

Title	半月板損傷および前十字靭帯損傷における術後のリハビリテーションプログラムの変遷
Sub Title	The change of post operation exercise programs for the rehabilitation of Medial Meniscus and A.C.L. injuries
Author	安藤, 勝英(Ando, Katsuhide)
Publisher	慶應義塾大学体育研究所
Publication year	1997
Jtitle	体育研究所紀要 (Bulletin of the institute of physical education, Keio university). Vol.36, No.1 (1997. 3) ,p.19- 49
JaLC DOI	
Abstract	<p>In 1940 the exercise program called "Single -Boot Technique" was applied on injuries of the knee joint. This technique was the first scientific approach to the rehabilitation of the knee joint in the pre and post operation stage. Until the arrival of isokinetic exercise machines such as the Cybex Machine in 1975, several case studies of rehabilitation were reported by Carl. F, Kluft. William and others. In these studies preoperation exercise programs were considered very important and the details of completing the postoperation exercise were presented. The use of the arthroscopy for the operation of the knee has shorten the periode of rehabilitation. This study deals with the method of rehabilitation of the knee after having an arthroscopic operation of the medial meniscus or the A.C.L. After the introduction of the Cybex Machine in 1975, rehabilitation programs and its evaluation were based totally on the information of the Cybex Machine. But the experience of the past decades made it possible to evaluate the condition of the knee in the early postoperation stage without the Cybex Machine. Moreover, the use of the Cybex Machine in the first periode of rehabilitation after having an operation of the A.C.L. could cause secondary injuries on the quadiceps and other related muscles because of the strength of the exercise. It is important to begin the rehabilitation with physical therapy and isometric exercise so that the extention of the knee joint is completed in an early stage. The rehabilitation program should shift from isometric exercises to isotonic exercises and isokinetic exercises using the Cybex Machine should be applied in the final stage. This is to makes it possible to take the merits of both of isometric and isotonic exercises. While the exercise using the Cybex Machine is too strong in the restoring periode, it should be recommended to use the Cybex Machine from around the 12th week (3d month).</p>
Notes	
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00135710-00360001-0019

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

半月板損傷および前十字靭帯損傷における 術後のリハビリテーションプログラムの変遷

安藤 勝 英*

The change of post operation exercise programs for the rehabilitation of Medial Meniscus and A.C.L. injuries

By Katsuhide Ando¹

In 1940 the exercise program called "Single - Boot Technique" was applied on injuries of the knee joint. This technique was the first scientific approach to the rehabilitation of the knee joint in the pre and post operation stage.

Until the arrival of isokinetic exercise machines such as the Cybex Machine in 1975, several case studies of rehabilitation were reported by Carl. F. Klaft. William and others. In these studies preoperation exercise programs were considered very important and the details of completing the postoperation exercise were presented. The use of the arthroscopy for the operation of the knee has shorten the periode of rehabilitation.

This study deals with the method of rehabilitation of the knee after having an arthroscopic operation of the medial meniscus or the A.C.L. After the introduction of the Cybex Machine in 1975, rehabilitation programs and its evaluation were based totally on the information of the Cybex Machine. But the experience of the past decades made it possible to evaluate the condition of the knee in the early postoperation stage without the Cybex Machine. Moreover, the use of the Cybex Machine in the first periode of rehabilitation after having an operation of the A.C.L. could cause secondary injuries on the quadriceps and other related muscles because of the strength of the exercise. It is important to begin the rehabilitation with physical therapy and isometric exercise so that the extention of the knee joint is completed in an early stage.

The rehabilitation program should shift from isometric exercises to isotonic exercises and isokinetic exercises using the Cybex Machine should be applied in the final stage. This is to makes it possible to take the merits of both of isometric and isotonic exercises. While the exercise using the Cybex Machine is too strong in the restoring periode, it should be recommended to use the Cybex Machine from around the 12th week (3d month).

—目 次—

1. はじめに
2. 膝のリハビリテーションプログラムの変遷
 - (1) Cybex Machine 登場前 (1975年頃迄) のリハビリテーションプログラムについて
 - (2) Cybex Machine を使用したリハビリテーションプログラムについて
3. 近年のリハビリテーションプログラムについて
 - (1) 半月板損傷術後のリハビリテーションと評価について
(症例報告からみた考察)
 - (2) 前十字靭帯術後のリハビリテーションと評価について
(症例報告からみた考察)
4. まとめ

*慶應義塾大学体育研究所助教

¹Associate Professor of the Institute of Physical Educatiton, Keio University

1 はじめに

一般的に傷害は外傷と障害に分けることが出来る。しかし、実際のスポーツ現場では明確に区別し兼ねる場合もある為、この両者をまとめて「スポーツ傷害」と呼ぶ⁽¹⁾。膝部においてはこのスポーツ傷害に限らず、生活レベルの中でも統計的に見て、他の関節部位と比較してもかなりの高率で発生している⁽⁴⁾。これは、膝関節がスポーツ動作、或いは人間の動作の中心となる関節であるため、酷使され、傷めやすい部位となることが最大の理由と考えられる。

そして、この膝傷害後、或いはその手術後に膝部が不安定のある場合には、膝周囲筋群の強化がリハビリテーションの最大の目標となる。いずれの場合も急性期で安静を必要とするが、その時期が過ぎるとリハビリテーションの開始が必要となる⁽¹⁹⁾。又、この部位の再受傷の予防としてもリハビリテーションの知識と方法が必要である。

1975年前後から全米各大学でリハビリテーションの目的で、Cybex Machine（以下 Cybex M. と略す）等の Isokinetic の器機が盛んに使用されるようになった⁽²⁾。同じように、Isokinetic Exercise の器具として、Orthotoron, Fitoron もリハビリテーションの目的で使用され始めた。

Isokinetic Exercise が可能な器具の登場でそれ以前のリハビリテーションプログラムの方法が変わったが、その後膝の手術の方法の改良、リハビリテーションの症例数の積み重ね等によってリハビリテーションプログラムが改善されていった⁽¹⁸⁾。DR.CAMBEL, DR. SHELBOURNE 等の研究では、前十字靭帯（Anterior Cruciate Ligament 以後 A.C.L.と略す）損傷の場合、手術後の初期での Cybex M. の使用は、リハビリテーションプログラムの中での実施内容としては負荷が強すぎる^{(9) (24)}として、二次損傷を防ぐ為の確実で段階的なリハビリテーションプログラムが研究され、現在では医師との連携をもつトレーナー、理学療法士（Physical Therapist 一般に P.T. と称される）によって、これらの考えをもとに実施されている⁽²²⁾。

Cybex M. の登場はリハビリテーションプログラムに画期的な変革をもたらしたのであるが、以来20年余りでその使用時期をめぐって、膝のリハビリテーションプログラムの実施方法が変ってきた。本報は、膝のリハビリテーションプログラムがこの20数年、主に米国カリフォルニア州立サンノセ（San Jose）大学においてどのような考え方が基礎となり現在に至ったかその変遷について調査し、その結果現時点における最適なりハビリテーションがどのようなものであるか、具体的な実施方法を検討し明らかにする。

2 膝のリハビリテーションプログラムの変遷

Cybex M. は Isokinetic Exercise を行うことができる器機である。

この Cybex M. の登場前と後とでは、リハビリテーションプログラムの実施方法が違ってきた。

実際、この20数年間の膝のリハビリテーションの基礎となった考え方はどのようなものであったか（この間に Cybex M. が使用されるのであるが）、又、膝のリハビリテーションがどのように変遷されたかについて概観すると以下のようなになる。

膝のリハビリテーションを実施するとき、最大の関心と目標はいかにその部位が回復しているかを知ることにある。すなわち、どの程度回復しているか評価が出来ないと次のリハビリテーションプログラムの段階へ進むことが難しいことにある⁽⁶⁾。それは回復した筋の強さとリハビリテーションプログラムの安全性を立証する方法を知ることであった。

このことを科学的方法で最初に試みたのは 1940 年のことで DELORME と WATOKIN である。彼等が考案した、Single-Boot Technique と呼ばれる方法である⁽⁸⁾（図1参照）。これは、足底部に負荷をつけ、筋力の発達状況に応じた負荷を用い漸進させ、伸展では大腿四頭筋群、屈曲では大腿後筋群の運動を実施した。後に、ZENOVIEFF の研究によってその効果が立証され、“The Oxford Technique”として一般化した⁽²⁵⁾。

半月板損傷および前十字靭帯損傷における術後のリハビリテーションプログラムの変遷

このような形のリハビリテーションと違い，“The Bench Technique”と称される器具の使用もプログラムの中に組み入れられた（図2参照）。これは、殊に大腿四頭筋群と大腿後筋群を発達、回復させるために利用された⁽¹⁰⁾。

回復の評価としては、徒手による健側と患側の比較による伸展、屈曲での筋力測定法も用いられているが、最も良い器具としては、Tensiometer（張力計）が用いられ、高い確実性と異なった角度のテストで筋出力を知ることが出来た⁽⁷⁾。そして当然の事ながら、リハビリテーションプログラムの中には MULLER⁽¹⁵⁾により立証された Isometric Exercise による方法も行われるようになっている。

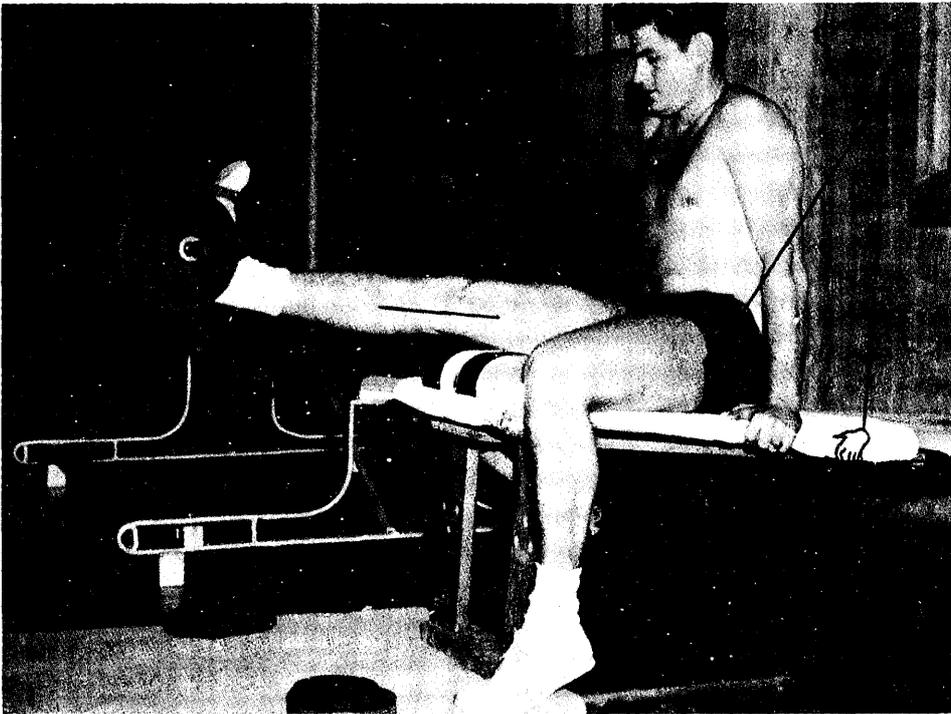


図1 Single-Boot-Technique
（出典）The Knee in Sports



図2 The Bench Technique
（出典）The Knee in Sports

(1) Cybex Machine 登場前 (1975年頃迄) のリハビリテーションプログラムについて

これらのことを基礎にし、著者が知る1970年迄の膝のリハビリテーションプログラムは、CARL. E. KLAFS によって、① *Preoperative* ② *Postoperative* ③ *Preventive* の3段階に分け組立られている⁽⁶⁾。

この3段階のリハビリテーションプログラムは以下のとおりであった。

① *Preoperative*

この段階では、靭帯損傷、半月板損傷の検査の後、手術必要な場合、術前のリハビリテーションプログラムの重要性が指摘されている。術前のプログラムでは膝の周囲筋群のコンディショニングと筋力の強さを増しておく。その術前のコンディショニング次第で良い手術の結果が得られることが経験的に知られている。これは、膝の周囲筋群、特に大腿四頭筋群、大腿後筋群が損傷後、簡単に萎縮することに対応するものである⁽⁶⁾。

② *Postoperative*

術後の段階で、疼痛がひく最初の回復過程まで関節を動かすことは避けるべきである。術後のギプス等で膝関節が固定されている間、患者は静的筋収縮 “Quad Setting” (図3参照) と Straight Leg Raises (以下 S.L.R. と略す。図4参照) を実施すべきである。

膝固定中、又固定を取り除いた後の Isometric Exercise の実施が進行したとき、サンドバックを使用することで負荷をかけ S.L.R.を6秒~10秒の伸展、脚挙上、停止の状態でも Isometric Exercise も可能となる。



図3 Quad Setting

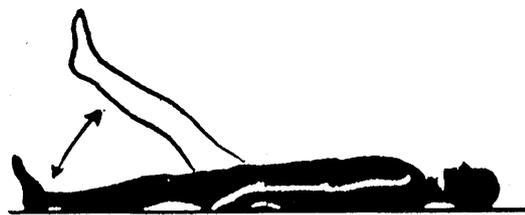


図4 S.L.R.

③ *Preventive*

しばしば、リハビリテーションプログラムの中で大腿後筋群と腓腹筋群の膝の運動処方が疎かにされることがある。これらの筋群は、膝の安定性と保護に重要に関与している。それ故に大腿四頭筋と同等にコンディショニングすべきである⁽⁶⁾。これらの回復を含めて患者が活動的な強さに膝の調整が出来た時、ジョギング、ハーフスピードのランニング(短距離)そして8の字形 (figure of eight) 走行を勧めることがこの段階で出来る。最終的に全速力でのランニングとランニング中のカット運動が出来た時、それぞれのスポーツ種目への復帰が出来る⁽⁶⁾。

更に、WILLIAM により、① *Presurgical Stage* ② *Immediate Post Operative or Postinjury Stage* ③ *Early Intermediate Rehabilitation* ④ *Late Intermediate Rehabilitation* ⑤ *Advance Stage* の5段階に分けられた詳細なリハビリテーションプログラムが報告された⁽²²⁾。

この5つの段階の詳細なプログラムについての考え方は以下の通りである。

① *Presurgical Stage*

この段階では、KLAFS によって述べられていると同様に術前の運動処方がいかに重要であるかを知るべきである。術前の10~14日間、筋肉のコンディショニングと筋運動感覚を高める為に実施すべきである。そして、これ等を実施することによって、術後直後 (*Immediate Postoperative*) への次の段階のリハビリテーションプログラムに類似した運動の準備としても役立つ⁽¹⁶⁾。

この段階では以下の運動処方を実施すべきである。(以下、文章の正確さを必要とするため、英原文とする。)

1. *Quadriceps setting : 10-seconds contractions for 5 minutes each hour while awake.*
2. *Straight leg raising : 15 times nonstop.*
3. *Isometric knee extension (at or near full extension) : 15 repetitions each hour while awake.*
4. *Isometric or isokinetic knee flexion : 15 repetitions (optional).*
5. *Hip extension (wall pulley) : 20 to 25 repetitions (optional).*
6. *Hip flexion (wall pulley) : 20 to 25 repetitions (optional).*
7. *Hip abduction (wall pulley) : 20 to 25 repetitions (optional).*
8. *Hip abduction (wall pulley) : 20 to 25 repetitions (optional).*

② *Immediate Post Operative or Postinjury Stage*

この段階で、術後或いは、損傷後のリハビリテーションプログラムの開始できる時間は、それから24時間後である。*Presurgical Stage* とほぼ同類のプログラムであるが、この時、ギプス等の固定で膝部の動きが阻止されている。この段階でのリハビリテーションの最終目標は固定されている中で筋の強さをいかに保つかにある。これ等のリハビリテーションは膝部全体固定が取り除かれるまで増進継続すべきである。これ等を処方することは膝が固定され、ベッドにいる間、正常な動きが阻止される為に重要なことである。

1. *Quadriceps setting : 10 seconds contractions for 5 minutes each hour while awake.*
2. *Straight leg raising : 10 repetitions each hour while awake with maximum possible resistance.*
If due to pain and subsequent reflex inhibition of the quadriceps femoris muscle the quadriceps femoris muscle the athlete is unable to initiate quadriceps setting and /or straight leg raising, then the following routine should be used.
 - a. *Manually, by using appropriate sling and pulleys or by using the opposite leg for assistance, passively elevate the involved extremity to a position of 90 degrees of hip flexion(or as much hip flexion as the patient will comfortably tolerate).*
 - b. *Have athlete " hold" the involved limb in this position by active contraction of the involved muscles.*
Slowly remove the passive support and have patient lower the limb to the starting position.
 - c. *Repeat Step a, but this time elevate the limb only two-thirds the height obtained in Step a.*
Then slowly lower as described in Step b.
 - d. *Repeat Step a, but this time elevate the involved limb only one-third the height obtained in Step a.*
Then slowly lower as described in Step b.
 - e. *If the athlete is able to actively hold the involved limb at 30 degrees, then he probably will thereafter be able to initiate elevation on his own without manual support or slings and pulley*

assistance.

f. If the athlete is unable to initiate elevation of the limb from the starting position, then have him "hold" at the lowest possible position that he can maintain actively and then raise the extremity as high as possible.

Several such repetitions should enable the athlete to initiate quadriceps setting and straight leg raising with no assistance.

3. Isometric hip extension : 10-seconds "presses" onto the bed for 10 repetitions each hour while awake.

4. Abduction and adduction of the hip : 10-seconds presses against resistance for 10 repetitions each hour while awake.

5. Ankle plantar flexion : 10-seconds presses against resistance for 10 repetitions each hour while awake.

6. Ambulation.

As soon as the patient is able voluntarily to elevate the involved extremity from the bed, he is allowed to ambulate on crutches, using a three-point gait, with touch weight bearing on the involved extremity.

The touch weight bearing simulates proprioceptive receptors that provide the central nervous system with an awareness of body segments (in the involved extremity).

Proprioceptive awareness has been shown to be of primary importance in neuromuscular reeducation.

7. Quadriceps setting : 10-seconds sets, for 5 minutes each hour while awake.

8. Straight leg raising : to tolerance for 30 seconds each hour while awake.

9. Hip extension(isometric) : to tolerance for 30 seconds each hour while awake.

③ Early Intermediate Rehabilitation

膝部のギプス等の固定が取り除かれたならば、この段階へ進む。この段階は、前段階の継続であり、運動処方ほぼ同類であるが、プログラムの進行を強める。運動処方は膝の可動域 (Range of Motion 以下 ROM と略す) の増加も含めていく。膝伸展での ROM の回復の為には、一般的に積極的なストレッチの方が理にかなった方法として実施されている⁽⁶⁾。この場合、膝部伸展 0° が問題とされる。

この段階でのリハビリテーションプログラムの実施には以下の通りである。

1. Straight leg raising : using maximum possible resistance.

2. Pulley exercises : Hip extension progressive to 15 to 20 repetitions

Hip flexion-progressive to 15 to 20 repetitions

Hip abduction-progressive to 15 to 20 repetitions

Hip adduction-progressive to 15 to 20 repetitions

3. Knee extension-flexion utilizing isokinetic exercises, beginning with a relatively low speed and gradually increasing the speed.

4. Ankle plantar flexion : progressive to 15 to 20 repetitions.

5. Terminal extension exercise(hurdler's exercise) : with the addition of a towel looped over the forefoot for additional stretching of the popliteal area. (図5参照。)

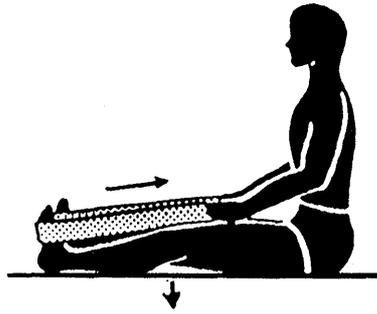


図5 タオル使用での Knee Extension

これ等の運動処方(1~5) 1セット, 2セット, 3セットと漸進させていくが, 3セットが可能になったならば, すでにこの段階での発達が終了しているため, それ以上は実施の必要はない。腫脹と疼痛が無くなれば出来る限り早く屈曲90°のROM値の中で以下を実施する⁽¹⁶⁾。

6. *Leg raises are eliminated.*

7. *Isotonic leg extension is added: one leg at a time, alternating legs.*

Resistance is added progressively, 15 to 20 repetitions.

8. *Isotonic knee flexion resistance is added progressively, 15 to 20 repetitions.*

9. *Terminal extension is continued if necessary.*

10. *Active stretching of the rectus femoris muscle, the hamstring muscles, and the Achilles tendon is initiated at the same time that isotonic exercises are introduced.*

11. *Stationary bicycling is added to tolerance, usually 2 to 4 miles at one sitting, with a resistance based up on the capability of the individual.*

12. *At this stage the leg press is added to tolerance.*

Resistance is progressive, 20 to 30 repetitions.

以上それぞれの運動処方は1日に2,3度実施する。この段階に於けるリハビリテーションのこの段階での目的は動作を長く持続させることではなく, 単に動作の中での筋力の再建にある。第1に重要なことは, ROMが無痛で屈曲と完全な0°伸展が出来ることである。

④ Late Intermediate Rehabilitation

この段階に進ませる基準は, 無痛で完全なROM値の回復がしてあることである。又, 大腿四頭筋群の不足が健側と比べ25%以下であること⁽¹⁶⁾。

以下の運動処方を実施する。

1. *Leg extension: both legs simultaneously, 15 to 20 repetitions.*

2. *Leg flexion: both legs simultaneously, 15 to 20 repetitions.*

3. *Leg press: 15 to 20 repetitions.*

Accentuate the "negative."

Take 2 full seconds to lift weight. In lifted position hold for 1 to 2 seconds.

Then lower, taking 4 seconds.

4. *Stationary bicycle: emphasize high speed and high resistance.*

Progress with distance up to 5 miles.

5. *Running : preferably up hill, or if on the treadmill, with a grade of 5 to 10 percent.*

Progress in distance and speed.

⑤ *Advanced Rehabilitation*

この運動処方段階では、スポーツ・コンディショニングセンターでの実施を必要とする。所謂、負荷の増加、動きの早さ、動きの角度、Repetition 等が運動処方に必要とされるからである。

このリハビリテーションプログラムに導入される基準は、選手の大腿四頭筋群の強さが5～10%の差で、それぞれのスポーツ種目に参加できると考えられる段階である。

以下の運動処方を実施する。

1. *Warm-up using a stationary bicycle or jump rope.*

Maximum performance, 3 to 5 minutes' duration.

2. *Leg press : to exhaustion, 15 to 20 repetitions.*

Accentuate the "negative" by taking twice as long to lower than was required to raise the weight.

3. *Leg extension : to exhaustion, 15 to 20 repetitions.*

4. *Three-quarter knee bends : to exhaustion, 15 to 20 repetitions.*

5. *Leg curl : to exhaustion, 15 to 20 repetitions.*

6. *Toe raise : to exhaustion, 15 to 20 repetitions.*

7. *Stationary bicycle : taper off.*

Moderate resistance for 3 to 5 minutes' duration.

上記の運動処方実施では Jump rope, Bike を除いて運動種目と運動種目の間、絶対に休みを入れるべきでない。リハビリテーションの焦点は、同スポーツ種目での、その種目におけるコンディショニングと正確さを同じ様に進めていくことである。実際のリハビリテーションプログラムの終了は、筋力、持久力、柔軟性が最大に発達、回復していることである⁽¹⁶⁾。

以上のリハビリテーションプログラム実施中に特に注意せねばならないことが2点ある。

a) A.C.L. の不安定さについて

A.C.L.損傷では、膝の前方への不安定と回転した時の不安定が徴候として観ることが出来る。もし、その様であれば、最大の負荷と速さ、急な膝の伸展が脛骨と大腿骨の間で亜脱臼を作る原因となる⁽¹⁶⁾。その為、手術が必要とされるが、術後に於いてもリハビリテーションプログラムの中で、最大の負荷（強さ、速さ）を伸展時にかかることは特に用心する必要がある。殊に ROM を強度の Isotonic, Isokinetic 等の運動処方の際、伸展0° に近づけようとしたときである。

b) 伸展0° の運動処方について

時々、術後或いは損傷後のリハビリテーションプログラムの進行で伸展0° の獲得が難しいことがある。この伸展0°（注；受傷前或いは健側が0° でない場合もある。）を欠くことは、伸展筋のメカニズムによるもので、伸展-10° ～ -15° のところである。

このことは、完全屈曲最後の回復 -10° ～ -15° 以上に運動をするのに重要な意味をもつ⁽²²⁾。その為、術後或いは損傷後出来る限り早い時期に完全な伸展を獲得することが大切なことである。

このことから以下の運動処方を勧める

① 図5の様な方法で可能な限り膝を伸ばす。

タオル、又は帯を足底末梢部にかけて、大腿四頭筋群をストレッチさせながらタオルを握った手を胸に引き寄せながら膝窩部がフロアに着く様努力する。

- ② 膝窩部にパッドを置き、可能な限り膝部伸展、大腿四頭筋群のストレッチ（この場合 Quad set）させ、下肢を挙げそのまま下しながら直接膝蓋骨上に自分の手掌部で圧を加える。

以上、これ等の方法、考え方が1975年以前 Cybex M. が登場するまでのリハビリテーションプログラムである。現在では、膝部の手術はそのほとんどが膝内鏡（ARTHROSCOPY）で実施される。その手術法によって手術が確実にそして治癒も早くなった⁽²⁾。しかし、術式が変わっても今まで述べたこれ等のリハビリテーションのあり方は、理にかなった方法として、今日でも重要視されている。

このように、術式の改良とともに Cybex M. がリハビリテーションプログラムに登場し始める。

(2) Cybex M. を使用したリハビリテーションプログラムについて

JAMES F. WELSH は Cybex M. を使用し、方法と評価を以下の様に実施した⁽²⁾。

- a) Cybex M.を使用し、その測定値からパーセントを出す方法は、健常時（受傷前の状態）と患側の比較、又は、単にその時の健側と患側の比較の2通りとした。
- b) スポーツ選手の場合、シーズンに入る前に、予め健常時の Score を得ることができるが、一般社会人では、そのことが不可能なため、健側と患側との比較によってリハビリテーションプログラムを決定する。しかし、より綿密にリハビリテーションプログラムを組み立てるためには、健常時、或いは受傷後早い時期の健側のトルク曲線の最高値から求めた方がよい。このことが、後療法中、並びに復帰後の再損傷の危険性を少なくする。

又、値は、大腿四頭筋群と大腿後筋群がトルク曲線として表れるが、対照としてパーセントの決定をしたのは大腿四頭筋群の方である⁽²⁾。

- c) Cybex M. 使用時の回転速度については、10 Round Per Minute（以下 R.P.M.と略す）、30 R.P.M.を用い測定した。10 R.P.M.については、Strength,30 R.P.M. では、Power（或いは Endurance）とさまざま違った評価ができる。今回は全て、10 R.P.M.の Strength の比較によってリハビリテーションプログラムを決定した。

以上、a), b), c) のことから Cybex M. で得られた健常時、或いは健側と患側の大腿四頭筋群 10 R.P.M.のトルク曲線の比較を基にリハビリテーションプログラムを実施した⁽²⁾。

- d) 受傷後、或いは術後行う理学療法は、一般理学療法（受動的理学療法—光線、水、電気、温度等の物理的因子を利用し治療するもの）と運動療法（積極的理学療法—他動的に又は、自力で体を動かして治療するもの）に分けることができる⁽⁹⁾。この二方法で、リハビリテーションプログラムを実施したが、早い運動機能の回復を目指すためには、運動療法を中心として一般理学療法は運動療法の前処置として補助的に行った⁽²⁾。

このことから Cybex M. 登場以前からのリハビリテーションプログラムも重要視し以下の様に評価、主に以下の運動種目も取り入れ実施した。

- a) 患側が術前、或いは健側と比較し50%水準を得た場合以下の運動実施種目が許される。
- a. Jump Rope b. Step ups c. Jogging
- b) 患側が術前、或いは健側と比較し75%水準を得た場合以下の運動実施種目が許される。
- a. Running b. Cutting drills c. Agilities
- c) 患側が術前、或いは健側と比較し85%水準を得た場合以下の運動実施種目が許される。

半月板損傷および前十字靭帯損傷における術後のリハビリテーションプログラムの変遷

- a. Hand Ball b. Racket Ball
- d) 90 %水準を得た場合、プレーに復帰することが許される。
- e) 更に100%水準が得られるまで続行することが望ましい。

以上の Welsh のリハビリテーションプログラムの考えから更に彼は、一般社会人が日常生活へ復帰できる段階を75% 水準と決定した。それは、この段階から リハビリテーションプログラムの中で Running, Cutting drills, Agilities 等の運動が開始できるためである。しかし、レクリエーションスポーツの復帰については、スポーツ選手同様、90%以上のリハビリテーションの必要性を患者に指示した。

WELSH の詳細なリハビリテーションプログラムは以下表1の通りである。

(表1) リハビリテーションプログラム

	運動療法 (exercise program)	備 考
術後、或いは cast (ギプス固定) 使用中	自動運動開始 Quad. setting exercises (goal. minimum 100per day maximum 200per day) leg lifts 3×10reps twice daily lateral leg raises 3×10reps	cast on crutch (杖) 使用
cast除去後	自動運動 他動運動 leg lifts lateral leg raises CYBEX MACHINE. ORTHOTRON (BIKE) FITORON の使用 Knee extension exercises Without resistance→with resistance step ups exercise	ROM値測定 一般理学療法の使用 極超短波療法 超音波療法 低周波療法 渦流浴 CYBEX TEST 50%獲得 ROM値 flexion 110 トレーニングの前後: ice使用 (maximum 15 min) jump rope (縄飛) joggingの開始
	CYBEX MACHINE ORTHOTRON resistance FITORON time running の開始 cutting agilities	CYBEX TEST 75% 日常生活への復帰 敏捷性運動を多用
	CYBEX MACHINE ORTHOTRON resistance FITORON time hand ball racket ball 開始可能	CYBEX TEST 85% cutting捻りに対し安定性 を得ている。
	CYBEX MACHINE ORTHOTRON resistance time	CYBEX TEST 90% playの復帰が許される ↓ 更に100%まで続けることが望ましい。

3. 近年のリハビリテーションプログラムについて

1980年代中頃まで Isokinetic Exercise の分野の器具がリハビリテーションプログラムの主役的存在で使用された時期があった⁽²¹⁾。前にも述べた様に、殊に Cybex M. を使用し、その値に基き、リハビリテーションプログラムを実施することは、P.T. 及びトレーナーにとって、その回復過程が理解し易かった。

しかし、今日では、Cybex M. を使用されることが減少している。その理由として、術式、殊に内視鏡の手術での使用により、術後からのリハビリテーションの期間が短くなった。同時に P.T. 及び、トレーナーがこれまでの経験を主に Cybex M. を使用しなくとも回復過程が理解できた。膝内障の中でも、内側半月 (Medial Meniscus, M.M.と略す) に関しては、約5～6週で回復させることから最終的に Cybex M. での測定のみですませるケースが多くなった。

靭帯損傷の場合、殊に A.C.L. に関しては、他の靭帯損傷のケースと違い、長期のリハビリテーションの期間を必要とする。この場合、Isokinetic 器具の使用で術後の早期の運動処方の実施及び測定することによって再損傷をおこし易い⁽²¹⁾。A.C.L. に関してのリハビリテーションプログラムでは、術後12週 (約3ヶ月) で初めて Cybex M. を使用し測定、評価する⁽²¹⁾ のが実際である。

このような理由から実際に Cybex M. の使用頻度も以前と比べ少なくなった。過去においてこの器機の使用からどのようにリハビリテーションプログラムされてきたか、そして現在において、いかに回復させているかについて結果考察する。

内視鏡を使用した膝内障の中から M.M. に関するもの、靭帯損傷の中からは、A.C.L. に関するものについて症例を使用し報告する。

(1) 半月板損傷術後のリハビリテーションと評価について

(症例報告からみた考察)

症例1：41才 男性

主 訴 左膝痛

現病歴：1979年12月22日、テニスのプレイ中転倒し受傷。

翌年1月25日内視鏡により M.M 切除、同年2月4日リハビリテーション診療所来院。

主に、Cybex M. を使用したリハビリテーションプログラムを表2の様に実施した。

表2 Cybex Machine を使用したリハビリテーションプログラム

術後の週	運 動 療 法	そ の 他
2 W.	S.L.R. 5 lbs.×30 Cybex M. 10RPM 10×5 set 7 RPM 10×2 set 10RPM 10×2 set	Ice 10 min. Mini Squat
3 W.	S.L.R. 7 lbs.×40 Cybex M. 20RPM 20×3 set 30RPM 30×3 set 10RPM 10×3 set Bike 10 min.	Ice 10 min. Mini Squat
4 W.	S.L.R. 7 lbs.×50 Cybex M. 10RPM 10×6 set 20RPM 10×6 set 30RPM 15×6 set Bike 10 min.	Ice 15 min. Daina wave 15 min. Half Squat

半月板損傷および前十字靭帯損傷における術後のリハビリテーションプログラムの変遷

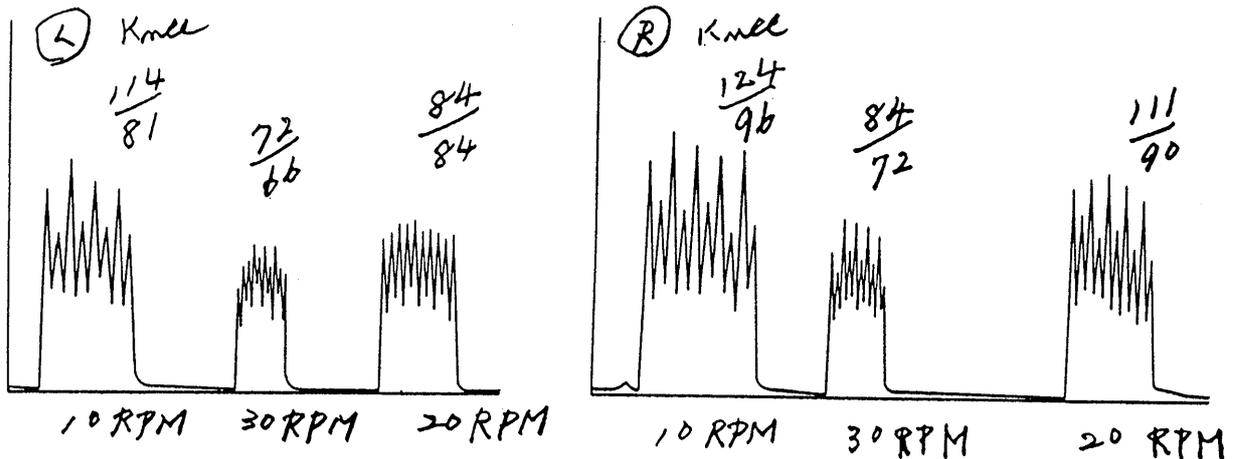
又, Cybex Test(Cybexを用い Isokinetic における膝の屈伸筋力テスト) で健側との評価, ROM 値の評価は表3の通りである。

表3 術後の評価

術後日数	Cybex Test	ROM
10日	26 %	屈曲 135° (健側 150°) 伸展 -2° (健側 0°)
21日 (3週)	55 %	屈曲 145° 伸展 0°
31日 (約1ヶ月)	64 %	健側と同様
48日 (約7週)	90 %	健側と同様

図6が最終の Cybex Test の評価と ROM と大腿周囲数回復を示したものである。

上記の診療所に於る実施実日数は14日である。



-CYBEX SCORES-

Strength at 10 rpm : L Quad. is 90 % of R Quad.
L Ham. is 84 % of R Ham.
 Power at 30 rpm : L Quad. is 86 % of R Quad.
L Ham. is 91 % of R Quad.

-RANGE OF MOTION-

Extension R- 0 degrees L- 0 degrees
 Flexion R- 147 degrees L- 145 degrees
 Girth at 6° above patella
 R- 49 cm. L- 49 cm.

図6 症例1 Cybex test の評価

半月板損傷および前十字靭帯損傷における術後のリハビリテーションプログラムの変遷

症例1は、主に CYBEX M. を使用したリハビリテーションプログラムで、同時に早い段階から Cybex Test により健側との比較で評価したものである。現在に於いては、このような回復をすることを経験的に知ることができた為、最終の1回だけの評価で十分である。日数(週)を横軸に Cybex Test での評価を縦軸にとり、この症例がどの様に回復したかを図7に表した。

M.M. を内視鏡で手術した場合、拘縮も ROM の減少も術前と比べあまり見られない為、回復は内視鏡を使用しない手術例よりも早い⁹⁾。

以前の研究(同年代の Cybex M. を主に利用した研究報告)でも、内視鏡での症例調査³⁾において平均約7週で80%以上の回復を見て診療所におけるリハビリテーションを終了している²⁾。スポーツ選手では、90%以上の回復を必要とすることを患者に指示し、WELSH は、日常生活に復帰できる基準を75%としていることから²⁾一応の終了を見ている。

現在では、これ等の Cybex Test の回復過程を経験的に知り、又、保険の取扱いで診療所でのリハビリテーション実施日数が減少させられたことと合わせ、プログラム進行状況で最終1回の Cybex Test で十分であると認識、実施している²⁾のが実際である。

それと同時に、診療所での保険取り扱いの実施日数の減少と、毎日の通院の時間的不可能から手軽に家庭でもできるリハビリテーションの実施が必要とされるため、HOME PROGRAM の実施も大変重要である。

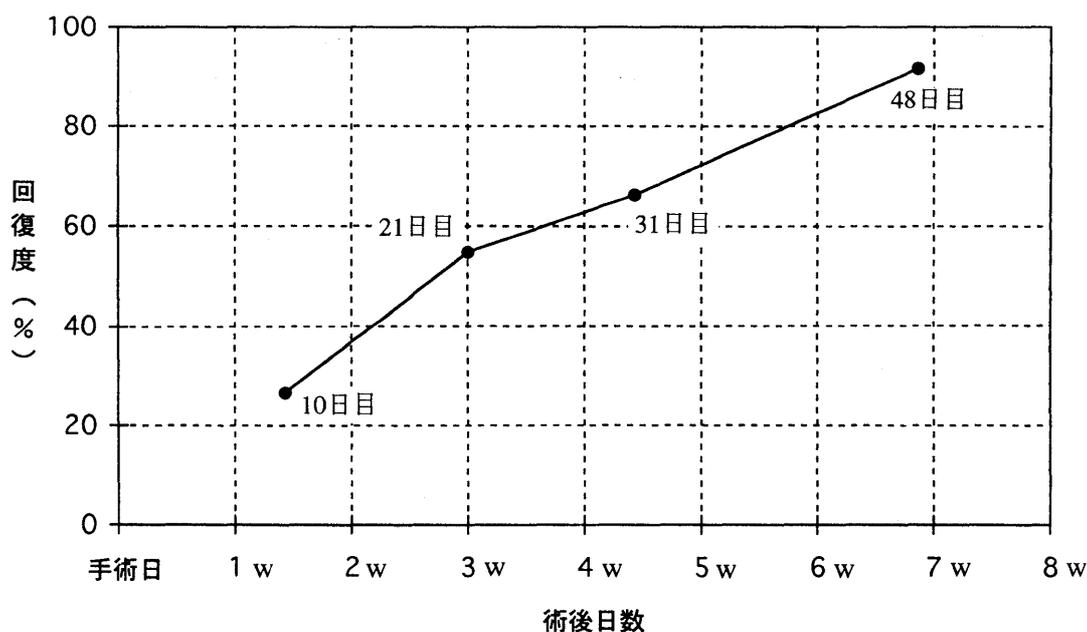


図7 Cybex test の回復過程

膝の HOME PROGRAM の実施方法は、以下の通りである。

PHYSICAL & ATHLETIC REHABILITATION SUGGESTED HOME PROGRAM FOR THE KNEE

These exercises should be done consistently and more often than you think.

- 1. Listen to your injured knee. If you have pain that lasts for more than 15 minutes after you exercise you may have done too much. This means next time you exercise back off a bit. This does not mean you stop exercising. Movement and ice will alleviate much of the pain.*

2. *Start passive knee motion - Goal : 0 to 100 degrees Extension Drills -should be your first priority unless otherwise stated.*
 - (a) *Sit on edge of couch/chair with heel on edge of coffee table/ step stool.*
Your leg should be unsupported allowing your knee to straighten.
 - (b) *Lay on your stomach with a pillow slightly above knee cap and allow leg to straighten out.*
 - (c) *Stretch your hamstring while pushing down just above your knee Flexion Drills.*
 - (d) *Ball/rocking chair/stool with wheels - sit and move back and forth with heels on floor.*
 - (e) *Towel drill - sit up ; put towel around ankle and pull towards you see how far you can bend your knee.*
3. *Restore patella mobility*
 - (a) *Move knee cap back and forth,up and down.*
 - (b) *Tighten quad muscles many times a day.*
4. *Regain active/voluntary control of the quadriceps and hamstrings.*
 - (a) *VMO(注 ; 内側広筋斜頭) tightening (100 per day).*
 - (b) *Straight Leg Raises (60-100 per day).*
 - (c) *Short arc quadricep drills.*
 - (d) *Heel slides - bend knee slightly and push heel into ground. Hold for 5 - 10 seconds. Relax.Repeat.*
5. *Regain strength in total lower extremity*
 - (a) *Mini squat with back against the wall and feet shoulder width apart bend at the knees slightly. his is not a deep squat.*
Make sure equal amount of weight is put onto each leg.
6. *Regain flexibility in lower extremity*
 - (a) *Calf stretch - face wall with staggered feet and push against wall*

症例 2 : 56才 男性

主 訴 右膝痛

現病歴 : 1996年1月25日, ハンドボール(米国式室内球技)プレー中転倒。

同年 2月6日内視鏡で M.M 切除, 2月12日入院。

<術後6日>

ROM 屈曲 130° 伸展 -2°

最初の段階のリハビリテーションプログラムは Isometric Exercise が中心となる。

1. Quad Set
2. Leg FlatT
3. S.L.R.
4. Mini Squat (チューブ使用)

(注) ; Mini Squat では大腿四頭筋群の回復を目的としてチューブを使って負荷を与える。これは、日本に於いても、筋力 UP リハビリテーションの回復目的等で使用されている方法で⁽²⁴⁾ がある。図8の様な形でチューブの伸縮を利用し実施する。

5. Ball

(注) ; Ball は、Gymnastic Ball (中真空、直径 65cm) を使用し、図9のように Ball の上に座らせ、足底部を床から離さない様に前後の方向に Ball を動かす⁽⁴⁾。この動きから膝の屈曲の ROM の回復を無理のない様実施する。

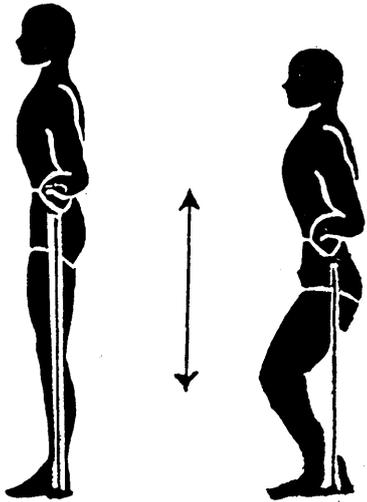


図8 チューブ使用での Mini Sugaat

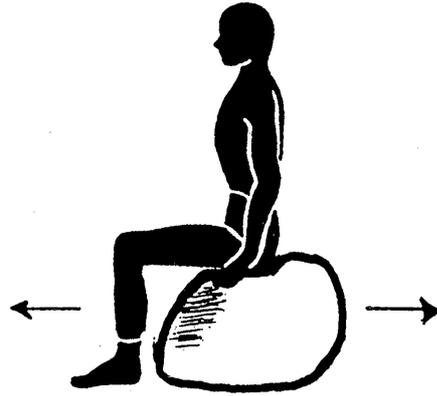


図9 ボール使用での ROM の回復

リハビリテーションの段階によっては4,5の様にならずしも専門的器具が整ってなくとも、簡単に用意できるものでリハビリテーションは可能である。

しかし、最終的には積極的にリハビリテーションプログラムの実施において Isokinetic の器具の方がより効果的である⁽⁹⁾。

最終3～4週目からは、Cybex M. を使用した運動処方がなされた。

10RPM 10×35 sets

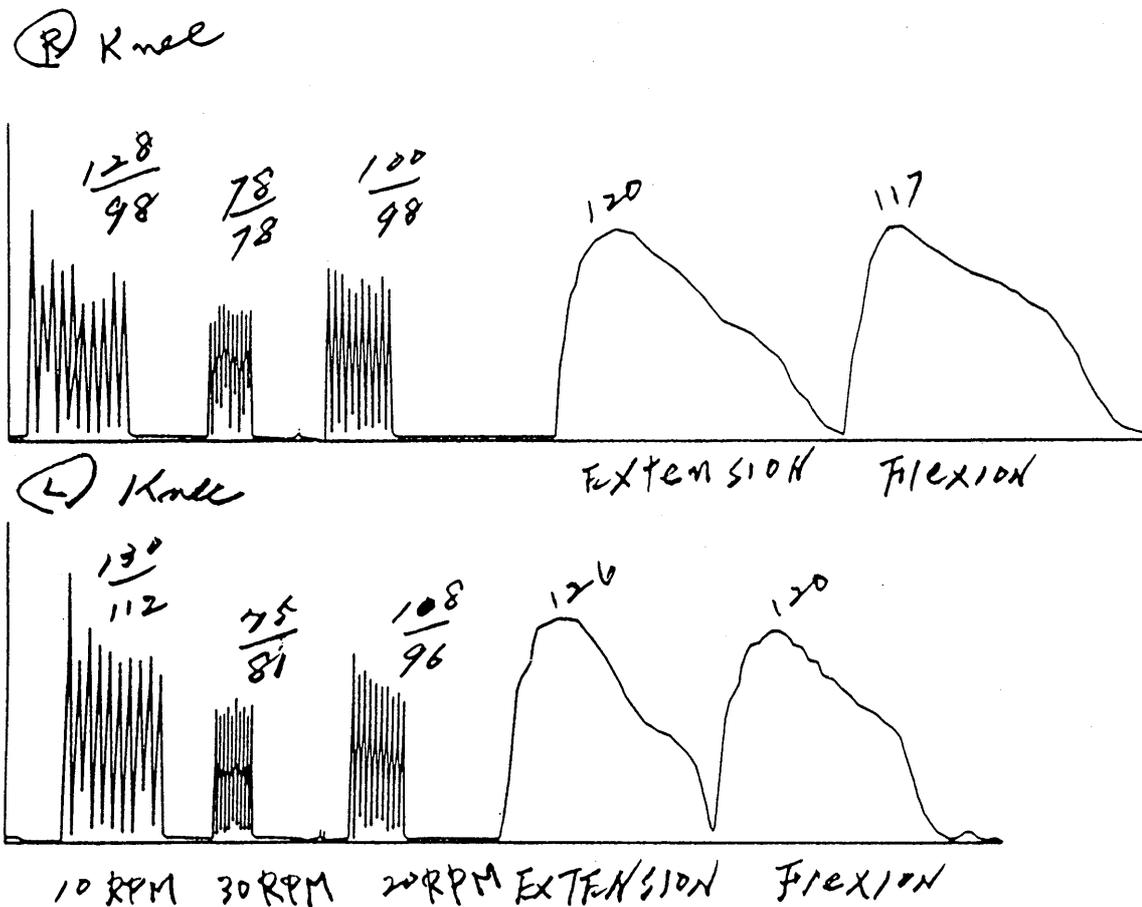
20RPM 10×3 sets

30RPM 10×3 sets

BIKE 10 MIN

この様に HOME PROGRAM も併用しながら術後7週で Cybex Test 図10の評価を得てリハビリテーションプログラムを終了した。

診療所に於ける実施実日数6日であった。



-CYBEX SCORES-

Strength at 10 rpm :	R Quad.	is	98 %	of	L Quad.
	R Ham.	is	88 %	of	L Ham.
Power at 30 rpm :	R Quad.	is	104 %	of	L Quad.
	R Ham.	is	96 %	of	L Quad.

-RANGE OF MOTION-

Extension	R- 0 degrees	L- 0 degrees
Flexion	R- 135 degrees	L- 135 degrees
Girth at 6° above patella	R- 50 cm.	L- 48 cm.

図10 症例2 Cybex test の評価

症例3：17才 男性 体操選手

主訴：1996年1月2日 体操練習中転倒。

同年1月5日 内視鏡にてM.M. 手術

同年1月11日 来院

<術後6日>

術後の ROM 値が良くない為、Ball 等を使用。主に Isometric Exercise を中心に実施。

1. Leg Flat 2. Quad Set 3. Ball 4. S.L.R.

<術後10日>

ROM 屈曲 110° 伸展 -5

初日とほぼ同様、BIKE も実施。

<術後17日>

ROM 屈曲 125° 伸展 0°

大腿周囲数 膝蓋骨上 (6インチ) 49.5cm (健 52cm)

Mini Squat. BIKE 等中心に実施。

<術後31日>

ROM 屈曲 145° 伸展 0° (健側 150)

Hsfl Squat 運動実施

ROM 値回復の為、主に Cybex M. 使用

20 RPM 10×3 sets

15 RPM 10×3 sets

<術後 33日>

主に Cybex M. 使用

20 RPM 10×4 sets

15 RPM 10×4 sets

10 RPM 10×4 sets

<術後 37日>

術後33日と同様 Cybex M. でのプログラム実施。

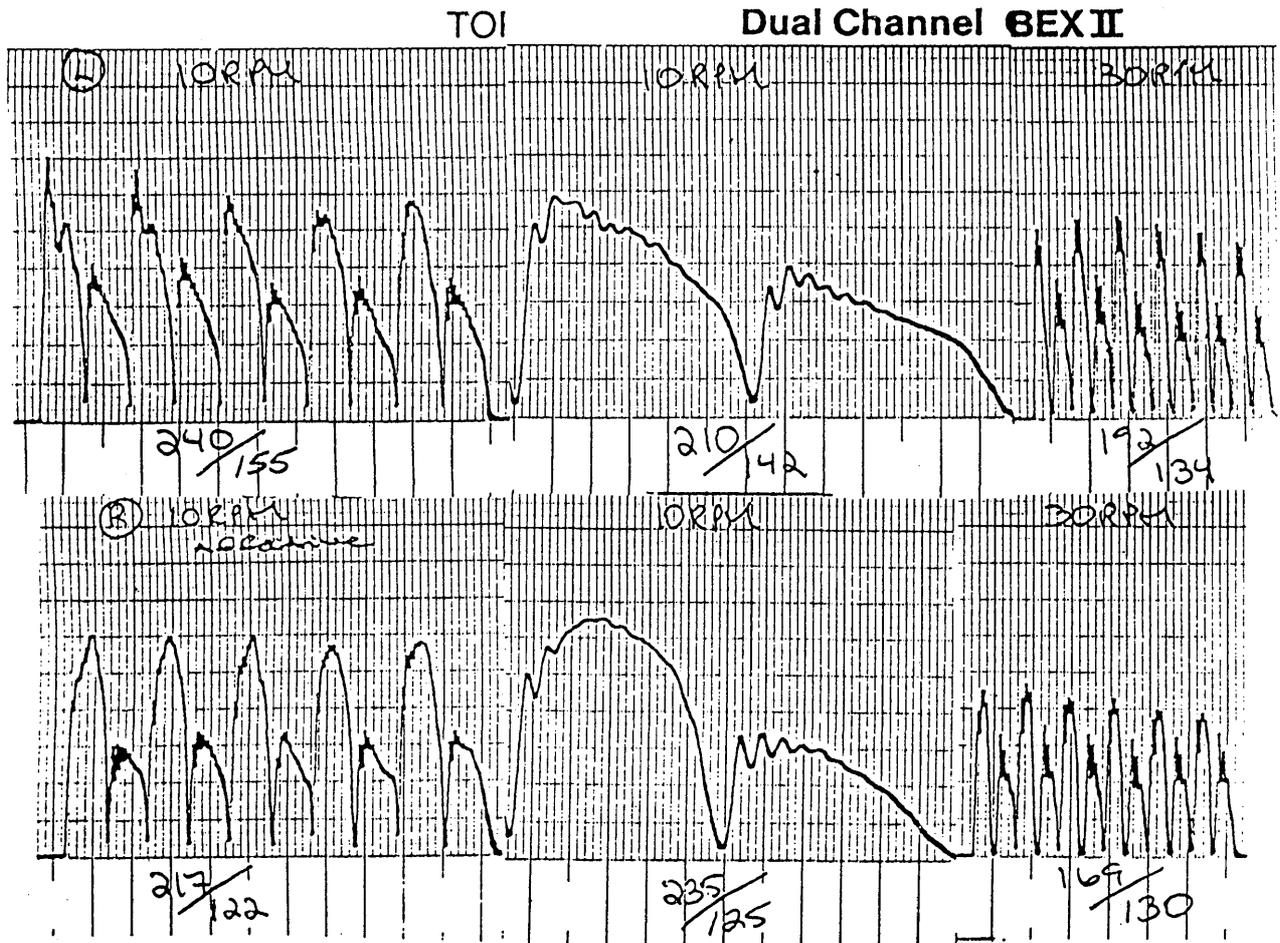
診療所に於る実施実日数は6日である。

ROM 値回復後、積極的に Isokinetic Exercise を実施、最終 1996年2月16日の Cybex Test での評価は図11の通りであり、リハビリテーションを終了、スポーツへ復帰する。

この様に内視鏡による M.M. に関する手術では、ギプス固定の必要もなく筋の拘縮もさ程見られない⁹⁾。

術後すぐのリハビリテーションプログラムは Isometric Exercise を中心に実施、膝の ROM がほぼ回復した3~4週間後から Isokinetic Exercise を実施、主に Cybex M. を使用したプログラムに移行した。この様なリハビリテーションプログラムで約5~6週で復帰させることが可能である。

診療所に於る実施実日数は6日間であるが、この症例では来院しない日の HOME PROGRAM の実施効果がみられたことから、この HOME PROGRAM の実施は大変重要であることが理解できる。



-CYBEX SCORES-

Strength at 10 rpm : R Quad. is 98 % of L Quad.
 R Ham. is 81 % of L Ham.

Power at 30 rpm : R Quad. is 88 % of L Quad.
 R Ham. is 97 % of L Quad.

-RANGE OF MOTION-

Extension R- 0 degrees L- 0 degrees
 Flexion R- 145 degrees L- 150 degrees
 Girth at 6° above patella
 R- 51 cm. L- 53 cm.

図11 症例3 Cybex test の評価

(2) 前十字靭帯術後のリハビリテーションと評価について

(症例報告からみた考察)

膝の靭帯損傷には選手にとって致命的ともなる A.C.L. 損傷がある。この靭帯は、膝関節の中心部(図12)にあり、膝のひねり、或いはストップ動作等での素早い動作時に、大腿骨と脛骨がずれないように制御する役割がある⁽¹²⁾。この部位の損傷時には、膝がガクッとなる GIVING WAY の症状がみられ、LACHMAN TEST (膝軽屈曲位で前方動揺性を調べる。急性期で痛みの為、十分曲げられない時の診断法として用いられる。)と前方引き出しテスト(膝90°屈曲位で前方への動揺をみる。)で陽性を示す⁽²⁰⁾。

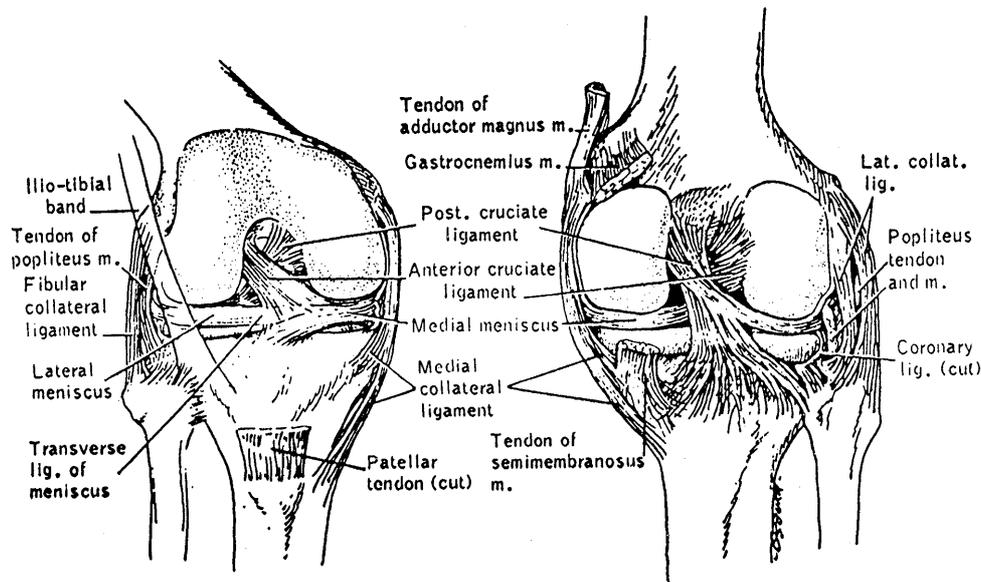


図12 膝の解剖図

この靭帯損傷で困ることは、他の靭帯と違い局所の安静、固定療法を行っても治癒しないことである。この為に手術が必要で、日本に於ては、10年位前まで術後のリハビリテーションも1年から1年半位かかるのが普通であった。

しかし、近年のスポーツ医学の進歩、特に内視鏡の技術の進歩により、確実に、そして短期間で治すことが可能となった⁽²⁰⁾。

このことから、A.C.L. に関して現在術後のリハビリテーションプログラムがいかに実施されているか。又、Cybex M. 等を用いた Isokinetic Exercise が初期の段階では強すぎると言われているが⁽⁹⁾、どの段階からこれ等の器具の導入をするべきか考察する。

以下の症例報告は、陳旧性であるが A.C.L. 損傷を認めたが、M.M.での内視鏡の術後のみを考慮しリハビリテーションを実施した。その結果早期に Cybex M. を使用し二次損傷を起こした。

症例 4 : 36歳 男性, 会社員

主 訴 : 右膝痛

現病歴 : 1983年 8月13日, ソフトボール, プレー中ベースに躓き転倒し受傷。

同年 8月16日内視鏡により M.M. 切除。同時に陳旧性の A.C.L. 損傷を認めるも再建術の適用はないものと判断した。

M.M.術後のリハビリテーションプログラムについて

リハビリテーションプログラムを1983年 8月31日から表 4 ように実施。

表 4 M.M. 術後のリハビリテーションプログラム

術後の週	運 動 療 法	そ の 他
2 W.	S.L.R. 5 lbs.×30 Cybex M. 10RPM 10×5 set 7 RPM 10×2 set 10RPM 10×2 set	Ice 10 min.
3 W.	S.L.R. 7 lbs.×40 Cybex M. 20RPM 20×3 set 30RPM 30×3 set 10RPM 10×3 set Bike 10 min.	Ice 10 min.
4 W.	S.L.R. 7 lbs.×50 Cybex M. 10RPM 10×6 set 20RPM 10×6 set 30RPM 15×6 set Bike 10 min.	Ice 15 min. Daina wave 15 min.

<術後 2 週>

本格的リハビリテーションを開始。Cybex M., Straight Leg Rise (以下 S.L.R と略す), プログラム終了後, Ice を使用。

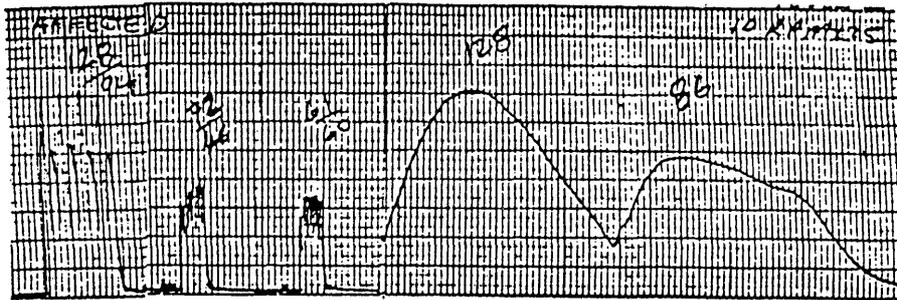
<術後 3 週>

膝関節の可動域を早く回復させるために Bike を使用。Cybex M. での プログラムも Power 強化のため, RPM 値を 20, 30として実施。

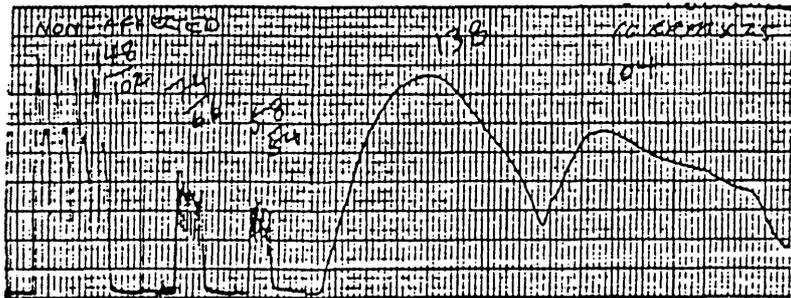
<術後 5 週>

Cybex Test は図13の通りである。Strengthの 10 RPM の評価では, 大腿四頭筋群86%, 大腿後筋群90%, Power の30 RPM の評価では, 大腿四頭筋群97%, 大腿後筋群100%と回復した。可動域は0° ~ 138° (健側150°), 大腿周囲値 (膝蓋骨上端から6インチ の高さ) も両側共48cm である。筋力, 可動域とも, 好調に回復を示した。

しかし, 患者の主訴によれば, 右膝が前方に滑り出す (Anterior Draw) 感じがあり, 蹲距 (Full Squat) や階段の昇降時に疼痛を感じるのとことである。Lenox Heel Brace (固定法) を使用すれば, 愁訴は軽減すると思われた。しかし, Giving Way, Anterior Draw Sign が著しいため, 同年10月20日, A.C.L.再建術を施行。



Left knee



-CYBEX SCORES-

Strength at 10 rpm : R Quad. is 86 % of L Quad.
 R Ham. is 90 % of L Ham.
 Power at 30 rpm : R Quad. is 97 % of L Quad.

-RANGE OF MOTION-

Extension R- 0 degrees L- 0 degrees
 Flexion R- 138 degrees L- 150 degrees
 Girth at 6° above patella
 R- 48 cm. L- 48 cm.

図13 症例3 Cybex test の評価

この様に Cybex Test からみた評価は回復を示しているが、陳旧性の A.C.L. 損傷があった場合、それを考慮せずに Cybex M. を中心にリハビリテーションを実施すると、二次損傷を起こす。A.C.L. 損傷後、或いは術後の Cybex M. の早期からの使用は危険であることがこの症例から言える³⁾。

A.C.L. 再建術後のリハビリテーションプログラムについて

同年12月5日からのプログラムは表5の通りである。

<術後8週>

可動域は膝屈曲20° ~ 95° 内側広筋の萎縮は著明であり、筋力は減弱していた。疼痛はなく腫脹も少ない。A.C.L.術後のプログラムであるため、再損傷を防ぐことから、大腿四頭筋群については Isometric Exercise, 大腿後筋群については Isokinetic Exercise が可能なため、Leg Curl の運動療法を施行した。S.L.R. (実際には、伸展0° がとれないため、それに近い形で実施) は、負荷を大腿部にかけて実施。プログラム終了時にはアイシングの実施、筋の回復のためには電気刺激 (Electric Muscle Stimulation) も併用した。

表5 A.C.L. 再建術後のリハビリテーションプログラム

術後の週	運動療法	その他
8 W.	S.L.R. 5lbs.×75 (Weight on Femur) ORTHOTRON (Isometric Exer. for Quad.) Flex. 90° 60° 45° Block 5 sec. hold.×15each abgle. CYBEX M. (Isokinetic Exer. for ham.) Pull down only. 10 RPM 15×3set. 15 RPM 15×3set.	Ice 15min.
9 W.	S.L.R. 7 lbs.×75 ORTHOTRON Same Program as 8 W. CYBEX M. ORTHOTRON (For good leg) 8, 6, 4, each RPM 15×3 set.	Ice 15min.
10 W	S.L.R. 7 lbs.×100 ORTHOTRON Same as 8 W. CYBEX M. (Same way as. 8 W.) 10 RPM×100 ORTHOTRON (For good leg) Same as 9 W. Bike 5 min.	Ice 15min.
11 W.	S.L.R. 10lbs.×75 ORTHOTRON Same as 8 W. CYBEX M. Same as 10 W. ORTHOTRON (For good leg) Same as 9 W. Bike 10 min.	Ice 15min.
12 W.	S.L.R. 10lbs.×90 ORTHOTRON Same as 8 W. CYBEX M. (Same way as 8 W.) 10 RPM 10×5 set. 20 RPM 10×5 set. CYBEX M. (For good leg) 10 RPM 20 RPM 10×6 set. 15 RPM Bike 10 min.	Ice 15min.
13 W.	S.L.R. 10lbs.×100 ORTHOTRON (Same way as 8 W.) Same Program as 12 W. CYBEX M. (Same way as 8 W.) 20 RPM 15 10 RPM 10×4 set. 15 RPM 15 ORTHOTRON (For good leg) 8 RPM 15 4 RPM 10×3 set. 6 RPM 15	Ice 15min.

半月板損傷および前十字靭帯損傷における術後のリハビリテーションプログラムの変遷

表 5-2

術後の週	運動療法	その他
14W.	S.L.R. 10 lbs.×100 CYBEX M. (Isometric Exer. for Quad. and Ham.) Flex. 90° 60° 45° 10 sec. hold, 5sec. rest ↑ + ↓ ORTHOTRON (Good leg) 10 RPM 15×5set. 7 RPM 10×6set. Bike 10 min. Step ups 30×	
15W.	S.L.R. 5lbs.×100 (Weight on Tibia) CYBEX M. (Isokinetic Exer. for Ham. and Quad.) Flex. 45° Block 30 RPM 15×6set. 20 RPM 10×5set. 10 RPM 10×8set. 35 RPM 20×4set. Bike 10min. Step ups 50×	
16W.	S.L.R. 5 lbs.×100 CYBEX M. (Same way as 15W.) 25 RPM 15×7set. 10 RPM 20×10set. 30 RPM 30×5set. Bike 10min. Step ups60×	Ice 15min. CYBEX TEST
17W.	S.L.R. 7lbs.×100 CYBEX M. (Same way as 15W.) Same Program as 16W. Bike Same as 16W. Step ups S.L.R.	
18W.	CYBEX M. Same as 17W. Bike Step ups	
19W.	S.L.R. 8lbs.×100 CYBEX M. (Flex. 30° Block) 20 RPM15×6set. 10 RPM10 30 RPM5×10set. 40 RPM4×20set.	
20W.	S.L.R. Same as 17W. Bike Step ups70×	CYBEX TEST
Total 32 days		

<術後9週>

健側も同時に Cybex M.を使用した

<術後10週>

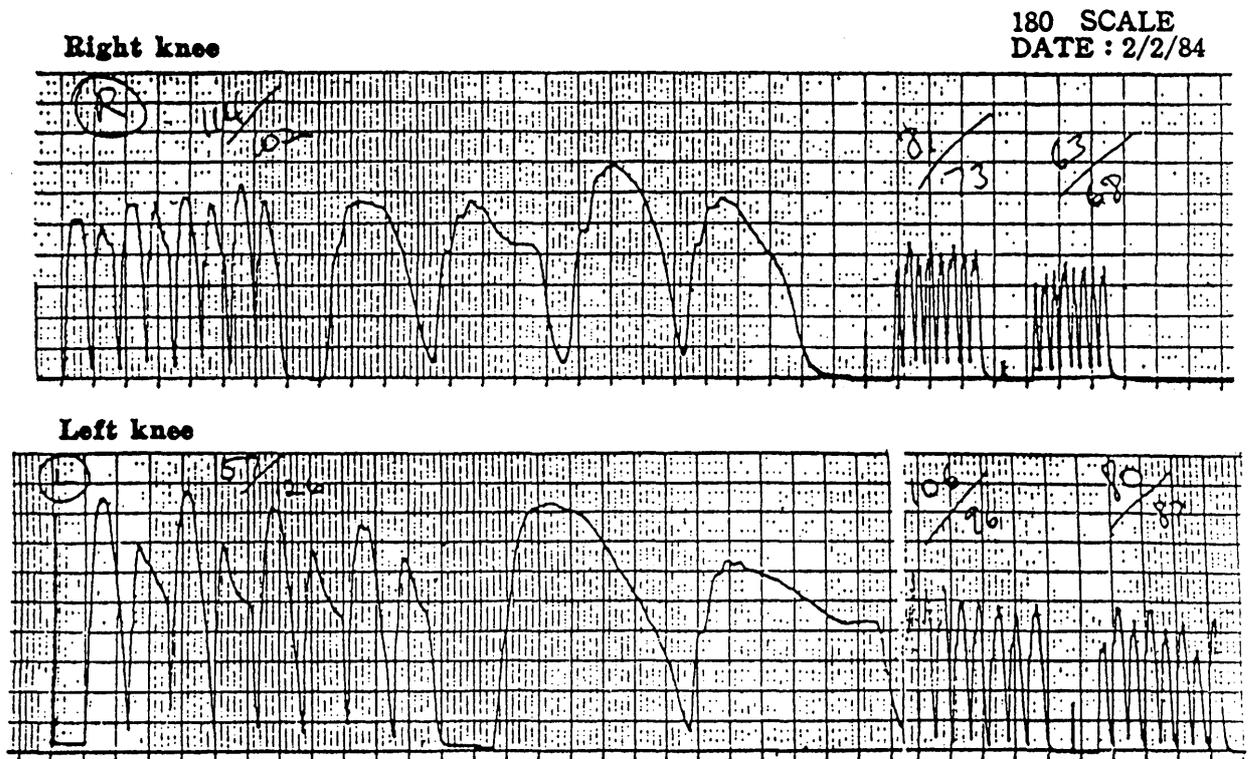
屈曲120°（健側150°）と屈曲可動域も良く、関節周囲の筋力も回復している。Bike のプログラムも開始した。

<術後15週>

Cybex M. で屈曲45° に固定（可動域伸展 0° ~ 45° の運動を避けるため）し、大腿四頭筋群と大腿後筋群のために Isokinetic Exercise を実施。

<術後16週>

Cybex Test は図14の通りである。その評価は、10 RPM.大腿四頭筋群73%，大腿後筋群81%，30 RPM, 大腿四頭筋群76%，大腿後筋群76%であり、可動域は -10° ~145° であった。



-CYBEX SCORES-

Strength at 10 rpm :	<u>R</u> Quad. is <u>73</u> % of <u>L</u> Quad.
	<u>R</u> Ham. is <u>81</u> % of <u>L</u> Ham.
Power at 30 rpm :	<u>R</u> Quad. is <u>76</u> % of <u>L</u> Quad.
	<u>R</u> Ham. is <u>76</u> % of <u>L</u> Ham.

-RANGE OF MOTION-

Extension	R- <u>-10</u> degrees	L- <u>0</u> degrees
Flexion	R- <u>145</u> degrees	L- <u>150</u> degrees

図14 症例4（術後14週）Cybex test の評価

<術後19週>

Cybox M. 屈曲30° 固定で Isokinetic Exercise を実施。Cybox Test も屈曲30° の固定で両側共実施，図15の通りである。10 RPM. 大腿四頭筋群92%，大腿後筋群95%，30RPM. 大腿四頭筋群90%，大腿後筋群100%，の評価であり，可動域は，-5° ~145° と回復した。運動時の疼痛もなく，腫脹もみられないため，家庭でできるいくつかの運動処方を指示，診療所におけるリハビリテーションを終了した。診療所における実施実日数は32日であった。A.C.L. の術後の症例調査においてこの様に90%以上の回復は個々において（年齢，性別等）異なるが，13~19週であった。⁽²⁾⁽³⁾

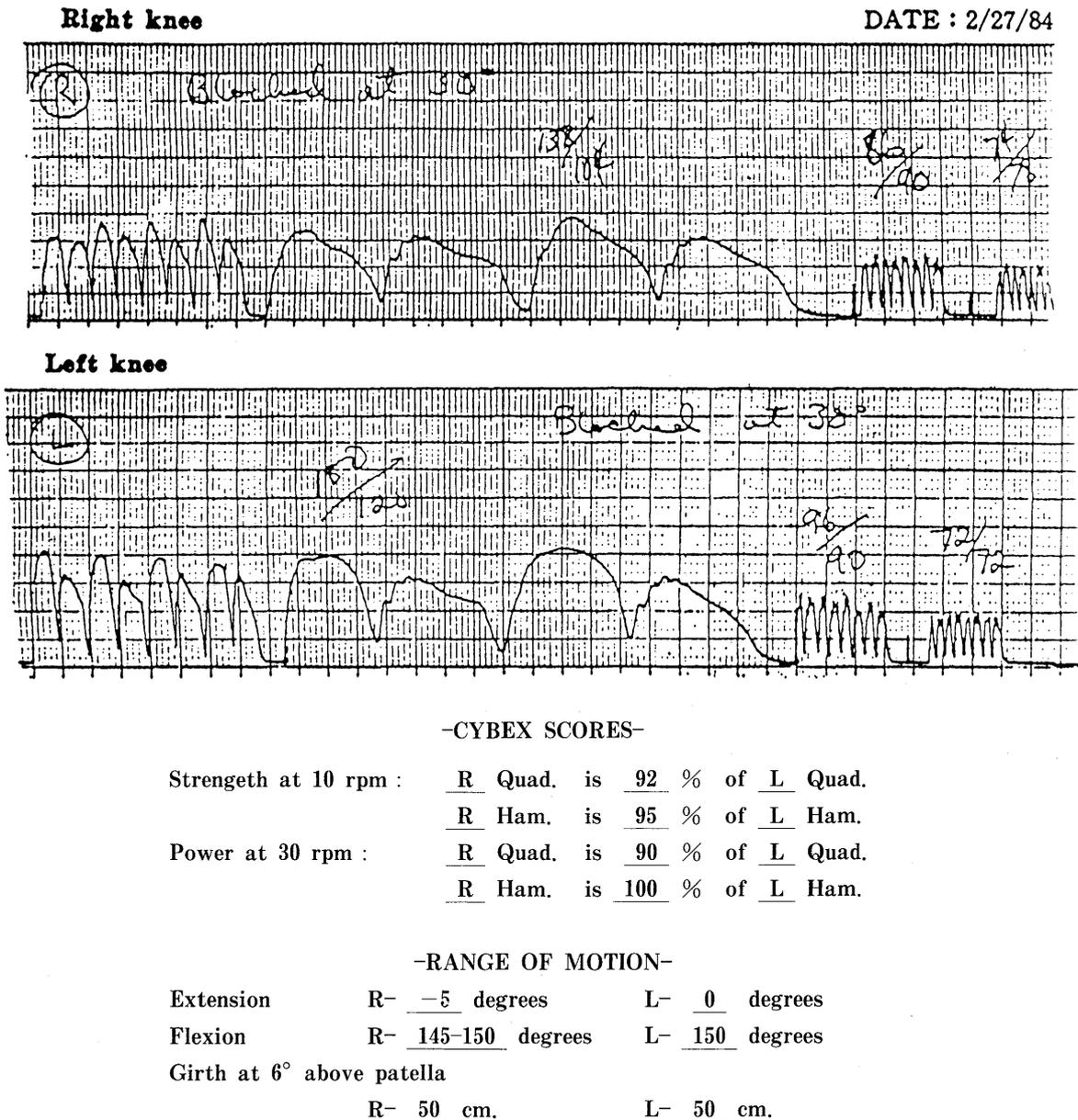


図15 症例4（術後19週） Cybex test の評価

このことからA.C.L. 損傷を伴ったものに関しては，詳細にチェックをしリハビリテーションを実施する必要がある。陳旧性の A.C.L. を認めた場合に於ても，それを十分に考慮し，膝の機能を理解し，詳細にチェック，リハビリテーションを実施しなければ A.C.L. の再損傷を起こす可能性がある⁽³⁾。

半月板損傷および前十字靭帯損傷における術後のリハビリテーションプログラムの変遷

殊に A.C.L. の術後のリハビリテーションプログラムの中で Cybex M. 等の使用, 特に膝部の伸展運動での早期の導入, 或いはこの使用での早期の測定は慎重に行うべきである。実際, 現在のリハビリテーションプログラム実施中, 最初の測定 (Cybex M. を使用した) を行うのが, 術後約 3 カ月である⁽¹⁸⁾。この様なことから, A.C.L. の術後のリハビリテーションプログラムが K.D. SHELBOURNE 等によって考案, 実施されている。

これは, 過去 8 年の A.C.L. の術後のリハビリテーションプログラムの経験結果に基づき, 作成したものである。それは, 徐々に術後の回復を完成させる 3 面 (three phases) に分け発達させた。

以下が Phase I から Phase III に分けた A.C.L. のリハビリテーションプログラムである⁽¹⁸⁾。

Accelerated Rehabilitation Program

1 to 3 days

Cryocuff applied in surgery for full time use

Continuous passive motion

Passive ROM exercise (foot propped on pillows) for terminal extension and 90° flexion

Straight leg raise for quadriceps control

Weight bearing, as tolerated

3 days

Discharge from hospital

7 to 10 days

Continue use of Cryocuff as needed

ROM - terminal extension, prone hangs and towel extensions

Wall slides, heel slides, active assisted flexion

Strengthening knee bends, step-ups, calf raises, Stairmaster

Discontinue crutches, progress to full weight bearing

2 to 3 weeks

ROM-terminal extension to 100° flexion unilateral knee bends, step-ups, calfraises, leg press

Stairmaster, quarter squats and calfraises in the squat rack, bicycling, swimming

Walk with normal gait pattern

5 to 6 week

ROM-terminal extension to 130° flexion Strength testing, KT 1000 (注; 器機名)

If strength is adequate, start lateral shuffles, cariocas, and jumping rope, continue weight room activities, bicycling, and swimming

Begin sport-specific activities

12 weeks

Full ROM-strength testing, KT 1000, increased agility workouts, continue running program and sports specific activities

16 weeks

Repeat strength assessment, KT 1000

Gradual return to normal sporting activities

Brace recommended

Phase I は、1日～2週目迄である。この間では手術の傷の治癒、完全伸展位の回復、腫脹と脚のコンディショニングに集中させる。

Phase II では、2週～5週の間で、屈曲位の増大、歩調動作の発達と共に日常生活がスムーズに出来る様にする。

Phase III では、それから5週以上を要し、スポーツ種目に復帰する。

この急速的なリハビリテーションプログラムについて詳細に報告、考察すると以下の通りである。

この10年数多くの量の A.C.L. に関する研究がなされ、1987年以降、このプログラムに沿ったリハビリテーションが650名の患者に実施された。

今日では、A.C.L. に関する手術が正確な位置に移植固定が精練されてきた。このことから、今迄長期間の固定は、再建術の後を保護するものと思われていたが、現在では、術後の完全伸展を回復させるために過度の圧迫を加えることを示唆している⁽¹³⁾。このことは、手掌部を使用した膝部伸展への圧迫等の弱さと大腿四頭筋群の Isometric Exercise 実施の少なさが、膝を固くする為である⁽⁴⁾。又、手術の実施は、ROM 値、筋力がほぼ回復した時に実施されるべきで、この術前のリハビリテーションも大変重要である⁽¹⁸⁾。

リハビリテーションプログラムは Phase I, II, III に分けている。各々の Phase にはその時のポイントとその最終目標がある。

Phase I は、先にも述べたが初日(手術日)から2週目までである。その最終目標は、手術での傷の治癒と完全な伸展、腫脹の最小限であり、同時に膝のコンディショニングが出来ていることである。術後の傷の治癒を最初に考えることであり、次に重要なことは、健側と同様の伸展が回復していることである。完全伸展が出来ないということは、大腿四頭筋群の弱さと膝部前面の痛みと関係している⁽¹⁷⁾。この腫脹と疼痛が伸展のメカニズムを防いでいる。このことから患肢を挙上することが重要である。便利な方法で約30° 屈曲位を作る CPM (continuous passive motion) 器具の使用もある。この使用は少なくとも術後の10日間である。

そして、この Phase I の最終目標は、大腿四頭筋群と脚のコンディショニングにあり、そして伸展のメカニズムは脚のコンディショニングに必要なことである。

この Phase I の2週目の最後の段階では、患者に完全伸展で、多少の腫脹が残るものの、普通に S.L.R. が実施出来る様させることが必要である。

Phase I を終了したならば、次に膝の屈曲を試みる。Phase I の目標を保持しながら歩調動作の発達と徐々に活動的な日常生活への復帰ができる様次の目標とする。屈曲の目標は2週で90°、5週で120° 以上である。術後の動作の発達とそれに伴い普通の歩調ができることは、A.C.L. のリハビリテーションで Phase I の目標より重要なことであ

る⁽⁶⁾。

回復した大腿四頭筋群の発達での動作は、正常な歩調をする為に欠くことができない。脚をコントロールすることに関しては、早い時期からクラッチやブレース固定で補うことができる。膝がいかに回復しているかは、歩調で理解することができる。リハビリテーションプログラム実施中、この正常な歩行動作を認めることができるかどうか、重要なこととなる。トレーナー、P.T.達もこの歩行動作をみることを重要としている。⁽²²⁾

Phase II では、特別な強さでの種々の器具を用いて始めることができる。しかし、脚の強さそのものは、ここでは特別重要なことではない。BIKE (FITORON) の運動は筋増強と ROM の再建の為に使用されてきた。又、この時期 STAIR MASTER の器具の使用は、患者に安全に膝完全伸展をさせ、歩調トレーニングと筋増強の目的で欠くことのできないものである。この場面で ROM と筋増強が調整されたならば、Leg Press の運動を実施する。これは、膝屈曲の強さの発達を助長する。

これ等のリハビリテーションプログラムを実施し Phase II の終了時、(約12週) 患者は、日常生活の活動が楽に出来る。学校、仕事、日に日に活発な活動に耐えられる。この時点(約12週、約3カ月) で初めて Cybex M. で測定を行う⁽⁸⁾。測定で、大腿四頭筋群が健側と比べ70% が獲得できれば Phase III のリハビリテーションプログラムに進むことができる。70%以下であればそれに達するまで Phase II のリハビリテーションプログラムを続行し再度 Cybex M. での Test を奨励する。

スポーツ種目への復帰は基本的には、最終目標とする Phase III のリハビリテーションプログラムが実施でき始める時である。

Cybex Test において健側と患側の比較で70%以上の値の獲得ができれば、そのスポーツ種目の初歩的な運動を許すことができる⁽¹⁰⁾。スポーツ復帰の為に筋の強さ、持久性が増している。しかし、それぞれのスポーツ種目での膝の使い方、種目での個々のポジションも様々であるから復帰初期は運動中注意し、より回復する様行わせるべきである。症例報告の中でも示したように、A.C.L. においても Cybex Test で 90% 以上の十分な筋力の回復が完全にスポーツ復帰出来る時と考えられる⁽²¹⁾。

しかしながら、本来のその種目での試合の復帰の為に、更に2～4カ月が必要となるのが実際である⁽¹⁸⁾。この最終の期間は避けられない。このことは、患者によく理解させるべきである。

4. ま と め

膝部の術後或いは受傷後のリハビリテーションが科学的な知見に基づく方法で最初に実施されたのは、1940年であった。DELORME と WATOKIN によって開発された Single - Boot Technique と呼ばれる方法であり、負荷を漸増する形で実施された。そして Isotonic Exercise を中心とするリハビリテーションプログラムは後に MULLER によって考案された Isometric Exercise の導入により、より正確に実施されるようになった。

Cybex M. 等の Isokinetic Exercise を用いた器機がリハビリテーションプログラムの中に登場する1975年頃迄は、CARL.F, KLAFT. WILLIAM 等によって膝のリハビリテーションが報告された。その中でのリハビリテーションプログラムにおいては術前における運動処方の実施が重要であり、又術後において最終どの段階でリハビリテーションを終了するかについて詳細に報告している。手術の方法も内視鏡の実施により、リハビリテーションの期間が短くなった。この研究報告では、内視鏡の手術による膝内障、殊に M.M. について、靭帯損傷では、A.C.L.について、現在のリハビリテーションのあり方について研究報告した。

半月板損傷および前十字靭帯損傷における術後のリハビリテーションプログラムの変遷

Cyber M. がリハビリテーションプログラムに最初に登場し始めた1975年頃では、リハビリテーション実施のプログラム、そして評価も Cyber M. が全ての中心であった。このように術式の改良とともにCyber M.がリハビリテーションプログラムに登場し始めた。しかし、トレーナー、P.T. は、回復過程を経験的に知ることができたため、術後早い時期のCyber M.を使用した評価を必要としなくなった。又 A.C.L. についても Cyber M. の使用で早期の回復過程での使用は、関係する筋群、特に大腿四頭筋群に強すぎ、二次損傷を起こし易い。

初期の回復過程に於いては、Gymnastik ball の使用で ROM 値の回復、チューブの使用により、筋力の回復を目的とした手軽な形でリハビリテーションが実施出来る様、プログラミングを導入し始めたのが現状である。同時にこれ等の使用も含め、診療所でのリハビリテーションの実施だけでなく HOME PROGRAM も重要である事を患者に指示している。

術後は、理学療法とともに最初は Isometric Exercise から始めるのが実際で、膝関節の伸展位の回復を出来る限り早い段階で完成させるべきである。

Isometric Exercise → Isotonic Exercise のリハビリテーションプログラムを実施する。Isokinetic Exercise の分野の器機 Cyber M. のリハビリテーションプログラムの導入は、リハビリテーションの最終段階で必要となる。これは、Isokinetic Exercise が Isometric Exercise と Isotonic Exercise の長所を含んだ相方の運動を可能とする為である。しかし、回復途中の段階では、Cyber M.はリハビリテーションプログラムとして強すぎる反面を持つ。殊に A.C.L. に関しては、12週（約3カ月）を目安として、Cyber M. の使用を示唆している。

これまでの膝のリハビリテーションの変遷について調査した。Isokinetic Exercise の分野の Cyber M. が登場し、これを利用し積極的なリハビリテーションプログラムが実施された時期もあった。しかしこの運動処方は損傷部位によって初期の段階では強すぎるということが示唆されていると同時に二次損傷を起こしやすい。術後のリハビリテーションの過程によって必ずしも強度の運動処方から実施する必要はなく、段階的に強度の運動処方を実施することの方が良い結果をもたらすと言える。

この結果 M.M. のリハビリテーションプログラムについては今日早期の段階から Cyber M. を使用しなくとも平均約7週で80%水準を獲得、一応の復帰をみている。しかし、スポーツ復帰については、90%以上が必要とされている。

A.C.L.については、Cyber M. の使用が12週（約3カ月）で70%以上の回復を目標にリハビリテーションプログラムを設定した。その後リハビリテーションプログラムを継続するが、症例報告からみて、スポーツ復帰できる段階、90%以上の回復は、個々のケースの違い（年齢、性別等）により、術後13週から18週を要する。最終的に試合出場等の条件を満たすためには、2～4カ月必要とすることが明らかになった。

〈謝 辞〉

本研究に際し、今日まで米国カリフォルニア州サンノゼ (SAN JOSE) Physical and Rehabilitation Clinic JAMES F.WELSH 氏、並びに城所整形外科、城所 靖郎先生のご指導を賜り、種々ご教示を戴きました。稿を終わるにあたり、ここに特記して、厚くお礼申し上げます。

《参考文献》

- 1) 安藤勝英 体育研究所紀要20巻1号 慶應義塾大学体育研究所
膝部損傷後の CYBEX Machine を使用したリハビリテーションについて (その1) 1980 pp 79-89.
- 2) 安藤勝英 体育研究所紀要24巻1号 慶應義塾大学体育研究所
膝部損傷後の CYBEX Machine を使用したリハビリテーションについて (その2) 1984 pp 75-83.

半月板損傷および前十字靭帯損傷における術後のリハビリテーションプログラムの変遷

- 3) 安藤勝英 塾体育研究所紀要25巻1号 慶應義塾大学体育研究所
膝部損傷後の CYBEX Machine を使用したリハビリテーションについて (その3) 1985 pp 55-66.
- 4) ARMS SW, POPE MH. The Biomechanics of Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation and Reconstruction. Am J Sport Med. 1984 12.:3-18
- 5) BARRACK RL, SKINNER HB, Proprioception in The Anterior Cruciate Deficient Knee. Am J Sport Med. 1989 17.:1-6
- 6) CARL E.KLAFS : Modern Principles of Athletic Training.
The C. V. Mosby Company. 1969 pp266-269
- 7) CLARKE, H.H. "Cable Tension Strength Test"
Brown-Murphy Co., Chicopee, MASSACHUSETTS. 1953
- 8) DELORME, T.L. AND A.L. WATOKINS "Techniques of Progressive Resistive Exercise" Archives of physical Medicine. 29:263, 1948.
- 9) 川島敏生, 栗山節郎 : スポーツ・リハビリテーション
不昧堂出版 平成6年 pp 69-90.
- 10) KLEIN, K.K. "Strength Maintenance Following specific Rehabilitation, Validation of a Specific Rehabilitation Apparatus, " Reseach Grant RD 446 Vocational Rehabilitation Administration. Deperment H.E.W., The University of Texas and Eastern Washington State College. 1963 pp 93.
- 11) 栗山節郎 : スポーツ傷害・救急ハンドブック
不昧堂出版 平成3年 pp 28-30.
- 12) 黒沢 尚 : 東京通信病院整形外科部長「ひざのけがと内視鏡手術」読売新聞 スポーツ健康学より 1996.5.14
- 13) LINDAHL O. MOVIN A. The Mechanics of Extension of The Knee Joint.
Acta Orthop Scand 1967; 38:226-234
- 14) MAURER H. Gymnastik Ball Associate Member of A.S.D.I. 1985 pp 9
- 15) MULLER, E.A. "The Regulation of Muscular Strength" Journal Association for Physical and Mental Rehabilitation, 11:2 : 41-47 1962
- 16) O' DONOGHUE : Treatment of Injuries to Athletes.
Saunders 676-678 1976
- 17) SACHS RA, DANIEL DM. Patellofemoral Problems After ACL Reconstruction. Am J Sports Med. 1989; 17 (6): 760-765
- 18) SHELBOURN K.DONALDMD : Current Concepts in Anterior Cruciate Ligaments Rehabilitation
Orthopaedic Review VOL, XIX NO11 1990, 11 pp 957-964
- 19) 佐藤 宏 : スポーツ傷害 杏林堂 1970 pp 16-17.
- 20) STANLEY HOPPENFELD, MD. Physical Examination of The Spine and Extremities. Applenton-Century-Crofts 1986 pp 188-189
- 21) WELSH F. JAMES : Knee Injuries and Rehabilitation.
Physyotherapy XLIX: 246-51, 1973
- 22) WILLIAM : "Rehabilitation Following Knee Injuries In Athletes.:

半月板損傷および前十字靭帯損傷における術後のリハビリテーションプログラムの変遷

Treatment Of Injuries To Athletes." W.B.Saunders 1976 pp 808-812

23) WILCKENS H. JOHN MD : Current Concepts in Anterior Cruciate
Ligaments Rehabilitation

24) 山本利春 チューブ・トレーニングの実際

コーチングクリニック ベースボールマガジン社 1996-7 pp 16-21

25) ZINOVIEFF A.N. "Heavy Resistive Exercise The Oxford Technique" The British Journal of Physical Me
dicine, 14: 129-32 1951