

운동생리학으로 본 노인과 운동

대구대학교 물리치료학과
박 래 준
대구대학교 재활과학대학원
박 환 진

Aged and Exercise in view of Exercise Physiology

Park, Rae-Joon, P.T., Ph.D.

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Taegu University

Park, Hwan-Jin, P.T.

Major in Physical Therapy, Graduate School of Rehabilitation Science, Taegu University

< Abstract >

Making aged exercise by their age is unreasonable because there are differences of personal strength of their body. The three elements which control the aged's possibility of exercising effectiveness are the level of the physical strength in the present state, potential capacities of physical strength and age. Examined the physical strength of aged, the pliancy of body is considerably marked decline by and large and fast twitch muscle are withered. The reason why aged often do prime exercise like and infant. Aged are not fit for the speedy exercise and they can give full scope to their ability by continuing the long time exercise. The reason why aged should dwindle is mainly the retardation of recovering their fatigue which is related to the decline of oxygen activity. Anaerobic energy supply reduction makes aged be bad for severe physical exercise. Basal metabolic rate of aged rely on physical cellular quantity and people exercising has a high basal metabolic rate because of muscular amount. There were no decline of basal metabolic rate following the age and physical non activiti influences on the atrophy of muscle.

I. 서 론

우리 나라는 1981년 6월에 노인복지법이 공포되어 노인의 건강유지와 생활안정시책을 위한 필요한 조치를 취하게 하고 국가와 지방 자치단체의 책임을 명시하여 건강진단과 재활을 돕도록 하였다. 따라서 노인의 재활에

관한 지식과 윤리를 갖추게 되는 것은 시대적 요청이라고 하였다(배성수와 박래준, 1990). 따라서 노인들의 건강 증진과 삶의 질을 향상시키기 위한 여러 분야의 노력이 계속되고 있다.

운동은 젊고 건강한 사람만이 할 수 있다는 옛날의 생각에서부터 이제는 유아로부터 노인에 이르기까지 폭 넓은 연령층에 필요한 것이라는 것이 보편화되어 있다. 계

다가 나약한 사람부터 운동선수 범위까지 여러 가지 운동을 실시하는 방법이 연구되고 있다. 즉 모든 사람들이 신체를 움직이는 운동을 해야한다는 것이 인식되게 되었다.

노인을 대상으로 한 건강교실과 운동지도의 기회도 많이 증가하고 있다. 그러나 노인은 그 체력수준이 개인차가 크기 때문에 나이만 기준으로 하여 운동을 시키는 것은 무리가 뒤따르게 된다. 여기에서는 운동생리학적 입장에서 노인의 운동을 고찰해 보고자 한다.

II. 노인과 운동

1. 노인과 운동부족

사람의 몸은 적당히 사용함으로써 처음의 그 기능수준을 유지하고 또한 향상시킬 수 있다. 사용을 하지 않으면 퇴화하여 약해지고 과도하게 사용하면 또한 그 기능의 파괴가 온다(악래준 등, 1993).

운동부족증(hypokinetic disease)은 그 사람에게 운동부족이 위험 요인으로 관여하는 질병들이다. 엄밀한 규정은 없고 주로 노화에 의해 운동이 부족한 노인들에게 발생하여 성인병이라고 부르는 것들로 비만증, 심근경색, 고혈압, 동맥경화, 협심증, 당뇨병, 노이로제, 자율신경불안증후군, 요통증 등이 여기에 속한다.

田島 등(1997)은 이 외에도 중고령자의 건강증진을 위한 스포츠활동에서 당할 수 있는 질병으로 오십전과 관절손상 또는 퇴행성 관절 질환, 골다공증 등을 열거하였다.

2. 훈련효과 가능성

노인이 운동을 하는 것은 그것으로 효과가 기대된다. 그러나 고령자의 운동효과 가능성 지배하는 것은 현재의 체력수준, 체력의 잠재능력, 나이라고 하는 3가지 요인을 생각할 수 있다.

현재의 체력수준은 다음과 같이 분류될 수 있다.

1) 심각하게 낮은 단계 : 병으로 입원해 있거나 병약한 상태이고 일상생활에도 남의 도움을 받아야 하는 단계

2) 낮은 단계 : 일상생활은 도움 없이 할 수 있으나 운동을 계속할 수 없고 자각적으로 체력에 자신이 없는 상태

3) 보통 단계 : 일상생활은 보통으로 할 수 있으나 심한 운동은 계속할 수 없는 단계로 자각적으로도 자신의 체력이 보통이라고 생각하는 단계

운동이 적절하다면 체력수준이 심각하게 낮은 단계를

제외하고는 운동의 효과를 기대할 수가 있다. 다만 그것은 체력의 잠재능력이 동반되어야 한다.

체력의 잠재능력을 규정하는 것은 다음과 같다.

1) 의학적 문제 : 운동을 하는데 대하여 의학적으로 중대한 문제점이 없거나 또는 운동이 금기로 진단을 받았다면 오히려 운동이 해로울 수가 있다. 그 외에 신체적 질병의 상태에 따라 운동의 제한이 다르게 된다.

2) 운동 경험의 유무 : 많은 경우 청소년기로부터 운동 경험 유무는 노령기에도 운동의 효과에 영향을 미친다고 한다. 일찍이 운동선수를 한 사람은 나이가 들어 운동을 시작하는 것은 운동 재개의 의미를 가지고 있으나 전혀 경험이 없는 사람은 완전히 새로운 경험을 하게 되는 것이다.

체력의 잠재력에 영향을 주는 다른 요인은 [연령]이다.

운동을 하는 효과는 그 연령에 따라 보아야 한다. 그러나 운동의 효과와 나이가 증가하는데 따른 영향을 보면 70세를 넘으면 나이가 증가하는데 다른 영향이 강하게 나타난다. 60세까지는 운동의 효과가 나이의 증가에 따른 영향을 상회하는 모양을 나타낸다.

3. 근력 및 근섬유의 특징

노인을 대상으로 체력을 검사해 보면 신체의 유연성이 현저히 저하되어 있는 경우가 많다. 또 신체의 부분에는 슬관절과 고관절, 요추부, 체간의 운동범위가 줄어드는 경향이 있다.

신체의 유연성 검사를 위하여 상체를 앞으로 굽히는 운동은 슬관절 뒤의 근육과 건이 구축되어 관절 가동범위가 줄어들게 된다.

이것은 대퇴사두근의 위축과 관련이 있기 때문에 무릎을 완전히 신전시키는 운동을 꾸준히 함으로서 대퇴사두근의 위축을 예방할 수 있다. 또한 기립자세에서 체간 굴곡운동을 함으로서 슬관절과 체간 신전근을 신장시켜 체간의 유연성을 유지할 수 있다.

요추부의 유연성은 요부와 배부의 근육이 위축되기도 하고 일정 자세를 오랫동안 유지할 수 없게 된다. 요부와 배부의 신장운동이 유연성을 개선할 수 있고 본질적으로는 요부를 중심으로한 배측 신전근을 단련시키는 것이 중요하다.

악력과 배근력의 측정항목에서는 연령의 증가와 함께 서서히 감소하는 것이 일반적인 경향이다. 이러한 근력은 65세까지는 근력 피크치의 18-20%가 감소한다는 보

고가 많고 60세까지는 유의한 감소가 없다는 보고도 있다.

Schock와 Norris(1970)는 20-89세의 볼티모어 중단적 연구 대상자 218명에 대하여 팔과 어깨의 정적근력과 팔에서의 10-15초간 자전거 크랭크를 돌려서 최대근력을 측정하였다. 그 결과는 정적근력 발휘에 의해 팔과 어깨의 전체적인 근력은 20-60세까지는 근력의 변화가 없고 70세 이후에는 급속히 좋아지는 것으로 나타났다. 그렇지만 80세가 되어도 70세 미만의 사람과 비교하여 20%의 저하만 나타났다. 한편 팔로 자전거 크랭크를 돌려서 근력을 측정한 결과는 40세부터 근력저하가 보이고 80세의 사람은 피크치에 대하여 45% 밖에 안되었다.

따라서 나이가 증가하는데 따른 영향은 정적 근력 발휘만 하여도 동적 운동 정도 효과가 있다. 근력이 저하되는 주원인은 신경과 근육의 협조능력이 감소하기 때문으로 볼 수 있다. 小林(1986)은 60세에서 90세까지 노인을 대상으로 cybex를 사용하여 동속성 근력을 슬관절의 신전근을 측정하여 보고하였다.

측정은 각속도가 0°/초, 60°/초, 180°/초, 300°/초의 경우에 실시하였는데 각속도가 빨라지는 만큼 발휘되는 근력은 감소하여 나타났다. 다리의 신전근에 대하여 동속성 근력과 연령과의 관계를 알아본 연구에서 60세에서 80세까지는 전체적으로 연령이 증가하면 감소하는 경향을 보이나 가장 현저한 경향은 각속도가 가장 빠른 300°/초의 경우에 나타난다. 90세 1명의 수치는 현역 마라톤 선수의 치(小林, 1986)를 나타내고 각속도 60°/초와 180°/초의 경우는 70대의 범위와 같고 300°/초의 경우는 70대 후반에서 80대 전반의 수치를 나타낸다.

따라서 다리의 힘을 이용한 훈련을 계속하면 90세라 할지라도 각속도가 그다지 크지 않은 범위에는 다리 신전근력은 비교적 약한수준으로 유지할 수 있음을 나타낸다. 각속도가 큰 경우에는(300°/초) 동속성근력이 상대적으로 낮은 수준이 되는 것은 속근섬유의 기능이 저하되는 것과 밀접한 관계가 있다고 볼 수 있다.

Moritani와 Vries(1984)는 젊은층인 22세 5명과 고령자인 평균 70세 5명을 주관절 굴근의 정적운동을 8주간 실시하였는데 최대근력은 젊은층이 30%, 고령층이 23%를 보였다고 보고하였다. 이와 같은 근력이 증가한 요인은 젊은층은 훈련 초기단계에서 신경계의 요인이 개선되어서 증가하였고 4주 이후에는 근비대가 동반되어 증가하였다. 여기에 비하여 고령층은 훈련에 의해 근비대가 보이지 않고 근력의 증가는 신경계의 요인에 의해 개선

된 것으로 보인다. 여기서 말하는 신경계요인은 신경계의 여러 수준에서 생기는 축진과 억제 활동이 활발해져서 최대활동수준을 증가시키는 것을 의미한다.

근력의 절대치는 젊은이와 비교하여 노령층은 적으나 이것도 근력운동으로 개선된다는 중요한 의의가 인정되고 있다.

Moritani와 Vries(1984) 등의 연구에는 운동기간이 8주간이라는 비교적 단기간 운동을 하였고 따라서 장기간 운동을 하여 그 결과를 검토해 볼 필요가 있다. 여러 연구에서 70세 이후에도 운동을 계속하면 근비대가 이루어 질 수 있다고 그 가능성을 발표하고 있다.

속근섬유의 조성에 대하여 보면 속근섬유와 서근섬유의 비율은 유전적으로 정해지고 운동에 의해 변하지 않는다는 것이 지배적이다. 속근섬유수의 비율이 변화가 없는 경우에도 속근섬유와 서근섬유의 발달 비율은 연령과 일상적인 신체활동에 따라 큰 차이가 생기게 된다.

연령에 따라 크게 영향을 받는 것은 속근섬유이다. 속근섬유는 순간적인 힘을 내는데 사용되는 섬유인데 14~5세에 급속히 발달하여 청년기에 최고치에 이른다. 속근섬유는 중년기에 접어들면 서서히 그 움직임이 약해지고 고령기가 되면 속근섬유의 위축이 진행되고 생김을 해보아도 그 모양이 명확하지 않게 된다.

그러나 서근섬유에 대하여는 속근섬유 만큼 위축이 생기지 않는다. 대단히 흥미가 있는 것은 유아기와 사춘기 최대발육기 이전의 아이들은 속근섬유의 발달이 미숙한 것을 볼 수 있고, 신체운동은 서근섬유가 주동이 됨을 볼 수 있다. 이 때문에 이 시기의 어린이들은 힘을 낼 수 있는 능력은 적고 유산소적 지구력을 낼 수 있는 운동능력이 뛰어난 것을 볼 수 있다.

고령자는 속근섬유의 위축이 일어나기 때문에 유아들과 같이 서근섬유가 주동적인 운동을 하게 된다. 이 때문에 순발력을 내는 힘과 속도를 내는 운동에 적합하지 않고 노인 운동 부하에서 장기간 운동을 계속하는 것은 탁월한 능력을 발휘한다. 또 현실에는 피로하기 쉬운 상태에서 운동 함으로서 지구력을 높일 수 있는 체력적 잠재능력이 준비되어 있다.

에너지 공급계도 어느 정도 관련이 있는데 속근섬유는 무산소적 에너지 공급을 주로 하나 서근섬유는 유산소적 에너지 공급을 주로한다. 여기에 따라 노인의 운동은 무산소적 에너지 발휘를 그다지 하지 않게 된다. 따라서 유산소적 운동이 적합하게 된다.

4. 유산소적 작업능력

유산소적 작업능력 지표로는 최대산소섭취량이 지표가 되는 경우가 많다. 최대산소섭취량은 운동 중에 섭취되는 산소량의 최대치를 나타내나 호흡순환기능과 말초대사 기능이 종합적으로 반영된다. 호흡순환기능 중 운동중의 최고 심박수는 나이가 증가하면 감소하는 경향이 있다. 최고 심박수는 "220-연령"이라는 간단한 공식으로 표현되고 최고령자를 대상으로 할 때는 꼭 타당하지 않다고 생각된다.

小林(1982)이 발표한 최고 심박수는 연령에 대한 회귀방정식으로 나타냈는데 일반 건강한 남자를 대상으로 했을 때는 $Y(\text{박/분}) = 201.7 - 0.583X(\text{연령})$ 이 되고 이 회귀방정식에 의하면 최고 심박수는 30세에는 184 박/분, 60세에는 167 박/분, 70세에는 161 박/분 수준이 된다.

그러나 개인차는 크고 60-80세를 대상으로 측정된 결과에는 150 박/분에서 180 박/분으로 넓은 범위를 나타내고 있다.

Shephard(1978)는 60세에서 83세까지 남자의 최고 심박수는 평균 170 박/분으로 보고하였고 고령자가 되더라도 최고심박수가 이 이하로 되지 않는다고 하였다. 나이가 증가하면 최고심박수가 감소하는 기전에 대하여는 아직 명확하지 않은 점이 많다.

심박출량은 심박수와 1회 박출량을 곱한 것으로 구할 수 있다. 1회 박출량은 최대산소섭취량의 40-50% 수준의 운동부하로 모두 최대치에 달하며 젊은 사람은 운동부하가 그보다 더 크더라도 감소하지 않고 조금씩 증가하는 경우가 많다. 그러나 고령자는 가벼운 운동부하에서 1회 박출량이 대부분 상한에 도달하고 운동부하가 그보다 커지면 1회 박출량은 감소하게 된다. 이 때문에 큰 운동시 1회 박출량은 약간 감소하게 된다(Shephard, 1978). 이러한 원인은 심근으로의 산소공급, 심장의 컴프라이스, 심근의 수축력 등이 감소하기 때문이라고 생각된다.

최대산소섭취량은 최대심박출량과 동정맥 산소교차의 곱으로 구할 수 있다. 안정시와 가벼운 운동시의 동정맥 산소교차는 젊은층 보다 노령층이 높다. 이러한 이유는 고령자는 혈액으로부터 조직으로의 산소섭취가 높은 것을 의미한다. 그러나 운동중의 동정맥 산소교차의 최대치는 연령이 증가하면 감소하는 경향이 있다. 젊은층의 동정맥 산소 교차의 최대치는 대개 18ml/100ml혈액이 되고 고령자는 15ml/100ml혈액이다. 이것도 개인차는 크다. 동정맥 산소교차가 연령과 동반하여 감소하는 원

인은 체력수준의 저하, 동맥혈의 산소포화도 저하, 헤모글로빈 농도의 저하, 말초의 혈액순환 악화, 조직의 산소활성의 악화 등이 알려져 있다(McArdle과 Katch, 1981).

최대 산소섭취량은 35세 이후에는 연령과 동반하여 감소하는 경향이 있다. 일반적인 경향으로서는 일상적인 운동을 하는 사람들과 운동을 하지 않는 사람들과는 최대산소섭취량의 크기가 차이가 있다. 연령과 동반하여 감소하는 비율은 차이가 보이지 않는다. 운동을 하거나 하지 않아도 최대산소섭취량이 연령과 동반하여 감소하는 것은 세계 각국의 자료에도 동일하다.

그러나 최대 산소섭취량의 개인적 추이를 추적 연구해 보면, 연령에 따라 감소하는 변화는 각각이고 연령에 따른 변화보다는 일상적 운동에 의한 영향이 큰 것으로 보인다(小林, 1985). 또 65세 이상의 연령층에서 보면 거기까지도 같은 빈도의 운동을 하더라도 연령에 따른 감소가 일어난다.

달리기와 같은 격렬한 운동에는 65세 이상이 되어도 이전부터 운동을 해온 사람이라도 그 운동강도와 운동량을 유지 할 수 없게 되고 서서히 감소시켜야 한다. 노인이 되면 운동량을 감소시키지 않으면 안되는 이유는 주로 피로회복이 늦어지기 때문이다. 피로회복의 지연은 산소활성의 감소와 밀접한 관계가 있다.

60-69세의 일반인의 최대산소섭취량은 평균 1.74l/분, 체중당 최대산소섭취량은 28.8ml/kg/분이고 같은 연령의 조깅 애호가(N=7)의 최대산소섭취량은 평균 2.44l/분, 체중당 최대산소섭취량은 46.2ml/kg/분이고 이 중 매일 5-16km를 달리는 사람의 평균치는 50ml/분이라고 보고하였다(小林, 1985).

60세 이상 조깅 애호와 마스타스 대회 상위 입상자(Pollock 등, 1987)의 체중당 최대산소섭취량도 61ml/kg/분이다.

인간이 다른 사람의 도움 없이 독립적으로 걸을 수 있는 최저한계를 최대산소섭취량으로 추정해 보면 체중당 12-13ml/kg/분 정도이다. 이 수준을 Independent level이라 부른다.

5. 무산소적 작업 능력

신체 운동을 계속하는 고령자의 최대산소섭취량은 일반적으로 젊은 사람과 같으나 그것을 상회하는 수준을 나타내더라도 이상하지 않고 고령자에는 무산소적 작업 능력이 젊은이와 비교할 때 열세이다.

최대운동을 한 후 혈액 유산 농도는 20세의 경우 최고 11-13mM/l인데 비하여 66세의 경우 거의 7mM/l정도가 되고 충분한 동기가 있을 경우에는 8-10mM/l정도가 된다(Shephard, 1978).

평소 장거리 운동을 계속한 60대(평균 65.8세)의 최대 산소섭취량을 측정했을 경우 운동직후의 혈액유산농도의 평균치는 6.7mM/l가 되고 개인치의 최고는 8.1mM/l가 된다(小林, 1985).

고령자에는 최대운동시의 산소부채의 치도 적어지게 된다. 최대산소섭취량에 대한 산소부채의 비율을 산출하면 20세에는 1.84배, 50세에는 1.40배, 60대에는 1.38배가 된다.

고령자에서 무산소적 작업능력이 저하되는 것은 주로 세포수준의 무산소적 활동능력의 감소가 원인이라고 생각된다. 또 근섬유의 조성 위에 무산소적 에너지의 이용을 하는 속근섬유의 위축이 진행되고 서근섬유가 주체가 되는 것도 강한 영향을 미친다고 생각된다.

고령자에는 격렬한 신체운동을 하는 것이 좋지 않은 것이 이와 같은 무산소적 에너지 공급 능력이 감소하므로 산소부족의 상태가 호흡순환계의 부담을 증가시키게 된다.

6. 운동의 기초 대사에 미치는 영향

운동을 했을 때 몇 칼로리의 에너지를 소비했는가는 흥미 있는 일이다. 그러나 운동 중 실제적으로 소비되는 에너지는 소량이고 운동에 의해 소비되는 에너지에의 영향은 기초대사량에 의한 것이 크지 않다고 생각하고 있다.

Lundholm 등(1986)은 일상 생활에서 열심히 운동하는 사람과 운동을 하지 않는 사람의 기초 대사량을 비교했을 경우 열심히 운동을 한사람이 평균 56.4%(26.9-74.6%의 범위) 높은 것을 보고하였다.

고령자에는 기초 대사량의 크기는 신체의 세포량에 의존하게 되고 운동을 한 사람은 근육의 량이 많기 때문에 기초 대사량이 높다고 생각된다. 따라서 연령에 의한 기초 대사량이 감소하는 것은 적지 않고 신체적으로 불활동적인 것도 근의 위축 등에 강한 영향을 미친다.

Ⅲ. 결 론

노인을 대상으로 한 건강교실과 운동지도의 기피도 많

아지고 있으나 노인운 그 체력수준이 개인차가 크기 때문에 나이만 기준으로 하여 운동을 시키는 것은 무리가 뒤따르게 된다.

사람의 몸은 적당히 사용함으로써 처음의 그 기능수준을 유지하고 또한 향상시킬 수 있다. 사용을 하지 않으면 퇴화하여 약해지고 과도하게 사용하면 또한 그 기능의 파파가 온다

노인이 운동을 하는 것은 그것으로 효과가 기대된다. 그러나 고령자의 운동효과와 가능성을 지배하는 것은 현재의 체력수준, 체력의 잠재능력, 나이라고 하는 3가지 요인을 생각 할 수 있다.

노인을 대상으로 체력을 검사해 보면 신체의 유연성이 현저히 저하되어 있는 경우가 많고 고령자는 속근섬유의 위축이 일어나기 때문에 유아들과 같이 서근섬유가 주동적인 운동을 하게 된다. 이 때문에 순발력을 내는 힘과 속도를 내는 운동에 적합하지 않고 노인은 운동 부하에서 장기간 운동을 계속하는 것은 탁월한 능력을 발휘한다.

노인이 되면 운동량을 감소시키지 않으면 안되는 이유는 주로 피로회복이 늦어지기 때문이며 피로회복의 지연은 산소활성의 감소와 밀접한 관계가 있다.

노인들에게는 격렬한 신체운동을 하는 것이 좋지 않은 것이 이와 같은 무산소적 에너지 공급 능력이 감소하므로 산소부족의 상태가 호흡순환계의 부담을 증가시키게 된다.

고령자에는 기초대사량의 크기는 신체의 세포량에 의존하게 되고 운동을 한 사람은 근육의 량이 많기 때문에 기초대사량이 높다고 생각된다. 따라서 연령에 의한 기초대사량이 감소하는 것은 적지 않고 신체적으로 비활동적인 것도 근의 위축 등에 강한 영향을 미친다.

<참 고 문 헌>

- 배성수, 박래준: 노인환자의 재활, 대한물리치료학회지 제2권 제1호, 95-191, 1992.
- 박래준, 박상옥, 양재근, 전재균: 운동생리학, 도서출판 정담, 서울, 1992.
- 田島直也, 塚藤芳照, 佐野忠弘: 中高年のスポーツ 醫學, 南江堂, 1997.
- 小林寛道: 日本人のエアロビックパワー, 杏林書院, 1982.
- 小林寛道, 島岡みどり: 90歳 マラソン 選手の 體力的 特徴, 第14回 日本 體力醫學會 豫告集, 1986.

- 小林寛道, 近藤孝晴: 高齢者の運動と体力. 朝倉書院, 1985.
- 小林寛道: 中高齢期の體力的特徴, 第37回日本體育學會大會抄録集(運動生理學會), 1986.
- Lundholm K, Holm G, Lindmak L, Larsson B, Sjostrom L, Bjorntrop P: Thermogenic effort of food in physically well-trained elderly men, *eur. J. Appl. Physiol*, 55: 486-492, 1986.
- McArdle WD, Katch FI: *Exercise Physiology*, Lea & Febiger, Philadelphia, 1981.
- Moritani T, de Vries HA: Potential for gross muscle hypertrophy in older men, *J. Geront.* 35: 672-682, 1984.
- Pollock ML, Foster C, Knapp D, Rod JL, Schmidt DH: Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes, *J. Appl. Physiol*, 62: 725-731.
- Shephard RJ: *Physical activity and aging*, Croom Helm, Londo, 1978.
- Schock NW, Norris AH: Neuromuscular coordination as a factor or in age changes in muscular exercise. In *Physical activity and aging*. University Park. Press: 92-99, 1970.