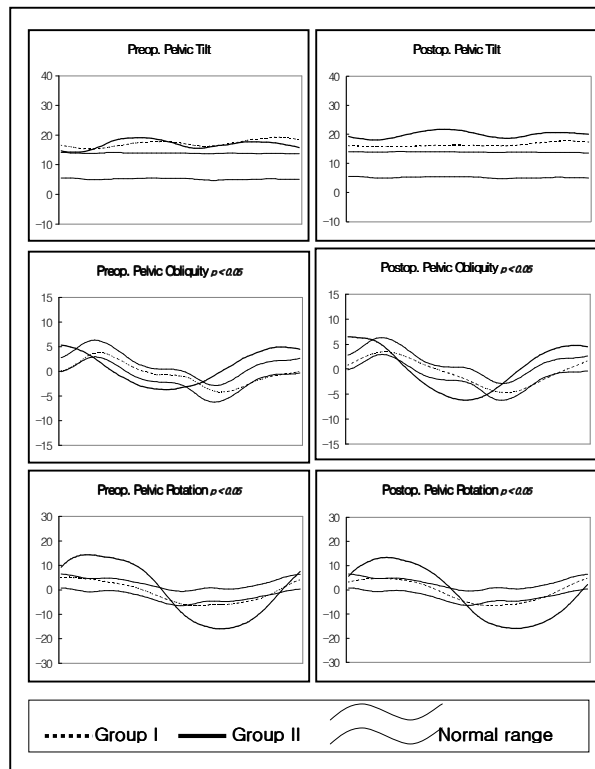


Table 4. Comparisons between Group I and II during stance phase.

Parameters	Group I	Group II	<i>p value</i>
<i>Ankle Sagittal Kinematics</i>			
Preop. peak dorsiflexion	33.72 ± 7.44	33.66 ± 5.90	0.77
Preop. peak plantarflexion	11.47 ± 9.57	4.85 ± 8.84	0.14
Postop. peak dorsiflexion	28.21 ± 4.73	25.82 ± 4.20	0.27
Postop. peak plantarflexion	-0.62 ± 3.08	-0.86 ± 3.65	0.87
<i>Knee Sagittal Kinematics and Moment</i>			
Preop. peak extension *	9.51 ± 6.45	16.60 ± 8.28	0.04
Postop. peak extension *	7.27 ± 7.70	15.64 ± 6.05	0.02
Preop. peak knee extension moment *	0.24 ± 0.21	0.75 ± 0.55	0.03
Postop. peak knee extension moment	0.49 ± 0.19	0.38 ± 0.37	0.41
<i>Hip Coronal Kinematics and Moment</i>			
Preop. peak hip abduction *	3.62 ± 4.03	10.29 ± 12.49	0.03
Postop. peak hip abduction *	2.53 ± 3.08	9.65 ± 15.10	0.04
Preop. peak hip abduction moment *	0.55 ± 0.40	0.08 ± 0.14	0.02
Postop. peak hip abduction moment *	0.56 ± 0.25	0.29 ± 0.31	0.03
<i>Pelvic tilt, obliquity and rotation</i>			
Preop. peak anterior tilt	18.73 ± 5.47	19.50 ± 12.65	0.88
Postop. peak anterior tilt	18.08 ± 4.51	22.81 ± 10.02	0.27
Preop. up obliquity at initial contact *	0.08 ± 2.13	5.30 ± 6.23	0.03
Postop. up obliquity at initial contact *	0.79 ± 2.17	6.48 ± 7.04	0.02
Preop. peak internal rotation *	6.37 ± 4.23	16.29 ± 10.09	0.03
Postop. peak internal rotation *	6.17 ± 5.48	14.26 ± 13.12	0.02

**p* < 0.05 : Group I vs Group II.,

Kinematics(*degees*); Moment(*N.m/Kg*).

IV. 고 찰

족부 기형은 척수수막류 환자의 약 80 내지 90%에서 발견되며 이중 중족변형은 하지 근육의 불균형으로 초래되는 대표적 변형이다. 이에 대한 일차적 치료로 구축된 연부 조직에 대한 도수조작과 석고고정을 들 수 있으나 수술적 치료를 위한 선행 작업에 불가하며 많은 저자들은 변형의 악화, 족근관절 혹은 거골하 관절에서 발생하는 외반 변형, 종골의 수직 변형 등 이차적인 골격계의 변형을 방지하기 위해 조기에 수술적 교정이 필요함을 강조하였다^{1,11}. 대표적인 연부 조직 술식의 하나인 족근관절 전방 유리술의 경우, Rodrigues와 Dias¹²는 신전근과 비골근에 대한 단순 건 절제술을 시행하여 많은 수의 환자에서 보조기 착용이 가능한 족저족부(plantigrade foot)가 가능하다고 보고하였다. 또한 최종 추시결과와 신경학적 결손 수준과의 연관성은 없다고 하였는데, 연구 대상의 반 수 이상이 흉추를 포함한 전경골근의 약화를 동반한 제 4 요추 이상 수준의 신경결손을 갖는 환자들로서, 독립보행이 가능한 환자에서만 시행된 건 이전술과의 비교는 어렵다고 판단된다.

일찍이 Banta 등¹³은 전경골근의 아킬레스건 및 경골로의 건 고정술(tenodesis)을 동시에 시행하여 족근관절과 슬관절에서의 운동 범위 호전을 경험한 예비 보고를 한 바 있고, Janda 등⁴은 아킬레스건으로의 건 이전술을 시행한 결과 새로운 기형의 발생률이 높

고 보행에 있어 보조기 의존성을 줄일 수 없다는 점에서 효과적인 술식이 아니라고 하였다. 그러나 수술의 대상이 종족 내지 종외반족이 아닌 중요내반족(pes calcaneocavovarus)이었으며 따라서 환자의 선택과 수술의 적응이 적절치 못했던 것으로 사료된다. 한편, Georgiadis 와 Aronson¹¹은 제 5 요추 혹은 제 1 천추 수준의 신경분절을 갖는 환아로서 4세 이후에 수술을 시행할 경우 만족할 만한 임상적, 방사선학적 결과를 얻을 수 있다고 하였다. 또한 변형 자체가 근력의 부조화에 의한 것이므로 건 이전술에 의한 관절 운동범위의 호전보다는 유연하고 보조기 착용이 가능한 족저 족부를 만드는 것이 중요하다고 하였으며, 4세 이상에서 좋은 결과를 보인 이유로 술 전 정확한 근력 평가가 가능하다는 점을 제시 하였다. 반면 Bliss 와 Menelaus¹는 약 1/3의 환아 에서만 만족스러운 결과를 얻었으며, 변형의 재발이나 이차 수술의 필요성이 비교적 흔하다고 하였다. 그러나 연구 대상의 대부분이 제 4 요추 신경 수준을 가진 환아 였으며 술 전 보행형태에 대한 구체적인 언급이 없어 타 연구와의 비교는 어려웠다. 다만 전경골근의 동반된 경직이 없고 골성 변형이 일어나기 전인 5세 이후 수술을 시행할 경우에 만족스러운 결과를 얻을 수 있다고 하였는데, 이는 5세 미만에 수술이 이루어질 경우 침착 발생의 가능성이 있고 어린 나이에 족관절의 신전근력에 대한 정확한 평가가 어려워 경직이 존재하는

근육을 이전할 가능성이 있기 때문이라고 하였다. 한편, Fernández-Feliberti 등¹⁴은 5세 이전에 시행할 것을 주장하였는데 구체적인 이유를 제시하지 않았을 뿐더러 다른 연구에서와 마찬가지로 치료 결과의 평가 기준이 달라 단순 비교는 어렵다고 생각된다.

이상과 같이 과거 연구에서의 임상적 결과는 일정치 않았을 뿐더러 결과 판정의 기준이나 수술 대상의 신경학적 결손 수준이 각각 달랐으며, 술식의 적응증에 대한 언급도 주로 시행 연령이나 신경분절 수준에 관한 것 이었다. 또한 족근관절 주위 모든 근육의 근력을 합한다 하여도 하퇴 삼두근보다 약하고^{6,15} 이들 근육을 모두 이전하여도 마비된 하퇴 삼두근을 대치하지는 못할 것이므로, 술 후 보조기 착용의 필요성이 감소했다던가 기형의 재발 내지 방사선 측정값, 족부 궤양의 호전 여부와 같은 임상적인 결과 판정의 기준은 각 연구 결과 간의 객관적인 비교를 어렵게 한다. 과거 술 후 보행 분석을 통한 전경골근 이전술의 결과를 분석한 연구가 있었으나⁶ 술 전, 후의 변화 및 족부압의 변화를 관찰한 연구 논문은 없었으며, 본 연구에서는 보다 객관적인 결과 판정을 위해 제 5 요추 및 제 1 천추 신경분절 수준을 갖는 환아 만을 대상으로 보행 분석과 역동적 족저압 측정을 하였다. Hay 등⁵은 척수수막류 환아에서 종족부의 족저압은 정상 환아 보다 높으며 이는 환아의 발이

정상보다 작기 때문이라 하였다. 본 연구에서 적용된 비례추진력은 발의 특정 영역에서 이루어진 일(work)을 의미하는 압력-시간의 적분 값에 대한 특정 부위가 차지하는 비율을 의미하므로 단순히 족부의 압력 만을 측정한 값이 아닌 작용한 시간까지 고려된 것이다. 본 연구 결과 술 후 종골부의 압력과 입각기 중 종골부가 차지하는 비율이 현저히 감소한 것은 전경골근 건 이전술을 시행함으로써 보행 시 족저압의 비 정상적인 분포가 호전된다는 객관적인 증거라 할 수 있으나, crouch 보행과 같이 감소되고 경직된 시상면에서의 슬관절 운동이 술 전에 존재하는 경우에는 술 후 종골부에 가해지는 압력의 감소를 크게 기대할 수 없음이 관찰되었다. 또한 골반의 과도한 움직임이 관상면과 횡단면에서 동반된 경우에도 만족할 만한 종골부 압력의 감소가 이루어지지 않았으며, 이는 시상면에서 족저 굴곡-슬관절 신전 조합(plantar flexion - knee extension coupling)이 제대로 이루어지지 않아 발생하는 슬관절의 감소된 관절운동에 대한 보상작용으로 해석될 수 있다.

한편, Fraser와 Hoffman⁷은 제 5 요추 혹은 제 1 천추 환아를 대상으로 전경골근의 근력이 4등급 이상인 경우 건 이전술을, 4등급 미만이 경우 족저 신전근 건에 대한 유리술을 시행하였으며 유리술을 시행한 환아에서는 불만족스러운 결과를, 이전술을 시행한 환아의 64%에서는 만족할 만한 임상적 결과를 얻었다고 하였다.

이들은 특히 3등급 이상의 고관절 외전근력을 갖는 환아에서 시행된 건 이전술이 효과적이었다고 하였는데, 척수수막류 환아에서 고관절 외전근의 기능 만 감소되어있는 경우는 실제 없으므로 종족 보행(calcanal gait)과의 직접적인 연관성을 논할 수는 없지만, 최소한 하나의 예후인자로서 작용할 수 있음을 시사한다. Duffy 등¹⁶은 척수수막류 환아에서 족저 굴곡근과 고관절 외전근의 약화가 동반될 때 보행에너지 소모가 가장 크다고 하였는데, 고관절 외전근력이 약할 경우 골반 사위와 고관절의 외전이 증가하고 유각기 하지의 전방운동 증가로 인한 골반의 내회전이 증가함을 고려할 때, 제 2 군에서 같이 관상면과 횡단면에서 골반의 움직임이 증가되어 있을 경우 고관절 외전근력에 대한 술 전 평가가 필요함을 의미한다고 할 수 있다. 한편, International Myelodysplasia Study Group에 의한 제 5 요추 및 제 1 천추 신경분절 수준의 정의는 정상적인 보행에 결코 만족스럽다고 볼 수 없는 제 2 등급과 제 3 등급의 근력을 갖는 중둔근(gluteus medius)의 작용이 있을 경우를 각각 포함한다. 따라서 본 연구의 두 개의 군 사이에서 뚜렷한 신경분절 수준의 차이가 없었던 것처럼 신경 결손 부위의 결정이 성공적인 건 이전술의 유일한 예후인자가 아님을 의미하며, 이는 신경 마비의 수준과 족부 기형의 직접적인 연관성이 없다는 과거 보고와도 일맥 상통한다고 할 수 있다^{8,17}.

전경골근 건 이전술 후 발생될 수 있는 족근관절의 외반 변형은 저자들에 따라 15 내지 64%의 빈도를 갖는다고 하나^{1,7,14} 단순 전외방 유리술을 시행하는 경우에도 흔히 관찰할 수 있다¹². Banta 등¹³은 건 이전을 아킬레스 건의 후 내측으로 시행함으로써 술 후 족근관절 외반을 방지하였다고 하였으나, 많은 저자들은 족근관절 외반이 단순히 건 이전술의 결과라기 보다는 성장에 따른 자연 경과와 보다 관련이 있을 것으로 주장하였다^{6,18,19,20}. 저자들은 모든 증례에 대해 구조적 변형(structural deformity)의 교정을 함께 시도하였으며, 평균 25개월의 짧은 추시기간 이긴 하였지만 정도의 족근관절 외반이 각 군에서 각각 1 레씩 만 관찰되었고 이는 건 이전술 전부터 존재하였던 원위 경골 골단(distal tibial epiphysis)의 이형성증에 의했던 것으로 추정되었다. 따라서 수술 시 종족 변형과 동반될 수 있는 원위 경골의 외반 혹은 외회전 변형(external tibial torsion), 거골하 관절에서의 외반 변형 등을 함께 교정함으로써 소위 “lever arm disease”를 교정하는 것이 중요하며, 이는 건 이전술의 기능을 보다 효과적으로 유도하는 것이라 판단된다. 또한 몇몇 저자들은 단축 혹은 경직성이 있는 족근관절 외반근이 있을 경우 이에 대한 유리술 혹은 이전술을 추천한 바 있으며, 본 연구에서도 4 레에서 아킬레스 건으로의 동반 이전술을 시행하여 척족 변형 등의 이차 변형 없이 만족스런 결과를 얻었다. 한편, 본

연구의 제 1 군에서의 결과가 술 후 보조기 착용이 필요 없음을 의미하는 것은 아니며, 실제로 이전된 전경골근 만으로는 하퇴 삼두근의 강력한 작용을 대체할 수 없기 때문에 모든 환아에 대해서 술 후 적절한 족근족부보조기를 착용시켜 종족 변형의 재발을 억제하려 하였다. Stott 등⁶은 술 후 보조기 착용 시 에너지 효율 면에서 제일 좋다고 하였으며, 향 후 제 2 군과 같은 보행 패턴을 보이는 환아에 대해 단순 전방 유리술과 술 후 보조기 착용이 보행에 미치는 영향을 알아봄으로써 건 이전술과의 비교 내지는 더욱 적절한 치료방법을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

척수수막류 환자의 종족변형에 대한 전경골근 건 이전술을 시행한 결과, 종골부에 가해지는 압력은 감소하였으나 이는 슬관절의 시상면과 골반의 관상면 및 횡단면에서의 운동에 따라 호전되는 양상의 차이를 보였다. 또한 과거와 같이 단순히 전경골근의 근력이나 환자의 신경분절 수준만을 고려하여 수술을 시행할 경우 만족스럽지 못한 결과를 얻을 수 있으며, 술 전 시상면에서 감소된 슬관절의 운동범위와 증가된 고관절 외전, 관상면 및 횡단면에서의 과도한 골반운동이 전경골근 건 이전술의 나쁜 예후인자라 할 수 있다.

참고문헌

- 1) Bliss DG and Menelaus MB: *The result of transfer of the tibialis anterior to the heel in patients who have a myelomeningocele. J Bone Joint Surg 68-A:1258-1263,1986.*
- 2) Chung CY, Lee JH, Choi IH, Cho TJ, Kim SR and Hwang JK: *Analysis of the relationship between deformity and activity of daily living according to the level of neurologic deficit in myelodysplasia - part one: myelomeningocele. J Korean Orthop Assoc 34:1001-1007,1999.*
- 3) Drennan JC: *Current concepts in myelomeningocele. Instructional Course Lecture. Mosby, 48: 543-549,1999.*
- 4) Janda JPS, Skinner SR, Barto PS: *Posterior transfer of tibialis anterior in low-level myelodysplasia. Dev Med child Neurol 26:100-103,1984.*

- 5) Hay MC and Walker Geoffrey: *Plantar pressures in healthy children and in children with myelomeningocele. J Bone Joint Surg Br 55-B:828-833,1973.*
- 6) Stott NS, Zions LE, Gronley JK and Perry J: *Tibialis anterior transfer for calcaneal deformity : a postoperative gait analysis. J Pediatr Orthop 16:792-798,1996.*
- 7) Fraser RK and Hoffman EB: *Calcaneus deformity in the ambulant patient with meningocele. J Bone Joint Surg Br 73-B:994-997,1991.*
- 8) Schafer MF and Dias LS: *Myelomeningocele: orthopaedic treatment, 1st ed. Baltimore: Willimas &Wilkins, 1982.*
- 9) Henning EM and Rosenbaum D: *Pressure distribution patterns under the feet of children in comparison with adults. Foot Ankle 11:306-311,1991.*

- 10) Soames RW: *Foot pressure patterns during gait. J Biomed Eng* 7:120-126,1985.
- 11) Georgiadis GM and Aronson DD: *Posterior transfer of the anterior tibial tendon in children who have myelomeningocele. J Bone Joint Surg Am* 72-A:392-398,1990.
- 12) Rodrigues RC and Dias LS: *Calcaneus deformity in spina bifida. results of anterolateral release. J Pediatr Orthop* 12: 461-464, 1992.
- 13) Banta JV, Sutherland DH and Wyatt M: *Anterior tibial transfer to the os calcis with achilles tenodesis for calcaneal deformity in myelomeningocele. J Pediatr Orthop* 1:125-130,1981.
- 14) Fernández-Feliberti R, Fernández SA, Colón C, Ramírez N, Alegría M and Cintrón K: *Transfer of the tibialis anterior for calcaneus deformity in myelodysplasia. J Bone Joint Surg* 74-A: 1038-1041,1992.

15) Bradley GW and Coleman SS: *Treatment of the calcaneocavus foot deformity. J Bone Joint Surg 63-A: 1159-1166, 1981.*

16) Duffy CM, Hill AE, Cosgrove AP, Corry IS and Graham HK: *The influence of abductor weakness on gait in spina bifida. Gait Posture 4:34-38,1996.*

17) Sharrard WJW and Grossfield I: *The management of deformity and paralysis of the foot in myelomeningocele. J Bone Joint Surg Br 50: 456,1968.*

18) Burkus JK, Moore DW and Raycroft JF: *Valgus deformity of the ankle in myelodysplastic patients. J Bone Joint Surg 65-A: 1157-1162, 1983.*

19) Malhotra D, Puri R and Owen R: *Valgus deformity of the ankle in children with spina bifida aperta. J Bone Joint Surg 66-B: 381-385, 1984.*

20) Westin WG, Dingman RD and Gausewitz SH: *The results of tenodesis of the tendo achilles to the fibula for paralytic pes calcaneus. J Bone Joint Surg. 70-A: 320-328, 1988.*

Abstract

**Tibialis Anterior Tendon Transfer
for Calcaneus Deformity
in Children with Myelomeningocele**

Kun Bo Park

Department of Medicine

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Hyun Woo Kim)

The purpose of this study were to examine the results of tibialis anterior tendon transfer for calcaneus deformity in children with myelomeningocele.

27 feet in sixteen children were included for the study. The mean age at the time of the operation was 7^{+2} years (range, $4^{+11} - 14^{+9}$) and the mean follow up duration was 25 months (range, 15 - 50). Three-dimensional gait analysis and dynamic foot-pressure measurement were performed to analyze the

results of index operation.

There were no recurrences or aggravation of the deformity. Sagittal kinematics of the ankle was improved, and the relative impulse of the calcaneus was decreased postoperatively. Those patients with decreased range of motion of the knee in sagittal plane during gait had less improvement in relative impulse of the calcaneus than those with good range of motion of the knee. They also had increased range of abduction of the hip, and up-obliquity and internal rotation of the pelvis

Good range of motion of the knee in sagittal plane, and of the hip and pelvis in coronal and transverse planes were important predictors of a functional transfer of tibialis anterior tendon in patients with calcaneal gait in myelomeningocele .

Key Words: myelomeningocele, calcaneus deformity, tibialis anterior tendon transfer, gait analysis, foot-pressure measurement.