노인의 대사 변화와 영양 공급

김선욱, 김광일

분당서울대학교병원 내과

Metabolic Change and Nutritional Supply in the Elderly

Sun-Wook Kim, Kwang-Il Kim

Department of Internal Medicine, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam, Korea

During the past decades, the world's population has continued on its remarkable transition from a state of high birth and death rates to low birth and death rates. As a result, the number of elderly people, and particularly of the very elderly people, is increasing throughout the world. This demographic change has profound implication for medical and health care systems. As more people live to advanced old age, it is important to understand the chronic diseases and health problems which affect them from a physiologic standpoint. It has been well established that nutritional status has an important role on functional capacity and health status of the elderly people. Recently, there has been momentous development in perspectives of the metabolic mechanism that associated with ageing. As person live longer, the function of organ system decrease and the functional reservoir against external stress is depleted simultaneously. The concept of 'homeostenosis' emerged to account for the changes, and it is characterized that progressive constriction of homeostatic reserve in every organ system. Comorbidities like hypertension, diabetes mellitus, dementia, depression, and physical limitations are very common in the elderly, and they are often troubled with decreased function of digestive systems and sensory organs. Furthermore, many elderly people have suffered from poverty and social isolation. Accordingly, the older are more prone to malnutrition or undernutrition. In addition, the combination of the mentioned problems with homeostenosis will lead to metabolic derangement, like insulin resistance and visceral fat accumulation. This process makes a deleterious effect on their comorbidities or physical function; consequentially it triggers and exacerbates frailty in the elderly. In this review, we describe the mechanism of metabolic change, and appropriate nutritional supply for the elderly.

Key Words: Aged, Metabolism, Homeostasis, Nutritional therapy

서 론

최근 우리나라는 여타 선진국에서도 경험하지 못했던 매우 빠

른 속도로 인구 고령화가 진행되고 있다. 통계청 자료에 따르면 65세 이상 노인 인구 비율은 2013년 기준 12.2%로 고령화 사회에서 고령사회로 이행하고 있으며 2018년에는 이 비율이 14.3%까지 증가하여 고령사회에 진입할 예정이다.¹ 2013년 노인 장기요양보험 통계에 의하면 2012년 한해 노인 장기 요양 보험 급여비로 약 2조 7천억 원이 지출되었으며 2009년부터 지금까지 매년 평균 10%씩 지출이 증가하는 추세를 보였다.²

노인 인구의 증가에 따른 노인 환자의 증가로 인해 노인에서 흔한 질환 및 임상적 문제점에 대한 관심이 절실히 요구되고 있다. 영양 실조 및 영양 불균형은 입원한 노인들이 흔하게 겪는 문제이며, 영양 관련 문제는 환자의 입원 기간을 연장시킬 뿐 아

Received Sep 17, 2013; **Revised** Dec 3, 2013; **Accepted** Dec 4, 2013**Correspondence to** Kwang-Il KimDepartment of Internal Medicine, Seoul National University Bundang Hospital,
82, Gumi-ro 173beon-gil, Bundang-gu, Seongnam 463-707, Korea
Tel: +82-31-787-7032, Fax: +82-31-787-4052, E-mail: kikum907@snu.ac.kr**Conflict of interest:** None.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

나라 사망률 증가의 중요한 위험인자이다.^{3,4} 노인의 대사 변화를 이해하고 영양 상태를 평가한 뒤 적절한 영양 공급을 하는 것은 노인 개개인의 삶의 질을 높이고, 입원 환자에서 이환율과 사망률을 낮출 수 있을 뿐 아니라 사회적 및 국가적으로 의료 비용을 줄이는 데 도움이 될 것이다. 그러나 노인의 영양문제는 그 중요성에 비해 아직까지 임상에서 많은 관심을 받지 못하고 있는 실정이다.

본 종설에서는 노화에 따른 대사 변화의 기전을 살펴보고 노인 환자에서 실질적인 영양 공급의 구체적인 내용에 대해 소개하고자 한다.

본 론

1. Homeostenosis와 노인의 영양학적 특성

우리 몸의 장기는 30세 이후부터 연간 약 1%씩 기능이 감소하며, 노인 인구 집단 안에서도 각각의 유전자, 환경 그리고 병력에 따라 서로 기능 감소의 정도와 속도가 다르다.⁵ 노화와 관련된 생리학적 변화를 이해할 때 가장 중요한 개념은 homeostenosis인데, 이것은 항상성을 뜻하는 'homeostasis'와 협착을 뜻하는 'stenosis'의 조어로 노화에 따라 항상성을 유지할 수 있는 예비능력이 장기마다 점진적으로 감소하는 것을 설명하는 개념이다.⁶ 영양 및 대사 과정에서도 마찬가지로 'homeostenosis'가 있는 노인에서 한번 영양 불균형이 일어나게 되면 이후에 영양 보충 또는 교정을 하여도 이전 상태로 돌아가는 능력이 저하되어 있어 영구적인 기능 손상을 입거나 다른 질환에 걸릴 가능성이 높다.⁷ 즉, 노인 환자에서는 단기간의 영양소 섭취 감소 및 식욕감퇴에 의한 영양 불균형을 다시 복구하는 것이 쉽지 않다는 점을 고려하여 예방적인 조치가 중요하겠다.

노인은 젊은 사람에 비해 당뇨, 심혈관 질환, 골다공증, 관절염, 우울증 등의 유병률이 높으며 소화, 면역 기관 등 장기의 기능이 떨어지고, 은퇴, 독거, 수입 감소 등으로 인해 사회 경제적으로 고립될 가능성이 높다.^{8,9} 또한 시각, 후각, 미각 및 치아 기능의 저하로 인해 식욕이 감소하고 저작 능력이 떨어지며 섭취하는 식품의 다양성이 줄어든다. 노인은 위장관에서 분비되는 cholecystokinin이 감소하고 자율 신경계 기능의 저하되어, 위 배출 시간이 지연되므로 쉽게 충만감을 느끼고, 식사량이 줄거나 같은 음식을 반복하여 섭취하는 단조로운 식사 형태가 나타나기 쉽다.¹⁰ 이러한 특성들은 음식 재료 획득 및 조리 준비에 영향을 미쳐 음식에 대한 접근성, 선택의 다양성을 낮추며 칼로리를 비롯한 필수 영양소가 결핍되는 영양 불균형 상태에 빠지고 다시 장기의 기능 및 질환을 악화시키는 악순환에 빠질 가능성이 높다.¹¹

2. 노인의 대사 변화

나이가 들어감에 따라 인슐린의 저항성도 함께 증가하게 되는데, 인슐린 저항성은 당뇨, 고혈압, 관상동맥질환, 뇌혈관 질환 및 혈관성 치매와 밀접한 연관이 있으며 노인 중에서도 인슐린 저항성이 증가되어 있는 인구 군에서 혈관 관련 질환이 흔하다는 것은 잘 알려져 있다.¹²⁻¹⁴ 노인들은 체내 총 근육량이 줄어드는 반면 체내 총 지방량은 소폭 증가하며 피하 지방보다는 내장 지방 중심으로 그 분포가 바뀌게 된다.¹⁵ 예전에는 단순히 에너지를 보관하는 장소로 알고 있던 지방 조직은 현재 여러 가지 cytokine을 분비하는 내분비 기관으로 인식되고 있으며 특히 내장 지방의 축적은 여분의 에너지를 적절하게 저장하지 못하는 것에 대한 지표로 여겨진다.¹⁶ 과도한 내장 지방은 인슐린 저항성을 높이고 체내 인슐린 농도를 증가시키는 원인이 되며 당뇨 및 심혈관계 질환의 위험을 높인다는 사실은 널리 알려져 있다.¹⁷ 흡연, 비만의 유전자적 소인, 외부 스트레스에 대한 신경 내분비 신호 체계의 장애가 내장 지방 증가의 원인으로 꼽히고 있으며, 과다 축적된 내장 지방은 지방산 대사를 교란시키고 혈중 인슐린 농도를 증가시키며 증가된 인슐린은 지방조직에 대식세포의 침윤 및 염증반응을 유발한다.¹⁶ 염증 반응으로 인해 지방 조직은 인슐린 민감도를 높이는 adiponectin보다 tumor necrosis factor- α (TNF- α)를 더 많이 분비하게 되며 근육, 심장, 간에 이소성 지방이 쌓이게 된다.^{18,19} 노인들은 일반적으로 젊은 사람들에 비해 인슐린 저항성이 높는데, 노화에 따른 미토콘드리아 기능의 감소가 이러한 인슐린 저항성에 영향을 미친다는 보고들이 있다.²⁰ 또 인슐린 저항성에 기여하는 지방 조직 염증의 경우, 쥐 모델에서는 나이가 많을수록 지방조직 내에 IL-1 β , IL-6, TNF- α 및 cyclo-oxygenase-2의 발현이 증가하고 항 염증 효과를 나타내는 peroxisome proliferator-activated receptor- γ 의 발현이 줄어드는 현상이 밝혀졌다.²¹

3. 영양 공급

노인에서는 노화로 인한 생리적인 기능 저하와 함께 만성 질환, 신체기능 저하, 사회 경제적 여건 악화 등의 다양한 원인으로 인해 영양불량상태가 발생할 가능성이 매우 높다. 특히 생리학적 변화로 인해 위산 분비가 감소하고 소화 활동이 떨어지면서 여러 가지 영양소의 흡수가 저하되며 피부에서는 비타민 D 합성이 떨어지면서 골밀도가 낮아진다.

노인에게서의 영양불량은 신체적, 정신적 기능 저하와 함께 삶의 질을 떨어뜨리고, 특히 입원 환자에 있어서는 합병증, 재입원, 재원기간, 사망률을 증가시키는 주요 원인이 된다.^{22,23} 따라서 노인의 영양상태에 대해서 항상 관심을 기울이고 영양상태의 개선을 위해 노력하는 것이 중요하다.

1) 열량

젊은 사람들에 비해 노인은 총 에너지 요구량이 줄게 되는데 51세에서 75세 성인의 경우 200 kcal/day, 75세 이상에서는 400~500 kcal/day 가량이 감소하게 되며 이러한 요구량 감소는 대부분 기초대사량의 감소 및 줄어든 육체적 활동 때문이다.²⁴ 노인에게 필요한 기본적인 에너지량은 하루 약 22~25 kcal/kg이며 미국 국립 연구 회의(National Research Council)는 개개인의 육체 활동에 따라 추가적인 증량을 권고하고 있고 왕성한 활동을 하는 노인의 경우 27%~45% 가량의 열량 증량이 필요하다.²⁵

2) 단백질

나이가 들에 따라 총 에너지 요구량이 감소하는 것과는 달리 단백질 요구량은 근육 감소로 인해 더 증가하게 된다.²⁶ 노인은 단백질 합성에 필수적인 운동량이 줄어들고, 아미노산의 공급이나 운동 등 단백질 합성 자극에 둔감해지는 등 단백질의 anabolic threshold가 높아, 일상 생활 기능 및 건강을 유지하기 위해 젊은 사람보다 단백질이 더 필요하다(1.0~1.2 g/kg/day).²⁷ 질병이 있는 사람은 회복을 돕기 위해 체중을 고려하여 하루 체중당 1.2~1.5 g의 단백질이 필요하며 중증의 질병 또는 부상을 입은 경우 하루 2 g/kg까지 공급해줄 필요가 있다.²⁸ 다만 투석을 하지 않으며 사구체 여과율이 30 mL/min/1.73 m² 이하인 만성 신부전 노인 환자의 경우 Kidney Disease Outcomes Quality Initiative guideline에 따라 0.8 g/kg/day로 단백질을 제한할 필요가 있다.²⁹ 최근 glutamine 또는 arginine 등 특정한 아미노산들은 면역 시스템에 긍정적인 영향을 미친다는 연구 결과들이 있으며 이것은 림프구, 대식세포의 활성화와 cytokine 및 성장 호르몬의 생산과 연관이 있다고 알려져 있다.³⁰ 하지만 이들 ‘면역영양소’들이 면역 기능에 미치는 명확한 기전이나, 정확한 보충량에 대해서는 추가적인 연구가 필요한 상태이다.³¹

3) 지방

노인의 건강한 영양 상태를 유지하기 위해 적절한 지방을 섭취하는 것은 매우 중요하다. 지방은 단위 질량당 열량이 단백질이나 탄수화물에 비해 두 배 높으며 지방의 섭취는 당뇨, 심혈관 질환 등을 일으킬 수 있으나 적정 열량을 섭취하기 힘든 노인에게는 충분한 열량 공급을 위해 지방을 충분히 공급하는 것을 고려해 보아야 한다.

4) 물

물은 영양적인 면에서 간과되기 쉬우나 부적절한 수분 공급은 노인에서 사망 및 이환율을 높일 수 있다.³² 나이가 들며 갈증에

대한 지각이 감소하고, 신기능 감소와 더불어 세포 내 액이 줄어들며 수분 유지 항상성이 감소하기 때문에 적절한 용량의 체내 수분을 유지하기 어렵다. 또 요양 기관에 입원해 있는 노인의 경우 설사, 구토를 호소할 가능성이 높으며 요양기관 입원 환자의 탈수증은 치료 받지 않는 경우 사망률이 50%가 넘는다고 알려졌다. 따라서 적절한 수분 섭취에 대한 각별한 관심을 가질 필요가 있다.³³

5) 비타민과 미네랄

칼슘과 vitamin D는 노인에서 가장 흔히 결핍되는 미량 원소로 골다공증이 심한 노인에서는 골 소실을 막기 위해 하루 1,200 mg 이상의 칼슘이 필요하다.³⁴ 혈중 활성화된 vitamin D의 감소는 인지 행동 기능의 장애 및 염증 관련 질환과 밀접한 연관을 가지고 있으며 노인은 야외 활동량이 적어 피부에서의 vitamin D 합성이 줄어들고, 신기능이 떨어져 vitamin D를 활성화 상태로 바꾸는 데 어려움을 겪는다.³⁵ 19세에서 70세까지는 하루 600 IU, 70세 이상에서는 하루 800 IU의 vitamin D가 필요하므로 음식으로 충분한 공급되지 않는다면 보충제를 고려해 보아야 한다.³⁶ 엽산과 vitamin B6, B12의 감소는 관상동맥 질환, 뇌졸중, 우울 및 인지 기능 저하의 위험인자로 알려진 고호모시스테인혈증과 연관 관계가 밝혀져 있으며 50세 이상의 성인에서는 젊은 사람보다 많은 vitamin B12 섭취가 권장되고 있다.³⁷

결 론

노인은 사회 경제적인 격리와 생리학적 기능 변화로 영양 불균형에 처할 위험이 높으며, 이는 기저 질환의 악화 및 사망률의 증가에 영향을 미칠 수 있다. 노인의 생리적 대사 변화를 이해하고 적절한 영양 평가의 기반 하에 충분한 영양 공급을 한다면, 노인의 삶의 질 및 생존율을 높일 수 있으며, 독립적인 일상생활을 영위하는 데 도움이 되고, 궁극적으로는 사회적 의료 비용을 낮출 수 있을 것이라 예상된다.

REFERENCES

1. Statistics Korea. Population projections for Korea: 2010-2060. Daejeon: Statistics Korea; 2012:62-5. Report No: 11-1240000-000125-13.
2. Health Insurance Policy Research Institute. Statistics of long-term care insurance. Seoul: National Health Insurance Service; 2013:35-8. Report No: 11-B550928-000038-09.
3. Sullivan DH, Morley JE, Johnson LE, Barber A, Olson JS,

- Stevens MR, et al. The GAIN (Geriatric Anorexia Nutrition) registry: the impact of appetite and weight on mortality in a long-term care population. *J Nutr Health Aging* 2002;6(4):275-81.
4. Flacker JM, Kiely DK. A practical approach to identifying mortality-related factors in established long-term care residents. *J Am Geriatr Soc* 1998;46(8):1012-5.
5. Watkin DM. The physiology of aging. *Am J Clin Nutr* 1982;36(4):750-8.
6. Kuchel GA. Aging and homeostatic regulation. In: Halter JB, Ouslander JG, Tinetti ME, Studenski S, High KP, Asthana S, eds. *Hazzard's geriatric medicine & gerontology*. 6th ed. New York:McGraw Hill;2009:621-31.
7. Roberts SB, Fuss P, Heyman MB, Evans WJ, Tsay R, Rasmussen H, et al. Control of food intake in older men. *JAMA* 1994;272(20):1601-6.
8. Harrington J, Perry IJ, Lutomski J, Fitzgerald AP, Shiely F, McGee H, et al. Living longer and feeling better: healthy lifestyle, self-rated health, obesity and depression in Ireland. *Eur J Public Health* 2010;20(1):91-5.
9. Liao WC, Li CR, Lin YC, Wang CC, Chen YJ, Yen CH, et al. Healthy behaviors and onset of functional disability in older adults: results of a national longitudinal study. *J Am Geriatr Soc* 2011;59(2):200-6.
10. Susan BR, Nicholas PH. Regulation of energy intake in old age. In: Patric RH, Charles VM, eds. *Functional neurobiology of aging*. 1st ed. Massachusetts, MA:Academic Press;2001:829-38.
11. Hays NP, Roberts SB. The anorexia of aging in humans. *Physiol Behav* 2006;88(3):257-66.
12. Muniyappa R, Montagnani M, Koh KK, Quon MJ. Cardiovascular actions of insulin. *Endocr Rev* 2007;28(5):463-91.
13. Facchini FS, Hua N, Abbasi F, Reaven GM. Insulin resistance as a predictor of age-related diseases. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86(8):3574-8.
14. Kalmijn S, Foley D, White L, Burchfiel CM, Curb JD, Petrovitch H, et al. Metabolic cardiovascular syndrome and risk of dementia in Japanese-American elderly men. The Honolulu-Asia aging study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2000;20(10):2255-60.
15. Chumlea WC, Rhyne RL, Garry PJ, Hunt WC. Changes in anthropometric indices of body composition with age in a healthy elderly population. *Am J Hum Biol* 1989;1(4):457-62.
16. Kershaw EE, Flier JS. Adipose tissue as an endocrine organ. *J Clin Endocrinol Metab* 2004;89(6):2548-56.
17. St-Onge MP, Janssen I, Heymsfield SB. Metabolic syndrome in normal-weight Americans: new definition of the metabolically obese, normal-weight individual. *Diabetes Care* 2004;27(9):2222-8.
18. Björntorp P. Metabolic implications of body fat distribution. *Diabetes Care* 1991;14(12):1132-43.
19. Després JP, Lemieux I. Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature* 2006;444(7121):881-7.
20. Petersen KF, Befroy D, Dufour S, Dziura J, Ariyan C, Rothman DL, et al. Mitochondrial dysfunction in the elderly: possible role in insulin resistance. *Science* 2003;300(5622):1140-2.
21. Wu D, Ren Z, Pae M, Guo W, Cui X, Merrill AH, et al. Aging up-regulates expression of inflammatory mediators in mouse adipose tissue. *J Immunol* 2007;179(7):4829-39.
22. Compan B, di Castri A, Plaze JM, Arnaud-Battandier F. Epidemiological study of malnutrition in elderly patients in acute, sub-acute and long-term care using the MNA. *J Nutr Health Aging* 1999;3(3):146-51.
23. Correia MI, Waitzberg DL. The impact of malnutrition on morbidity, mortality, length of hospital stay and costs evaluated through a multivariate model analysis. *Clin Nutr* 2003;22(3):235-9.
24. Starling RD, Poehlman ET. Assessment of energy requirements in elderly populations. *Eur J Clin Nutr* 2000;54(Suppl 3):S104-11.
25. FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Energy and protein requirements. Technical report series 294. Geneva:World Health Organization;1985.
26. Timmerman KL, Dhanani S, Glynn EL, Fry CS, Drummond MJ, Jennings K, et al. A moderate acute increase in physical activity enhances nutritive flow and the muscle protein anabolic response to mixed nutrient intake in older adults. *Am J Clin Nutr* 2012;95(6):1403-12.
27. Breen L, Phillips SM. Skeletal muscle protein metabolism in the elderly: Interventions to counteract the 'anabolic resistance' of ageing. *Nutr Metab (Lond)* 2011;8:68.
28. Perier C, Triouleyre P, Terrat C, Chomette MC, Beauchet O, Gonthier R. Energy and nutrient intake of elderly hospitalized patients in a steady metabolic status versus catabolic status. *J Nutr Health Aging* 2004;8(6):518-20.
29. KDOQI. KDOQI clinical practice guidelines and clinical practice recommendations for diabetes and chronic kidney disease. *Am J Kidney Dis* 2007;49(2 Suppl 2):S12-154.
30. Field CJ, Johnson I, Pratt VC. Glutamine and arginine: immunonutrients for improved health. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(7 Suppl):S377-88.
31. Kim H. Glutamine as an immunonutrient. *Yonsei Med J* 2011;52(6):892-7.
32. Weinberg AD, Minaker KL. Dehydration. Evaluation and management in older adults. Council on Scientific Affairs, American Medical Association. *JAMA* 1995;274(19):1552-6.
33. Kayser-Jones J, Schell ES, Porter C, Barbaccia JC, Shaw H. Factors contributing to dehydration in nursing homes: inadequate staffing and lack of professional supervision. *J Am Geriatr Soc* 1999;47(10):1187-94.
34. Shinchuk LM, Holick MF. Vitamin D and rehabilitation: improving functional outcomes. *Nutr Clin Pract* 2007;22(3):297-304.
35. McCann JC, Ames BN. Is there convincing biological or behavioral

evidence linking vitamin D deficiency to brain dysfunction? FASEB J 2008;22(4):982-1001.

36. Vanek VW, Borum P, Buchman A, Fessler TA, Howard L, Jeejeebhoy K, et al; Novel Nutrient Task Force, Parenteral Multi-Vitamin and Multi-Trace Element Working Group; American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.) Board of Directors. A.S.P.E.N. position paper: recommendations for changes in commercially available parenteral multivitamin and multi-trace element products. Nutr Clin Pract 2012;27(4):440-91.
37. Tucker KL, Qiao N, Scott T, Rosenberg I, Spiro A 3rd. High homocysteine and low B vitamins predict cognitive decline in aging men: the Veterans Affairs Normative Aging Study. Am J Clin Nutr 2005;82(3):627-35.