스포츠 영양에서의 미국 유청 단백질

폴 J. 크립(Paul J. Cribb) 박사
호주 디킨대학교 질롱 캠퍼스, 바이오 디킨 연구원
애니 비엔브뉘(Annie Bienvenue) 및 안토넬라 다 카마라(Antonella da Camara) 감수
미국유제품 수출협의회

경기에서 이기기 위한 것이든 자신의 운동 능력을 극대화하기 위한 것이든 간에 선수들은 경쟁적인 천성을 갖고 있다. 이러한 성공에 대한 열정과 추진력에 더하여 영양학적 선택이 운동선수들의 운동성과 향상에 영향을 미칠 수 있다는 인식이 늘어나면서 운동성과를 향상시키는 식이 화합물, 즉 운동능력향상 보조물 (ergogenic aids)에 대한 운동선수들의 관심이 폭발적으로 증가하였다.

운동선수들에게 판매되고 있는 운동능력향상 보조물 가운데 실제로 그 효과가 과학적으로 입증된 것은 극히 적다. 그러나 유청 단백질이 운동선수들에게 제공할 수 있는 다양한 효능은 점점 더 많은 연구를 통해 속속 밝혀지고 있다. 유청 단백질은 원기회복, 면역증강 및 경기력 향상을 촉진한다. 몇몇 임상연구에 따르면 유청 단백질을 식단에 포함시켜 섭취한 결과 운동성과에 직접적인 영향을 준 것으로 나타났다.

스포츠 애호가들을 위한 완벽한 단백질

운동 훈련 자체는 우리의 생리기능이 특정한 방식으로 적응하도록 신호를 보내는 일종의 대사 스트레스이다. 운동선수들은 운동성과를 제고하는 신체적 · 심리적 적응을 유발하기 위해 운동 스트레스를 지속적으로 증가시켜야 한다. 그러나 훈련 스트레스의 증가가 선수의 적응능력을 초과하게 되는 경우 오히려 운동성과의 저하, 부상 또는 질병의 재발을 유발할 수 있다. 예를 들면 운동은 신체기능이나 운동성과의 개선과 같이 긍정적인 반응을 가져오는 반면 면역체계나 일반적인 건강 상태가 약화된 경우에는 전반적으로 부정적인 효과를 나타낼 수도 있다. 체력 개선의 목표를 달성하기 위해서는 중단 없이 지속적으로 운동 스트레스를 증가시켜 나가는 것이 극히 중요하며 대부분의 운동선수들은 의학적으로는 무해한 감염도 경기력을 현저하게 저하시킬 수 있음을 알고 있다.[21]

유청 단백질은 우유에서 발견되는 가용성 단백질 분획물들을 총칭하여 일컫는 말이다. 유청 단백질 제품은 다양한 식품 제조상 용도에 맞는 다량영양소의 비율에 따라 여러 범주로 분류할 수 있다 ('미국 유청 및 락토스 제품 참고자료의 제품 소개'를 참조할 것). 그러나 연구결과 규칙적으로 운동하는 사람들에게는 농축 유청 단백질80% (WPC 80)와 분리 유청 단백질(WPI)이 이상적인 스포츠 단백질임이 입증되고 있다.

농축 유청 단백질 80%(WPC 80)와 분리 유청 단백질(WPI)은 지방, 탄수화물과 유당의 함량을 극소화한 양질의 순수 단백질 공급원일 뿐 아니라 생화학적 측면에서 면역성을 강화하고 효율적으로 근육을 회복시키며 신체활동의 전반적인 건강증진 효과를 증진시키는데 적합하다. 본고에서는 유청 단백질의 기능 및 유청 단백질이 스포츠 애호가나 운동 훈련을 받는 운동선수의 신체상태를 개선하는 작용기전에 관해 살펴본다.

유청 단백질 : 신속한 원기회복과 운동성과의 증대

분자수준에서의 단백질 합성의 촉진과 단백질 분해의 최소화는 운동 후 효율적인 회복에 필수적인 두 가지 과정이다.[47] 단백질의 이러한 특질을 촉진하는 능력은 그 단백질의 소화흡수율과 아미노산 조성에 기인한다. 연구 결과 유청 단백질은 다른 단백질 공급원들과 비교해 볼 때 운동 훈련 후 신속한 회복과 운동성과의 향상을 뒷받침하는 작용기전을 촉진하는 데 가장 효과적인 것으로 나타났다.[58]

· 유청의 아미노산 조성은 골격근의 아미노산 조성과 거의 일치한다. 유청 단백질은 골격근의 필수 아미노산 조성과 유사한 비율로 모든 필요 아미노산(단백질의 기본 구성단위)을 공급한다.[24]

· WPC 80 및 WPI와 같은 유청 단백질 보충제는 일반적으로 다른 단백질 공급원들보다 100g당 필수 아미노산의 함량이 높다.[8] 필수 아미노산은 성인들의 근육 내에서 빠른 속도로 단백질을 합성하는 데 반드시 필요하다.[54]

· 또한 이 유청 단백질 보충제들은 류신, 이소류신, 발린으로 구성된 분지사슬 아미노산(BCAAs)의 알려진 공급원 가운데 그 함량이 가장 높다.[8] 운동선수들에 있어 BCAA는 근육 대사에 중추적인 역할을 한다('스포츠 영양에서 BCAA의 중추적 역할' 을 참조할 것).[8] BCAA는 근육의 에너지원의 직접적인 전구체와 면역체계의 연료 역할을 할 뿐 아니라 원기회복 기전을 활성화시킨다.[1,27,55]

· 또한 유청 단백질에 함유된 고농도의 분지사슬 아미노산 류신(100g당 10–14g)은 스포츠 학자들의 특별한 관심을 끌고 있다.[24] 최근의 연구 결과에 따

〈표 1〉 시판 유청 단백질의 종류별 아미노산 조성 (g/단백질 100g)

성분	농축 유청 단백질(80%)	이온교환 분리 유청 단백질	교차흐름 미세여과 분리 유청 단백질
알라닌	4.82	5.60	5.60
아르기닌*	3.18	3.00	1.70
아스파라긴산	12.26	12.30	12.70
시스틴	2.28	1.90	2.50
글루탐산	15.41	17.70	19.70
글리신	2.00	1.90	2.00
히스티딘*	2.41	2.00	1.80
이소류신[H]*	6.41	5.40	6.80
류신[H]*	11.60	13.50	10.90
리신*	9.83	10.90	9.50
메티오닌*	2.35	3.50	3.10
페닐알라닌*	3.56	3.40	2.50
프롤린	6.28	4.80	6.30
세린	6.24	4.50	5.30
트레오닌*	8.44	5.30	8.30
트립토판*	1.80	1.50	2.00
티로신	3.26	3.90	3.10
발린*	6.09	5.40	6.40
BCAA 총량[H]	24.10	24.30	24.10
EAA 총량*	55.67	53.90	53.00

출처 : Bucci LR and Unlu LM 인용 재작성.[7]
[H]분지사슬 아미노산(BCAAs)
**필수 아미노산(EAA)*

르면 류신은 근육의 단백질 합성에 있어 DNA 전사 경로를 촉발하는 데 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다.[1] 운동 후 류신이 근육에 풍부하게 공급되면 분자 수준에서 보다 효율적인 회복을 촉진하여 운동 훈련의 적응과정이 보다 신속하게 진행될 수 있다.

· WPC 80과 WPI는 카세인과 대두 등의 다른 고급 단백질 공급원에 비해 생체이용 가능한 형태의 시스테인을 4배 이상 풍부하게 함유(단백질 100g당)하고 있어 뛰어나게 풍부한 시스테인 공급원이다.[8] 시스테인은 인체 내 대사에 필수적인 역할을 할 때가 많아 선택적 필수 아미노산으로 알려져 있다.[18] 특히 운동 중 제지방 조직(근육)을 유지하기 위해서는 시스테인의 적정한 공급이 필수적이다.[32] 또한 시스테인은 체내 항산화 방어체계의 속도 제한 아미노산으로[59] 시스테인의 체내 축적량이 증가되면 항산화력을 증강하고 산화 스트레스를 감소시키며 운동성과를 향상시키는 것으로 나타났다.[50]

· 유청 단백질은 다른 식이 단백질과 다른 방식으로 소화 흡수된다는 점에서 독특하다. 유청 단백질은 빠른 소화흡수를 통해 조직에 보다 많은 아미노산을 전달하여 보다 신속한 단백질 합성을 자극함으로써 다른 식이 단백질보다 높은 조직 내 순수단백질 증가 효과를 얻을 수 있다.[17,36,40,45] 유청 단백질은 쉽게 동화되는 외에도 가용성이어서 어떤 액체에서도 쉽게 혼합될 수 있다. 따라서 유청은 운동 또는 스포츠 경기 전, 중, 후에 섭취하기에 이상적인 단백질이다. 운동선수들은 원기회복 및 운동성과 향상을 위해 운동 전 또는 후에 음료나 액체 대용식에 유청 단백질을 넣어 마실 수 있다.

유청 단백질 : 운동 훈련 시 면역성 증강

면역체계는 운동의 영향을 많이 받는다. 적절한 운동은 면역반응을 향상시키는 반면 강도가 높거나 장시간에 걸친 운동은 면역반응을 억제하기도 한다. 이러한 일시적인 면역 억제 현상은 6~48시간 지속될 수 있으며 감염 위험을 높일 수 있다.[42,43] 연구에 의하면 유청 단백질은 다른 단백질 공급원에 비해 면역성을 강화하는 면역기능의 다양한 주요 측면들을 적절하게 조정하는 특출한 능력을 가지고 있는 것으로 나타났다.[14]

· 유청 단백질은 주요 우(牛) 단백질인 알파락트알부민, 베타 락토글로불린 기타 유청 단백질, 락토페린 및 면역글로불린 계열 등의 미량 분획물들을 포함하고 있다.[57] 이 미량 분획물들은 개별적으로 다양한 면역기능을 조절하는 면역강화 성분으로 입증된 바 있다.[57] 또한 프레바이오틱(prebiotic) 효과, 조직의 복구, 장 건강의 유지, 병원균 파괴 및 독성물질 제거와 같은 다양한 생체 활성 기능에 영향을 준다.[11,20,57] WPC 80과 WPI은 이러한 이종의 단백질을 풍부하게 함유한 혼합물이다. 생체 외 모델 및 생체 내 모델을 사용한 연구 결과 유청 단백질은 집합적으로 면역기능의 특이적 · 비특이적 측면을 모두 조절하는 몇 안 되는 영양물질 중 하나인 것으로 밝혀졌다. 또한 이러한 개선효과는 면역매개성 질환의 상당한 호전과도 연관이 있는 것으로 나타났다.[14]

· 연구 결과 유청 단백질은 고농도의 시스테인을 통해 글루타티온 생산을 증가시키는 유일한 식이 단백질인 것으로 밝혀졌다.[33,37,39] 글루타티온(GSH)은 신체의 항산화 및 면역 방어체계에 가장 중요한 물질이다.[18] 여러 세포 내의 GSH 농도는 면역기능의 다양한 측면과 신체의 건강유지 및 질병예방 능력을 조절하는 것으로 나타났다.[59] 동물실험과 인간을 대상으로 한 연구에서 유청 단백질은 다른 단백질 공급원들에 비해 면역기능의 여러 측면을 최적화하는 GSH의 생산 증가 능력이 독보적인 것으로 나타났다.[14]

· 근육은 글루타민이 합성되는 주된 부위이다.[48] 글루타민은 면역체계, 세포 복제 및 기타 많은 필요 불가결한 기능들에 반드시 필요한 연료이다.[38] 그러나 운동 훈련과 같은 격렬한 대사 스트레스가 지속되면 신체의 글루타민 합성 능력을 압도할 수 있는 것으로 밝혀졌다.[48,56] 이때에는 면역기능의 손상, 질병과 감염증의 재발 및 장기적인 운동성과의 감소가 일어날 수 있다.[32,48,56] 유청 단백질은 근육 내 글루타민 합성에만 사용되는 아미노산인 분지사슬 아미노산(26%)과 글루타민산염(6%)[55] 공급원 중 현재 알려져 있는 것으로서는 가장 풍부한 공급원이다.[57] 따라서 유청 단백질의 전체 아미노산 조성 중 1/3이상이 오로지 근육 내에 저장된 글루타민을 유지하는 데 사용된다. 이러한 이유로 유청 단백질은 활동적인 사람들에게 운동 훈련 중 강한 면역성과 건강 보호 등 다양한 효능을 부여한다.

스포츠 영양에서 BCAAs의 중추적 역할

운동선수들에게는 운동 훈련 후 회복 및 적응과정에 분지사슬 아미노산(BCAAs) 류신, 이소류신, 발린이 극히 중요한 역할을 한다. BCAAs는 근육 내에서의 신속한 단백질 합성[1](근육조직의 회복과 재생을 뒷받침하는 주요 작용기전)을 촉진하는 데 필수적인 역할을 하는 것으로 보인다. 그러나 BCAAs는 거의 대부분 근육 내 글루타민 생성에도 소요된다.[27] 근육 내 글루타민은 면역반응과 대부분의 세포 복제 등 다양한 필수 불가결한 세포 기능에 주된 연료 역할을 한다.[56] 신체는 다량의 글루타민을 필요로 하기 때문에 근육 내 BCAAs로부터 계속적으로 글루타민의 데누보(de novo) 합성이 이루어지지 않으면 수시간 내에 체내 글루타민 공급이 고갈되어버릴 것이다.[48] 또한 BCAAs는 운동 시 근육 내에서 대사되어 에너지원으로 사용된다.[55] BCAAs는 이 작용을 통해 탄수화물의 생체이용률을 높이고 피로를 지연시키며 근육에서 단백질이 분해 되는 것을 억제하는데 도움을 준다. 따라서 질병, 감염, 칼로리 제한 및 운동 훈련 등 대사 스트레스 발생 시 이 모든 요구량을 충족시키기 위해 BCAAs가 다량 대사된다.[27] 운동 훈련 시 BCAAs를 적절히 공급받지 못하면 면역기능이나 운동 후 신속한 회복능력이 저하될 수 있다. 유청 단백질의 BCAAs 함유량은 최고 26%에 달하여 다른 식이 단백질 공급원에 비해 자연적으로 생성되는 BCAAs를 가장 많이 함유하고 있다.[8] 따라서 그램당으로 본다면 유청 단백질은 아미노산 보충제들에 비해 풍부하고 경제적인 BCAAs 공급원이다.

각 스포츠별 권고사항:
운동성과를 최적화하기 위한 유청 단백질 이용법

유청 단백질은 이미 잘 통제된 연구에서 운동 중 운동성과의 향상이나 생리적 적응력 개선에 효과가 있는 극소수의 영양 보충제 중 하나인 것으로 나타났다.

건강과 운동성과를 최적의 상태로 조절하는 유청 단백질의 활용에 관한 연구는 아직 초기 단계이기 때문에 명확한 입증 자료를 위한 추가적인 임상연구가 필요하나 현재까지의 연구 결과를 토대로 건강과 운동성과를 최적화하기 위해 유청 단백질을 식단에 적용하고자 하는 활동적인 사람들에게 지침이 될만한 내용들을 다음과 같이 기재하였다.

유산소(지구력) 운동성과의 향상

지구력 운동의 성과를 높이기 위한 관건은 체내 GSH 수치를 유지하는 것이다.[49] 한 연구에서는 고도로 숙련된 사이클 선수들이 6주간의 강도 높은 도로 사이클 훈련 기간 동안 하루 체중 1kg당 1g 용량의 유청 보충제를 섭취했을 때 혈중 GSH 농도 저하를 예방한 것으로 나타났다.[39] 이 실험에서 대상 선수들은 주당 4차례(각 운동시간의 지속시간은 30~70분) 보통 강도(최대 심박수의 50~70%)와 고강도(최대 심박수의 80% 이상) 운동을 병행하여 시행하였다. 따라서 이보다 많은 양의 훈련을 시행하는 지구력 운동선수들은 GSH 수치를 유지하기 위해 더 높은 유청 단백질 일일섭취량이 요구될 것으로 보인다.

근력 운동에서의 무산소 능력, 스피드와 근력의 향상

고강도 스포츠 경기와 운동은 무산소 에너지 경로를 사용한다. 무산소 운동 훈련은 주로 단거리 질주, 서킷 트레이닝 및 저항성운동 훈련과 같은 단기간의 반복적인 고강도 활동을 수반한다. 치열한 경쟁을 해야 하는 운동선수들은 훈련 프로그램에 이러한 형태의 운동을 포함하는 경우가 많다. 그러나 무산소 체력단련(4~8주간 동안 주당 3차례)의 경우 균형 잡힌 식생활을 했음에도 불구하고 혈중 GSH 수치와 글루타민 농도의 감소는 물론 성인의 경우 면역기능의 억제를 경험한 것으로 나타났다.[26,32] 종합적으로 볼 때 이러한 연구결과들은 운동 훈련 프로그램의 강도가 강할수록 필요한 면역기능을 제공하는 요소들이 감소하는 인과관계를 보여준다. 운동 훈련을 하지 않는 경우 매일 유청 단백질을 20g 섭취하면 무산소 운동의 성과를 향상시키는 것으로 나타난 반면 매주 여러 차례 운동하는 운동선수들의 경우에는 강한 면역기능을 유지하기 위해 일일섭취량 체중 1kg당 1~1.5g의 유청 단백질이 필요한 것으로 보인다.

훈련 후 회복의 최적화

운동 직후 단백질과 탄수화물 액체를 혼합한 보충제를 섭취하면 보다 효과적으로 글리코겐을 보충하고, 단백질 합성률과 동화호르몬 생성을 자극하며, 운동으로 인한 면역 저하를 예방하는 것으로 나타났다.[21,53] 또한 이 단순한 방법으로 다음 운동의 성과가 24%까지 향상될 수 있다.[29]

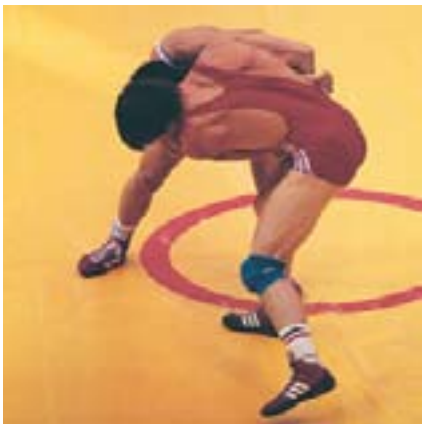
유청 단백질은 면역증진 특성, 우수한 아미노산 조성 및 빠른 소화흡수 속도로 인해 운동 후 섭취하는 이상적인 단백질이다. 모든 분야의 운동선수들은 격렬한 운동 후 효율적으로 원기회복을 촉진하기 위해 운동 후 즉시 충분한 양의 물에 쉽게 흡수되는 탄수화물 공급원과 함께 유청 단백질 20~50g를 혼합하여 섭취하는 것이 매우 중요하며 운동 후 30~60분 이내에 섭취해야 한다.

혈중 아미노산이 높으면 근력 트레이닝의 동화효과를 증진시키는 것으로 나타났다.[3]

따라서 체질량은 그다지 증가시키지 않고 근력이나 힘을 키우고자 하는 운동선수들은 열량조절식에 20~50g의 유청 단백질을 포함하여 섭취하되 유청 단백질은 모든 종류의 저항력 운동 전에 섭취해야 한다.

근육 부피 증가

보디빌더나 순수 근육 부피를 적정 수준으로 늘리고자 하는 사람들은 저항성 운동 훈련 프로그램 동안 매일 체중 1kg당 1.5g 용량의 유청 단백질을 섭취해야 하며, 이 용량을 4~5회 분량으로 나누어 여러 다량영양소를 혼합한 식사와 함께 하루 중 여러 차례 섭취해야 한다. 한 연구에 따르면 탄수화물과 지방이 근육조직에 대한 유청 단백질의 동화효과를 증진시키는 것으로 나타났다.[17] 여러 다량영양소가 혼합된 식사와 유청 단백질을 함께 섭취하면 청장년들은 공히 카세인 등의 다른 고급 단백질에 비해 보다 높은 순수단백질의 증가를 얻을 수 있다.[17]



신체 구성의 개선

유청 단백질을 식단에 포함하여 섭취함으로써 근육 부피를 그다지 증가시키지 않으면서도 신체 구성을 개선하고, 근력과 힘을 키울 수 있다. 연구에 따르면 운동 전 유청 단백질을 섭취한 결과 제지방 조직의 유지는 촉진된 반면 체지방의 에너지원 활용이 증가되었다.[5] 제지방 조직을 보존하고 지방 조직을 감소시키려면 운동 전 1시간 내에 20~50g의 유청 단백질을 섭취해야 한다.

〈표 2〉 농축 유청 단백질 80% 및 분리 유청 단백질의 일반적 구성(%)

구성성분	농축 유청 단백질(80%)	분리 유청 단백질
단백질	80.0-82.0	92.0
유당	4.0-8.0	0.5
지질	1.0-6.0	1.0
무기질	3.0-4.0	2.0
수분	3.5-4.5	4.5

운동성과에 대한 유청 단백질과 칼슘의 역할

운동선수들이 최적의 운동성과를 얻으려면 칼슘의 적절한 공급이 절대적으로 필요하다. 칼슘은 뼈의 유지에 필수 불가결할 뿐 아니라 신경의 자극전달, 근육의 수축 등 수많은 생리기능에 없어서는 안 될 중요한 영양소이다. 칼슘 섭취가 부족하면 신체는 요구량을 맞추기 위해 뼈 속에 축적된 칼슘을 용출하여 사용하게 된다.[2] 최근의 보고에 따르면 미국 시민들의 하루 평균 칼슘 섭취량은 750mg에 지나지 않아 권장 섭취량 1,200mg에 크게 못 미친다.[6] 운동선수들은 운동 스트레스로 인해 골무기질화가 증가하므로 더욱 칼슘이 부족하기 쉽다.[31] 더구나 혈중 칼슘 농도는 매우 좁은 생리적 한계 내에서 엄격하게 유지되기 때문에 비록 섭취량이 부족하더라도 정상 수치를 유지하므로 칼슘 상태를 정확하게 평가하기란 어렵다. 따라서 수개월 또는 수년간의 운동 훈련으로 얻은 효과가 뼈의 약화로 인한 스트레스 골절로 일거에 수포로 돌아갈 수도 있다. 따라서 운동선수들은 칼슘의 가장 우수한 영양공급원에 관하여 숙지해야 한다.

유청 단백질을 원료로 한 제품에는 500~2,000mg의 유칼슘이 함유되어 있으며 이 유칼슘은 모든 형태의 칼슘 중 생체이용률이 가장 높다.[23] 어느 특정 식품에서 영양소의 생체이용률이란 그 영양소가 소화, 흡수되는 실제 양을 말한다. 여러 연구들에 따르면 강화 대두유와 같은 비낙농제품의 칼슘 흡수율은 유제품보다 25% 낮다.[23] 따라서 유청 단백질을 원료로 한 제품은 신체에서 쉽게 흡수되는 경제적인 양질의 칼슘 공급원이다.

유청 단백질, 운동성과 및 글루타티온(GSH)의 역할

GSH 항산화 시스템의 주된 역할은 오염, 독성물질, 운동 및 자외선 노출로 인한 산화적 손상으로부터 세포를 보호해 주는 것이다. GSH는 유리기를 직접 중화시키는 것 외에도 비타민 C나 비타민 E, 주요항산화 효소 등의 항산화 화합물에 자신의 구성요소들을 제공하여 이 역할을 수행한다.[59] GSH는 항산화 능력과 신체의 건강 유지 및 질병 예방 능력을 조절할 뿐 아니라 운동성과에도 직접적인 연관이 있음이 입증되었다.

운동을 하면 조직간 산소 이동이 급격히 증가되어 산화 스트레스를 유발할 수 있는 유리기를 많이 생성하게 된다. 운동훈련이 신체의 항산화 방어능력을 향상시키기는 하지만 그럼에도 산화 스트레스는 발생할 수 있다.[49] 산화 스트레스는 세포와 조직을 손상시키며 근육 피로와 운동성과 저하의 주된 원인으로 여겨지고 있다.[50] 여러 세포 내 GSH의 농도 감소는 과다한 유리기 생성 및 운동성과 저하와 연관이 있으며, GSH 농도가 낮은 근육은 산화적 손상을 훨씬 많이 받는다.[49] 그러나 GSH 수치를 유지하면 산화 스트레스를 최소화하고 운동성과를 증진시킬 수 있는 것으로 나타났다.[50]

운동을 하게 되면 GSH에 대한 요구량이 증가하게 되어 면역세포의 GSH 보충 능력을 빼앗을 수 있다. 따라서 몇몇 연구자들은 운동 시 제한된 GSH 공급량으로 인해 근육과 면역체계간에 경쟁이 발생하게 되어 장기적인 운동성과 저하와 만성 피로 증후군과 같은 질병에 걸릴 위험을 증가시킬 수 있는 불균형 상태를 유발할 수 있다고 주장하고 있다.[4] 대두와 같은 다른 식이 단백질과 달리 유청 단백질은 연구 결과 GSH 생성을 돕거나 체내 GSH 수치에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 몇몇 임상 연구에서는 운동성과의 향상에 직접적인 영향을 미치기도 했다.

항산화 능력 및 운동성과의 증진

예를 들어 건강한 청년 남녀의 경우 유청 단백질 보충제(12주 동안 매일 12g)를 섭취하면 혈중 림프구 내 GSH 농도가 상승할 뿐 아니라 단거리 사이클 주행 실험 중 최대 힘과 총 운동량도 향상하였다.[33] 또 다른 실험에서는 여러 종의 비타민 보충제를 70일간 복용한 후 산화적 손상의 현저한 감소, 근육피로에 대한 저항 개선 및 셀레늄 수치의 상승을 보인 참가자는 WPI를 복용한 참가자들뿐인 것으로 나타났다.[10] 지구력 운동의 경우 6주간의 격렬한 도로 자전거 훈련 기간 동안 위약을 복용한 대조군에서는 혈중 글루타티온과 단핵세포 내 글루타티온 농도가 저하된 반면 매일 체중 1kg당 1g의 WPI를 섭취한 실험군에서는 혈중 글루타티온과 단핵세포 내 글루타티온 농도의 저하를 예방한 것으로 나타났다.

운동선수들에 대한 락토페린의 효능

스포츠 영양학의 기본원칙은 우수한 운동성과를 낼 수 있는 건강하고 균형잡힌 신체를 만드는 것이다. 이런 점에서 유청에만 함유된 단백질 분획물인 락토페린은 운동선수들에게 여러 주요한 효능을 제공한다. 소의 락토페린은 성인의 체내에서도 파괴되지 않고 살아남아 흡수되며,[52] 강력한 항균 항바이러스 특성, 장내 병원균 증식 예방, 면역체계 자극 및 조직 손상으로 인한 염증 조절 등의 효과를 나타낸다.[20] 락토페린의 생물학적 역할에 관한 과학적인 연구는 아직 초기 단계이나 철분과 뼈의 대사에 대한 락토페린의 역할은 운동선수들 간에 특별한 관심을 끌고 있다.

철분은 체내 산소 운반에 없어서는 안 될 영양소이기 때문에 운동선수에게는 철분이 특히 중요하다. 철분은 헤모글로빈의 핵심에서 수용체를 구성하고 산소를 세포까지 운반한다. 트랜스페린 계열의 락토페린은 혈액 중 철분을 세포에 결합시켜 유리, 용해시키므로 장의 대사에 이용되는 철분의 양을 조절할 수 있다.[57] 따라서 락토페린은 적혈구, 헤모글로빈 및 산소 운반을 건강한 상태로 조절하는 데 중요한 역할을 하는 것으로 보인다.

또한 유청에 함유된 락토페린은 뼈의 대사에도 직접적으로 유익한 효과를 나타내는 것으로 보인다.[12,22] 세포 배양 연구에서 락토페린은 생리학적 농도의 골아세포 및 연골세포의 증식을 촉진했으며 이 효과는 IGF-1과 TGFb 등 뼈의 성장을 촉진하는 다른 성장인자들에 대한 반응에서 관찰된 효과보다 더 큰 것으로 나타났다. 연구팀들은 포유동물에서 이러한 유익한 효과를 확인함에 따라 락토페린이 뼈 대사에 단백 동화 작용을 증가시킴으로써 뼈의 건강을 유지하고 골다공증을 예방하는 효과가 있는 것으로 결론지었다.[12,22]

유청 단백질의 신체 구성 개선 효과

여러 분야의 운동선수들은 근력 뿐 아니라 근육 부피를 키우기 위해 노력한다. 체중 증가를 피해야 하는 스포츠에서는 신체 구성(제지방 질량 대 체지방 질량의 비율)을 개선시키는 것이 유익하다. GSH와 신체구성 변화간의 관계는 암과 HIV는 물론 운동 훈련 프로그램을 수행하는 건강한 성인과 같이 서로 관련이 없는 다양한 조건에서 명백하게 입증되었다.[18,25,32] 체내 여러 세포에서 GSH 수준이 낮은 경우에는 면역기능이 떨어지고 근육이 손실되는 반면 GSH 수준이 유지되는 경우에는 근육조직이 유지되고 체지방이 감소함을 알 수 있었다. 이러한 효과는 시스테인과 GSH의 체내 전체 단백질 대사에 대한 확실한 조절효과와[18,25] 더불어 유비퀴틴과 프로테아좀의 경로를 통해 근육조직 분해를 직접 경감하는 능력에 기인하는 것으로 판단된다.[28]

유청 단백질을 보충하면 GSH 증가 뿐 아니라 신체 구성의 직접적 개선 효과도 볼 수 있다. 한 연구에 의하면 어떠한 유형의 운동 훈련을 하더라도 매일 20g의 유청 단백질만을 보충해도 체지방이 상당히 감소하는 것으로 나타났다.[33] 운동 훈련 기간 동안 운동 훈련 전에 유청 단백질을 섭취시킨 쥐는 운동 훈련 프로그램 종료 후 그렇지 않은 쥐에 비해 체지방 수준이 더 낮았으며 제지방 질량은 더 많았다.[5] 이러한 결과는 유청 단백질이 체지방을 에너지원으로 사용하는 데 도움을 주는 능력을 갖고 있기 때문이다.[5]

저항성 운동은 신체 구성 개선에 가장 효과적인 운동으로 여겨지고 있다. 저항성 운동 훈련을 수행하는 남성 집단을 대상으로 한 연구에서 가수분해 처리된 WPI를 매일 체중 1kg당 1.5g 섭취시킨 결과 대조군에 비해 제지방 근육 부피가 2~5배 증가하였고 체지방이 감소되었다.[9,15,16] 이 실험들 중 한 실험에서는 저항성 운동 훈련 기간 동안 WPI가 세포 수준에서 근육 비대(크기)를 증가시키는 능력이 있음을 확인했으며 운동 훈련 전과 후에 실시된 근육 샘플에 대한 생체검사에서 탄수화물을 섭취한 대조군에 비해 실험군에서 빠른 연축(type-2) 근육섬유의 크기가 최고 543%까지 커진 것으로 나타났다.[16] 또한 WPI 보충제 섭취군에서는 근육섬유의 크기에 비례하여 근력도 강해진 것으로 관찰되었다.[16]

근력 강화

근력 훈련에 관한 여러 실험에서 6~12주 동안 매일 체중 1kg당 1.2~1.5g의 유청 단백질 보충제를 섭취한 경우 탄수화물 또는 단백질을 병용 또는 단독 복용한 대조군에 비해 다양한 평가에서 보다 우수한 근력 개선 효과를 보였다.[9,15,16] 그중 2건의 실험에서는 WPI 보충제는 바벨 벤치 프레스 및 바벨 스쿼트(바벨 어깨에 얹고 앉았다 일어서기)와 같은 주요 운동에서 현저한 근력 증가(대조군에 비해 10-20% 높은 증가) 효과를 보였다.[15,16] 이 주요 운동들에 있어 근력 개선은 힘과 근력에 의한 경기에서 운동선수들의 경기력을 향상시킬 것으로 판단된다. 따라서 유청 단백질은 운동선수들의 근력 강화에 도움을 줄 수 있다. 그러나 유청 단백질 보충제의 복용과 저항성 운동 훈련을 병행하는 효과적인 전략을 채택하면 운동선수들 뿐 아니라 대부분의 사람들도 신체기능의 수행능력을 더욱 향상시킬 수 있을 것이다.

회복효과의 개선

글리코겐은 체내에 저장되어 운동시 에너지원으로 공급되는 영양소이다. 근육조직 내 글리코겐의 저하는 피로와 운동성과 감퇴를 초래하므로,[30] 운동선수들에게는 근육조직에 적절한 양의 글리코겐을 축적하는 것이 상당히 중요하다. 최근의 한 연구에 따르면 운동 훈련 중 유청 단백질이 풍부한 식사를 섭취한 경우 간 글리코겐 축적량이 상당히 증가하였다.[41] 또한 유청 단백질을 섭취한 쥐는 카세인이나 대두 단백질을 섭취한 쥐보다 상당히 많은 양의 글리코겐을 간에 축적하였다.[41] 이러한 유익한 효과는 글리코겐 합성과 축적에 관여하는 여러 가지 간 효소의 제어활동을 증진하는 유청 단백질의 능력에 의한 것이다.[41] 본 연구에서는 처음으로 섭취한 단백질의 종류에 따라 간 글리코겐의 함유량이 달라질 수 있음을 밝혀냈다.

건강한 청년의 경우 유청 단백질 보충제를 섭취하면 격렬한 저항성 운동 후 회복이 가속화하는 것으로 나타난다.[13] 14일간 운동 후 하루 체중 1kg당 1g의 WPI 보충제를 섭취한 실험군은 탄수화물 위약을 섭취한 대조군에 비해 최대근력으로의 회복 속도가 현저하게 빨랐고 근육손상의 표지물질인 혈장 크레아틴 키나제의 수준은 더 낮았다. 이 두 실험의 결과에 의하면 WPI 보충제가 격렬한 저항성 운동 훈련 후 빠른 회복에 도움이 됨을 알 수 있다.[13]

현재까지의 연구에서 저항성 운동 후 근육 손상 표지물질의 감소 및 빠른 회복 효과를 가진 것으로 밝혀진 단백질 공급원은 유청 단백질이 유일하다.

운동선수 개인별 단백질 요구량

스포츠 영양학에서 가장 혼란스럽고 논란이 많은 분야는 운동선수들의 단백질 섭취에 관한 것이다. 단백질 권장 섭취량을 둘러싼 논란은 대부분 성인의 여러 가지 아미노산에 대한 요구량이 기존의 추정치보다 훨씬 복잡하다는 인식에 기인한다. 그러나 건강하고 활동적인 사람들의 단백질 요구량에 관한 우리의 생물학적 지식에는 미흡한 부분이 많아 이러한 논란의 해결에는 어려움이 가중되고 있다. 운동선수들은 자신의 1일 단백질 섭취량을 결정함에 있어 다음의 사실들을 고려하여야 한다.

- 현재 단백질 요구량을 측정하기 위해 사용되는 실험실 측정 방법은 건강 상태의 최적화나 체력 증진을 고려하지 않은 것이다.[34,51]

- 건강한 사람들을 위한 단백질 요구량은 거의 질소 균형에 관한 연구를 토대로 산출한 것이다. 그러나 단백질 대사를 연구하는 과학자들은 이 방법이 잘못되었다는 점을 인정하고 있다. 이 방법은 질소(단백질) 섭취량을 과대평가하고 질소 손실량을 과소평가하고 있다.[51]

- 운동선수가 훈련 효과를 최적화하기 위해 필요한 단백질의 정확한 양을 산출하기란 어렵다. 개인별 목표, 에너지(열량) 섭취량, 운동의 강도, 지속시간과 유형, 훈련 이력, 성별, 연령에 따라 개인별 단백질 요구량은 달라질 수 있다.[34]

- 아미노산의 여러 기능이 기계론적 수준과 정량적 수준에서 이해되기까지는 현재의 건강상태를 고려하지 않은 권장 섭취량은 지적인 면에서 미흡한 경험적 수치일 뿐이다.[46] 단백질 대사 분야 학자들은 격렬한 운동의 훈련 성과를 최적화하기 위한 단백질 요구량은 기존의 추정치보다 높아야 한다는 점을 인정하고 있다.[34,46,51]

- 운동선수들은 주로 앉아서 생활하는 사람들보다 단백질 요구량이 최고 2배까지 높다는 사실은 알려져 있으나 어떤 종류의 단백질이 건강을 개선하고 운동 성과를 높이는지에 관한 보다 중요한 질문은 아직 제대로 연구되지 못하고 있다.[35]

- 또한 학술문헌 상 높은 단백질 섭취량이 몸에 나쁘다는 어떠한 증거도 없으며,[44] 실제로는 식단에서 단백질 비율을 높이는 것이 혈중 지질농도를 낮추고 인슐린과 포도당 대사를 개선하며 원치 않는 체지방을 감소시키는 등 다양한 건강상 이점을 제공하는 안전하고 효과적인 방법으로 여겨지고 있다.[19] 유청 단백질은 그 다양한 효능으로 인해 단백질 섭취를 늘리고자 하는 활동적인 사람들이 가장 먼저 고려하는 식이 단백질 중 하나이다.

운동선수가 최상의 결과를 얻으려면 유청 단백질의 1일 섭취량을 1회 20~50g의 분량으로 나누어 다량영양소들을 혼합한 식사(탄수화물과 지방을 첨가)와 함께 하루 여러 차례 섭취하여야 한다. 연구에 따르면 유청 단백질은 탄수화물 및 지방과 함께 섭취할 때 체내에서 보다 효과적으로 이용된다고 한다.[17] 예를 들어 1회 20~50g의 WPC 80 또는 WPI를 넣은 우유와 과일 스무디에 아마유(flax oil)를 첨가하여 섭취하면 최상의 결과를 얻을 수 있을 것이다.

스포츠 영양학상 유청 단백질의 특장점

유청 단백질은 자연적으로 발생하는 유단백질 분획물로 연구 결과 면역성을 강화하고 효율적인 근육 회복을 촉진하며 신체 활동의 전반적인 효과를 증진하는 것으로 나타났다. 유청 단백질은 운동선수들에게 다음의 다양한 특장점을 제공한다.

- 소화흡수가 쉬운 고급 단백질로서 다른 단백질 공급원보다 신속한 단백질 합성과 조직 내 순수단백질 증가를 유발한다.[17,40]

- 질병과 감염에 대한 면역기능의 다양한 주요 측면들을 직접적으로 증진시킨다.[14]

- 알려진 것 중 가장 풍부한 BCAAs 공급이다. BCAAs는 근육 내 글루타민(면역체계의 주된 연료)[48]의 생성과 단백질 합성[1]에 없어서는 안 될 영양소이며 또한 운동 시 근육 내에서 에너지 기질로 사용된다.[55]

- 항산화력을 증강하고 운동성과를 향상시키는 시스테인의 풍부한 공급원이다.[33,39,50]

- 운동시 에너지원으로 사용되기 위해 간 내에 저장되어 있는 글리코겐의 양의 증가를 촉진한다.[41]

- 근육 손상 표지물질의 감소와 운동 후 빠른 회복을 돕는다.[13]

- 저항성 운동 시 근력 강화 및 보디빌딩 운동 시 근육 크기의 증가에 도움이 된다.[9,15]

- 뼈의 건강 유지 및 훈련 중 운동선수들이 겪기 쉬운 스트레스 골절의 예방을 돕는 생체이용률이 높은 칼슘 공급원이다.[23]

- 이러한 특성과 함께 용해도가 뛰어나 운동 전, 중, 후에 스포츠 음료나 대용식에 첨가하여 간편하게 섭취하기에 이상적인 단백질이다.

Q&A

데이비드 카메론-스미스 박사 (DR. DAVID CAMERON-SMITH)와 함께 하는 Q&A

디킨대학교

카메론-스미스 박사는 호주 멜버른 디킨대학교 운동 영양학 대학원 근육생리학과 부교수이며 분자세포생물학 분야의 최근 진보된 내용들을 식이 단백질과 근력운동의 인체 골격근 성장 및 복구 촉진 작용기전에 관한 이해 증진에 연계시키는 데 지속적인 관심을 갖고 연구하고 있다.

Q. 운동선수들에게 특히 의미가 있는 최근의 "유청 단백질에 관한 주요 발견들"은 어떤 것이 있나요?

A. 근력운동 선수들에 있어 운동성과 향상을 위한 두 가지 주요 전략은 효과적인 회복과 근력 강화입니다. 최근의 연구에서 많은 에너지와 지구력이 요구되는 사이클 선수들에게 사이클 주행 후 피로회복 음료에 유청 단백질을 첨가하여 섭취시키면 근육 손상의 표지물질인 크레아틴 키나제 수치를 감소시킨다는 강력한 증거를 발견했습니다. 중요한 사실은 첫 번째 주행 후 12~15시간이 지나 시행한 사이클 지구력 재평가에서 36% 개선된 성과를 보였다는 것입니다. 최근 행해진 이 연구는 유청 단백질이 근육 손상의 감소와 회복을 돕는 메커니즘을 밝히고 있습니다.

근력을 증가시키려면 근육 섬유의 크기와 강도를 증대시키기 위해 단백질 합성을 늘려야 합니다. 근력 운동 후 유청 단백질을 섭취하면 신속하게 소화되어 근육 내 단백질 합성을 촉진한다는 사실은 널리 알려져 있습니다. 이 연구 결과들은 운동 시 유청 단백질을 섭취한 근력운동 선수들의 근육 횡단면적(근육섬유 두께의 측정법) 증대를 입증한 2건의 후속 연구들에 의해 보강되었습니다.

Q 박사님은 고령층을 대상으로 한 연구도 진행하고 계시지요? 그 분들이 젊은 운동선수들로부터 배울 점이 있나요?

A 우리 연구팀은 고령층에 대한 유청 단백질의 근육 재생 능력과 염증 반응에 관해 조사하고 있습니다. 나이가 들어도 유청 단백질의 근육 내 단백질 합성을 제어하는 세포과정을 활성화하는 능력은 줄지 않습니다. 그러므로 고령층도 특히 운동 후에 규칙적으로 유청을 섭취하면 근육 부피와 근력을 유지하는 데 도움이 됩니다. 청년의 근육보다 나이 든 사람의 근육이 빨리 흡수되는 단백질에 더 반응을 보이기 때문에 사실 유청은 고령층에 더욱 중요한 단백질입니다.

Q 운동선수들에 대한 유청 단백질의 검증된 효능과 주로 앉아서 생활하는 사람들의 근육감소증 예방 가능성간에 어떤 관계가 있나요?

A 분자생물학 및 유전학적 정밀분석을 통해 근육감소증을 일으키는 세포를 규명하는 새로운 실마리가 발견되고 있습니다. 그러나 근육량의 소실은 상당 부분 단백질 섭취 및 활동량의 감소에 기인합니다. 운동선수들의 경우와 마찬가지로 필수 아미노산과 분지사슬 아미노산의 적절한 섭취가 근육 단백질의 유지에 도움이 되므로 고령층에 유청 단백질을 섭취케 하면 근육량 유지에 도움이 됩니다.

Q 특히 여성 소비자들은 유청 단백질을 섭취하면 근육질 체격이 될 것이라 걱정합니다. 여성들이 섭취할 수 있는 최대수준이 있습니까?

A 여성과 남성의 근육 부피 증가율은 엄청난 차이가 있습니다. 이유는 아직 밝혀져 있지 않지만 성 호르몬이 중요한 역할을 하는 것은 분명합니다. 여성이 운동 후 유청 단백질을 섭취하는 경우 근육통의 감소와 피로회복 증진 등의 다양한 효과를 경험하실 겁니다. 또한 유청은 단백질 합성을 촉진함으로써 근육이 불어나는 것이 아니라 근육의 탄력성을 유지하게 해줍니다. 또 다른 중요한 이점은 남녀 모두 체중관리를 위해 운동하는 경우 유청을 섭취하면 식욕이 감소되어 운동 후 배고픔을 완화하는 데 도움이 됩니다.

Q 가벼운 운동을 즐기는 사람들이나 고령층은 어느 정도의 유청 단백질 섭취가 안전할까요?

A 유청 단백질은 쉽게 소화되는 순수 단백질의 공급원으로 필수 아미노산과 분지사슬 아미노산이 풍부하게 함유되어 매우 안전합니다. 규칙적으로 운동을 하지 않는 사람이나 고령층은 운동 전, 운동 중 또는 운동 직후에 유청 단백질이 함유된 조제 스포츠 음료를 섭취하는 것이 효과적입니다. 유청 단백질이 근육 손상 정도와 근육통을 감소시키는 데 진정한 효과를 발휘하는 것은 근육통이 예상될 때입니다. 이때에는 운동의 정의를 골프, 테니스, 하이킹, 자전거 타기와 정원 가꾸기 같은 모든 형태의 신체활동을 포함하는 광의적 개념으로 확대하는 것이 중요합니다. 근육 손상이나 근육통을 유발할 수 있는 모든 형태의 활동에서 유청 단백질은 도움이 될 수 있습니다.

킴벌리 J. 버링톤 (KIMBERLEE J. BURRINGTON)과 함께 하는 Q&A

유제품 원료 응용 연구소

위스콘신 대학교(매디슨) 위스콘신 유제품 연구센터 유제품 원료 응용 연구소는 유제품 재료 제조업체 및 식품 제조업체들과 협력하여 최상급의 미국 유제품 원료를 개발하고 식품의 미국 유제품 원료 활용을 증대시키기 위해 실무기술 지원을 제공하고 있다.

Q. 운동선수용 제품의 제조업체입니다. 올바른 종류의 유청 단백질을 선택하는 것이 점점 더 까다로워지고 있습니다. 어떤 유형의 유청 단백질이 가장 좋은가요?

A. "이상적인" 유청 단백질은 없지만 오히려 다양한 단백질 중에서 선택할 수 있는 폭이 넓습니다. 유청 단백질 가공업체들은 맞춤형 조성(無락토스), 기능성 보강(특정 단백질 분획물 강화), 또는 응용분야(열 저항성 제품 또는 가수분해된 제품)에서의 개발을 통해 다양한 유청 제품을 상품화하기 위해 노력해왔습니다. 이와 같이 다양한 유제품 원료를 제공함으로써 유제품 제조업체들이 부가가치가 높은 자사만의 고유한 제품을 설계할 수 있게 해줍니다. 귀사의 용도에 맞는 "최적의" 단백질을 선택하시려면 귀사의 미국 유청 단백질 공급업체에 문의하십시오.

Q. 유청 단백질은 분말 형태로만 판매되나요?

A. 유청 단백질은 일반적으로 국제 시장에서는 봉지에 든 가루 형태로 판매됩니다. 이런 포장형태는 경제적일 뿐 아니라 유제품 원료 중 유통기간을 길게 유지할 수 있게 해줍니다. 소비자에게 직접 판매되는 유청 단백질은 액체에 쉽게 풀어지도록 일반적으로 인스턴트 형태로 제조됩니다. 요즘에는 유제품 원료로서 완제품의 질감을 살려주는 형태의 유청 단백질도 시판되기 시작했습니다. 이러한 유청들은 예를 들어 스포츠 영양 바의 원료로 쓰거나 단순히 향미만 첨가해 고단백 스낵으로 판매할 수 있습니다.

Q. 유청 단백질은 스포츠 겔에 사용될 수 있나요?

A. 스포츠 겔은 일반적으로 산도(pH)가 낮습니다. 유청 단백질은 용해성이 뛰어나기 때문에 스포츠 겔의 낮은 pH에서 기능을 잘 발휘할 수 있습니다. 만약 투명 겔을 원한다면 지방과 락토스 함량이 낮은 분리 유청 단백질이 이상적인 원료입니다. 또한 낮은 pH의 겔은 이미 탄수화물 겔에 익숙한 소비자들에게는 보다 산뜻하고 먹을수록 끌리는 맛을 느끼게 해줍니다.

Q. 유청 단백질은 튜브나 스프레드 형태로 만들 수 있나요?

A. 유청 단백질로 낮은 pH 조건에서 발현되는 단백질들의 가장 뛰어난 특성을 가진 튜브나 스프레드 형태의 제품을 만들 수 있습니다. 또한 유청 단백질의 뛰어난 용해도와 열 안정성을 튜브 제품에 이용하여 긴 유통기간과 제품의 품질을 보장할 수 있습니다.

제이슨 스티븐스 (JASON STEPHENS)와 함께 하는 Q&A

넥스트프로테인 社

넥스트프로테인社는 데이비드 젠킨스(David Jenkins)가 스포츠에 대한 열정과 학문적 지식을 접목하여 소비자들의 삶의 질을 높이는 최상의 품질을 갖춘 유청 단백질 보충제를 만들고자 설립한 회사이다. 동사는 지난 15년간 유청 연구와 임상시험에 670만여 달러를 투자해왔다.
www.nextproteins.com.

Q. 아미노산이 단백질을 섭취하는 최상의 방법이라고 들었는데 사실인가요?

A. 아니오, 유리된 형태의 아미노산은 체내에서 단백질 합성 이용률이 낮기 때문에 그 말은 사실이 아닙니다. 신체에 필요한 아미노산을 얻기 위해서는 단백질을 펩티드의 형태로 섭취(최상의 방법)하거나 완전 단백질을 먹는 것이 좋습니다. 실제로 과학자들의 연구 결과 펩티드 형태의 단백질이 유리된 형태의 아미노산이나 완전 단백질보다 흡수율이 237%나 높다는 사실이 밝혀졌습니다. 유청 단백질은 아미노산보다 높은 질소축적 개선률을 보일 뿐 아니라 연구 결과 카세인보다 119% 향상된 단백질 합성률을 보인 것으로 나타났습니다. 30g의 유청 단백질과 43g의 카세인을 비교해 볼 때 유청 단백질 섭취 후 단백질 합성률은 68% 증가한 반면 카세인의 경우 증가율은 31%에 지나지 않았습니다.

Q. 단백질 분말을 섭취하면 근육질 체격이 될 수 있나요?

A. 근육을 키우려면 단백질 분말을 섭취하는 동시에 근력을 강화하는 "웨이트 트레이닝"을 규칙적으로 병행해야 합니다. 근육 선명도를 높이기 위한 권장 운동량은 주당 3~4일의 운동 또는 트레이닝이며 적절한 휴식을 취하고 지나친 훈련을 피하며 적절한 식사를 해야 합니다. 이 운동처방 프로그램을 잘 지킨다면 짧으면 6주 후에 그 성과를 체험하실 수 있을 것입니다. 3~4년 이상 연간 48주 이 운동처방을 시행한다면 원하시는 근육질의 몸을 만드실 수 있습니다.

Please contact the U.S. Dairy Export Council for references relative to this section.

REFERENCES

1. Anthony JC, Anthony TG, Kimball SR. Signalling pathways involved in the translocational controlof protein synthesis in skeletal muscle by leucine. J Nutri131:856s-860s, 2001.
2. Bender DA. Nutrition and Metabolism. UCL PressLtd. University College, London p282,1995.
3. Biolo G, Tipton KD, Klein S, and Wolfe RR. An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. Am J Physiol 273 Endocrinol Metab 36:E122-E129, 1997.
4. Bounous G, Molson J. Competition for glutathione precursors between the immune system and the skeletal muscle: pathogenesis of chronic fatigue syndrome. Med Hypotheses 53:347-349,1999.
5. Bouthegourd JJ, Roseau SM, Makarios-Lahham L, et al. A preexercise -lactalbumin-enriched whey protein meal preserves lipid oxidation and decreases adiposity in rats. Am J Physiol Endocrinol Metab 283: E565-E572, 2002.
6. Briefel RR and Johnson CL. Secular Trends in Dietary Intake in the United States. In: Annual Review of Nutrtion, Annual Reviews, Palo Alto CA, 24: 413, 2004.
7. Bucci LR and Unlu L. Proteins and amino acid supplements in exercise and sport. In: Energy-Yielding Macronutrients and Energy Metabolism in Sports Nutrition. Driskell J, and Wolinsky I. Eds. CRC Press. Boca Raton FL, p191-212, 2000.
8. Bucci LR and Unlu L. Proteins and amino acids in exercise and sport. In: Energy-Yielding Macronutrients and Energy Metabolism in Sports Nutrition. Driskell J, and Wolinsky I. Eds. CRC Press. Boca Raton FL, p197-200, 2000.
9. Burke DG, Chilibeck PD, Davidson KS, Candow DG, Farthing J, Smith-Palmer T. The effect of whey protein supplementation with and without creatine monohydrate combined with resistance training on lean tissue mass and muscle strength. Int J Sport Nutr Exerc Metab 11:349-364, 2001.
10. Child RB, Bullock M, Palmer K. Physiological and biochemical effects of whey protein and ovalbumin supplementation in healthy males. Med Sci Sports Exerc 35;5:S270, 2003.
11. Clare DA and Swaisgood HE. Bioactive milk peptides: A prospectus. J Dairy Sci 83:1187-1195, 2000.
12. Cornish J. Lactoferrin promotes bone growth. Presented at the 6th Int Conf on Lactoferrin: Structure, Function and Applications Capri, Italy, May 2003.
13. Cooke M, Cribb PJ and Hayes A. The effects of short-term supplementation on muscle force recovery on eccentrically-induced muscle damage in healthy individuals. Presented at the Australian Association for Exercise and Sports Science Inaugural National Conference, 2004.
14. Cribb PJ. United States Dairy Export Council Monograph: Whey proteins & Immunity, 2004.
15. Cribb PJ, Williams AD, Hayes A and Carey MF. The effect of whey isolate on strength, body composition and plasma glutamine. Med Sci Sports Exerc. 34;5: A1688, 2002.
16. Cribb PJ, Williams AD, Hayes A and Carey MF. The effects of whey isolate and creatine on muscular strength, body composition and muscle fiber characteristics. FASEB J. 17;5:a592.20, 2003 http://www.the-aps.org/press/conference/eb03/12.htm
17. Dangin M, Guillet C, Garcia-Rodenas C, et al. The rate of protein digestion affects protein gain differently during aging in humans. J. Physiol 549.2: 635-644, 2003.
18. Dröe W and Holm E. Role of cyst(e)ine and glutathione in HIV infection and other diseases associated with muscle wasting and immunological dysfunction. FASEB J. 11:1077-1089,1997.
19. Farnsworth E, Luscome ND, Noakes M, et al. Effect of a high-protein, energy-restricted diet on body composition, glycemic control, and lipid concentrations in overweight and obese hyperinsulinemic men and women. Am J Clin Nutr 78:31-39, 2003.
20. Floris R, Recio I, Berkhout B and Visser S. Antibacterial and antiviral effects of milk proteins and derivatives thereof. Curr Pharm Des 9;1257-1275, 2003.
21. Gleeson M, Neiman DC, Pedersen BK. Exercise, nutrition and immune function. J Sports Sci 22:115-125, 2004.
22. Grey A, Banovic, K Callon, K Palmano*, JM Lin, V Chan, U Bava, I Reid, J Cornish. Lactoferrin, a potent anabolic factor in bone, signals through the LRP1 receptor. Presented at Combined Meeting of Int Bone Mineral Soc and Jap Soc of Bone Mineral Res, Osaka, Japan, June 2003.
23. Guéuen L and Pointillart A. The Bioavailability of Dietary Calcium. J Am Coll Nutri19119S-136S, 2000.
24. Ha E and Zemel MB. Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people. Journal of Nutritional Biochemistry 14; 251-258, 2003.
25. Hack V, Schmid D, Breitkreutz R, et al. Cystine levels, cystine flux, and protein catabolism in cancer cachexia, HIV/SIV infection and senescence. FASEB J.11:84-921997.
26. Hack V, Weiss C, Friedmann B, Suttner S, Schykowski M, Erbe N, Benner A, Bartsch P and Droge W. Decreased plasma glutamine level and CD4+ T cell number in response to 8 wk of anaerobic training. Am J Physiol 272: E788-795,1997.
27. EHolecek M. Relation between glutamine, branched-chain amino acids, and protein metabolism. Nutrition18;2:130-133, 2002.

28. Ikemoto M, Nikawa T, Kano M, Hirasaka K, Kitano T, Watanabe C, Tanaka R, Yamamoto T, Kamada M, Kishi K. Cysteine supplementation prevents unweighting-induced ubiquitination in association with redox regulation in rat skeletal muscle. Biol Chem. 383:715-721, 2002.

29. Ivy JL, Res PT, Sprague RC, Widzer MO. Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. Int J Sport Nutr Exerc Metab 13:382-395, 2003.

30. Karlsson J, Saltin B. Diet, muscle glycogen, and endurance performance. J Appl Physiol 31:203-206,1971.

31. Kerr D, Kan K and Bennell K. Bone, exercise, nutrition and menstrual disturbances. In Clin Sports Nutri Ed Burke L and Deakin V. McGraw-Hill Inc, Australia Ch 10; 241-262, 2000.

32. Kinscherf R, Hack V, Fischbach T, et al. Low plasma glutamine in combination with high glutamate levels indicate risk for loss of body cell mass in healthy individuals: the effect of N-acetyl-cysteine. J.Mol.Med. 74: 393-400,1996.

33. Lands LC, Grey VL, and Smountas AA. Effect of supplementation with a cysteine donor on muscular performance. J Appl Physiol 87: 1381-1385,1999.

34. Lemon PW. Beyond the zone: protein needs of active individuals. J Am Coll Nutr19:513S-521S, 2000.

35. Lemon PW, Berardi JM, Noreen EE. The role of protein and amino acid supplements in the athlete's diet: does type or timing of ingestion matter? Curr Sports Med Rep 1; 214-221, 2002.

36. Mahe S et al. Gastrojejunal kinetics and the digestion of [15N]B-lactoglobulin and casein in humans: the influence of the nature and quantity of the protein. Am J Clin Nutr 63; 546-552,1996.

37. Mariotti F, Simbelie KL, Makarios-Lahham L, Huneau JF, Laplaize B, Tome D, Even PC. Acute ingestion of dietary proteins improves post-exercise liver glutathione in rats in a dose-dependent relationship with their cysteine content. J Nutr 134;1:128-131, 2004.

38. Melis GC, Wengel N, Boelens PG, van Leeuwen PA. Glutamine: recent developments in research on the clinical significance of glutamine. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 7:59-70, 2004.

39. Middleton N, Jelen P, Bell G. Whole blood and mononuclear cell glutathione response to dietary whey protein supplementation in sedentary and trained male human subjects. Inter J Food Sci Nutr 55;2:131-141, 2004.

40. Morens C, Bos C, Pueyo ME, et al. Increasing habitual protein intake accentuates differences in postprandial dietary nitrogen utilization between protein sources in humans. J Nutr133(9):2733-2740, 2003.

41. Morifuji M, Sakai K, and Sugiura K. Dietary whey protein modulates liver glycogen level and glycoregulatory enzyme activities in exercisetrained rats. Experi Biol Med 230: 23-30, 2005.

42. Nieman DC. Infection, the Immune System and Exercise. Encyclopedia of Sports Med and Sci 2004 http://www.sportsci.org

43. Pizza FX. Overtraining and Immunity. Encyclopedia of Sports Med and Science 2004 http://www.sportsci.org

44. Poortmans JR, Dellalieux O. Do regular high protein diets have potential health risks on kidney function in athletes? Int J Sport Nutr Exerc Metab.10:28-38, 2000.

45. Poullain MG, Cezard JP, Roger L and Mendy F, The effect of whey proteins, their oligopeptide hydrolysates and free amino acid mixtures on growth and nitrogen retention in fed and starved rats. JPEN13:382-386,1989.

46. Reeds P and Biolo G. Non-protein roles of amino acids: an emerging aspect of nutrient requirements. Curr Opin Clin Nutri Metab Care 5;43-45, 2002.

47. Rennie MJ, and Tipton KD. Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition. Annu Rev Nutr 20:457-483, 2000.

48. Rowbottom DG, Keast D, Morton AR. The emerging role of glutamine as an indicator of exercise stress and overtraining. Sports Med 21(2):80-97,1996.

49. Sen CK. Oxidants and antioxidants in exercise. J Appl Physiol 79:675-686,1995.

50. Sen CK, Atalay M, Hanninen O. Exercise-induced oxidative stress: glutathione supplementation and deficiency. J Appl Physiol 77:2177-2187,1994.

51. Tome D and Bos C. Dietary protein and nitrogen utilization. J of Nutr130:1868S-1873S, 2000.

52. Troost FJ, Steijns J, Saris WHM and Brummer RJM. Gastric Digestion of Bovine Lactoferrin In Vivo in Adults. J Nutr 131: 2101-2104, 2001.

53. Volek, J.S. Influence of nutrition on responses to resistance training. Med. Sci. Sports Exerc. 36:689-696, 2004.

54. Volpi E, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, et al. Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults. Am. J. Clin Nutr 78: 250-258, 2003.

55. Wagenmakers AJ. Muscle amino acid metabolism at rest and during exercise: Role in human physiology and metabolism. Exercise & Sport Science Rev. 26:287-314,1998.

56. Walsh NP, Blannin AK, Robson PJ, Gleeson M, Glutamine, exercise and immune function. Links and possible mechanisms. Sports Med 26;3:177-191, 1998.

57. Walzem RM, Dillard CJ, and German JB. Whey components: millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition: what we know and what we may be overlooking. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 42;4:353-375, 2002.

58. Wolfe RR. Protein supplements and exercise. Am J. Clin Nutr. 72:551s-557s, 2000.

59. Wu G, Fang Y, Yang S, Lupton JR, and Turner ND. Glutathione metabolism and its implications for health. J Nutr134: 489-492, 2004.

U.S. Dairy Export Council®
USA
Managed by Dairy Management Inc ™

미국유제품 수출협의회 한국사무소
Tel 02-516-6893 Fax 02-516-6753
www.usdec.or.kr

Copyright © 2005, USDEC. All rights reserved. Printed in Korea.