

골격근의 노화에 대한 고찰

권오봉 · 송윤경 · 임형호

경원대학교 한의과대학 한방재활의학과교실

A Review of Journals on the Aging Skeletal Muscle

Oh-Bong Kwon, O.M.D., Yun-Kyung Song, O.M.D., Hyung-Ho Lim, O.M.D.

Dept. of Oriental Rehabilitation Medicine, College of Oriental medicine, Kyungwon University

The purpose of this article was to contribute to the knowledge of physiological and pathological changes of aging skeletal muscles, and of therapeutic method. By aging there were changes of distribution of muscle fibers, the loss of muscle mass, the loss of the number of muscle fibers, the loss of glycolysis capacity, the decrease of the oxidative enzymes and muscle vascularization in the skeletal muscles. And as a pathological change, the exhaustive maximal exercise increased oxidative stress that led to oxidative damage which were shown to be implicated in promoting aging. The property of intensity and duration exercise is important not only in keeping human health and physical fitness from oxidative stress, but also for the maintenance of well-being and quality of life.

Key words : aging, skeletal muscle, oxidative damage, exercise

I. 서론

노화(aging)란 일생을 살아가는 동안에 생물학적으로 성숙된 인간들에게 일어나는 모든 규칙적인 변화로서, 신체구조나 기능상의 변화 뿐 아니라 인간의 적응이나 행동에 있어서의 변화 유형까지를 포함하는 변화이다¹⁾.

현대의학의 발달과 질병의 예방 및 조기발견으로 평균수명이 증가됨에 따라 노인인구는 급격한 증가 추세를 보이고 있는데²⁾, 2000년도 통계청의 발표에 의하면, 우리나라 65세 이상 노령인구는 1997년 전체 인구의 약 6.3%에서 2000년에 7.1%로 증가되었고, 2020년에는 13%로 증가될 것으로 예상하고 있

다³⁾. 노후보장이 미흡한 우리 나라 현실을 비추어 볼 때 노인문제가 새로운 사회문제 양상으로 자리 함을 알 수 있고, 이러한 제반 노인문제 가운데에서 노인건강관리를 다루는 보건의료측면은 가장 중요한 노인복지대책의 하나이며, 특히 노인의 건강을 관리하고 그 관리기능을 유지 증진키 위한 체계적인 전략이 요구된다⁴⁾.

노화는 신체 모든 부분에서 기능의 감퇴를 가져 오는데, 신경계 신경전도 속도의 감소, 기초 대사량의 저하, 심박출량, 신장 여과 기능 및 농축 속도의 저하, 내분비, 호르몬 기능, 청력, 면역 기능 등 모든 분야에서 기능 감소가 뚜렷하다⁵⁾. 그러나 인간이 모두 하나의 형태로 늙어가는 것이 아니라 각자가 갖는 신체적 및 생물학적 특성, 성격특성, 능력, 직업

■ 교신저자 : 임형호, 서울특별시 송파구 송파동 20-8 경원대학교 부속한방병원 재활의학과 교실
Tel : (02)425-3456. Fax : (02)425-3560. E-mail : omdlimhh@chollian.net

과 역할이 다른 가운데 장기간 생활해 가고 있으므로 그들의 노화과정 역시 대단히 다양해지기 마련이다⁶⁾.

노인 질환 중에서 퇴행성 변화에 따른 근·골격계의 질환이 일생 생활에서 가장 흔하게 발생하는 것으로 알려져 있고 이는 만성적으로 유지되며 일상생활기능의 장애를 초래할 가능성이 많다. 이에 저자는 근골격계의 변화 중 골격근(skeletal muscle)의 노화에 대한 개념과 생리적 변화, 병리적 노화의 과정에 대한 실험적 연구 및 그에 대한 치료방법 등에 대한 국내 발표된 연구보고를 기초로 고찰한 바 약간의 지견을 얻었으므로 이에 보고하고자 한다.

II. 본 론

1. 골격근의 노화

일반적으로 노인에게서는 연령이 증가함에 따라 근력, 근지구력, 순발력, 유연성, 평형성, 민첩성, 심폐지구력의 체력요인과 함께 근량 감소와 체지방량이 증가하는 신체조성의 급격한 변화가 나타나는 것으로 알려져 있다. 또한 각종 호르몬 분비도 감소되는데 특히, 근육의 조성을 자극하는 성장호르몬과 성호르몬 분비의 감소는 매우 민감한 상관을 가지고 있는 것으로 연구되고 있다⁶⁾.

노화과정의 해부생리학적 변화는 신체의 구조와 신체내부기능의 변화를 볼 수 있는데 신체적 변화에서 연령의 증가에 따라 팔다리 근육은 수축력이 약해져 뼈에 부담을 주어 골절상의 원인이 되며 신체 각 부분을 연결하는 조직인 collagen 섬유, elastin 섬유, reticulin의 물질 등이 감소하며 신경의 통증이 증가하고 피부와 그 외 부속물인 머리카락의 은백색, 노인성 반점, 손톱의 변화와 피부의 탄력성은 피부에 있는 collagen 섬유가 모두 쇠퇴해 탄력성이

감퇴되고, 운동의 제한을 받고 있는 노인의 골격, 근육, 피부 역시 더 빠르게 퇴화한다²⁾.

노령화와 함께 쇠퇴하는 대표적인 생리적 변화는 골격과 골격근의 변화이다. 보통 근력의 유지는 일상생활에서 중요한 의미를 부여하는데, 즉, 시장보기, 물건나르기, 계단오르기, 의자에서 일어나기 등의 일상 생활 동작에 반드시 근골격계의 일정한 역할이 필요하다. 나아가서 이는 인간생활의 기동성, 위험에 대처하는 능력 그리고 질적인 삶에 영향을 주고 있다. 일반적으로 인간의 근력은 20~30대에 최고의 절정을 이룬 후에 점차적으로 쇠퇴하는 양상을 보이는데, 특히, 60대 이후부터는 더욱 급속한 근력의 약화를 나타내고 있다. 또한 근육대사능력, 근섬유의 크기, 속근 섬유유 수가 감소되는데, 이러한 근력의 쇠퇴는 노화뿐만 아니라 근육을 사용하지 않는데서도 그 원인을 찾을 수 있다. 운동에 의하여 근육강화 훈련을 하면, 근섬유가 굵어지고 근력이 증가된다. 또 근육 모세혈관의 발달로 근육수축에 필요한 에너지원이 충분히 보급되면 근육 자체에도 에너지원이 증가하기 때문에 근지구력이 증가된다. 근력을 낼 때는 그 사람의 근육의 굵기로 봐서 100이라는 힘을 낼 수 있는 사람이라도 70~80%밖에 나오지 않은 것이 보통이나, 노인들도 상당한 연습에 의하여 상당한 근력을 낼 수 있다. 또한 근육의 발달과 근력의 향상은 체내 저항력을 강하게 한다. 이러한 연쇄적인 반응은 감기나 각종 질병에 대한 면역성을 높여주는 결과가 된다⁸⁾.

2. 골격근 노화의 생리학적 변화

1) 근섬유 분포의 변화

초기 연구에 의하면 Type I 섬유유와 Type II 섬유유 사이의 상호전달 혹은 특수한 근섬유 유형의 이차적인 선택적 소실로 설명하는데, 20세에서 29세의 연령층이 39%의 Type I 섬유유를 보인 반면 60세에

서 65세 사이의 연령층은 상당히 증가한 66%의 Type I 섬유를 보이고 Type II 섬유의 분포는 30대에서 70대까지 직선적인 감소를 나타낸다고 하였고, 이는 변화된 섬유분포에 관해 고안된 기전은 분열이나 증식에 의해 발생하는 Type I 섬유의 증가, 종말발화(terminal sprouting)의 상실로 인한 Type II 섬유수의 선택적 위축과 연이은 축소, Type I 섬유에서 Type II 섬유로의 변형을 포함한다¹⁰⁾. 그러나 최근 연구에서는 Type I 섬유의 연령별 변화가 거의 없음을 측정하였고 특수한 섬유유형의 선택적인 상실은 없다고 주장하였으며, Type II 섬유의 위축은 매우 고령자(80세 이상)에게서 나타나는 현상일 것이라 한다. 즉, 노화되는 동안 골격근 질량의 소실이 발생할 때 그것은 특수한 섬유유형의 선택적 소실이 아니라 훈련에 의한 근육의 섬유-특수 가소성(fiber-specific plasticity)을 나타내는 것으로 노인에게서의 유전적, 활동적 산물이라고 한다¹⁰⁾.

2) 골격근 섬유의 손실

William은 노화가 진행됨에 따라 근육의 변화를 보면 근육세포는 위축되고 약화되어 근력과 근긴장도가 점차적으로 약해지고, 근육의 양과 근육대사율도 감소된다고 하였다. 결국 근육조직의 탄력섬유도 점점 소실되어 유연성이 감소되며 강직성이 증가되는 것을 볼 수 있으며 근량감소증(sarcopenia)이 심해져서 근육량이 급격히 감소하고 더불어 체내 수분량도 동시에 줄어든다. 또한 70세 노인의 지방조직이 차지하는 비율은 25세 성인의 약 2배 정도 되는 15%에서 30%로 증가하고, 그 외의 조직, 골격, 세포내 물질 등은 감소한다¹¹⁾.

노화된 소용근을 대상으로 한 연구에서 전체 섬유수와 Type I, II 섬유의 수는 20대, 40대 및 50대에서 유사한 반면에 60세 이상에서는 전체 섬유수와 두 섬유유형수가 상당히 감소했고 70대에서는

전체 섬유수의 약 25%가 감소된 것으로 나타났으며, 또 다른 연구에서는 외측광근에서 그 소실이 25세에서 시작하며 20세에서 80세 사이에 전체 섬유수의 39%가 감소된다고 하였다. 섬유수는 발생학적인 특성으로 결정되고 노화에 의해 관찰된 섬유수의 어떤 변화 역시 발생학적으로 조절된다¹⁰⁾.

3) 속근(type II) 섬유의 상대적 위축과 감소

노화가 진행됨에 따라 근육이 위축(atrophy)되고 근기능의 감소와 더불어 대사율도 저하된다. 노화성 위축의 원인은 신경계의 기능이 감소에 따른 운동단위의 감소, 신경근 연결(neuromuscular junction)에서 근육으로 유입되는 신경전달물질의 결핍으로 인한 근수축력의 저하, 재생되는 각 골격근 세포의 능력감소, 세포내 수분의 감소로 인한 산소 확산 능력의 감소 등으로 보고되고 있으나 명확한 것은 아니다¹²⁾.

평균 섬유 크기는 30대 혹은 40대에서 최대치에 달하다가 그 후 점차로 감소하는데, Type I 섬유는 적어도 60세에서 70세까지 비교적 노화와 관련된 위축에 저항하는 것으로 보이며, 따라서 섬유 크기의 감소는 Type II 섬유에서 현저한 반면 Type I 섬유는 영향을 적게 받는다. 연구에 의하면 Type I 섬유의 크기가 80세와 20세에서 거의 정확하게 일치했으며 Type II 섬유의 감소는 나이가 들어감에 따라 감소하는데 20세와 80세의 차이가 26%라고 한다. 또한 70세에서 80세까지의 남자를 7년동안 연구한 결과 Type I 섬유 영역은 변하지 않았으나 Type IIa 섬유와 Type IIb 섬유 영역은 각각 14%, 25% 감소했다고 하였다¹⁰⁾.

골격근의 노화성 위축은 많은 침상생활, 고정 및 활동 감소로 인해 급속히 일어나는 위축과 자연스런 운동량 감소와 지속된 컨디션 조절의 실패로 인한 위축 현상으로 설명될 수 있다. 노화성 골격근 위축의 형태적 변화는 Eddinger 등, Kovanen 등,

Herscovich와 Gershon에 의해 근원섬유의 위축, 사립체의 변성, 노화색소의 출현, 근섬유형의 조성 변화, 신경근 연결의 변화들이 보고되어진 바 있다¹²⁾.

4) 섬유량 모세혈관 비율의 저하

초기 연구에서는 모세혈관 조밀도($350/\text{mm}^2$)와 모세혈관-근섬유비율(carillary/fiber ratios)이 1.5로 젊은층과 노인에서 유사하게 보고되었으나, 최근 연구에서는 25세와 비교했을 때 65세 남녀의 가자미근의 모세혈관 조밀도가 25% 감소했고 모세혈관-근섬유 비율과 모세혈관수는 근육에서의 실제적인 모세혈관 소실을 반영하므로 노인 남녀의 근육수에서 19~40%정도 더 낮았다고 보고된다. 그러나 근모세혈관에 노화가 미치는 영향에 대한 우리의 이해는 다소 불완전하며 모세혈관의 감소가 활동의 감소로 인한 것인지, 노화 과정인 것인지는 불확실하다¹⁰⁾.

인간에게 있어서 특정 근섬유 형태의 모세혈관에 관한 노화와 트레이닝의 상호작용에 대하여 유용한 정보는 제한되어 있다. 연령과 트레이닝 상태가 골격근 섬유의 노화에 미치는 영향에 대한 연구 결과를 살펴보면, 훈련된 고령자 피검자들은 훈련된 청년 피검자들보다 Type II 근섬유 부근의 모세혈관이 더 적게 나타났다. 이러한 연령-관련 효과는 또한 정상 체력 피검자들에게서도 볼 수 있다. 이러한 결과가 내포하고 있는 것은 Type II 섬유의 모세혈관 수의 감소는 진정한 연령 효과(age effect)를 반영하는 것이고, 단순히 감소된 신체활동에서 기인하는 것이 아니라는 것이다¹³⁾.

5) 근육 산화효소(SDH) 활성의 감소

성인 남성 중 노인그룹(57 ± 4 세)과 청년그룹(25 ± 3 세)으로 나누어 지구성 훈련을 하여 외측광근을 조사한 결과, SDH(호박산염탈수소효소) 활성이 Type

II 섬유의 연령-관련(연령으로 인한) 위축(atrophy)에도 불구하고 지구력 훈련이 된 고령자 그룹의 Type I과 IIa 근섬유에서 유사한 수준으로 향상했는데, 고령자 그룹에 있어서 Type IIa 섬유의 SDH 활성은 지구성 훈련이 된 청년그룹에게서 관찰된 것과 동일하였고 정상 체력 고령자 그룹에서보다 2배 더 높게 나타난 것으로 이는 노화가 건강한 남성들의 Type II 섬유 크기와 산화 능력(oxidative capacity)에 있어 감소의 결과를 가져오고, 이러한 산화 능력 효과는 지구성 트레이닝에 의해 예방할 수 있다는 것을 시사한다¹³⁾.

6) 골격근 당대사의 변화

연령 증가에 따른 내당능(glucose tolerance)의 점진적인 감소는 잘 알려진 사실이다. 일반적으로 내당능의 감소는 주로 골격근, 지방 조직 등 말초조직의 인슐린저항성 증가와 인슐린 분비의 감소 등에 의한다고 한다. 연령의 증가에 따른 내당능의 감소는 운동 부족, 지방질의 과다축적을 수반한 체중증가, 인슐린 분비이상 등, 일반적인 원인을 추정할 수 있으나 그 정확한 기전에 관해서는 아직도 연구자마다 상이한 보고를 하고 있는 실정이다¹⁴⁾.

흰쥐에서 연령이 골격근의 당대사에 미치는 영향을 살펴본 결과에서 28주전후의 성숙기군에서 혈당량은 성장기군에 비해서 유의하게 높았으며 혈장 인슐린 농도도 유의하게 높았는데, 이는 높은 혈장 인슐린 농도에도 불구하고 인슐린 반응 말초조직의 당 이용이 억제된 결과 혈당농도가 높아진 것으로 사료되어 연령이 증가됨에 따라 인슐린 작용에 대한 저항성이 발생한 것이라 할 수 있다. 같은 양의 당을 부하한 후 혈장 인슐린 농도 변화를 관찰한 결과 당부하 첫 30분에는 성장기군에서 성숙기군에 비해 현저히 높았으며 120분에는 성숙기군에서 높은 값을 유지하고 있었는데, 성장기군에서 췌장의 인슐린 분비기능은 성숙기군보다 왕성하고, 분비된

인슐린의 분해(소모)가 성숙기군에서 느리다는 것으로 해석할 수 있다. 내당능의 감소기전을 추구하고 생체 내 최대인슐린 반응조직으로 알려진 골격근(soleus)을 사용한 당 섭취능은 성숙기군에서 성장기보다 낮았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었고 인슐린 첨가에 의한 당 섭취능의 변화도 특별한 차이가 없었다¹⁴⁾. 이는 골격근 자체에서의 당대사 변화는 크지 않음을 시사한다.

3. 골격근의 병리적 노화(산화적 손상)

단·장기간 고강도 운동으로 인한 산소 공급의 증가는 골격근이나 심근 등에 활성산소를 증가시켜 단기적으로는 피로를 유발시키고 장기적으로는 노화를 촉진시킨다¹⁵⁾. 즉, 신체활동 중에는 조직으로 산소공급이 증가됨으로써 산소대사(oxygen metabolism)을 통해 필요한 에너지를 충분히 생산하여 신체활동을 계속 수행할 수 있지만 반면 운동으로 인한 과량의 산소유입은 이를 이용하는 조직에 산화적 손상을 야기시키게 된다¹⁶⁻¹⁷⁾.

활성산소(oxygen free radicals, 이하OFRs)는 쌍을 이루지 못한 전자를 가진 불안정한 산소로서 생체조직을 공격하여 세포를 손상시키는 세포를 산화시키는 주된 요인이며, 노화, 질병, 스트레스, 흡연, 음주, 자외선 등에 의해 증가된다¹⁵⁾. 특별히 유산소 훈련을 하는 사람들에게 OFRs은 문제가 되는데, 세포내에서 탄수화물과 지방이 연소될 때 ATP가 생성되며 이때 호흡한 산소의 98% 정도가 소모되고 대략 1%정도가 OFRs로 바뀌는데 유산소 운동을 하는 동안 미토콘드리아로의 산소 유입이 급증하게 되어 OFRs이 급증한다¹⁶⁾.

노화와 관련하여 미토콘드리아의 활성산소 이론에 대하여 고찰해 보면, 활성 산소에 의한 미토콘드리아의 손상은 ATP 생성에 부정적인 영향을 미치며 활성 산소의 생성을 증가시키게 된다. 또한 증가

된 활성 산소는 미토콘드리아 구성 성분의 손상을 야기하며, 이로 인하여 세포 자체가 공격을 받게 된다. 공격을 받은 세포는 연차적으로 그 기능이 비정상적으로 수행되어지며 중국에는 조직과 기관의 손상을 일으킨다고 알려져 있다¹⁸⁾.

항산화제의 함량은 OFRs 증가와 동시에 증가하지는 않아 불균형을 초래한다. 건강한 몸은 항산화제의 수준을 잘 유지하는 것이다¹⁶⁾. 항산화제란 OFRs 및 반응성 산소화합물(reactive oxygen species)의 생성을 방지하거나 그 활성도를 경감시키거나 손상된 조직을 복원하거나 혹은 다른 항산화제의 기능을 높이는 물질을 총칭하는 의미로써 효소계와 비효소계로 나뉘는데, 효소계 항산화제로는 SOD(superoxide dismutase), CAT(catalase) 및 글루타치온계(glutathione system)들이며 생체내 항산화성을 유지하는 역할을 하는 것으로 알려져 있고, 비효소계 항산화제는 Vit.E, C, B6, β -carotene, selenium, N-acetylcysteine 등이며 외부에서 섭취해야 하여 항산화효소와 연쇄반응으로 그 효과를 증대시키는 것으로 알려져 있다¹⁷⁻¹⁸⁾. 운동 중 발생한 산화적 스트레스는 인체 내 산화제와 항산화제의 불균형을 초래하여 항산화 방어 기전이 약한 골격근의 산화적 스트레스에 보다 민감한 반응을 일으키는 것으로 보고되어진다¹⁷⁾.

OFRs과 산화제 과정에 의한 질병은 이미 여러 가지가 보고되고 있는데, 노화에 따른 기능 장애와 몇가지 암에서도 부분적이던 증상이 수년간 천천히 누적되어 문제시 되기도 하며, OFRs의 경우도 유사하여 콜레스테롤과의 반응이 오래 지속되면 동맥경화나 심장마비를 일으킬 수 있다¹⁶⁾. 즉, 인체 구성 성분인 단백질, 지방 및 유전자를 구성하는 기본 단위인 DNA 등을 손상시킬 뿐만 아니라 지질 과산화를 일으켜 만성퇴행성 질환들을 일으키는 원인이 되기도 한다¹⁵⁾.

운동으로 인한 산화적 스트레스의 증가는 트레이

닝에 대한 반응일 뿐만 아니라 인체 내 항산화 효소의 활성을 유도한다. 근 조직별 항산화 효소 활성도간에는 차이가 있는데, 특히 심장의 항산화 효소 활성도는 외측광근보다도 8배~10배 이상이 높다. 따라서 운동시 생성된 반응 산소종은 골격근보다 심장근에서 효율적으로 제거될 수 있다. 단, 장기간 탈진적인 운동이 지질, 단백질 및 DNA를 손상시키는 산소 반응종을 유발하여 조직의 항산화 기능을 저하시키는 물론 규칙적으로 운동을 수행하는 사람들의 근육 노화 촉진 및 근상해를 일으킨다고 제시하였다¹⁵⁾.

4. 항산화 물질에 대한 실험적 연구

탈진적인 스포르트성 운동이 쥐의 심장, 골격근 손상과 항산화기능에 미치는 영향을 알아보기 위해 생쥐를 대상으로 7주간 트레이드밀 운동을 한 후 측정된 결과, 활성산소가 탈진적인 운동 후에는 증가와 더불어 항산화물질인 SOD(superoxide dismutase), CAT(catalase)도 약간 증가하는 것을 알 수 있었다¹⁵⁾.

장기간 복합 항산화제 섭취(Vit B, C, B6, β -carotene, selenium)가 장시간 수영 운동 후 골격근의 항산화 효소 활성과 심근·골격근의 조직형태학적 손상의 영향을 알아보기 위해서 생후 4주된 SD계의 수컷쥐를 대상으로 실험한 결과, 가자미근의 SOD 활성은 변화가 나타나지 않았고, 비복근의 GPX(glutathione peroxidase)와 GR(glutathione reductase)의 활성은 비섭취군보다 섭취군이 유의하게 ($p<0.01$, $p<0.05$) 증가하였고, 심근은 골격근에 비해 항산화제 투여 및 운동에 따른 특별한 변화가 나타나지 않았고, 항산화제를 투여하지 않고 운동시킨 골격근은 손상이 있었고 항산화제를 투여하고 운동시킨 골격근은 손상이 없었으므로, 항산화제 섭취와 장시간 수영운동시 골격근의 항산화효소 GPX와 GR의 활성은 보다 항진하였고 항산화제의 섭취는

운동부하시 발생하는 골격근의 손상을 방지할 수 있다고 보여진다¹⁶⁾.

탈진적 운동과 항산화제 섭취가 쥐 가자미근의 SOD 활성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 생후 4주된 SD계 생쥐를 대상으로 한 실험에서, 탈진적 트레이드밀 운동은 쥐 가자미근에서의 SOD 활성에 어떤 영향도 미치지 못하였고, 장기간의 항산화제 섭취도 SOD의 활성에 영향을 미치지 못하였는데, 이러한 결과는 수행한 운동 강도, 실험동물의 트레이닝 유·무, 분석방법의 차이로 인하여 기인된다고 볼 수 있다. 즉, 과도한 운동은 말초혈액에서의 SOD의 활성을 증가시키는 것은 분명한 것으로 판단되나 운동으로 인한 말초혈액에서의 산화적 손상이 체내 조직의 산화적 손상으로 직접 연결되지는 않는 것으로 판단될 수 있고, SOD는 상대적으로 짧은 시간에 활성화되기 때문에 분석시간에 따라 다른 결과를 나타내는 것이라 판단된다¹⁷⁾.

최대운동시 항산화제 섭취가 골격근의 항산화 효소의 활성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 생후 4주된 SD계 흰쥐를 대상으로 한 연구에서, 탈진적 최대 운동은 산화적 스트레스를 유발하여 골격근의 산화적 스트레스에 대한 반작용으로써 GPX와 GR 항산화 효소의 활성을 증대시키며, 장기간의 복합 항산화제의 섭취는 최대 운동시 조직의 산화적 스트레스를 경감시키기 위하여 비항산화 섭취군에 비하여 산화적 스트레스에 대항하는 GPX와 GR 항산화효소의 활성을 보다 증대시키는 역할을 하는 것으로 보고한다¹⁸⁾.

5. 골격근 노화에 대한 운동 요법

노년기의 스포츠 종목의 선택은 신체능력에 따른 개별적인 선택을 필요로 한다¹⁹⁾. 연령 증가에 따른 체력의 저하와 운동 효과에 대한 여러 연구들이 있어 왔는데, 운동이 노화과정 중 체력변화에 미치는

효과에 대한 실험에서, 30~70대에 이르는 운동군(n=86)과 대조군(n=99) 총 185명을 대상으로 악력, 윗몸 앞으로 굽히기, 안정시심박수, 최대심박수, 최대산소섭취량, 분당산소섭취량, 최대환기량, 최대 1회 호흡량 및 호흡수, 감각구성검사성적, 반응시간 등을 측정한 연구에서 근력은 30대 이후 연령증가와 더불어 감소되지만, 운동군이 대조군에 비하여 높은 근력 수준을 유지하고 있었고, 유연성은 30대를 제외하고 연령대간의 차이가 없었으며 운동군이 대조군보다 높은 유연성을 지니고 있었다는 결과를 발표하였다²⁰⁾.

골격근의 노화를 예방하고 활성화할 수 있는 대표적인 운동요법에 대한 연구 결과들을 다음과 같이 정리하였다.

1) 무용 요법

노인들의 신체적 특성은 동작의 범위가 좁아지고, 자신의 행동에 제한을 받게 된다. 신체능력의 저하로 나타나는 어색한 몸짓, 허리가 굽어지고 걸음걸이가 무겁고 어깨가 처지며 움직임이 느려진다. 이런 노화현상에 덧붙여 몸이나 근육의 위축으로 신장이 줄어들고, 등이 굽어지며 피하지방의 감소, 체중이 줄어든다. 또한 면역성이 떨어져 쉽게 감염되고 순환기 계통이 약해지며, 대부분의 노인들에게 나타나는 관절통 등 신체부위의 가벼운 통증 등이 나타난다. 이에, 무용 요법의 적용으로 신체의 각 부위를 맞사지 하듯 자연스럽게 움직여주며 노화의 속도를 감소시켜 약화된 신체기능을 회복 유지시킨다. 또한 신체의 잘못된 자세와 습관을 바로 교정하여 과도한 긴장감을 이완시켜 일상생활의 신체 활동량을 증가시킨다. 즉, 인체의 노화로 인해 이완되어 있는 근육을 자유롭게 편안한 움직임을 통해 운동성을 회복시키는 것이다. 노인을 위한 요법 프로그램은, 노인의 신체적·정신적 상태를 고려하여 신

체활동과 창작적 내지는 표현의 활동으로 나뉜다. 노인이 어느 활동에 속하든지 간에, 프로그램은 먼저 가벼운 준비단계를 거쳐 주 운동으로 밀기, 누르기, 비틀기, 돌기, 때리기, 두드리기, 뒹구르기, 미끄러지기 등 다양한 동작을 실행하고 다음으로 신체의 증상에 따른 각 부위별 훈련인 호흡운동(복부호흡, 흉부호흡, 심호흡), 이완, 그리고 맞사지 등의 순서로 구성되어 실시되어야 하며, 실제로 활용하기 위한 무용요법 프로그램 개발은 그 기능이 흥미롭고 자발성을 유도하는 것이어야 한다²¹⁾.

2) 댄스스포츠, 단전호흡

근지구력의 경우 댄스스포츠, 단전호흡 운동 그룹이 비운동 그룹보다 좋은 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 여러 보고에서처럼 노인의 근력과 근지구력은 일반적으로 연령이 증가함에 따라 감소하지만 규칙적인 운동을 통해 발달할 수 있다는 연구와 일치한 결과이다. 또한 댄스스포츠의 walking 동작은 분당 최저 100보에서 최대 300보에 이르는 스텝을 밟아야 하므로 1시간 정도의 운동을 할 경우 약 600kcal에 해당하는 에너지가 소모되고 하지의 대퇴사두근의 근력 향상에 도움을 준다는 연구 결과가 있다¹¹⁾. 이와 같이 하지근력의 향상은 규칙적인 운동에 의해 하지근육의 단백질 분해가 감소하고 합성이 증가함으로써 근육의 횡단 면적이 증대되기 때문으로 하지근력의 강화가 하지움직임에 효율성을 제공하여 노인의 일상생활 수행기능에도 긍정적인 효과를 준 것으로 사료된다. 단전호흡, 댄스스포츠, 비운동 그룹에서의 유연성을 측정한 연구결과 단전호흡 그룹에서 체전굴(body flexion)을 통해 확인한 유연성이 가장 좋은 것으로 나타났는데, 이러한 이유로 단전호흡 운동이 주로 근육을 이완시키는 동작과 스트레칭 위주의 운동이 주를 이루고 있어 유연성 향상에 많은 영향을 준 것으로 생각된다¹¹⁾.

3) 스트레칭

노화가 진행됨에 따라 모든 기능은 쇠퇴하고 또한 관절의 운동가동범위도 쇠퇴한다. 운동가동범위는 노인의 근·관절 능력을 알 수 있는 기본적인 척도가 되므로 이 범위를 증가시킴으로서 주요 관절의 근력과 유연성 및 신체활동을 원활히 할 수 있다. 노인의 관절간 운동가동범위를 향상시키는 방법 중 가장 과학적인 방법은 스트레칭 운동을 하는 것이다. 노화에 따른 관절가동범위의 손실을 최소화하기 위해 여러 가지 스트레칭 유형 중 Static-Active 스트레칭, Light-Resistance 스트레칭, PNF 스트레칭을 선택하여 노인의 관절가동범위에 보다 좋은 효과가 나타나는 스트레칭 유형을 알아본 연구²²⁾에서 6주 동안 노인에게 위의 세 유형의 스트레칭을 어깨관절(shoulder joint), 고관절(hip joint), 손목관절(wrist joint), 발목관절(ankle joint)의 가동범위의 효과를 비교한 결과는 다음과 같다. 첫째 굴곡·신전 가동범위 효과에 대해 스트레칭과 관절간에 통계적으로 유의한 차이가 나타났으므로 세 가지 스트레칭 유형은 노인의 관절가동범위에 효과가 있음을 알 수 있고, 둘째 어깨관절의 굴곡 가동범위에서는 PNF 스트레칭 집단, Static-Active 스트레칭 집단, Light-Resistance 스트레칭 집단, 통제집단 순으로 효과가 있었으며, 신전 가동범위에서는 PNF 스트레칭 집단, Static-Active 스트레칭 집단, Light-Resistance 스트레칭 집단, 통제 집단 순이었다. 전체적으로 종합해보면 스트레칭 훈련은 느리고 부드럽게 진행될수록 그 효과가 높았으며 외적인 저항은 노인의 관절에 부담을 주어 오히려 그 효과가 나타나지 못하였다. 또한 스트레칭을 하고자 하는 근육을 수축시킨 후 스트레칭을 시켜 신전반사를 역이용하는 방법은 노인에게 보다 안전하며 내적 저항, 즉 근력과 관절을 동시에 단련시킬 수 있어서 운동가동범위를 단시간에 향상시키는데 더욱 효과적이라는 결론을 내릴 수 있다.

4) 유산소운동(워킹, 런닝, 싸이클링, 스텝 머신의 혼합 운동)

단기간과 장기간의 유산소 운동이 남성 노인의 체력 및 호르몬 변화에 미치는 영향을 비교 분석한 연구⁷⁾에서 65~74세의 남성 노인을 대상으로 3개월의 단기간 유산소 운동집단과 12개월의 장기간 운동 집단에 대한 체력별 요인과 노화관련 호르몬을 비교분석하였다. 체력별 요인은 근력, 근지구력, 순발력, 심폐지구력 항목에서 비교집단에 비해 운동집단에서 유의하게 높은 수준을 보였고, 특히 단기간 운동에 비해 장기간 운동집단에서 높은 수준을 보였다. 또한 호르몬의 비교에서는 안정시 GH(성장호르몬)와 testosterone 농도에서도 비교집단에 비해 운동집단에서 유의하게 높은 수준을 보였고, 특히 단기간 운동에 비해 장기간 운동집단에서 testosterone은 유의하게 높은 수준을 보였다. 단기 및 장기 운동에 의한 GH와 testosterone의 유의한 증가는 근력 향상과 함께 세포 내 단백질 대사와 골밀도 향상에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

5) 걷기 운동

60세 이상 75세 이하의 제가 노년기 여성을 대상으로 8주간의 걷기운동 프로그램(1회 운동 지속시간은 50~60분까지, 운동빈도는 주당 3회로 하여 1회 운동은 5분간 준비운동, 40~50분의 본운동, 5분의 정리운동으로 340m 트랙이 있는 공원에서 실시)이 운동능력 향상에 미치는 영향을 살펴본 연구²³⁾에서는 향상된 건강증진의 결과에서 유연성은 앉아서 윗몸 앞으로 굽히기(sit-and-reach test)로 측정하였는데, 운동 전의 유연성을 공변수로 하여 공분산분석을 한 결과, 실험군이 대조군보다 유연성의 평균이 유의하게 증가하여(F=18.43, p=0.0003), 걷기운동을 실시한 실험군이 대조군보다 유연성이 향상된 것을 확인하였다.

6) 운동시 유의점

운동을 할 때에는 항상 자신의 건강 상태를 확인하면서 다음과 같은 점을 유의해야 한다. 첫째 노년기에는 근육과 신경의 기능이 현저하게 떨어지며, 복잡하고 불규칙한 활동에 대처하는 것이 어렵기 때문에 움직임이 불규칙한 운동을 삼가야 한다. 둘째 심장에서 가까운 부위, 즉 팔운동이나 일시에 강한 힘을 내는 운동은 혈압을 높이기 때문에 삼가야 한다. 셋째 노년기의 몸은 약간의 충격에도 쉽게 부상을 입을 수 있기 때문에 강한 충격이 가해지는 운동은 삼가야 한다. 될 수 있는 한 흠이나 잔지 뒤에서 실시하는 것이 좋다. 넷째 몸이 피곤할 때 운동을 실시하면 부상의 위험이 높다. 이럴 때 휴식을 취해야 한다. 다섯째 운동 시에는 간단하면서도 가벼운 운동복을 착용해야 한다²⁴⁾.

Ⅲ. 고찰 및 결론

급격한 산업화로 도시화·핵가족화 등이 진행됨에 따라 오늘날 노인들은 가정 또는 사회에 있어서의 경제권 및 활동, 역할을 상실하고 소외되어 가고 있으며 노인의 건강 문제도 심각해지고 있다. 우리나라 65세 이상 노인의 86.7%가 만성질환을 한 가지 이상 앓고 있고, 연령이 높을수록 만성질환에 대한 유병율이 또한 증가하고 있으며, 이로 인하여 노인인구의 2/3 이상이 일상생활 활동에 지장을 받는 것으로 알려져 있다. 특히 퇴행성 변화에 따른 근·골격계의 질환이 일상 생활에서 가장 흔하게 발생하는 것으로 알려져 있고, 이는 만성적으로 발전 가능성이 높으며 적극적인 치료 및 관리가 시급한 실정이다. 이에 골격근 노화의 개념, 생리적 병리적 변화와 실험적 연구, 예방하기 위한 치료방법 및 운동요법을 살펴본 결과를 다음과 같이 정리할 수 있다.

골격근은 노화가 진행됨에 따라(연령의 증가) 근

육량이 급격히 감소하고 더불어 체내 수분량도 동시에 줄어들게 되어 근력 감소를 초래한다. 골격근 섬유 분포 변화에서 Type I 섬유의 연령별 변화는 거의 없고 특수한 섬유유형의 선택적인 상실도 없으며, Type II 섬유의 위축은 매우 고령자(80세 이상)에게서 나타나는 현상으로 보이는데, 노화되는 동안 골격근 질량의 소실이 발생할 때 그것은 특수한 섬유유형의 선택적 소실이 아니라 훈련에 의한 근육의 섬유-특수 가소성(fiber-specific plasticity)을 나타내는 것이다. 노화에 따른 근육의 변화에서는 근육세포의 위축과 약화로 근력과 근긴장도가 떨어져서 근육의 양과 근육대사율도 감소되고 결국 근육조직의 탄력섬유도 점점 소실되어 유연성이 감소되는 것으로 설명할 수 있다. 골격근의 노화성 위축은 많은 침상생활, 고정 및 활동 감소로 인해 급속히 일어나는 위축과 자연스런 운동량 감소와 지속된 컨디션 조절의 실패로 인한 위축 현상으로 설명될 수 있으며, 또한 골격근 모세혈관의 감소 및 모세혈관-근섬유 비율과 모세혈관수의 감소가 나타나는 것을 관찰할 수 있다. 연령 증가에 따른 내당능(glucose tolerance)의 점진적인 감소는 주지의 사실로, 생체 내 최대인슐린 반응조직으로서 골격근이 알려져 있다.

골격근 노화의 병리적 변화에서 단·장기간 고강도 운동으로 인한 산소 공급의 증가는 골격근이나 심근 등에 활성산소(oxygen free radicals)를 증가시켜 조직에 산화적 손상을 야기하게 되어 단기적으로는 피로를 유발시키고 장기적으로는 노화를 촉진시킨다. 건강한 몸은 항산화제의 수준을 잘 유지하는 것이나, 항산화제의 함량은 OFRs 증가와 동시에 증가하지는 않아 불균형을 초래한다.

이러한 골격근의 노화는 지구성 훈련 및 항산화제 섭취를 통하여 예방할 수 있는 것으로 알려져 있으나 결과는 각각 실험 내용과 훈련 정도에 따라 다르게 나타나며 좀더 세밀한 연구가 요구된다.

골격근 노화를 위한 운동 요법으로는 무용 요법, 덴스스포츠· 단전호흡, 스트레칭, 유산소운동(워킹, 런닝, 싸이클링, 스텝머신의 혼합 운동), 걷기 운동 등이 유효한 것으로 나타났으며, 노년기에는 근육과 신경의 기능이 현저하게 떨어지며, 복잡하고 불규칙한 활동에 대처하는 것이 어렵고, 약간의 충격에도 쉽게 부상을 입을 수 있기 때문에 항상 건강 상태를 확인하면서 주의해야 한다.

이상의 골격근 노화의 개념, 생리적 병리적 변화와 실험적 연구, 운동 요법에 대한 여러 연구를 살펴보면, 골격근 노화에 대하여 어느 정도 인지할 수 있으나 다양한 이론들로 아직은 정설로 자리 잡은 이론이 없으며 통합적인 실험 연구가 부족하다. 특히 관리하는 방법으로 운동요법이 주로 보고되고 있으나 향후에는 여러 다양한 치료 방법을 도입한 실험이 더해져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 한정란. 우리나라 대학생들의 노화(老化)에 관한 지식과 태도에 대한 연구. 연세교육연구. 2000; 13(1):192-206.
2. 정종만. 노인의 한냉혈관반응 발현 특징에 관한 연구. 전남대학교 대학원. 1998.
3. 피명숙. 재가노인의 만성통증이 일상생활활동과 건강행위에 미치는 영향. 한림대학교 사회복지대학원. 2002.
4. 서순림. 노인의 건강기능상태와 일상활동능력. 경북의대지. 1990;31(2):156-168.
5. 김건울. 노화현상. 인제의학. 1986;7(3):249-254.
6. 안봉환. 모발 및 조갑의 성장에 따른 단백질분의 산화. 전남대학교 대학원. 1988.
7. 김형진. 장·단기 유산소 운동이 남성 노인의 체력 및 노화관련 호르몬 변화에 미치는 영향. 용인대학교 대학원. 2002.
8. 이규문, 최종환. 운동과 노화. 평생체육연구소 논문집. 1996;8(1):1-20.
9. 임종호, 이진오. 노년기 노화에 따른 신체조성의 변화와 근력 및 근지구력의 관계. 한국노년학. 2001;21(2):15-24
10. 송주영, 김진상. 운동이 노화로 인한 골격근의 생리적 변화에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 1998;5(1):63-78
11. 이승범. 노인종합복지관의 운동프로그램이 노화, 체력 및 삶의 질에 미치는 영향. 연세대학교 대학원. 2003
12. 박승한, 박원학, 정형재. 흰쥐 골격근의 노화성 위축에 대한 운동훈련의 영향. 대한의생명과학회지. 1996;2(1):91-108.
13. 고기준, 김태운. 연령과 트레이닝 상태가 골격근 섬유화 산화능력에 미치는 영향. 체육과학연구소 논문집. 1996;12:245-256.
14. 장웅찬, 윤운기, 이석강. 흰쥐에서 연령이 골격근의 당 대사에 미치는 영향. 영남의대학술지. 2001; 8(1):94-100
15. 이규성, 김중언. 탈진적인 스포르트성 운동이 쥐의 심장, 골격근의 조직손상과 항산화기능에 미치는 영향. 한국운동과학회. 1998;8(3):461-471
16. 현송자, 정성태, 유승민. 장시간의 운동시 항산화제섭취가 골격근의 항산화효소 활성과 심장근 및 골격근 손상의 조직형태학적 변화에 미치는 영향. 한국체육학회지. 2002;41(4):491-506
17. 이왕록. 탈진적 운동과 섭취가 쥐 가자미근의 SOD 활성에 미치는 영향. 한국운동과학회. 2001; 10(1):21-29
18. 진영수, 이왕록, 박준영. 최대운동시 항산화제 섭취가 골격근의 항산화 효소의 활성에 미치는 영향. 대한스포츠학회지. 2001;19(1):148-159
19. 김윤규. 노인 스포츠의 의의와 그 방법에 관한 연구. 체육학회지. 1983;10(4):85-101.

20. 김재일, 옥정석, 임재형. 운동이 노화과정 중 체력 변화에 미치는 영향. 운동과학. 1999;8(1): 9-30
21. 이유자. 노인의 신체노화현상에 무용요법 적용 가능성에 관한 연구. 청주대학교 대학원. 2000.
22. 박혜상. 세 가지 유형의 스트레칭이 노인의 관절가동범위에 미치는 효과. 이화여자대학교 대학원. 2000.
23. 신윤희. 걷기운동 프로그램이 노년기 여성의 신체적 기능과 정서상태에 미치는 효과. 이화여자대학교 대학원. 1996.
24. 백영호. 운동과 영양과 노화. 체육과학연구소 논문집. 1991;7(12):167-201.