

[연수강좌]

근육 형성을 위한 영양섭취 방법 (Nutrition Interventions to Increase Muscle Mass)

조 성 숙

(주)대한체육회 선수촌

신체 활동 특히 저항성 운동을 하면 근육 단백질의 동화 작용을 증가시켜 근력(muscle strength)과 근육량(muscle mass)을 증가시킨다(Wilson 등 2006). 근육 비대(hypertrophy)는 총 단백질 합성이 증가될 때 즉 근육 단백질 합성이 분해를 초과할 때만 가능하다. 운동을 하면 근육 단백질 대사에 영향을 미치지만 근육 단백질 균형은 음(negative)의 상태로 남아 있다. 양(positive)의 단백질 균형을 이루기 위해서는 당질이나 단백질 같은 영양소를 공급해야 한다.

최근에 스포츠 영양에서 음식을 섭취하면서 단백질을 보충제로 복용하는 것에 대하여 관심을 가지게 되었다. 우선적으로 저항성 훈련을 하는 선수들의 단백질 필요량을 결정하는데는 많은 변수들이 작용한다(Tipton 등 2004). 그리고 근육 증대를 위한 단백질 섭취에 영향을 미치는 요소들은 단백질 섭취 시기(Tipton 등 2004; Esmarck 등 2001), 단백질 섭취 패턴(Tipton 등 2004), 소화율(Layman 등 2002), 식사에 포함된 단백질에 당질과 같은 에너지의 추가 공급 효과(Dangin 등 2002), 그리고 섭취하는 단백질의 질(Phillips 등 2005) 등이다. 이런 변수들이 단백질 합성에 미치는 영향들은 저항성 훈련을 받는 선수들의 근육 단백질 균형과 수행력을 최고로 하기 위한 식사 처방을 하려는 전문가들에게 필요하다.

단백질 필요량

근력 운동을 하는 선수들에게 단백질 요구량은 증가된다. 단백질 필요량이 증가되는 것은 운동하는 동안 내인성 아미노산의 산화율이 증가되고(Lemon 등 1992), 손상된 근육 조직을 보수하는데 필요한 물질이 증가되고(McArdle 등 1999), 더 많은 근 조직을 형성하기 위해 필요한 단백질의 증가(Wolfe 2000) 때문이다. 단백질 요구량을 측정하는데 질소 균형 방법(Tarnopolsky 1988; Wolfe 2000), 동위 원소법(Tarnopolsky 1988), 수행력과 체구성분 측정법(Falvo 등 2005, Vukovich 등 2004)을 이용한다. 질소 균형

법을 이용하면 질소 균형을 이루기 위한 단백질 요구량은 체중 1kg당 1.2-2.2g이다. 또 다른 연구에서는 질소 섭취가 증가하면 질소 보유가 20% 증가하였다고 보고하였지만(Hegsted 1978) 이런 결과를 제외방량이 증가된 것으로 해석할 수는 없다. 한 가지 이유는 질소 보유는 과대평가 되고 질소 손실은 과소평가 되기 때문이다(Hegsted 1978). 다른 이유는 질소 균형 연구 기간이 통계적으로 유의하게 제외방량(LBM)이 증가하는 기간 만큼 연구하지 않는다는 것이다(Tipton 등 2004).

동위 원소법은 많이 이용되며 질소 균형 연구에서 얻은 결과를 뒷받침한다. 실제적으로 단백질 섭취량을 0.8g/kg에서 1.4g/kg으로 증가시키면 단백질 합성은 증가되는 반면, 단백질을 2.4g/kg 섭취하면 단백질 합성이 8.6% 증가하지만 유의적인 차이는 없다. 연구자들은 이렇게 단백질 합성이 증가되는 경향을 고려하여 체중당 1.8g의 단백질이 매일 필요한 것으로 제안하였다.

최근 들어 고단백 섭취시 운동 수행력과 체구성분에 대한 연구가 있다. 이런 연구에서 단백질 섭취량이 높으면 근력과 관련된 변수들이 더 좋아지고 제외방량은 증가된다고(Falvo 등 2005; Burke 등 2001) 보고되었지만 앞으로 연구가 더 필요하다.

많은 변수들이 단백질 섭취에 영향을 미친다. 이중에 가장 중요한 것은 에너지 섭취량이다. 개개인은 칼로리가 부족하면 칼로리가 충분할 때나 유지될 때 보다 단백질 요구량이 더 많아진다. 여러 가지 변수들에 대해 검토해 보아야 한다.

근육 단백질 합성에 영향을 미치는 변수들

1. 소화율

특정 물질이 단백질 분해를 감소시키고 단백질 합성을 증가시키므로 단백질의 증가를 얻는다. 최근 10년 이상 가장 큰 관심은

whole body protein synthesis(WBPS)와 muscle protein synthesis(MPS)에 독립적인 조절 요소로서 단백질의 소화에 대한 것이다. 유청(whey) 단백질은 수용성이고 쉽게 혼합되고 빨리 소화된다. 반대로 카제인(casein)은 불용성이고 장에서 응고되며 유청 단백질보다 느리게 소화된다(Daniel 등 1990; Fouillet 등 2002). 카제인은 opioid peptides가 opiate receptors에 결합되어 위장에서의 이동성을 느리게 하는 것으로 생각된다. Opiate receptor antagonist를 투여하면 유청과 카제인 사이의 위배출 속도와 위 통과 시간이 차이가 없어진다(Daniel 등 1990).

2. 섭취한 단백질의 종류에 따른 비교

빨리 소화되는 아미노산 혼합물과 유청 단백질을 한번 먹었을 때의 아미노산 농도는 20분 만에 빨리 증가되어 180-200분 지속되었고, 느리게 소화되는 식사(카제인과 여러 번 유청을 먹는 식사)는 20-40분 만에 아미노산 농도가 증가되어 420분까지 증가된 채 있다. 에너지 섭취는 하지 않고 소화가 느린 단백질(casein protein)과 빠른 단백질(whey protein)을 복용했을 때 느린 단백질이 WBPS에 더 좋은 아나볼릭한 반응을 보인다(Boirie 등 1997; Dangin 등 2001). 느리게 소화되는 단백질은 아미노산 농도를 중간 정도로 증가시키지만 지속적으로 유지된다(Boirie 등 1997; Dangin 등 2001). 중간 정도로 지속적으로 아미노산 농도가 높은 상태(hyperaminoacidemia)에서는 단백질 분해를 감소되고 단백질 합성은 보통 정도로 증가되었다(Boirie 등 1997). 느리게 소화되는 단백질을 식사로 섭취하면 더 아나볼릭 할 것으로 보이고 그 측정은 7시간 정도 걸린다(Boirie 등 1997). 카제인(casein)이 유청(whey) 단백질보다 더 큰 양의 단백질 균형을 이루지만 에너지원과 같이 섭취하면 유청 단백질이 카제인보다 더 큰 양의 단백질 균형을 이룬다(Dangin 등 2002). 저항성 훈련을 하는 운동선수들

은 이런 결과를 적용하면 더 좋을 수 있다.

3. 운동과 관련하여 단백질 섭취 최적 시기

운동을 하고 난후 48시간까지 단백질 합성은 증가된 채 있는 반면 단백질 분해도 증가되어 추가적으로 영양소가 공급되지 않는 이상 단백질 균형은 음의상태로 남아 있다(Phillips 등 2005). 이런 내용으로 볼 때 운동 후 아미노산 공급은 근육 단백질 축적에 중요하다. 훈련하고 난 후 1시간 후나 3시간 후나 아미노산을 섭취하는 것에 대한 차이는 없다고 했지만(Ingwall 등 1976), 그 후 다른 연구자들(Esmarck 등 2001; Levenhagen 등 2001)은 운동 후 즉시 공급하는 것이 2-3시간 후 공급하는 것보다 더 아나볼릭한 반응(anabolic response)을 제공한다고 하였다.

운동 전 영양은 근육의 비대를 자극하는데 중요한 요소이다. 운동 전 영양공급은 운동할 때 나타나는 음의 에너지 균형을 양의 에너지 균형으로 바꾸어 준다(Tipton 등 2001). 결국 한 시간 이내에 공급한 아미노산이 아나볼릭한 반응을 자극한다(Miller 등 2003). 이것은 운동 전과 운동 후의 식사가 단백질 합성에 추가적인 영향을 미친다는 것이다.

4. 단백질 섭취의 최적 패턴

단백질 섭취는 간헐적(intermittent)으로 하는 것이 최적이다. 만일 이런 경우라면 정상적인 식사와 함께 빠르게 소화되는 필수 아미노산 급원을 간헐적으로 섭취하는 것이다(Bohe 등 2001). 순수 필수 아미노산 보충제로 칼로리 효율을 최대화 할 수 있다. 식사 사이에 느리게 소화되는 단백질 급원 식품은 지속적인 방해 기전을 통해 아나볼릭한 반응을 저해한다. 아마도 단백질 증대를 방해하는 어떤 형태와 연결되

Table 1. Variables effecting protein accretion and indexes of performance for any given protein intake, and practical applications that follow from current evidence

Variable of Interest	Practical Applications
Pattern of Digestion	Alternate normal meals with fast digesting sources of protein or EAAs.
Rate of Digestion	Protein balance is greater with slow proteins with no additional energy; however, when combined with a source do energy, whey protein produces greater protein balance than casein combined with a source of energy.
Timing of Protein Ingestion	Consume EAAs or fast digesting protein prior to and immediately following exercise.
Protein Quality	An omnivorous diet appears to be optimal for fat free mass and indexes of performance, while supplementing with EAAs may enhance protein accretion along with normal protein feedings.
Amount per serving	Unsure, but Dangin et al. found an increase in protein synthesis from 23 to 33 grams of whey protein. This may be near the limit as 40 grams of EAAs did not increase MPS in comparison to 20 grams of EAAs.
Energy Source Combined with Protein	Both carbohydrates and fats appear to spare protein equally. However, carbohydrates are still critical for maintaining intensity during resistance training.

있을 것으로 보인다. 앞으로 더 연구가 필요하다.

5. 단백질 구성과 질

단백질의 질은 주어진 단백질 급원 내에서 필수 아미노산의 이용성에 따라 다르다. 단백질의 질은 동물성에서 최대로 되고 여러 가지 단백질 급원이 연속적으로 결합할 때 증가한다.

6. 질소 균형에 당질과 지방이 미치는 영향

당질과 지방이 질소 절약 효과가 있다. 당질이 낮아질 때 지방을 이용하는 것이 좋다. 그러나 당질은 운동 수행력에 중요하다(Jacobs 등 1981). 운동 선수들은 당질 섭취가 감소되면 운동 강도와 수행력이 감소된다는 것을 알아야 한다. 결국 인슐린 분비를 자극하는데 단백질과 당질의 상호 작용이 있는 것으로 보인다(Ivy 2002). 이런 후자의 영향은 단백질 증대를 목적으로 처방할 때 도움이 될 것으로 보인다.

근력 증가 운동시 다량 영양소 섭취

근육량을 증가시키려고 저항성 운동을 할 때는 양의 에너지 균형을 이루어야 하며 당질 섭취는 보통에서 높은 정도로서 당질 필요량은 명확하게 정해진 것은 없지만 고강도로 저항성 운동을 할 경우 글리코겐이 주요 에너지원이다. 최적의 글리코겐 농도를 유지하기 위하여 체중당 5-6g의 당질을 섭취해야 하고 에너지 섭취량 중 55-60%를 권장한다(Lambert 등 2004).

고지방 식이는 고당질 식이보다 운동 수행력을 감소시키지만(Maughan 등 1981), 식이의 지방 함량이 근육 증대에 미치는 영향은 알려진 것이 많지 않다. 식이의 지방 함량을 낮추고 포화 지방을 불포화 지방으로 대체하면 테스토스테론 농도가 15% 감소되었다(Hamalainen 등 1984). 그러나 테스토스테론 농도의 감소가 근육량에 어떤 영향을 미치는지는 아직 알려지지 않았다. 그러므로 비시즌에 포화지방과 함께 총 에너지 섭취량의 15-20%를 섭취하는 것을 제안한다.

근육은 주로 단백질과 수분이며 근육량을 유지하기 위해서도 충분한 단백질이 필요하며 근육량 증대와 높은 발열 효과(thermic effect)에 대한 면을 고려하여 단백질은 에너지 섭취 25%를 권장한다(Millward 2004).

요 약

International Society of Sports Nutrition(ISSN)에서 건강하게 운동하는 사람을 위한 단백질 섭취에 대한 입장을 표명하였다(Campbell 등 2007).

- 규칙적으로 훈련을 하는 개인에게는 단백질 필요량은 운동을 하지 않는 사람보다 증가한다.
- 활발한 신체 활동을 하는 사람들에게 1.4-2.0g의 단백질 섭취는 안전하고 훈련에 대한 적응 (training adaption)을 향상시킨다.
- 균형 잡히고 영양 밀도가 있는 식사를 하는 경우 이 정도의 단백질 섭취는 건강한 사람의 신장 기능이나 골격 대사에 해롭지 않다.
- 신체활동을 하는 개인들은 다양하고 규칙적인 식사를 통해 매일 단백질 필요량을 섭취할 수 있는 반면 여러 가지 형태의 단백질 보충제는 운동선수들에게 충분하고 질 좋은 단백질 섭취를 할 수 있는 실질적인 방법이다.
- 단백질의 종류와 질은 아미노산의 보충제를 섭취하였을 때 생체 내 이용성에 영향을 미칠 수 있다. 한 종류의 단백질이 다른 것보다 회복이나 훈련 적응에 더 좋다는 것은 확실할 수 있기 이해서는 연구가 더 필요하다.
- 적절한 단백질 섭취 시간은 전반적인 훈련 프로그램, 회복, 면역 기능, 체지방량을 유지하는데 중요하다.
- 어떤 환경에서는 특수한 아미노산 보충제(BCAA와 같은)가 운동 수행력과 회복에 도움을 줄 수도 있다.

참고 문헌

1. Boirie Y, Dangin M, Gachon P, Vasson MP et al(1997): Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion, Proc Natl Acad Sci USA 94:14930-14935.
2. Bohe J, Low JF, Wolfe RR, Rennie MJ(2001): Latency and duration of stimulation of human muscle protein synthesis during continuous infusion of amino acids, J Physiol 15; 535:575-9.
3. Campbell B, Kreider RB, Ziegenfuss T, Bounty PL, Roberts M, Burke D, Landis J, Lopez H, Antonio J(2007): International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise, J Inter Society Sports Nutr 37(4):8.
4. Dangin M, Boirier Y, Garcia-Rodenas C, Gachon P et al(2001):

- The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention, *Am J Physiol* 280: E340-E348.
5. Dangin M, Boirie Y, Guillet C, Beaufriere B(2002): Influence of the protein digestion rate on protein turnover in young and elderly subjects, *J Nutr* 132:3228S-33S.
 6. Daniel H, Vohwinkel M, Rehner G(1990): Effect of casein and β -casomorphins on gastrointestinal motility in rats, *J Nutr* 120:252-257.
 7. Esmarck JL, Andersen S, Olsen EA, Richter M, Mizuno and Kjar M(2001): Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans, *Physiol(Lond)* 535:301-311.
 8. Falvo MJ, Hoffman JR, Ratamess NA, Kang J et al(2005): Effect of protein supplementation on strength, power and body composition changes in experienced resistance trained men, *Med Sci Sports Exercise Suppl* 37:S45.
 9. Fouillet H, Mariotti F, Gaudichon C, Bos C, Tome D(2002): Peripheral and splanchnic metabolism of dietary nitrogen are differently affected by the protein source in humans as assessed by compartmental modeling, *J Nutr* 132:125-33.
 10. Hamalainen E, Adlercreutz H, Puska P et al(1983): Decrease of serum total and free testosterone during a low-fat high-fibre diet, *J Steroid Biochem* 18(3):369-370.
 11. Hegsted DM(1978): Assessment of nitrogen requirements, *Am J Clin Nutr* 31:1669-1677.
 12. Ingwall JS(1976): Creatine and the control of muscle-specific protein synthesis in cardiac and skeletal muscle, *Circ Res* 38(Suppl 1):I115-23.
 13. Ivy JL, Goforth HW Jr, Damon BM, McCauley TR et al(2002): Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement, *J Appl Physiol* 93:1337-44.
 14. Jacobs IP, Kaiser, Tesch P(1981): Muscle strength and fatigue after selective glycogen depletion in human skeletal muscle fibers, *Eur J Appl Physiol* 46:47-53.
 15. Lambert CP, Frank LL, Evans WJ(2004): Macronutrient considerations for the sport of bodybuilding, *J Inter Society Sports Nutr* 3(5):317-327.
 16. Layman D, Baum JI(2002): Influence of the protein digestion rate on protein turnover in young and elderly subjects, *J Nutr* 132:3228S-33S.
 17. Lemon PWR, Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Atkinson SA(1992): Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders, *J Appl Physiol* 73:767-775.
 18. Levenhagen DK, Gresham JD, Carlson MG, Maron DJ et (2001): Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis, *Am J Physiol Endocrinol Metab* 280:E982-E993.
 19. Maughan RJ, Poole DC(1981): The effects of a glycogen-loading regimen on the capacity to perform anaerobic exercise, *J Appl Physiol Occup Physiol* 46(3):211-219.
 20. McArdle WD, Katch FI., Katch VL(1999): Sports and exercise nutrition. Philadelphia, PA : Lippincott, Williams, & Wilkins Publishing Co.
 21. Miller SL, Tipton KD, Chinkes DL, Wolf SE, Wolfe RR (2003): Independent and combined effects of amino acids and glucose after resistance exercise, *Med Sci Sports Exerc* 35:449-455.
 22. Millward DJ(2004): Macronutrient intakes as determinants of dietary protein and amino acid adequacy, *Nutr* 134 (Suppl):1588S-1596S
 23. Phillips SM, Hartman JW, Wilkinson SB(2005): Dietary protein to support anabolism with resistance exercise in young men, *J Am Coll Nutr* 24:134S-139S.
 24. Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Atkinson SA(1988): Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass, *J Appl Physiol* 64:187-193.
 25. Tipton KD, Rasmussen BB, Miller SL, Wolf SE, Owens-Stovall SK, Petrini BE, Wolfe RR (2001): Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise, *Am J Physiol Endocrinol Metab* 281:E197-E206.
 26. Tipton KD, Wolfe RR(2004): Protein and amino acids for athletes, *J Sports Sci* 22(1): 65-79.
 27. Vukovich MD, Tausz SM, Ballard TL, Stevermer CI et al (2004): Effect of protein supplementation during a 6-month strength and conditioning program on muscular strength, *Med Sci Sports Exercise Suppl* 36:S193.
 28. Wilson J, Wilson GJ(2006): Contemporary Issues in Protein Requirements and Consumption for Resistance Trained Athletes, *J Inter Society Sports Nutr* 3(1):7-27.
 29. Wolfe R.R(2000): Protein supplements and exercise, *Am J Clin Nutr* 72(Suppl):551S-557S.