大韓再活醫學會誌:第19卷 第2號
J. of Korean Acad. of Rehab. Med.
Vol. 19, No. 2, June, 1995

반복횟수 차이에 따른 등속성운동 효과의 비교

연세대학교 의과대학 재활의학교실

김유철 · 김성우 · 이윤경 · 박창일

=**Abstract**=

Optimal Number of Repetitions for Isokinetic Training of Knee

You Chul Kim, M.D., Seong Woo Kim, M.D., Yoon Kyoung Yi, M.D.
and Chang Il Park, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine

The isokinetic machine generally allows a relatively safe application of maximal loading to a specific muscle group as well as an accurate and objective evaluation of muscle strength and endurance. However, still there is not enough scientific background in establishing the optimal number of repetitions of each set, optimal number of sets per day, and frequency and rest interval between each set of exercises for most effective isokinetic training. The purpose of this study is to determine the optimal number of repetitions for ideal isokinetic training to improve muscle strength.

Twenty three male volunteers were randomly assigned to three training groups. All groups were trained for isokinetic knee flexors and extensors using the Cybex 340 isokinetic dynamometer three times a week for 6 weeks at 1800/sec. 5 repetitions for group 1, 10 repetitions for group 2 and 15 repetitions for group 3 were used for training and all subjects were tested before and after training at 60, 120, 180, 240, 3000/sec for peak torque improvement of quadriceps.

All three groups showed improvements in peak torque after training. However, 10 and 15 repetition groups showed higher incremental ratio of peak torque than the 5 repetition group. The incremental ratio between 10 and 15 repetition groups was not significant. It was concluded that isokinetic training is repetition-specific in peak torque improvement and 10 repetition is the optimal number of repetitions for isokinetic training according to this study.

Key Words: Isokinetic training, Peak torque, Repetitions

서 론

Hislop와 Perrine[15]에 의하여 등속성 운동의 개념이 처음 소개된 이후, Moffroid등[22]과 Sherman등[26]에 의하여 등속성 운동이 모든 관절 각도에서 최고의 부하를 주면서도 안전하게 이용될 수 있는 효과적인 방법[8]일 뿐 아니라 근력평가시 근육의 힘과 지구력 및 관절운동각도를 객관적이며 정확하게 평가할 수 있는 방법[2,11,18]으로 인정되어 많은 연구와 임상 응용이 되

고 있다. 우리나라에서도 등속성 운동기구를 이용한 근력평가에 대한 연구결과가 많이 보고되고 있으나 운동 속도에 따른 근력 증가의 차이 외에는 적절한 등속성 운동 방법에 대한 연구는 거의 없다. 현재까지도 이상적인 등속성 프로그램을 위한 최적의 반복횟수, 세트수, 운동빈도, 휴식 간격 등은 정확히 정립되어 있지 않은 상태로 경험적인 운동 프로그램에 의존하고 있는 실정이다.

등속성 운동의 반복횟수에 대한 연구로 1986년 Davies등[13]은 180°/sec에서 각각 5, 10, 15, 20회의 반복회수로 6주간 운동을 한 모든 군에서 체중당 최대 우력치가 증가하였고 특히 10회군에서 더 크게 증가하였으며[12] 10, 15, 20회군에서는 총일량이 증가하는 결과를 발표하여[13] 반복횟수에 따른 운동 효율의 특이성(specificity)을 시사하였다. 그러나 국내에서는 물론 외국에서도 이상적인 등속성 운동 프로그램에 대한 연구 발표가 거의 없는 상태이므로 저자들은 등속성 운동시 근력의 증가를 위한 가장 적절한 반복횟수를 알아내어 임상적 적용에 기여하고자 본 연구를 시행하였다.

연구 대상 및 방법

1) 연구대상

대상은 연세대학교 의과대학 학생과 그 부속병원 수련의 중 20대 남자 37명을 대상으로 하였고 모든 대상자는 슬관절의 병변이나 병변이 있었던 과거력이 없었으며 공을 찰 때 주로 오른쪽 발을 사용하는 사람들이었다. 대상자 37명 중 훈련을 끝까지 마친 사람은 25명이었다.

2) 연구방법

(1) 검사기구: 등속성 운동 기구 Rehabilitation and Testing System(Model No. Cybex 340)의 Isokinetic dynamometer를 이용하여 슬관절운동을 실시하였다.

(2) 검사방법: 피검자를 검사대 위에 앉히고, 기계의 운동축과 슬관절의 운동축이 일치하도록 하고 dynamometer의 input arm과 하퇴부가 평행이 되도록 하였다. 검사 중 축이 이동되지 않도록 상체와 대퇴부를 velcro로 고정시키고, shin pad를 양측 과골상부에 고정한 후 검사의 목적과 기구의 작동원리를 피검자에게 충분히 설명하였다. 근력의 평가는 운동훈련 시작 전과 6주간의 훈련이 끝난후 측정하였고, 평가 방법은 gravity effect torque를 측정하여 등속성 운동축과 다리의 무게가 근력에 미치는 영향을 배제한 후 60°/sec부터 300°/sec까지 60°/sec 간격으로 각각의 각속도에서 우측 슬관절 신근의 최대 우력치를 측정하였다.

(3) 훈련방법: 대상자들은 반복횟수를 달리하는 임의의 세 군으로 나누어 1군은 반복횟수 5회, 2군은 10회, 3군은 15회로 각각 우측 슬관절의 신전, 굴곡 운동을 운동 속도 180°/sec에서 3세트, 각속도간의 휴식간격은 90초로 하였으며 운동 빈도는 이틀 간격으로 주 3회씩 총 6주간 시행하였다.

3) 분석방법

조사된 각 변수를 부호화하여 전산입력 후 SPSS를 이용하여 통계처리하여 평균, 표준편차를 구하였고, Wilcoxon test, Mann-Whitney test, Kruskal-Wallis test, t-test를 이용하여 통계학적 유의성을 검정하였다.

연 구 결 과

1) 대상자의 일반적 특징

운동을 끝까지 마친 25명의 평균 연령은 26.2세, 평균 체중은 152.7 lbs(69.4 Kg), 평균신장은 173.1 cm로 세 군간에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 1).

2) 운동전 평가시 우측 슬관절 신근의 최대 우력치

운동전 실시한 등속성 운동 검사에서 각 각속도에서의 신근의 최대우력치는 세 군간에 통계학적으로 유의

Table 1. General Characteristics of Subjects

Group	n	Age(years)	Qeight(lbs)	Height(cm)
1	8	27.7±1.6	148.7±13.9	173.1±3.5
2	9	25.6±4.0	152.9±18.9	173.4±3.5
3	8	25.3±3.6	156.5±15.6	172.8±3.6

Values are mean±SD.

Table 2. Peak Torque before Training

	Group1	Group2	Group3
Peak torque			
60°/sec	136.6±16.2	144.9±21.8	150.8±29.1
120°/sec	114.5±12.8	123.7±19.1	127.9±25.4
180°/sec	99.8± 9.2	109.7±16.4	108.1±19.6
240°/sec	86.6± 9.1	96.2±15.7	94.6±15.3
300°/sec	78.3±10.9	85.8±14.1	82.4±13.6

Values are mean±SD(ft-lbs).

Table 3. Peak Torque before and after Training in Group 1

Angular velocity(°/sec)	Before	After
60	136.6±16.2	146.1±17.3*
120	114.5±21.8	124.6±10.3*
180	99.8± 9.2	114.5± 4.0*
240	86.6± 9.1	96.0± 7.4*
300	78.3±10.9	86.1±11.1*

Values are mean±SD(ft-lbs).
*p<0.05

한 차이가 없었다(Table 2).

3) 제 1군에서 운동 후 우측 슬관절 신근의 최대 우력치 변화

반복횟수를 5회로 하여 슬관절의 등속성 운동을 180°/sec에서 6주간 실시한 1군에서 우측 슬관절 신근의 최대 우력치는 모든 각속도에서 유의한 증가를 보였다(Table 3).

4) 제 2군에서 운동 후 우측 슬관절 신근의 최대 우력치 변화

반복횟수를 10회로 하여 슬관절의 등속성 운동을 180°/sec에서 6주간 실시한 2군에서 우측 슬관절 신근의 최대 우력치는 모든 각속도에서 유의한 증가를 보였다(Table 4).

5) 제 3군에서 운동 후 우측 슬관절 신근의 최대 우력치 변화

반복횟수를 15회로 하여 슬관절의 등속성 운동을 180°/sec에서 6주간 실시한 3군에서 우측 슬관절 신근의 최대 우력치는 모든 각속도에서 유의한 증가를 보였다(Table 5).

Table 4. Peak Torque before and after Training in Group 2

Angular velocity(°/sec)	Before	After
60	144.9±21.8	159.0±29.1*
120	123.7±19.1	137.6±19.5*
180	109.7±16.4	128.3±19.2*
240	96.2±15.7	109.4±18.9*
300	85.8±14.1	96.8±16.6*

Values are mean±SD(ft-lbs).
* p<0.05

Table 5. Peak Torque before and after Training in Group 3

Angular velocity(°/sec)	Before	After
60	150.8±29.1	165.5±29.2*
120	127.9±25.4	143.1±27.4*
180	108.1±19.6	126.1±19.7*
240	94.6±15.3	107.6±14.4*
300	82.4±13.6	93.5±13.5*

Values are mean±SD(ft-lbs).
* p<0.05

Table 6. Incremental Percent of Peak Torque in 3 Groups

Angular velocity(°/sec)	Group 1	Group 2	Group 3
60	9	10	12
120	10	12	12
180	16	17	17
240	11	14	14
300	10	13	14

Values are mean±SD(%).

6) 운동후 제 1, 2, 3군의 우측 슬관절 신근의 최대 우력치 증가율

각 군간의 우측 슬관절의 최대 우력치의 증가율는 운동 후의 최대 우력치에서 운동 전의 최대 우력치를

뺀 값을 운동 전의 최대 우력치로 나누어 백분율로 구하였다. 최대 우력치의 증가율은 세 군간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 그러나 1군에 비하여 2군과 3군에서 그 증가치가 더 크고 2군과 3군간에는 별 차이가 없는 경향을 보였다. 또한, 모든 각속도에서 운동 후 우측 슬관절 신근의 최대 우력치가 증가하였지만 운동 훈련속도였던 180°/sec에서 특히 많이 증가하였다($p<0.05$) (Table 6).

고 찰

근력이란 장력을 형성하는 근육 또는 근육군의 능력을 말한다. 근력에 영향을 미치는 요소로는 근육의 단면적, 근수축시 근육의 길이-장력 관계, 운동단위(motor unit)의 동원(recruitment), 운동 방법의 차이[19,24,27], 근수축 속도, 관절 가동 범위[27], 환자의 동기, 운동 직전의 보조 행위, 준비 운동, 나이와 성별 등이 있다. 근육의 단면적이 크거나[25], 운동단위의 동원이 증가할수록 근력이 커지며[20,21,23], 또 근육이 자체의 휴식 상태 길이보다 조금 더 늘어나 있을 때나[18] 운동전에 근육을 신장시켰다가 대응동작(counter-movement)을 깨뜨릴 때에 근육의 탄력성으로 인하여 기계적 에너지가 저장되어 최고의 활동성 장력이 형성된다[6]. 이 외에도 활동성 준비운동(active warm-up)을 한 경우, 나이가 20대 이전인 경우와 남자인 경우에 일반적으로 근력이 더 크다[3]고 보고 있다.

근력 증가 훈련을 위한 일반적 원리는 첫째, 근력 증가를 필요로 하는 특정 근육에 점진적으로 부하를 증가시켜 운동시 최고 또는 최고에 가까운 저항을 제공하여야 하고 둘째, 훈련은 가능한 한 흥미롭게 계획하여야 하며 셋째, 큰 근육부터 운동을 시작하여 피로도가 빠른 작은 근육의 쓰임을 막고 넷째, 각 세트 사이와 운동구간 사이에 회복을 위한 적당한 휴식을 제공하여 근육의 피로를 막아 최대 부하를 허용할 최고의 준비 상태를 유지하여야 한다[3,14].

근력을 증가시키기 위한 저항 운동은 등척성 운동, 등장성 운동과 등속성 운동으로 나눌 수 있다. 등속성 운동은 전 관절 가동범위에서 최대의 수축을 발휘할 수 있는 운동으로서 Thistle등[28]에 의하여 등속성 운동이 등장성 운동이나 등척성 운동보다 뛰어난 근력 강화 효과를 볼 수 있으며 환자의 의욕 향상에 효과적인 운동 방법으로 입증된 이후 근골격계 손상에 대한 재활치료에 있어 안전하고 효과적인 운동치료 방법의 하나로 인정되어 널리 시행되고 있을 뿐만 아니라 스포츠 의학 분야에 있어서 선수 관리와 기록 향상에 매우 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 아직까지 이상적인 등속성 운동 프로그램을 위한 최적의 반복횟수, 세트수, 운동빈도, 휴식간격 등은 정확하게 확립되어 있지 않은 상태이다.

Ariki등[4]은 반복횟수를 10회로 하였을 때 휴식 간격은 90초가 적절하고[5], 각속도 스펙트럼 세트간의 휴식 간격은 3분이 적절하다고 하였다. Batin과 Wyatt[7]는 무릎연골 손상 환자에서 1주일에 3일씩 격일로 6주간 환측 슬관절의 등속성 운동을 함으로써 정상측의 80%까지 근력이 회복됨을 보고하였다. Coyle등[10]에 의하면 1984년 Magee와 Currier가 반복횟수에 대한 연구로 등속성 운동시 30°/sec에서 6, 8, 10, 12, 14와 16회의 반복횟수군간에 근력 차이가 없다고 보고하였다고 하나, 1986년 Davies등[13]은 슬관절의 등속성 운동시 180°/sec에서 5, 10, 15, 20회로 6주간 연습 후 10, 15, 20회군에서 총일량의 증가를 보이고 체중당 최대 우력치는 10회군에서 가장 많이 증가하였다고 보고하여 반복횟수의 특이성을 시사하였다. Magee와 Currier가 실시한 30°/sec와 같은 느린 속도의 운동은 관절에 압박력(compressive force)이 가해지고 반사적 억제(reflex inhibition)가 유발되어 운동반응이 억제되었을 가능성도 있다.

본 연구에서는 180°/sec에서 반복횟수를 5회, 10회와 15회로 달리하여 대상자들을 6주간 훈련시킨 후 등속성 근력을 가장 잘 나타낸다고 볼 수 있는 최대 우력치[17]의 증가율을 비교한 결과 반복횟수 차이에 따른 최대 우력치의 증가율은 통계학적으로 유의하지는 않았지만, 5회 반복횟수군에 비하여 10회와 15회 반복횟수군이 모든 각속도에서 더 큰 최대 우력치의 증가를 보였으며 10회와 15회 반복횟수군간에는 큰 차이가 나지 않는 경향을 보여 Davies등[13]의 연구와 유사한 결과를 얻었다. 10회와 15회 반복횟수군간에 최대 우력치의 증가가 차이가 나지 않는 이유 중의 하나로 15회 반복운동시 근육의 피로가 왔기 때문으로 생각해 볼 수 있다. 최대 운동효과는 근육이 최대 부하

를 허용할 최고의 준비상태에서 가능하다. 근육이 피로하거나, 손상되었거나, 이전의 운동으로부터 회복되지 않은 상태에서는 강한 부하를 주기 어렵다[3]. 15회로 반복운동할 때 소요되는 시간이 근육에 피로가 유발될 정도로 길었다고 생각할 수 있다. 또한 세트사이의 휴식시간을 10회와 15회 반복횟수군에서 동일하게 90초로 하였기 때문에 10회 반복의 경우는 90초의 휴식간격이 적절하나[4] 15회 반복의 경우는 운동시간에 비하여 휴식시간의 비율이 짧아져 회복을 위한 충분한 휴식을 제공하지 못한 것이 아닌가 생각해 볼 수 있다. 또한 본 연구결과 운동후의 근력 평가에서 세 군 모두에서 운동 훈련속도였던 180°/sec에서의 최대 우력치의 증가가 다른 각속도에서의 최대우력치의 증가보다 더 크게 나타났으며 이는 등속성 운동의 속도 특이성(specificity)을 보여주었다. Caiozzo등[9], Coyle등[10], Kanehisa와 Miyashita[16], 그리고 강등[1]은 생리적 부과효과(physiologic overflow)로 인하여 빠른 속도에서 운동할 때 전 속도에서 근력의 증가가 있었다고 보고하였으며, 본 연구에서도 세 군 모두에서 운동 전후의 최대 우력치가 모든 각속도에서 통계학적으로 유의하게 증가하였다.

본 연구 결과 등속성 운동은 반복횟수에 대한 특이성을 보이며 근력 증가를 목적으로 하는 슬관절의 등속성 운동에서 각속도 180°/sec의 경우 최적의 반복횟수는 10회가 적절하리라 생각된다. 앞으로 이상적인 등속성 운동프로그램 정립을 위하여 여러 각속도에서의 다양한 반복횟수를 비교연구하는 것이 필요하며, 그 외에도 적절한 세트수, 운동빈도, 휴식간격 등에 대한 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

결 론

1994년 4월부터 1994년 7월까지 건강한 성인 남자 25명을 대상으로 반복횟수를 달리한 슬관절 신근의 등속성 운동 비교에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 반복횟수 5, 10, 15회의 세 군 모두에서 우측 슬관절 신근의 근력은 모든 각속도에서 유의하게 증가하였으며 특히 훈련 속도인 180°/sec에서 다른 각속도에 비하여 더 큰 증가를 보였다.

2) 각 군에서의 근력의 증가율은 5회 반복한 1군보다 10회, 15회 반복한 2군과 3군에서 더 컸으나 10회와 15회 반복군 사이에는 그 증가율이 큰 차이가 없는 경향을 보였다.

이상의 결과로 보아 슬관절의 등속성 운동 프로그램 중 180°/sec에서의 근력 증가를 위하여는 반복횟수를 10회로 하여 운동하는 것이 적절하리라 본다.

참 고 문 헌

1) 강성웅, 문재호, 조경자, 신정순: 슬관절 신근과 굴근의 등속성운동 효과에 대한 연구. 대한재활의학회지 *1991; 15(1): 77-88*

2) 강세윤, 정양기, 안용팔: *20*대 건강한 청년의 슬관절 신근 및 굴곡근에 대한 등속성 운동검사. 대한재활의학회지 *1986; 10(2): 116-123*

3) 이강평: 운동생리학, 서울: 수문사, *1985*

4) Ariki P, Davies GJ, Siewert MW, Rowinski MJ: *Optimum rest interval between isokinetic velocity spectrum rehabilitation sets(Abst) Phys Ther 1985; 65(5): 733-734*

5) Ariki P, Davies GJ, Siewert MW, Rowinski MJ: *Optimum rest interval between isokinetic velocity spectrum rehabilitation speeds(Abst) Phys Ther 1985; 65(5): 735-736*

6) Astrand PO, Rodahl K: *Textbook of work physiology:physiological bases of exercise, New York: McGraw-Hill, 1986*

7) Batin C, Wyatt MP: *Isokinetic exercise in treatment of meniscectomy patients. Phys Ther 1980; 60(5): 584-585*

8) Burnie J, Brodie DA: *Isokinetics in the assessment of rehabilitation. Clinical Biomechanics 1986; 1: 140-146*

9) Caiozzo VJ, Perrine JJ, Edgerton VR: *Training induced alterations on the in vivo force-velocity relationship in human muscle. J Appl Phsiol 1981; 51(3): 750-754*

10) Coyle EF, Feiring DC, Rotkins TC, Cote RW, Roby FB, Lee W, Wilmore JH: *Specificity of power improvement through slow and fast isokinetic training. J Appl Physiol 1981; 51(6): 1437-1442*

11) Davies GJ: *Compendium of isokinetics in clinical usage. S and S Publishers, La Crosse, WI, 1984*

12) Davies GJ, Bendle SR, Wood KL, Rowinski MJ, Price S: *The optimal number of repetitions to be used with isokinetic training to increase peak torque to body weight ratios(abst). Med Sci Sports*

Exerc 1975; 7(4): S32

13) Davies GJ, Bendle SR, Wood KL, Rowinski MJ, Price S, Ross DE: *The optimal number of repetitions to be used with isokinetic training to increase total work and endurance ratios(abst). Phys Ther 1986; 66(5): 794*

14) Hainaut K, Duchateau J: *Muscle fatigue, effects of training and disuse. Muscle Nerve 1989; 12: 660-669*

15) Hislop HJ, Perrine JJ: *Isokinetic concept of exercise. Phys Ther 1967; 47(2): 114-117*

16) Kanehisa H, Miyashtu M: *Specificity of velocity in strength training. Eur J Appl Physiol 1983; 52: 104-106*

17) Kannus P: *Isokinetic evaluation of muscular performance:Implication for muscle testing and rehabilitation Int J Sports Med 1994; 15(1): S11-S18*

18) Kidd G, Brodie P: *The motor unit: A review. Physiother 1980; 66: 146-152*

19) Knapik JJ, Wright JE, Mawdsley RH, Braum J: *Isometric, isotonic, and isokinetic torque in four muscle group through range of motion. Phys Ther 1983; 63(6): 938-947*

20) Kraemer WJ, Deschnes MR, Fleck SJ: *Physiological adaptation to resistive exercise. Sports Medicine 1988; 6: 246-256*

21) Milner-Brown HS, Stein RB, Lee RG: *Synchronization of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflexs. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1975; 38: 245-254*

22) Moffroid M, Whipple R, Hofkosh J, Lowman E, Thistle H: *A study of isokinetic exercise. Phys Ther 1970; 49(7): 735-742*

23) Moritani T, Devries HK: *Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. Am J Phys Med 1979; 58: 115-130*

24) Pipes TV, Wilmore JH: *Isokinetic vs isotonic strength training in adult men. Med Sci Sports Exerc 1975; 7(4): 262-274*

25) Schantz P, Randall-Fox E, Hutchinson W, Tyden A, Astrand PO: *Muscle fiber type distribution muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans. Acta Physiol Scand 1983; 117: 219*

26) Sherman WM, Pearson DR, Habansky AJ, Vogelgesang DA, Costill DL: *Isokinetic rehabilitation after surgery. Am J Sports Med 1982; 10(3): 155-161*

27) Smith MJ, Melton P: *Isokinetic versus isotonic variable resistance training. Am J Sports Med 1981; 9(4): 275-279*

28) Thistle HG, Hislop HJ, Maffroid M, Lowman EW: *A new concepts of resistive exercise. Arch Phys Med Rehab 1967; 48: 279-282*

29) Williams M, Stutzman L: *Strength variation through the range of motion. The Phys Ther 1958; 39(3): 145-152*