

노화와 하체 근력 Aging and Muscular Strength in the Lower Limbs

나 보 랴*
Na Bo Ram

전남대학교 의과대학 정형외과교실

Bo Ram Na

Department of Orthopedic Surgery

Chonnam National University Medical School

오 봉 석**
Oh Bong-Seok

순천대학교 사회체육학과

Bong-Seok Oh

Department of Sport and Leisure Science

Sunchon National University

(초록)

근육량은 연령 증가에 따라 근섬유의 수와 크기가 줄어들면서 감소한다. 그 감소로 인해 고령의 상태에서는 젊은 시절에 비해 근력이 저하되고 신체기능이 약해진다. 그와 같은 현상은 누구에게나 불가피하게 나타나지만, 개인차가 심하다. 근력 약화가 심한 일부 고령자들은 직업 활동이나 여가생활도 원활하게 수행하기가 어려워지며, 일상생활에서 기동성이나 독립성 상실로 의존하게 되며, 결국 신체장애나 허약, 질환, 낙상이나 사망의 위험이 높은 상태에서 살아간다. 노화에 따른 근력 감소는 남녀 모두 상체보다 하체에서 더 심하게 나타나며, 신체활동 감소는 상체보다 하체의 근육 사용 감소와의 관련성이 더 높다. 하체의 기능이나 근력이 약해지면 낙상을 두려워해서 신체활동도 꺼리게 되며, 심지어 사회적 관계의 감소와 함께 자기 가치감이나 삶의 만족감도 상실하게 된다. 근육량의 감소 방지를 위해서는 평소 규칙적인 신체활동을 유지하면서 근육들을 최대한 활성화시키는 습관 여부가 매우 중요하다. 질환 등으로 잘 걷지 못하여 근육을 일정한 기간 동안 사용하지 않으면 근육량의 감소와 더불어 근력이 약화되며, 고령자의 경우 나중에 노력하더라도 근력 회복이 쉽지 않게 된다. 그러나 누구든지 규칙적인 운동을 하는 사람들은 연령에 상관없이 근력을 증강시켜주면서 부상이나 장애, 질환 감염의 위험을 낮추어준다. 근력을 증강시켜주는 운동, 특히 저항운동훈련은 나이에 상관없이 매우 효과적이다. 이에 본고에서는 삶의 질을 높이는 수단으로 고령자도 쉽게 행할 수 있는 효과적인 하체(발목, 무릎 및 고관절)의 근력을 강화시키는 운동(예, 레그 프레스, 탄성밴드를 이용

* 주저자: (우) 61469 광주광역시 동구 백서로 160 전남대학교 의과대학 정형외과교실 나보람 정형외과전문의 (e-mail: boramnaos@gmail.com)

** 교신저자: (우) 57922 전라남도 순천시 중앙로 255 순천대학교 사회체육학과 오봉석 교수 (e-mail: loveobs@sunchon.ac.kr)

하는 저항운동) 방법을 이론적인 배경과 함께 소개하였다.

주제어 : 노화, 근력, 신체활동, 저항운동훈련, 하체근력운동

(Abstract)

Loss of muscle mass with aging is associated with reduced in numbers and size of muscle fibers. Skeletal muscular strength and physical functioning would be much weaker in the old ages than in their youth due to the loss. The aging process is inevitable for everyone, but it varies significantly among individuals. Some older people with severe muscle weakness suffer from difficulty in performing work or leisure activities smoothly, are dependent upon the other people in activities of daily living due to loss of mobility and independence, and live in a higher state of risk of physical disability, weakness, diseases, falls or mortalities. The decline in muscular strength with aging is more severe in lower than upper extremities in both genders, and the decline in physical activity is more related to muscle weakness in the lower than upper extremities. The weaker in muscle strength and functioning of the extremities, the more fearful of fall-related injuries, resulting in avoiding physical activities and social relations, and suffering from loss of self-worth or life satisfaction. To reduce the loss of muscle mass, it is important to habitually maintain physical activities that fully activate the muscles as much as possible. Muscle strength would be weakened if the muscles are not used for a certain period of time due to illness, and it would be so hard to recover the strength especially for the older adults even if they try to do later. Regardless of age, however, a person who exercises regularly can increase the strength and lower the risk of injury, disability and illness. Exercises increasing muscle strength, especially resistance training exercises, are very effective regardless of age. In this review, we have introduced the exercises (eg, leg press, exercises using elastic bands) for strengthening the muscles of the lower extremities (ankle, knee and hip) while emphasizing upon their theoretical background.

Key words : Aging, Muscular strength, Physical activities, Resistance training exercises, Lower limb strengthening exercises

I. 노화에 의한 근육위축

우리가 보고 만질 수 있는 근육의 대부분은 뼈에 붙어있는 근육, 즉 골격근(뼈대근, 뼈대근육, skeletal muscle)이다(Oertel, 1986). 사람의 몸은 수 백 개 이상의 골격근들로 구성되어 있으며, 이들은 골격계(skeletal system) 및 이와 연결되어 지지해주는 신경계의 의해

조절된다. 골격근은 근섬유(muscle fiber)들로 구성되어 있는데, 섬유마다 근육 안에서 반복적인 기능을 하는 최소 단위인 근육원섬유마니(sarcomere)들이 들어 있다. 이러한 섬유마니들은 근육의 수축과 이완을 담당하는데, 이로 인해 빠르거나 강한 몸의 움직임(운동)으로부터 작고 섬세한 움직임 등 다양한 형태의 자의적이고 적절한 신체수행이 가능해진다. 그

러나 근섬유의 위축이나 근섬유에서의 운동단위 상실, 신경계나 골격계의 활성화 감소 등과 같은 생리적 변화는 운동의 속도나 강도에 영향을 미쳐 신체수행 능력이 감소하며, 더 나아가 신체기능의 장애, 시설기관 입소 등을 초래할 수 있다. 곧 골격근은 신체수행 및 생의 어느 시기에서든지 적절한 건강상태의 유지에 매우 중요하다(Tieland, Trouwborst, & Clark, 2018).

1. 노화로 인한 근력 저하

근육양(muscle mass)은 근육의 단백질 합성과 분해 비율에 의해 조절된다(Liao, Tsauo, Huang, Ku, Hsiao, & Liou, 2018). 그러나 나이가 들수록 단백질 합성 속도가 느려지면서 남녀 모두 무지방 단백질 조직은 줄어들고 또 지방 조직은 늘어나는데, 특히 근육의 기능뿐만 아니라 다른 대사과정에 아미노산을 공급해주는 골격 근육 단백질이 감소한다(Schulte & Yarasheski, 2001). 노화로 인해 생리적인 기능상태가 전반적으로 약화되는데, 특히 신경운동계가 쇠퇴하여 척수에서의 운동신경세포(motoneuron)들이 감소하면서 근육양 및 골질량(bone mass)의 감소와 체지방 증가 등 체성분 변화가 나타난다. 근육양의 감소는 근섬유(muscle fiber)의 수와 크기가 줄어드는 것과 관련된다(Ahmadihangar, Javadian, Babaei, Heidari, Hosseini, & Aminzadeh, 2018; Akima, Kano, Enomoto, Ishizu, Okada, Oishi et al., 2001; Delbono, 2003; Larsson, Degens, Li, Salviati, Lee, Thompson et al., 2019; Newman, Kupelian, Visser, Simonsick, Goodpaster, Nevitt

et al., 2003; Tieland et al., 2018).

연령증가와 함께 체중 변화가 없다고 하더라도 우리 몸속의 근육양은 감소하는데, 그 감소로 인해 근력(muscle power, muscle strength)이 저하되는 현상을 근감소증(sarcopenia)이라고 부른다(Valdez, Tapia, Kang, Clemenson, Gage, Lichtman, & Sanes, 2010; Visser, Deeg, Lips, Harris, & Bouter, 2000). 노화로 인한 근감소증은 염증질환에 의한 근육상실, 굶주림이나 질환 등에 의한 근소모(muscle wasting) 또는 체중감소 등과 구별된다. 곧 누구나 젊고, 건강하고, 신체 활동이 왕성했던 시절에 비해 근육의 재생능력이 약해지면서 근육 감소나 근력이 약해지는 현상은 정상적인 노화과정에 해당된다(Ahmadihangar et al., 2018; Akima et al., 2001; Roubenoff, 2000).

연령증가에 따른 근력 감소와 근육의 기능 저하는 주로 골격근의 구조와 기능의 양적 및 질적 변화와 관련이 있다. 즉 연령증가에 따라 힘살(muscle belly)부위의 근섬유의 구조나 기능이 변하기 때문인데, 구체적으로는 근섬유의 위축, 근섬유의 수 감소, 기능을 발휘할 수 있는 운동뉴런의 감소와 반응비율 둔화 등이다. 이로 인해 고령의 상태에서는 젊은 시절에 비해 신체기능의 수행능력이 저하된다(Akima et al., 2001; Cheng, Degens, Evans, Cheng, Selänne, Rittweger et al., 2016; Jan, Chai, Lin, Lin, Tsai, Ou, & Lin, 2005). 인구고령화로 인해 신체기능 제한 상태의 고령자 수도 증가하고 있는데, 신체기능의 장애로 일상생활 수행에서 어려움을 겪는 고령자는 적어도 고령인구의 1/3 정도이다(Mahoney, Sager,

& Jalaluddin, 1999). 서양의 경우 60세 이상 인구의 42% 정도가 신체기능 장애로 인해 걷기나 의자에서 일어서기 등 일상적인 생활에서 어려움을 겪고 있다(Tieland et al., 2018).

남녀 모두 적어도 30대에 접어들면서부터 체세포양의 감소가 시작되는데, 그와 같은 위축은 40대에 들어와 알아차리기 시작하여 50대에는 누구나 인식하게 된다(Faulkner, Larkin, Clafin, & Brooks, 2007; Roubenoff, 2000). 그와 같은 골격근의 생리적 구조의 변화는 특히 60세 이후에 더 심하다(Oertel, 1986). 중추 및 말초신경계의 수많은 기능들도 변하면서 몸의 움직임과 관련된 신경세포들이 감소하고 결국 운동기능도 약해진다. 이를 골격근으로 표현하면, 사람의 몸에서 발생하는 근육의 위축현상 중 가장 일반적인 것이 바로 노화에 의한 근육위축(근위축, muscle atrophy)이다(Larsson et al., 2019). 노화에 따른 골격근의 위축이나 근육의 기능저하는 개인차가 있더라도 누구에게든지 불가피하게 나타난다(Cheng et al., 2016; Delbono, 2003; Faulkner et al., 2007; Tieland et al., 2018).

근력의 감소는 최대 등장력(maximal isometric force) 감소와 연관된다(Delbono, 2003). 앞에서 노화에 의한 근골격의 위축은 근섬유의 크기 및 수의 감소 때문이라고 언급했다. 일반적으로 느리고 약한 움직임을 담당하는 근섬유(slow-twitch fiber)를 담당하는 근섬유들은 나이가 들더라도 비교적 오랫동안 유지되는 반면, 강도가 높거나 빠른 움직임을 담당하는 근섬유(fast-twitch fiber)들은 노화의 영향을 더 많이 받아서 쉽게 위축된다. 노화로 인한 근력 약화는 근섬유의 크기 및 전체

수 감소의 영향을 받지만, 근섬유 수의 감소에 의한 영향을 더 많이 받는다(Gordon, Lake, Westerkamp, & Thomson, 2008; Tieland et al., 2018). 근섬유와 근육량은 50대부터 매년 각각 1.5%와 1.9%씩 손실되어 80대가 되면 거의 절반 정도 손실된다(Akima et al., 2001). 이로 인해 남녀 모두 40세와 비교할 때 80세에는 골격근의 근육량은 적어도 30-50% 정도 감소한다(Faulkner et al., 2007). 또 근력은 30세와 80세를 비교할 때 30-40% 정도 감소하는데, 그와 같은 감소는 50세를 넘으면 더 심해진다(Schulte & Yarasheski, 2001).

근육량은 성차를 보이는데, 남성이 여성보다 상체의 근육량은 40% 그리고 하체의 근육량은 33% 정도 더 많다. 골격근의 양은 적어도 30대부터 연령에 따라 감소하는데, 신체기능의 약화 및 근력 저하는 여성이 남성보다 더 심한 편이다(Jan et al., 2005; Janssen, Heymsfield, Wang, & Ross, 2000; Visser et al., 2000). 골격근의 양은 70세가 되면 20세에 비하여 여성의 경우 11%, 남성의 경우 15% 정도 감소한다(Visser et al., 2000). 평생에 걸쳐 나타나는 근육량의 변화는 중앙치를 토대로 매년 여성은 0.37%, 남성은 0.47%씩 감소하는 셈이다. 이와 같은 감소는 고령에서 더 심하여 75세 이상일 때에는 여성이 0.64-0.70%, 남성은 0.80-0.98%씩 감소한다(Tieland et al., 2018).

2. 근력 저하로 인한 위험성

노화에 의한 신경운동계의 쇠퇴로 인해 팔이나 다리 등을 구성하는 골격근이 크게 줄어

르는 근감소증이나 근력의 약화는 신체기능 손상을 초래한다. 이로 인해 직업 활동이나 여가생활도 원활하게 수행하기가 어려워지며, 일상생활에서 기동성이나 독립성을 상실하는 대신에 의존성이 증가하게 되며, 결국 신체장애나 허약, 질환, 사망의 위험을 높인다(Delbono, 2003; Gordon et al., 2008; Larsson et al., 2019; Roubenoff, 2000; Schulte & Yarasheski, 2001; Suetta, Hvid, Justesen, Christensen, Neergaard, Simonsen et al., 2009). 신체기능 장애의 예방과 치료는 공중보건이나 건강한 노화를 위해 매우 중요하다(Tieland et al., 2018). 어깨의 통증과 같은 상체 근육의 노화도 일상생활의 불편을 초래하지만(Youn & Oh, 2014), 그러한 불편은 하체 근육이 약해졌을 때 더 심한 편이다.

또 노화에 따른 골격근의 감소는 남녀 모두 상체보다 하체가 더 심하게 나타나는데(Janssen et al., 2000; Newman et al., 2003), 지역사회에 거주하는 고령자들이 지팡이나 보행 보조기구(walker)를 이용한다는 것은 하체 부위에 장애가 생겼음을 의미한다(Mahoney et al., 1999; Roubenoff, 2000). 장애가 심하지 않을 경우에는 그러한 기구의 이용으로 이동성이나 독립적인 생활이 어느 정도 가능할 수 있다. 일반적으로 보행보조기구 이용자들은 지팡이를 이용하는 사람들보다 하체의 기능이 더 좋지 않은 편이다. 하체의 기능이 약해 보행보조기구를 사용할 정도가 되었다는 것은 앞으로 일상생활도 독립적으로 영위하기 어려워졌음을 의미하고, 재활이나 운동을 통하더라도 회복 능력도 매우 낮아졌음을 암시한다. 실제로 아무런 보조기구를 이용하지 않는 고

령자보다 지팡이에 의존하는 사람이 문제가 생겼을 때 회복능력이 훨씬 더 낮다(Mahoney et al., 1999).

노화와 질병 등으로도 근소모가 심해지지만, 신체활동 감소가 바로 근육량의 감소에 대한 주요인이다. 신체활동 감소는 상체보다 하체의 근육 사용 감소와 더 관련된다(Janssen et al., 2000). 하체의 골격근육 기능의 약화는 나이에 상관없이 신체활동 감소를 초래하며, 특히 고령자에게는 보행도 어렵게 한다(Tanner et al., 2015). 하체를 제대로 사용하지 못한다는 것은 보행 등 전반적 신체수행능력 감소로 의존생활을 할 가능성뿐만이 아니라 낙상의 위험도 높아지고, 이로 인해 병원 입원의 가능성이 높아진다. 또 입원 후에도 재발을 통해 기능을 회복하지 못하면 요양시설에 입소하거나 다른 전환의 발생 또는 조기 사망으로도 이어진다(Mahoney et al., 1999; Tieland et al., 2018; Visser et al., 2000).

고령자들의 일부는 우울증이나 사회적 고립으로 신체활동을 별로 하지 않게 되고, 이로 인해 신체기능의 약화가 더 심해지기도 한다(Tieland et al., 2018). 또 신체기능이나 근력이 약해지면 낙상을 두려워해서 신체활동도 꺼리게 되며, 심지어 사회적 관계도 감소하며, 결국 자기 가치감이나 삶의 만족감도 상실하게 된다(Gordon et al., 2008; Larsson et al., 2019; Schulte & Yarasheski, 2001). 특히 낙상을 한번이라도 경험했던 고령자들은 다시 낙상을 경험할지도 모른다는 두려움 때문에 일상생활 수행에서 자신감이 결여되어 있으며, 우울증상으로 이어지거나 사회와 고립되기도 한다(Ahmadiyahangar et al., 2018).

II. 근력 강화운동의 중요성

1. 신체활동 감소와 근력 약화

신체기능의 제한을 초래하는 가장 일반적인 이유는 바로 골격근 수행의 감소 등으로 인해 골격근육량이 상실되는 근감소증 때문이다. 물론 골격근육 상실만이 근감소증을 초래하는 것이 아니라 만성적인 질환이 있을 경우도 그렇다(Tieland et al., 2018). 구체적으로 연령증가에 따라 근섬유의 크기 감소 및 근섬유의 상실에 따른 근육량 및 강도의 쇠퇴와 같은 근감소증은 단백질 대사에서의 변형, 호르몬 결핍, 영양 상태, 유전 등 다양한 요인으로 설명하는 것이 가능하다. 그러나 평소 규칙적으로 신체활동을 유지하면서 근육들을 최대한 활성화시키고 있는지의 습관 여부가 가장 강력한 요인이다(Faulkner et al., 2007; Karabulut, Abe, Sato, & Bembien, 2010; Tieland et al., 2018; Schulte & Yarasheski, 2001).

고령자의 경우 질환 등으로 잘 걷지 못하여 근육을 일정한 기간 동안 사용하지 않으면 근육량의 감소로 인해 근력이 약화되며, 나중에 노력하더라도 근력 회복이 쉽지 않게 된다(Roubenoff, 2000; Tieland et al., 2018). 사고나 부상 또는 질병으로 일정한 기간 동안 깁스(plaster cast)를 한 채로 팔이나 다리 근육을 사용하지 않거나 침상에 누워있을 경우 사지가 눈에 띄게 가늘어지고 근력도 큰 폭으로 저하된다. 어떠한 경우에서든지 신체활동을 소홀히 하거나 관리를 잘못하면 근력 약화는 매우 빠르게 진행된다. 요양원이나 노인병원 등에 입원하는 노인은 주로 침상 생활을 하는

데, 침상 생활 1개월 사이에 몸이 보유하고 있는 근육량의 50%가 상실되기도 한다. 또한 고령의 환자가 질환 등으로 침상에 누운 상태로 장기간 생활할 경우 젊은이들에 비해 근육 손실의 정도가 훨씬 더 심한 것으로 보고되고 있다. 고령자의 침상 생활은 근육 손실을 동반할 뿐만 아니라 단백질 합성을 저해하여 근육량의 회복을 방해하며 노인성 근감소증의 문제를 초래한다(Mahoney et al., 1999; Suetta et al., 2009; Tanner et al., 2015).

2. 낙상

신체기능이 약해진 고령자들은 사소한 일상생활이라도 힘이 들고 불편하게 느껴져 쉽게 포기해버린다. 누구든지 눕거나 앉아 있는 등 근육 사용을 하지 않으면 앉을수록 근육 상실과 지방 증가가 심해지면서 근력이 약해지며, 근력이 약해질수록 근육 사용이 더 줄어들고 불편한 일들을 회피하며, 또 그와 같은 회피로 인한 신체활동 감소는 근육량의 감소를 초래하는 등 악순환이 되풀이된다(Roubenoff, 2000). 일부 고령자들은 낙상에 대한 두려움 때문에 주로 앉아서 지내는데, 이와 같은 신체활동 감소는 결국 신체기능을 더 약화시킨다(Tieland et al., 2018).

낙상은 특히 고령자들에게 자주 발생하는 공중보건문제이다. 노화로 인한 신체기능 쇠퇴와 함께 여러 가지 질환을 앓고 있다면 낙상 발생 가능성은 더 높아진다(Kirkwood, Trede, de Souza-Moreira, Kirkwood, & Pereira, 2011). 보통 근육량의 감소와 근력 약화로 인한 장애나 낙상 위험 및 일상생활에서 기능의

제한은 쇠약한(frail) 고령자에게는 더 심각하다(Faulkner et al., 2007; Liao et al., 2018; Newman et al., 2003). 또 고령 상태에서 신체 장애나 낙상의 위험은 남성보다 근력이 더 약한 여성에게서 더 높은 편이다(Ahmadihangar et al., 2018; Larsson et al., 2019; Newman et al., 2003).

비교적 건강한 상태라도 연령이 증가할수록 신체기능이 점점 약해지므로 낙상은 걱정거리가 된다. 보통 65세 이상 인구의 30%, 80세 이상 인구의 50%가 매년 낙상을 경험한다. 또 낙상을 경험한 자들의 절반 정도는 1년에 2차례 이상 경험한다(Cattagni, Scaglioni, Laroche, Van Hoecke, Gremaux, & Martin, 2014; Nelson-Wong, Appell, McKay, Nawaz, Roth, Sigler et al., 2012). 낙상이 발생해도 큰 부상으로 이어지지 않으면 낙상의 통계에 들어가지 않기 때문에 실제 낙상이 발생하는 빈도는 더 높다고 할 수 있다(Hitcho, Krauss, Birge, Claiborne, Fischer, Johnson et al., 2004). 일단 낙상이 발생하면 이로 인한 골절 등의 부상으로 입원하는데, 낙상으로 부상을 입거나 입원을 하게 되는 주요 위험 인자 중 하나는 특정한 질환이 없더라도 불안정한 걸음걸이 등 보행기능의 상실이다(Kirkwood et al., 2011).

낙상으로 다치거나 치료를 위해 입원할 경우 경제적 손실이 따르고, 사망하기도 한다. 지역사회 거주나 요양시설 입소 고령자의 낙상도 문제이지만, 지병으로 입원 중인 환자들의 낙상도 자주 나타난다. 입원한 자들의 30% 정도는 낙상으로 골절이나 출혈 등의 부상을 겪으며, 간혹 사망하기도 한다. 병원 장

면에서 낙상은 균형을 잃은 상태에서 가장 자주 발생하는데, 어떠한 경우이든지 낙상은 균형 유지나 보행 능력의 저하와 관련성이 매우 높다(Hitcho et al., 2004). 낙상으로 입원한 고령의 환자들의 2/3는 6개월 이내에 또 다른 낙상을 경험하기도 할 정도로 신체기능 약화의 위험성이 크다. 또 85세 이상의 고령 상태에서는 낙상 발생으로 사망까지 이어질 가능성이 40% 정도이며, 나머지 60%는 장기간 입원생활을 할 정도이다. 입원한 상태에서 재활 과정을 거처도 낙상 이전 상태로의 신체기능 회복이 어려운 장애를 갖게 되는데, 이로 인해 자율성 상실과 함께 삶의 질이 저하된다(Ahmadihangar et al., 2018; Cattagni et al., 2014; Kirkwood et al., 2011; Mahoney et al., 1999; Nelson-Wong et al., 2012).

3. 근력 강화운동의 필요성

연령증가로 인한 근육 강도나 근육량의 감소는 몸의 균형 유지를 어렵게 한다. 예를 들면, 허리나 목, 고관절(엉덩관절), 대퇴골(넙다리뼈) 등 몸의 움직임에 필요한 기능을 하는 골격근이 약해지면 낙상 등이 발생하기 쉽다. 낙상과 같은 위험을 방지하기 위해 걸음걸이 속도나 보폭을 감소시키는 것은 보수적인 전략인 반면 운동으로 근력을 강화시켜주는 것은 적극적인 전략이다(Ahmadihangar et al., 2018; Kirkwood et al., 2011). 남녀 모두 꾸준히 운동을 하는 사람들은 연령에 상관없이 부상이나 질환 감염의 위험이 훨씬 더 낮으며, 고령이든 원래 몸이 쇠약한 상태이든 규칙적인 운동은 근육의 양이나 강도를 높여주거나 약화를

최소화시킨다(Faulkner et al., 2007).

고령자들이 가장 쉽게 도진할 수 있는 신체활동은 걷기나 정원 가꾸기 등이다. 일상생활의 일부로 규칙적인 신체활동을 왕성히 하는 것은 근육격계를 강화시켜주어 근력 유지 및 독립성 생활을 가능하게 해주므로 특히 고령자들에게는 매우 가치 있는 일이다(Rantanen, Guralnik, Sakari-Rantala, Leveille, Simonsick, Ling, & Fried, 1999). 그 반면에 고령의 상태에서 근육을 일정한 기간 동안 사용하지 않으면 근섬유들이나 내퇴사두근(quadriceps muscle)의 기능 및 근력이 쉽게 퇴화한다. 물론 사용하지 않았던 근육도 훈련을 통해 지속적으로 이용할 경우 근력이 어느 정도 회복되지만 그 회복에 필요한 시간은 상당히 길다. 고령의 상태에서는 손실된 근육의 재합성 기능이 낮아 근력 회복이 쉽지 않을 수도 있다. 또 근육량은 훈련을 지속해도 젊은 시절만큼 원래 상태로 쉽게 회복되지 않는다(Suetta et al., 2009).

노화에 의해 근섬유의 퇴행이 나타난 때 식이조절에 의해서도 새로운 섬유들의 재생이 이루어질 수 있지만, 운동에 의한 재생이 더 비관적이다(Valdez et al., 2010). 곧 노화에 의한 근감소증은 운동부족이나 질환 발생 등으로 심화된다. 또 성장호르몬이나 테스토스테론 등의 약물 개입으로도 근육량이 다소 증가될 수 있지만, 근력은 그다지 높아지지 않는다. 근력을 키우기 위해서는 운동, 특히 저항운동훈련을 지속해야 한다. 왕성한 신체적 활동을 해야 몸이 단련되며, 만성질환의 상태라도 운동프로그램에 참여하게 되면 운동 이외의 신체활동도 증가하는 효과가 있다

(Roubenoff, 2000).

평소 좌식생활의 습관은 신체활동 저하와 함께 신체기능을 지속적으로 감소시키게 된다. 누구든지 연령증가에 따라 유산소능력(aerobic capacity)이 점점 감소하면서 일상적인 걷기나 자전거 타기와 같은 신체수행능력도 감소한다. 그러므로 근섬유 크기의 감소를 저하하는 대신에 근육단백질의 양을 늘려주고 근육강도 및 근지구력을 향상시켜 신체수행능력을 원활하게 해주는 저항운동훈련과 같은 개입이 이루어져야 한다. 저항운동훈련은 나이에 상관없이 근감소증의 예방이나 치료, 즉 근육량이나 근육강도의 유지 및 향상에 효과적이다. 그러나 적절한 일겨 근육 수행을 유지하기 위해서는 유산소 운동(aerobic exercise)이 병행되어야 한다. 이와 같은 저항운동이나 유산소운동은 장수에도 도움이 된다(Cheng et al., 2016; Gordon et al., 2008; Roubenoff, 2000; Schulte & Yarasheski, 2001; Tieland et al., 2018).

시항운동훈련을 지속하면 근육에서의 효과적인 변화는 불과 며칠이내에 나타나기도 한다(Roubenoff, 2000). 또 이를 최소 5-6개월 지속하면 고령자일지라도 다리 근육의 강도, 무지방 신체질량(lean body mass)을 증강시킬 수 있는데, 이는 운동을 지속한 근육들이 동화작용(anabolism)의 개시 촉진과 이미노산의 근육단백질(muscle protein)로의 합성을 더 쉽게 해주기 때문이다(Karabulut et al., 2010; Liao et al., 2018; Tieland et al., 2018). 고령이라도 만성적인 질환 여부에 상관없이 지구력 강화 훈련을 위한 규칙적인 생활양식 유지가 매우 중요하다. 그 예로 97세 남성 고령자의 사례인

구에 의하면, 젊은 시절 담석증, 요추와 경추 부위의 척추강직을 겪고, 진립선암, 갑상선기능저하, 혈전증 등을 겪고 있음에도 불구하고 근래까지 1년에 5,000Km 자전거 타거나 격렬한 운동경기에 참여한 결과, 근육량이 40대 남성들과 유사해지는 등 근육질의 속성은 물론 운동수행이나 인지기능도 뛰어났다. 젊은 시절부터 지속적으로 신체 및 지적 활동을 왕성하게 하면서 사회적 상호작용을 하는 생활양식으로 인해 지병에도 불구하고 운동수행능력을 유지할 수 있는 사례였다(Cheng et al., 2016).

III. 근력 강화운동

사람의 움직임이나 근력은 신경계의 지배를 받는 수 백 개의 골격근들의 활동에 의한다. 연령 증가에 따라서 운동 영역에서의 신경세포 감소로 인한 형태적 변화로 인해 골격근의 기능도 감퇴하며, 운동에 관련된 요소들의 협응이나 조절능력 및 근력의 생성 능력도 저하된다(Tieland et al., 2018). 그러한 이유로 고령자들은 약화된 근육강도와 관절이완(joint laxity)의 보상을 위해 보행 시 한쪽 발이 땅에 접해 있는 동안 다리를 뻗듯이 하면서 반복과 무릎관절들을 함께 활성화시키려 한다. 고령 상태에서는 젊은 시절에 비해 보행의 안정성을 유지하기 위해 종아리 부위의 앞정강근(전경골근, tibialis anterior muscle) 및 장딴지근(비복근, gastrocnemius muscle)의 활동 수준을 높이는 편이다. 또 여성 고령자들은 보행 속도가 증가할 때 안정성을 유지할 목적으로

남성과 달리 앞정강근과 넓다리곧은근(대퇴직근, rectus femoris muscle)의 활동을 증가시킨다(Kirkwood et al., 2011).

지역사회에 거주하는 고령자 중에서 고관절이나 무릎에 통증을 가진 사람들을 대상으로 한 조사에 의하면, 그들의 대다수가 통증 때문에 병의원을 찾아가기는 했지만 평소엔 치료를 위한 운동을 특별히 하지 않고 살아가고 있었다. 또 의료진으로부터 통증 완화를 위해서 운동을 하라는 권유를 받은 사람들이 절반에 미치지 못했으며, 나머지 환자들도 운동으로 통증을 관리하는 방법에 대해서 잘 모르고 있었다. 대다수가 의료진의 권유가 있을 때야야 미로소 통증 완화나 근육 강화를 위해서 운동을 하는 편이었다(Dexter, 1992). 좌식생활 위주로 노년기에 접어들게 되면 근육의 강도 등 신체기능의 쇠퇴로 이어지며, 일상생활 동작능력에서 제한이 생기며, 낙상 발생 위험도 커지게 된다. 근육이 약해지거나 보행이나 균형유지 능력을 잃는 것은 낙상 위험을 상대적으로 상승시키므로 예방 차원의 개입이 필요하다(André, Carnide, Borja, Ramalho, Santos-Rocha, & Veloso, 2016).

비교적 강도가 높은 신체활동(예, 달리기)은 앞정강근(전경골근)에서 노화에 연관된 운동단위의 상실을 최소화시킨다. 규칙적으로 신체활동을 하게 되면 고령의 상태에서도 골격근을 활성화시키는 능력이 감소하지 않지만, 신체활동을 게을리 하면 그러한 능력이 쉽게 저하된다. 사람의 골격계는 206개의 뼈, 그리고 이들을 연결하고 있는 힘줄, 인대, 연골들의 망으로 구성되어 있으며, 이는 신체의 형태나 유지, 안정성을 제공하며, 근육계와 합

깨 운동(움직임)을 가능하게 해준다. 그러나 나이가 들면서 골격의 완전한 구조가 변해 근육양이나 수행에 영향을 미치는데, 골격계와 근육계의 노화로 인해 퇴행이 심해지면 운동(움직임)의 범위가 제한된다(Tieland et al., 2018). 근육 단면적의 감소 비율은 장딴지나 다리 근육양의 감소 비율과 유사하다. 외상 생활이나 신체활동이 부족하면 그와 같은 감소가 심해지지만, 지속적인 운동, 저항운동훈련으로 근육동원(muscle recruitment)이 생기면 고령자도 근육을 증가시킬 수 있다(Akima et al., 2001).

인체 지탱의 기둥 역할을 하는 하체는 기능이 약해지면 삶의 질 전반에 부적인 영향을 미친다. 하체 부위의 기능을 측정할 시 자주 이용되는 간단한 방법으로는 균형 유지, 보행 속도, 의자에 앉고 일어서기 등이다(Mahoney et al., 1999). 하체 부위인 엉덩이와 허벅지에는 전체 근육의 2/3 이상이 집중되어 있어 허리, 무릎의 안정성을 도모할 뿐만 아니라 신체와 하체의 연결이나 원활한 혈액순환 등 신체균형은 물론이고 온몸의 기능 유지에 중요한 역할을 한다(Dostal, Soderberg, & Andrews, 1986; Neumann, 2010). 누구나 노화에 의해 근육의 약화를 경험하지만, 고령의 상태에서도 근육 강화와 같은 신체활동을 게을리 하지 않으면 왕성한 활동이 가능하다. 곧 고령의 상태에서 삶의 질 저하를 방지하려면 근육을 강화시킬 수 있는 생활습관이 필요하다. 이에 본고에서는 고령자도 쉽게 행할 수 있는 효과적인 하체 근육강화운동(예, 저항운동)을 발목, 무릎, 고관절로 구분하여 소개하고자 한다.

1. 발목 부위의 근육 강화 운동

고령자들이 균형을 유지할 때 젊은이들에 비해 근육들의 상호수축(co-contraction) 현상은 더 두드러진다. 이로 인해 관절의 경직이 더 심해지는데, 이는 균형을 유지할 때 보상기제라 할 수 있다. 이와 같은 상호수축 현상이 두드러지는 것은 낙상과 관련이 높다. 좌우로 움직이는 것을 최소화시키면서 균형을 유지하려고 할 때 발목 근육들의 상호수축이 증가하며, 또 서 있거나 움직이는 상태에서의 균형 유지 시에도 발목 근육들의 상호수축이 증가한다. 고령에서는 발목의 경직성이 증가하여 낙상 가능성도 높아진다(Nelson-Wong et al., 2012).

발목 부위 근육과 힘줄은 발바닥 굴근(plantar flexor muscle)이 보행이나 계단 오르기, 의자에서 일어나기 등의 동작이나 균형 유지 시 회전력(torque) 생성에 깊이 관여하므로 낙상 예방에 매우 중요한 역할을 한다(André et al., 2016; Jan et al., 2005). 걸음걸이를 하는 동안 발바닥 굴근은 착지(입각기, stance phase) 시 정강이뼈(경골, tibia)가 앞으로 움직이는 속도를 둔화시켜주며 앞발을 디딜 때 몸을 앞으로 나아가게 해준다. 발바닥 굴근이 약한 사람은 보행 시 몸을 쭉그리게 되므로 다리가 수반된 활동이 어렵거나 불가능하며, 서 있을 경우에도 균형을 유지하기가 어렵다(Jan et al., 2005).

노화로 인해 발바닥 굴근의 신경근육 수행의 감소가 관찰되는데, 이는 낙상을 경험한 노인들에게서 더 심한 편이다. 발목 근육의 최대 강도의 감소가 자세 불안정의 주요한

원인이다. 발목 근육 강도의 감소는 자세 불안정으로 인한 낙상의 주요인인데, 노화로 인해 몸의 균형을 잡지 못해 기우뚱거림(body sway)이 심해지면 낙상 위험도 높아진다. 실제로 낙상을 경험한 노인들은 그렇지 않은 노인들보다 몸을 앞으로 기우뚱거림이 더 심하다. 똑바로 선 자세에서 몸의 기우뚱거림을 조절하기 위해서는 발목 관절의 적절한 회전력이 생겨야 한다. 발목 근육의 최대 회전력은 낙상 위험의 쉽고도 효과적인 지표이다(Cattagni et al., 2014).

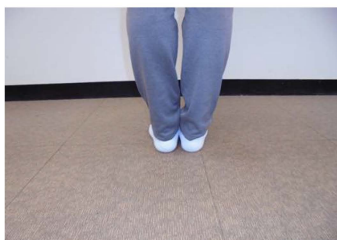
나이가 들면 근육 강도가 약화되면서 몸의 균형을 조절하는 기제도 약해지고, 까치발로 서는 것(calf raise, heel rise)도 더 어려워진다(Jan et al., 2005). 자세 유지에 필수적인 근육에 초점을 맞춘 강화 훈련은 자세의 균형 유지에 도움이 되고, 발목 근육에 초점을 맞춘 강도 훈련은 자세 유지에서 기우뚱거림을 감소시킨다(Cattagni et al., 2014). 까치발 서기를 반복하는 운동은 인속적인 동심원(concentric) 및 이심원(eccentric)의 발바닥 쪽 굽힘(plantar flexion) 동작을 수반하며, 걷기, 계단을 오르내리기, 의자에서 일어나기 등의 전형적인 활동 수행에 필수적이다. 이러한 동작은 고령자들의 기능 쇠퇴 여부나 낙상 여부의 예언 지표가 된다. 이와 같은 운동은 낙상의 위험을 낮출 뿐만 아니라 전반적인 신체기능이나 삶의 활력 증상에 도움이 된다(André et al., 2016).

실제로 발목의 기능이나 발바닥 굴근의 힘을 측정하는 방법으로 한 발로 까치발을 서는 것이 이용되기도 한다(Jan et al., 2005). 까치발 서기의 반복 운동이나 맨발로 양발을

둔부 넓이로 벌리고 벽 앞에 무릎을 꿇고 제자리에 선 자세로 적추는 중립 자세를 취하고 팔꿈치를 약간 구부린 상태로 (신체기능이 약한 경우) 손바닥을 벽에 손가락을 어깨 높이로 벽에 기대고 시도한다. 이 상태에서 무릎을 완전히 편 상태에서 발뒤꿈치를 들어 올릴 수 있는 만큼 올리고 나서 다시 원래 상태로 돌아오는 것을 반복한다(André et al., 2016). 이를 구체적으로 다음과 같이 설명해 본다.

1) 운동방법

제자리에 서서 까치발 서기를 반복하는 운동 방법은 매우 간단하여 언제 어디서나 쉽게 시도할 수 있다. 먼저 <Figure 1>의 시작 자세에서 <Figure 2>와 <Figure 3>처럼 발뒤꿈치를 들어 올리는 자세를 취한 다음 다시 <Figure 1>의 자세로 돌아가는 것이다. 다양한 형태로 변형시킨 실행이 가능한데, 처음에는 두 발로 실행하다가 근력이 길러지면 <Figure 4>처럼 외발로 시도하는 것도 가능하다. 또 두꺼운 책(<Figures 5 & 6>)이나 계단(<Figures 7 & 8>), 각목 등에 발끝만 올려 놓고 발목을 굽히고 펴는 까치발서기 운동을 할 경우 발목이 움직이는 범위를 더 넓힐 수 있어 발목의 근력을 기르는 효과가 더 커진다. 역시 <Figure 2>나 <Figure 3>에 나온 동작을 취한 상태에서 가능한 오랜 시간 정지해 있는 것도 발목의 근력(힘)을 높이는데 큰 도움이 된다.



<Figure 1> Initial positioning (1st step) of the calf-raise movement



<Figure 5> Initial positioning (1st step) of the calf-raise movement using thick things



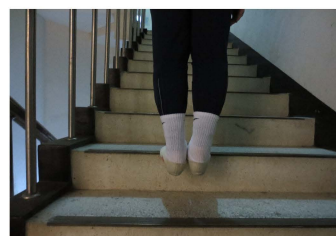
<Figure 2> Executed positioning (2nd step) of the calf-raise movement (posterior view)



<Figure 6> Executed positioning (2nd step) of the calf-raise movement using thick things



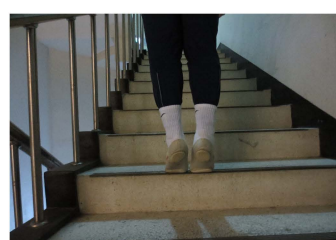
<Figure 3> Executed positioning (2nd step) of the calf-raise movement (lateral view)



<Figure 7> Initial positioning (1st step) of the calf-raise movement using stairs



<Figure 4> Initial positioning (1st step) of the calf-raise movement with one leg



<Figure 8> Executed positioning (2nd step) of the calf-raise movement using stairs

2. 무릎 부위의 근력 강화 운동

고령의 상태에서는 젊은 시절에 비해 자의적으로 무릎을 펴는 동작(무릎 신전, knee extension)의 최대 수축치가 감소하고 또 대퇴사두근(quadriceps femoris muscle)의 단면적(cross-sectional area)도 감소하여 최대 근력이 줄어든다. 역시 노화로 인해 동심원 및 이심원의 무릎 신전 강도도 감소하고, 무릎 신전 시 최대회전력(peak torque)도 감소한다. 무릎을 펴거나 굽힐 때 최대회전력은 남녀 모두 40대나 50대에서부터 감소하기 시작하며, 발바닥이나 발등의 굽히는 능력도 감소한다(Akima et al., 2001). 이로 인해 보행이나 자세유지가 어려워지며, 이를 그대로 방치하면 통증에 시달리는 등 여러 가지 부작용이 나타난다.

예를 들면, 류마티스성 질환으로 통증이나 신체장애가 심한 골관절염(osteoarthritis)은 주로 고관절이나 무릎 관절에서 생긴 염증 질환에 기인한다. 이를 치료하는 다양한 방법들 중의 하나는 물리치료이지만, 기본적으로 근력을 키우는 저항운동훈련을 실시해야 무릎 관절의 통증 완화 및 기능 개선의 효과를 얻을 수 있다. 특히 대퇴사두근의 강화 운동은 근육 강도를 증강시키는데 중요할 뿐만 아니라 무릎 관절염 환자의 통증 완화 및 무릎 상태를 개선해주는 효과가 있다. 무릎 관절염 환자들은 대부분 대퇴사두근이 약한 편인데, 이는 평소 대퇴사두근을 제대로 사용하지 않아서 위축현상이 나타났음을 보여주는 것이다(Shakoor, Rahman, Azad, & Islam, 2010).

또 다른 예로 퇴행성 또는 비후성 관절염

(degenerative or hypertrophic arthritis)으로 알려진 무릎 골관절염(knee osteoarthritis)은 관절 질환 중 가장 흔한 퇴행성 질환이다. 이로 인해 관절의 통증이나 압통(tenderness), 강직(stiffness), 종창(swelling), 기동성 제한, 손가락이나 무릎, 척추, 엉덩이 부위의 관절 기형(joint deformities) 등을 초래한다. 이는 신체기능 활용에 영향을 주어 일상생활이 제한되고, 독립성 유지가 어려워지며, 삶의 질을 저하시킨다. 통증 때문에 잘 움직이지 않거나 운동을 하지 않으면 근력과 뼈가 더 약해져서 점점 관절 사용이 어려워진다. 무리가 되지 않는 범위 내에서 꾸준한 운동으로 관절 주변의 근육과 인대를 강화시켜주어야 한다(Zhang, Liu, Xu, Zhi, Geng, & Chen, 2013).

고령자들도 저항운동훈련에 의해 무릎신근의 강도를 신장시키는 것이 가능하다. 대퇴사두근과 허벅지 전면근육을 발달시켜주는 운동(leg extension training), 대퇴사두근과 대둔근을 발달시키는 운동(예, leg press) 등이 고령자에게도 근육강화를 위해 권장되지만, 어떠한 형태의 운동이든지 그 강도를 고려해야 한다. 낮은 강도에서의 지속적인 근육강화 운동은 근육 손상 없이 효과가 나타나게 되는데, 특히 무릎이 약한 고령자에게는 무릎관절에 부담이 가지 않는 정도의 강도로 훈련하는 것이 중요하다(Karabulut et al., 2010). 그 구체적인 방법은 아래와 같이 소개한다.

2) 운동 방법

전문운동기구를 이용해 대퇴(허벅지) 근력을 기를 수 있는 운동으로 레그 프레스(leg press)가 있다. 이는 의자에 앉아 의자와 수평



<Figure 9> Leg strengthening exercise (1st step) using a leg press machine



<Figure 10> Leg strengthening exercise (2nd step) using a leg press machine

높이인 발판에 두 발을 올려놓고 무릎을 굽히고(<Figure 9>) 또 이를 다시 펴는(<Figure 10>) 간단한 형태로 구성된다. 특별한 기술이 없어도 실행하기 쉽고 자신의 신체 상태에 맞게 중량(무게)을 조절하기가 쉬운 것도 장점이다. 고령자도 쉽게 행할 수 있으며, 대퇴(허벅지) 근육을 신장시킬 경우 무릎의 안정성 확보와 무릎 통증 관리에 도움이 되는 등 효과성 및 활용성이 높다.

다른 운동 방법으로 자신의 체중(몸)을 이용하여 서 있는 자세에서 다리를 쫓그렸다가 펴는 동작을 하면서 대퇴(허벅지) 근육을 기르는 운동(standing half squat exercise)도 있다. 이 방법도 다양한 응용이 가능하지만, 가장 손쉽게 할 수 있는 방법을 <Figure 11>과 <Figure 12>에 소개한다. 양 발을 어깨너비로



<Figure 11> Standing half squat exercise (start posture)



<Figure 12> Standing half squat exercise (end posture)

하고 서서 무릎을 약간씩 굽히고 펴기를 연속해서 반복하는 것이다. 이 운동을 반복할 때 발바닥 전체가 바닥에서 떨어지지 않도록 해야 하며, 이는 무릎에 부담을 적게 주기 위함이다. 이와 같이 제자리 서서 무릎을 약간씩 굽히고 펴는 운동의 경우 1분 동안 150회도 어렵지 않게 반복할 수 있다. 이에 따라 짧은 시간 내에 1,000회의 무릎 굴신(굽히고 펴는) 운동이 가능하다.

<Figure 11>과 <Figure 12>의 운동에서 양 팔을 가슴 높이로 들고 시행할 경우(<Figures 13 & 14>) 복부(내장)의 진동(흔들림)이 더욱 커지므로 대퇴(허벅지) 근육 향상은 물론이고 내장의 기능 개선에도 효과적이다. 이와 같은



<Figure 13> A variation of standing half squat exercise (start posture)



<Figure 14> A variation of standing half squat exercise (end posture)

운동은 TV를 시청하거나 음악을 청취하는 등 언제 어디서나 쉽게 행할 수 있다. 하체 근력이 약하거나 내장의 기능이 좋지 않은 사람은 물론 누구든지 건강을 위해 쉽게 시도할 수 있는 운동이다.

3. 고관절 부위의 근력 강화 운동

여러 근육들로 감싸여 있는 고관절은 다리를 들거나 돌리기, 엉덩이를 회전하기 등의 동작을 할 때를 비롯하여 일상생활에서의 여러 가지 동작에서 원만한 기능이 필수적이다. 머리와 상체몸통의 질량은 전체의 56%를 차지하며, 의자에서 앉았다가 일어나는 동작에

서 고관절이 신축할 때의 각도가 클수록 고관절 신전력(hip extensor muscle force)이 커진다. 일상생활을 하는 도중 앉았다가 일어나는 동작들은 하루에 거의 60차례 정도 반복하고 있다. 보통 앉았다가 일어서는 동작 시에는 고관절 신전근(hip extension muscle), 고관절 신전모멘트(hip extension moment), 고관절 신전력의 활성화가 필요하며, 이 때 고관절 신전력을 감소시키는 것이 중요하다(Inai, Takabayashi, Edama, & Kubo, 2018).

고관절에 이상이 생기면 앉고 일어서기가 어렵다거나 해당 부위의 근력 저하, 관절염, 통증 등이 동반되어 일상생활은 물론 건강에도 부적인 영향을 미친다. 관절의 연골(articular cartilage) 부위에 대한 압박이 과할 경우 골관절염으로 진행될 수 있다. 고관절의 관절염은 움직일 수 있는 범위나 근력, 신체 기능 등을 약화시키며, 건강에 관련된 삶의 질을 떨어뜨리며, 또 고관절 통증으로도 이어진다. 일상생활 도중에 고관절의 연골에 대한 압박 감소는 골관절염 예방이나 진행에 매우 중요하다. 보통 앉아 있다가 일어설 때 고관절 신전모멘트가 높아지는데, 더 낮은 상태에서 앉아 있다가 일어설수록 더 높아진다. 예를 들면, 보통 체격의 사람이 50cm 높이 의자보다 40cm 높이의 의자에서 앉았다가 일어설 때 약 1.3배의 신전모멘트가 더 높다. 고령자나 고관절염 환자들은 균형 유지나 고관절 통증 감소를 위해 그와 같은 점을 고려해야 한다(Inai et al., 2018).

둔부근육(hip muscle)은 고관절 안정성 유지에 매우 중요하다. 만성적인 고관절 통증을 지닌 사람들은 고관절 외전근(hip abductor),

굴근(flexor), 신근(extensor), 회전근(rotator) 등의 근육강도가 감소되어 있다. 나리플 교차시켜 의자에 앉거나 양반다리로 바닥에 앉거나, 심지어 앉았다가 일어서는 동작을 할 때 통증을 느끼는 등 어려움이 많아서 일상생활에 제한이 생긴다. 적절한 관리를 하지 않으면 고관절 골관절염(hip osteoarthritis)으로 진행될 가능성이 커지므로 고관절 근육을 강화시키는 재활과정이 필요하다(Harris-Hayes, Mueller, Sahrmann, Bloom, Steger-May, Clohisy, & Salsich, 2014). 내퇴사누근의 약화는 고령자들의 무릎 골관절염 발생에 위험 인자이며, 안정성이나 보행에도 지장이 생겨 낙상 발생의 가능성이 매우 높다(Ahmadihangar et al., 2018). 고관절 골절을 경험한 빈도는, 1990년대 보고된 자료들을 종합한 바에 의하면, 50세 인구 10만 명당 남성이 22.5명, 여성이 23.9명이지만, 80세 인구로는 남성 630.2명, 여성 1289.3명으로 증가한다. 이와 같은 골절을 경험하면 적어도 1년 정도 건강 서비스에 의존해야 하며, 경우에 따라서는 장기요양 서비스로 이어지기도 한다(Beaupre, Jones, Saunders, Johnston, Buckingham, & Majumdar, 2005).

그러나 인구의 90%가 양 다리 길이가 평균 5.2mm 정도 불일치(leg length inequality)한다. 이 불일치는 일반적으로 왼쪽 다리가 오른쪽보다 더 긴 편이며(조사에 따라 53-75%임), 불일치가 1cm 이상인 비율이 15.6%이다. 이와 같은 불일치로 인하여 무릎과 엉덩이 부위의 다양한 문제를 야기하며, 허리 통증도 수반된다. 남녀 간의 불일치 비율 차이는 없는 편이지만, 그로 인해 허리통증을 겪는 비율은 약

21%이다(Knutson, 2005). 양 다리의 길이가 다르면 관절에 미치는 영향은 물론 보행이나 자세를 취할 때 기능적인 변화도 발생한다. 또 그 차이로 인해 양발에 미치는 부하가 다른 무릎이나 엉덩이, 허리 부위의 관절염을 유발하기도 한다. 다리가 짧은 발쪽의 발목이나 골반 부위에서의 접촉력(contact force)이 긴 쪽보다 더 크다. 이로 인하여 관절이 약해지 질환(염증) 발생 위험이 커지는데, 관절 중에서도 고관절이나 골반의 관절이 그 영향을 더 많이 받는다(Othman, Basaruddin, Som, Majid, & Sulaiman, 2019).

양 다리의 차이가 어느 정도인지에 따라 치료가 달라지는데, 보통 2cm 이상일 때 수술을 시도하며, 그 이하일 경우 신발 안에 안장을 넣어보 무방하지만, 수술 등으로 교정을 심하게 하면 뼈나 근육, 인대에 문제가 생길 수도 있다(Othman et al., 2019). 양 다리의 길이가 2cm 이상 차이가 나는 사람은 무릎 골관절염으로 발발할 위험이 높다. 또 장애와 사망으로 이어지는 고관절 골관절염도 주요한 위험인자가 바로 다리 길이 불일치이다. 인구의 70-90%가 미세하지만 그와 같은 불일치가 나타나며, 그 원인은 선천성이거나 후천성(예, 자세 관련)이다. 더 짧은 쪽 다리는 걷는 동안 발 부위에 미치는 부하가 커서 충격을 더 많이 받으며, 긴 쪽보다 골관절염 위험이 더 높다. 다리 길이 불일치는 신발 높이 등으로 조정하거나 치료하는 것이 가능하다(Kim, Nevitt, Guermazi, Niu, Clancy, Tolstykh et al., 2018).

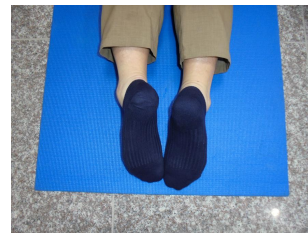
고관절 문제를 진단하는 방법은 다양하지만, 가장 간단한 자가진단 방법은 바로 앞에

서 소개한 양 다리의 길이 차이를 확인해보는 방법이다. 이는 바로 바닥에 일자로 엎드려 누워서 양발의 뒤꿈치를 붙게 하고 양다리의 길이를 비교해보는 방법이다(<Figures 15 & 16>). 만약 고관절 문제가 있다면, 전술한 바처럼 문제가 있는 쪽의 다리가 더 짧다. 양 다리의 길이가 다른 원인은 다양하지만, 고관절의 선천성 탈구(congenital dislocation) 상태에서 교정이 안 된 채로 성장하는 경우도 있다(Someya, Sonohata, Ide, Nagamine, Tajima, & Mawatari, 2016; Zhang, Luo, Cheng, Xiao, & Zhang, 2018). 양 다리의 길이를 같게 하고 온전한 기능을 유지시키기 위한 고관절 교정방법도 있지만, 가장 근본적인 해결책은 고관절 주변을 감싸고 있는 근육들의 근력을 키워주는 일이다. 고관절 교정으로 다리의 길이를 같게 하더라도 그 주변을 감싸고 있는 근육이 약하면 교정효과는 오래가지 못한다. 고관절 인공관절 수술로 최대한 관절 길이를 물리적으로 맞추더라도 기능적으로 생기는 하지 길이의 차이는 운동이나 연부조직 강화로 완화시켜야 한다(Ng, Kean, & Glassman, 2013; Sculco, Cottino, Abdel, & Sierra, 2016). 이런 점에서 고관절 주변의 근육을 강화하는 운동을 할 필요성이 크다.

예들 들면, 탄성밴드(elastic bands)를 이용하는 저항운동은 고령자들이 고관절 근력 강화를 위해 쉽게 이용할 수 있고 부상을 방지할 수 있는 등 안전한 방법이라서 추천된다. 밴드(Theraband나 tubing 등)를 이용하여 근감소증이나 비만을 예방할 수도 있고, 비만이나 근감소증 상태의 고령자들의 경우 지방량의 감소와 무지방의 증가 등 체성분 개선, 근육



<Figure 15> Leg length inequality (Female)



<Figure 16> Leg length inequality (Male)

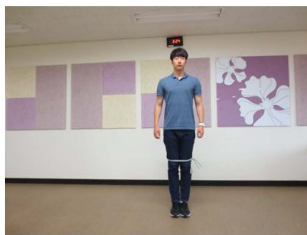
양 및 강도 증가, 이동성 증가의 효과도 나타난다. 밴드의 색은 탄성의 정도 및 저항 수준을 의미하는데, 탄성밴드를 이용한 저항운동 훈련은 비만 여부에 상관없이 고령자에게도 안전하고 효과적이다. 특히 고령자에게 저항운동훈련과 유산소운동의 결합은 단순히 저항운동훈련보다 근육량 유지에 더 효과적이다(Liao et al., 2018).

1) 운동 방법

고관절을 감싸고 있는 근육들의 힘을 기르는 운동법 중 하나는 Theraband 등 탄성밴드를 이용하는 것이다. 약 1m 길이의 탄성밴드를 <Figure 17>처럼 묶어서 준비하며, 이 때 탄성밴드의 원지름은 약 20cm가 되도록 한다. 이렇게 준비한 탄성밴드를 <Figure 18>처럼 무릎보다 약간 높은 위치의 다리에 끼우고 무릎을 약간 굽혀 <Figure 19>처럼 기마(騎馬)자



<Figure 17> Elastic bands



<Figure 18> Resistance band exercise for hip joint (ready posture)



<Figure 19> Resistance band exercise for hip joint (1st step)



<Figure 20> Resistance band exercise for hip joint (2nd step)

세를 한다. 그 후 무릎을 굽힌 상태에서 한 쪽 다리를 앞으로 넓게 그리고 서서히 옮기고 (<Figure 20>), 뒤이어 다른 쪽 다리를 천천히 옮겨와 두 다리가 가까워지도록 한다. 이번에는 뒤따라온 다리를 원래 위치로 서서히 옮긴 후 반대쪽 다리를 천천히 가져와 두 발이 모이도록 하는 동작을 반복한다. 이와 같이 탄성밴드를 이용해 좌우로 천천히 다리를 옮기는 고관절 강화운동 시 굽힌 무릎의 각도를 그대로 유지하고 등이 굽지 않도록 한다. 이 운동을 할 때 처음에는 왕복으로 다리를 옮기는 것을 1회로 하여 10회 정도 반복하다가 점차 반복횟수를 늘릴 수 있다. 자신의 근력이나 신체 상태에 맞게 운동 시 이용하는 탄성밴드의 수를 가감할 수 있다. 이 운동을 할 때 최초에는 1개의 탄성밴드로도 힘들어하던 사람이라도 비교적 단시간 내에 탄성밴드의 수를 2-5개로 늘려 운동하는 것이 가능하다.

IV. 맺음말

골격근육 수행은 신경계, 근육계, 그리고 골격계에 관련된 여러 가지 요소들에 의해 조절되고 있는데, 그와 같은 생리적 과정에서의 조절기능은 노화로 인해 조금씩 퇴화되고 또 이로 인해 근육의 수행능력이 저하된다 (Tieland et al., 2018). 개인차가 있지만 누구나 생의 후반기에 접어들면서 근력이 약해지며, 그와 같은 약화가 심할 경우 걷는 것까지도 힘들게 느껴져서 젊은 시절에 비해 신체활동이 급속히 감소하기도 한다. 그러나 신체활동이 저하될수록 일상생활 동작 능력의 어려움

이 더 커지는 것은 물론 신체기능이나 장애 상태가 더 악화된다. 이와 같은 상태에 상관 없이 어느 정도 강도의 힘을 요구하는 일상생활과 함께 신체활동을 증가시키야 장애나 질환 발생의 위험을 낮추면서 근육강도의 증가 및 기동성이나 독립성 유지가 가능해진다. 역으로 전환이나 장애가 발생하면 신체활동이 감소하고, 그로 인해 근력이 약해지고, 또 이는 신체기능의 저하(예: 무릎의 신축성 저하)를 더 심하게 만드는 악순환으로 이어진다(Rantanen et al., 1999).

낙상 발생의 위험은 연령 증가와 함께 높아지며, 낙상의 경험 빈도 역시 높아진다. 그 위험이 높아지는 것은 노화에 의한 근력 약화 때문인데, 일단 낙상이 발생하면 부상을 당할 가능성이 높고, 또 부상이 심할 경우 치료를 위해 병원에 입원해야 한다. 입원할 경우에는 의료비를 지출하게 하며, 장기간 물리치료와 같은 재활과정을 겪어야 한다. 신상가상으로 입원상태에서도 낙상을 다시 경험하는 사례도 적지 않다. 게다가 재활과정을 거친다고 해서 원래의 기능을 회복한다는 보장이 없다. 근력 약화 상태를 방지하는 것은 전반적으로 삶의 질을 저하시킨다. 곧 고령자들을 위한 낙상 예방은 의료비 지출 감소는 물론 건강한 상태에서의 삶을 위해서 매우 중요한 개인적인 사안이다(Ahmadihangar et al., 2018; Hitcho et al., 2004; Larsson et al., 2019).

나이가 들면서 모두가 근력이 약화되더라도 근감소증과 같은 현상은 생활양식에 따라 개인마다 차이가 심하다. 예를 들면, 젊은 시절부터 또는 평소에 신체활동이나 운동을 꾸준히 해온 사람들은 고령에도 일상생활에

전혀 지장이 없을 정도의 근력을 유지하고 살아갈 수 있다. 그러나 많은 사람들이 그렇지 못하는데, 그들은 근력이 좋지 않기 때문에 혹시라도 낙상이 발생할까봐 잘 움직이지 않는다. 이러한 습관도 고령상태에서 골격근육 수행에 좋지 않은 결과를 초래한다(Tieland et al., 2018). 대부분의 낙상은 한 가지 이상의 위험 요인들과 관련되며, 그 요인들을 인식한다면 낙상 발생의 예방이 가능하다. 고령자에게서 나타나는 근력 약화, 균형감각 저하, 불안정한 걸음걸이 등은 낙상을 예견할 수 있는 지표나 증상이 된다. 노년기에 이르러서도 근력을 강화시키는 일은 낙상이나 낙상으로 인한 부상의 위험을 감소시키는 일이다(Ahmadihangar et al., 2018).

고령의 상태에서는 나이가 들수록 근육 단백질합성 비율이 감소하면서 근육 단백질 양의 감소로 이어지고, 이로 인한 근감소증 때문에 근육 강도나 지구력이 저하되어 신체기능이 약해지면서 삶의 질을 떨어뜨린다. 앞에서 언급한 낙상의 발생이나 삶의 질 저하를 예방하는 가장 효율적인 방안은 근력을 강화시킬 수 있는 저항운동훈련을 지속하는 일이다. 그 경우 근육단백질 합성이 증가되면서 근육량이 늘고 또 근력도 높아지게 되는데, 근육소모(muscle wasting)로 신체적 허약 상태의 고령자들도 훈련에 의해 근력이 증강되기도 한다. 고령의 상태라도 단기간의 저항운동훈련으로 그 비율을 높일 수 있다(Schulte & Yarasheski, 2001). 나이가 90대일지라도 꾸준히 저항성 운동을 통해 근육양이나 근력을 향상시키는 것이 가능하다(Cheng et al., 2016; Schulte & Yarasheski, 2001).

지속적인 저항훈련이 아니더라도 평소에 걷기나 계단 오르내리기 등의 신체활동을 왕성하게 유지하려는 습관은 부릎이나 발목 등 하체 근육의 강도나 유연성을 높여주는 긍정적 효과를 보여준다(Rantanen et al., 1999). 골관절염 환자일지라도 관절을 강화시키고 늘리는(stretching) 운동을 꾸준히 하게 되면 관절의 기능 개선이나 통증 완화, 근육 강화 등의 효과가 나타난다. 물론 그러한 효과를 얻기 위해서는 지속적인 운동이 가능해야 한다. 한두 차례의 운동으로는 효과가 나타나지 않는다(Dexter, 1992). 그러나 근육량이 감소한 고령자일지라도 저항운동훈련을 최소한 2개월 이상 지속할 경우 근육량의 증가는 눈에 띄는 정도로 나타난다(Tanner, Brunker, Agergaard, Barrows, Briggs, Kwon et al., 2015).

이에 본고에서는 노화와 하체 근육의 관계를 토대로 생의 후반기의 삶의 질을 저하시키지 않도록 할 수 있는 근육 강화운동을 이론적인 배경과 함께 소개하였다. 젊은 시절부터 근육을 강화시키는 생활양식의 유지는 생의 후반기까지 신체기능을 강건하게 하는 가장 바람직한 일이지만, 그렇지 못했을 경우 고령의 상태에서도 또 질환으로 허약해진 상태에서도 근육량의 증상에 따른 근육 강화를 위한 노력은 어리 가지 면에서 삶의 질 저하를 방지해준다. 본고에서는 시간이나 장소를 가리지 않고 발목이나 부릎, 고관절의 근육을 강화시켜주는 간단한 저항운동 방법을 소개하였다. 이와 같은 방법을 꾸준히 실행해보는 습관 유지를 위해서 개인의 노력도 중요하지만, 많은 고령자들이 운집하는 복지관이나 경로당, 주민자치센터, 마을회관 등에 간단한 운동

기구 배치는 물론 그곳에서 운영하는 각종 프로그램의 일부로 응용되는 것도 고려할 필요가 있다.

Acknowledgments

본고에서 소개되고 있는 운동법들에 대한 독자의 이해를 돕기 위해 사진을 첨부했으며, 편집자들은 그 과정에서 사진 촬영 및 그 사진의 논문 활용에 흔쾌히 동의해주신 순천대학교 교육대학원 체육교육전공 김빛찬님과 임수영님, 그리고 동대학원 졸업생 최대호님에게 깊은 감사를 드립니다.

References

- Ahmadihangar, A., Javadian, Y., Babaei, M., Heidari, B., Hosseini, S., & Aminzadeh, M. (2018). The role of quadriceps muscle strength in the development of falls in the elderly people, a cross-sectional study. *Chiropractic & Manual Therapies*, 26:31. [doi: 10.1186/s12998-018-0195-x].
- Akima, H., Kano, Y., Enomoto, Y., Ishizu, M., Okada, M., Oishi, Y., et al. (2001). Muscle function in 164 men and women aged 20-84 yr. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(2), 220-226.
- André, H., Carmide, F., Borja, E., Ramalho, F., Santos-Rocha, R., & Veloso, A. (2016). Calf-raise senior: A new test for assessment

- of plantar flexor muscle strength in older adults: protocol, validity, and reliability. *Clinical Interventions in Aging*, 11, 1661-1674.
- Beaupre, L., Jones, C., Saunders, L., Johnston, D., Buckingham, J., & Majumdar, S. (2005). Best practices for elderly hip fracture patients. *Journal of General Internal Medicine*, 20(11), 1019-1025.
- Cattagni, T., Scaglioni, G., Laroche, D., Van Hoecke, J., Gremeaux, V., & Martin, A. (2014). Ankle muscle strength discriminates fallers from non-fallers. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6:336. [doi: 10.3389/fnagi.2014.00336].
- Cheng, S., Degens, H., Evans, M., Cheng, S., Selänne, H., Rittweger, J., et al. (2016). What makes a 97-year-old man cycle 5,000 km a year? *Gerontology*, 62(5), 508-512.
- Delbono, O. (2003). Neural control of aging skeletal muscle. *Aging Cell*, 2, 21-29.
- Dexter, P. (1992). Joint exercises in elderly persons with symptomatic osteoarthritis of the hip or knee: Performance patterns, medical support patterns, and the relationship between exercising and medical care. *Arthritis & Rheumatism*, 5(1), 36-41.
- Dostal, W., Soderberg, G., & Andrews, J. (1986). Actions of hip muscles. *Physical Therapy*, 66(3), 351-359.
- Faulkner, J., Larkin, L., Claflin, D., & Brooks, S. (2007). Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 34, 1091-1096.
- Gordon, S., Lake, J., Westerkamp, C., & Thomson, D. (2008). Does AMP-activated protein kinase negatively mediate aged fast-twitch skeletal muscle mass? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(4), 179-186.
- Harris-Hayes, M., Mueller, M., Sahmann, S., Bloom, N., Steger-May, K., Clohisy, J., & Salsich, G. (2014). Persons with chronic hip joint pain exhibit reduced hip muscle strength. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 44(11), 890-898.
- Hitcho, E., Krauss, M., Birge, S., Claiborne, D., Fischer, I., Johnson, S., et al. (2004). Characteristics and circumstances of falls in a hospital setting: A prospective analysis. *Journal of General Internal Medicine*, 19 (7), 732-739.
- Inai, T., Takabayashi, T., Edama, M., & Kubo, M. (2018). Effect of hip joint angle at seat-off on hip joint contact force during sit-to-stand movement: A computer simulation study. *Biomedical Engineering Online*, 17:177. [doi: 10.1186/s12938-018-0610-5].
- Jan, M., Chai, H., Lin, Y., Lin, J., Tsai, L., Ou, Y., & Lin, D. (2005). Effects of age and sex on the results of an ankle plantar-flexor manual muscle test. *Physical Therapy*, 85(10), 1078-1084.
- Janssen, I., Heymsfield, S., Wang, Z., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and

- distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *Journal of Applied Physiology*, 89(1), 81-88.
- Karabulut, M., Abe, T., Sato, Y., & Bemben, M. G. (2010). The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *European Journal of Applied Physiology*, 108(1), 147-155.
- Kim, C., Nevitt, M., Guermazi, A., Niu, J., Clancy, M., Tolstykh, I., et al. (2018). Brief report: Leg length inequality and hip osteoarthritis in the Multicenter Osteoarthritis Study and the Osteoarthritis Initiative. *Arthritis & Rheumatology*, 70(10), 1572-1576.
- Kirkwood, R., Trede, R., de Souza-Moreira, B., Kirkwood, S., & Pereira, L. (2011). Decreased gastrocnemius temporal muscle activation during gait in elderly women with history of recurrent falls. *Gait & Posture*, 34(1), 60-64.
- Knutson, G. (2005). Anatomic and functional leg-length inequality: A review and recommendation for clinical decision-making. Part I, anatomic leg-length inequality: prevalence, magnitude, effects and clinical significance. *Chiropractic & Osteopathy*, 13:11. [doi: 10.1186/1746-1340-13-11].
- Larsson, L., Degens, H., Li, M., Salviati, L., Lee, Y., Thompson, W., et al. (2019). Sarcopenia: Aging-related loss of muscle mass and function. *Physiological Reviews*, 99(1), 427-511.
- Liao, C., Tsao, J., Huang, S., Ku, J., Hsiao, D., & Liou, T. (2018). Effects of elastic band exercise on lean mass and physical capacity in older women with sarcopenic obesity: A randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 8:2317. [doi: 10.1038/s41598-018-20677-7].
- Mahoney, J., Sager, M., & Jalaluddin, M. (1999). Use of an ambulation assistive device predicts functional decline associated with hospitalization. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 54(2), M83-M88.
- Nelson-Wong, E., Appell, R., McKay, M., Nawaz, H., Roth, J., Sigler, R., et al. (2012). Increased fall risk is associated with elevated co-contraction about the ankle during static balance challenges in older adults. *European Journal of Applied Physiology*, 112(4), 1379-1389.
- Neumann, D. (2010). Kinesiology of the hip: A focus on muscular actions. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(2), 82-94.
- Newman, A., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E., Goodpaster, B., Nevitt, M., et al. (2003). Sarcopenia: Alternative definitions and associations with lower extremity function. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(11), 1602-1609.
- Ng, V., Kean, J., & Glassman, A. (2013).

- limb-length discrepancy after hip arthroplasty. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 95, 1426-1436.
- Oertel, G. (1986). Changes in human skeletal muscles due to ageing. Histological and histochemical observations on autopsy material. *Acta Neuropathologica*, 69(3-4), 309-313.
- Othman, N., Basaruddin, K., Som, M., Majid, M., & Sulaiman, A. (2019). The effect of leg length inequality on joint contact forces of lower limbs during walking. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 21(1), 55-62.
- Rantanen, T., Guralnik, J., Sakari-Rantala, R., Leveille, S., Simonsick, E., Ling, S., & Fried, L. (1999). Disability, physical activity, and muscle strength in older women: The Women's Health and Aging Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(2), 130-135.
- Roubenoff, R. (2000). Sarcopenia and its implications for the elderly. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54(Suppl. 3), S40-S47.
- Schulte, J., & Yarasheski, K. (2001). Effects of resistance training on the rate of muscle protein synthesis in frail elderly people. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 11, S109-S116.
- Sculeo, P., Cottino, U., Abdel, M., & Sierra, R. (2016). Avoiding hip instability and limb length discrepancy after total hip arthroplasty. *Orthopedic Clinics*, 47(2), 327-334.
- Shakoor, M., Rahman, M., Azad, A., & Islam, M. (2010). Effects of isometric quadriceps muscle strengthening exercise on chronic osteoarthritis of the knee. *Bangladesh Medical Research Council Bulletin*, 36(1), 20-22.
- Someya, S., Sonohata, M., Ide, S., Nagamine, S., Tajima, T., & Matawari, M. (2016). Lower limbs alignment in patients with a unilateral completely dislocated hip. *The Open Orthopaedics Journal*, 10, 448-456.
- Suetta, C., Hvid, L., Justesen, L., Christensen, U., Neergaard, K., Simonsen, L., et al. (2009). Effects of aging on human skeletal muscle after immobilization and retraining. *Journal of Applied Physiology*, 107(4), 1172-1180.
- Tanner, R., Bruncker, L., Agergaard, J., Barrows, K., Briggs, R., Kwon, O., et al. (2015). Age-related differences in lean mass, protein synthesis and skeletal muscle markers of proteolysis after bed rest and exercise rehabilitation. *The Journal of Physiology*, 593(18), 4259-4273.
- Tieland, M., Trouwborst, I., & Clark, B. C. (2018). Skeletal muscle performance and ageing. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 9(1), 3-19.
- Valdez, G., Tapia, J., Kang, H., Clemenson, G., Gage, F., Lichtman, J., & Sanes, J. (2010). Attenuation of age-related changes in mouse

- neuromuscular synapses by caloric restriction and exercise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(33), 14863-14868.
- Visser, M., Deeg, D., Lips, P., Harris, T., & Bouter, L. (2000). Skeletal muscle mass and muscle strength in relation to lower-extremity performance in older men and women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 48(4), 381-386.
- Youn, G., & Oh, B. (2014). Aging and shoulder pain. *Korean Journal of Research in Gerontology*, 23, 125-138.
- Zhang, S., Liu, H., Xu, X., Zhi, J., Geng, J., & Chen, J. (2013). Effects of exercise therapy on knee joint function and synovial fluid cytokine levels in patients with knee osteoarthritis. *Molecular Medicine Reports*, 7(1), 183-186.
- Zhang, Z., Luo, D., Cheng, H, Xiao, K., & Zhang, H. (2018). Unexpected long lower limb in patients with unilateral hip dislocation. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 100, 388-395.
- 원고접수일: 2020. 03. 24.
수정원고접수일: 2020. 04. 29.
원고게제승인일: 2020. 05. 04.