

[연수강좌]

근육강화를 위한 영양처방

남 기 선

(주)폴무원홀딩스

Dietary Advice for Athletes

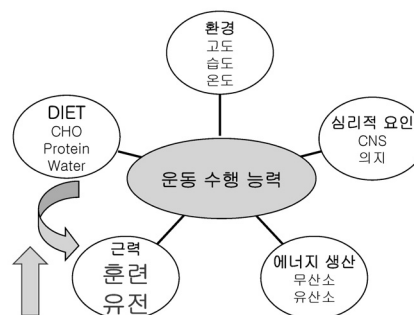
Nutrition on Athletic Performance

Nutrition on Muscle Strength

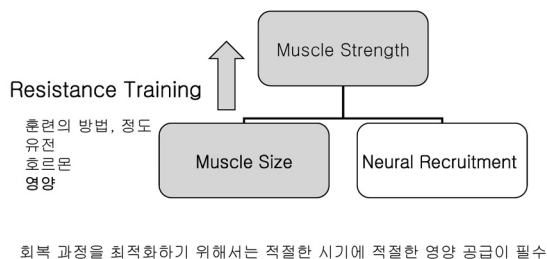
Nutrition on Muscle Development

Diet (Nutrition) Enhance & Maximize Potential

Factors affecting Performance



Nutrition on Muscle Strength



Effect of Resistance Exercise on Muscle Protein Synthesis

Table 1. Measured and proposed changes of mixed-muscle, myofibrillar and mitochondrial protein synthesis in response to different types of exercise

	Endurance exercise	Resistance exercise
Mixed-muscle protein synthesis	↑	↑ or ↑↑
Myofibrillar protein synthesis	↔ or ↓?	↑ or ↑↑
Mitochondrial protein synthesis	↑	↔ or ↑?

Energy Sources by Working Muscle Cells

Source	When in Use	Exam of an Exercise
ATP	At all times	All types
Pcr	All exercise initially, Extreme exercise thereafter	Shotput, high jump
CHO (anaerobic)	High-intensity Ex (30sec-2min)	200m sprint
CHO (aerobic)	Ex 2min-3hrs, Higher intensity-Greater use	Basketball, Swimming, Jogging
Fat (aerobic)	Ex more than a few min. Greater use at lower Ex intensity	Long distance running, cycling, 30min brisk walk
Protein (aerobic)	Low during all Ex; Slightly more in endurance Ex (Esp. when CHO is lacking)	Long-distance running

Nutritional Impact on the Acute Response to Resistance Exercise

Effects of Protein, CHO on Protein Metabolism

- CHO (1g glucose/kg BW) → ↑ Protein balance (↓ 단백질 분해) ← INSULIN level
- CHO + PROTEIN → ↑↑ Protein balance 1~3 hr AFTER resistance Ex (insulin)
- Protein (8g EAA)-CHO drink BEFORE Ex → ↑↑ Muscle Protein Synthesis (AA availability)

⇒ Ex 전 후의 단백질 보충은 ↑ Protein balance /day

Effects of CHO on Glycogen Metabolism

- Resistance 훈련 후에 글리코겐 30~40% 감소
- Ex 후에 CHO이 공급되지 않으면 글리코겐의 합성은 slow
- Ex 후 CHO를 공급하면 (water대비) 글리코겐의 합성이 크게 증가
- CHO와 함께 단백질과 지방을 공급해도 글리코겐 합성을 방해하지는 않음

⇒ Resistance Ex 전후에 CHO 제공하면 Ex 동안의 글리코겐 소모가 적고, ↑ Weight lifting performance

Nutritional Impact on the Acute Response to Resistance Exercise

Effects of HORMONE on Muscle Tissue Adaptation

- Anabolic process
- Muscle size, strength, power 를 최대화하는데 필요
- Protein-CHO Suppl/Res Ex 전후
→ ↑ Insulin, GH, GLU, IgF-1 (nonCaloric placebo), But ↓ testosterone
- Anabolic Hormone 증가하나 Testosterone 감소 (이유와 결과?)

Effect of Dietary Supplement

- 항산화제 (1200IU/d Vit E 보충 3 주) → ↓ 지방산 산화와 세포막 damage (muscle soreness 와 관계)
- Carnitine Suppl (2g/d, 3주) → ↓ Muscle damage → Recovery 도움
- Creatine Suppl (5~7d) → ↑ Muscle Creatine, LBM, Weight lifting 능력

Nutritional Impact on the Chronic Adaptation to Resistance Exercise

Effects of Protein and CHO

- LBM 증가를 위한 기본 요건: 적절한 에너지 공급
- Whey protein (1.2g/kg) 보충 (+ 일상식) → ↑ LBM (6 wks resistance training 후)
- Protein + CHO or CHO (에너지가 같음) → ↑ LBM (8 wks resistance training 후)

⇒ 적절한 에너지와 단백질은 Resistance training 기간 동안의 anabolism 에 필요 (CHO or 단백질 모두가 이러한 효과를 가짐)

- 에너지가 다소 부족되는 경우엔 고단백 식사가 LBM and strength에 기여
- AA Suppl (BCAA 0.4g/kg, 4weeks Res training): AA 가 강도 높은 Resistance training 효과

Timing of PROTEIN?

- Protein-CHO suppl 연구 (10g protein, 7g CHO, 12 weeks):
훈련 바로 직후 및 2시간 후에 섭취한 것 비교 ⇒ 운동 직후 바로 섭취한 경우 LBM 증가가 유의적으로 있음 : 섭취량보다 섭취하는 시간의 중요! for Chronic Adaptations to Training

Nutritional Impact on the Chronic Adaptation to Resistance Exercise

Effects of Dietary Supplements

- Creatine Suppl: ↑ LBM & muscle strength
- Mechanism?: ↑ LBM, protein metabolism, myosin heavy chain mRNA & protein expression, myogenic transcription factors, satellite cell mitotic activity, protein synthesis, cellular swelling etc.
- 기타 식이 보충제 (CLA, b-hydroxy b-methylbutyrate, glutamine, chromium, vanadyl sulfate, pyruvate etc) ?
→ muscle size와 strength 에 미치는 영향은 not clear : 이론적 근거는 있지만 resistance training에 따른 human study 결과는 not significant

Exercise and Functional Foods

Table 1: Exercise and functional foods.

Physiological functions	A	B	C
Replenishment of water	Isotonic drinks	Hypotonic drinks	
Improvement of endurance	High-carbohydrate Citric acid	Glycerol Arginine Caffeine Carnitine Glutamine	Capsaicine
Enhancement of muscle strength	Protein BCAA Creatine β-HMB		Arginine
Prevention of muscle/joint injuries or fatigue	High-carbohydrate Citric acid	Vitamins C and E Carotenoids, Flavonoids Carnosine, Anserine	Glucosamine Chondroitin
Prevention of a decrease in immunocompetence	Carbohydrate	Vitamins C and E Glutamine	

A: The factors in this group has been shown adequate scientific evidence.
B: The factors in this group has been shown suggestive evidence.
C: The factors in this group has been shown no evidence while possible to effective.

Nutritional Impact on the Chronic Adaptation to Resistance Exercise

Nutrition Role on Acute or Chronic Adaptation to Resistance Training

⇒ STILL MANY QUESTIONS

- OPTIMAL QUANTITY? QUALITY? TIMING?

With Resistance Ex

- ACUTE RESPONSE: AA + INSULIN → ADDITIVE, 운동 직전 ANABOLIC RESPONSE 극대화
⇒ EX 전 후 (EX 바로 직전과 직후)에 PROTEIN + CHO → HORMONE → ↑RECOVERY

- CHRONIC ADAPTATION: LESS CLEAR

⇒ PROTEIN-CHO → ↑ LBM

⇒ CREATINE → ↑ MUSCLE SIZE & STRENGTH

- 가장 중요한 요인: TIMING

Timing of Amino Acid/Protein Intake following Resistance Exercise

- Positive Protein balance = Anabolic state (Protein 합성 > 분해)

- Resistance Ex 1회 후 AA infusion

→ positive protein balance than AA infusion alone

- How much AA?: 6g EAA, + 35g sucrose (added benefit 관찰)

- Resistance Ex 1 or 3hr 후의 AA infusion 효과 비슷

- Resistance Ex 직전의 AA infusion → Protein balance에 대한 효과 증대 (Resistance Ex 직후 공급한 것과 대비): Muscle Blood Flow와 AA 수송 증가

⇒ 연구결과 종합: AA Protein 합성 증가 → 장기적으로 근육 량 증가??

⇒ Resistance Ex 하는 경우 훈련 직전이나 직후에 AA/Protein를 섭취하면 장기적으로 Muscle Hypertrophy를 유도할 수 있을 것으로 보임

- AA or CHO, or both 를 Resistance Ex 직후 제공했을 때 모든 경우에 anabolism 증가되었고 AA& CHO는 additive effect 를 가짐

⇒ Resistance Ex 직전 또는 직후에 AA + CHO를 섭취

→ Positive protein balance & muscle anabolism BUT, Long term Muscle Hypertrophy에 기여할 수 있는지는 잘 모름

Macronutrient for Sport of Bodybuilding

Bodybuilding: APPEARANCE rather than PERFORMANCE

- INCREASED MUSCLE SIZE & DEFINITION

- For off season, ↑ muscle mass

- positive energy balance
- extra energy for muscle anabolism
- adequate protein (amino acids for protein synthesis)

- 시험 전 6-12 weeks, 근육 양 유지 & 체 지방 감소 필요

- 근육 양 유지
- negative energy balance로 body fat 산화 필요
- 적절한 단백질 섭취로 muscle mass 유지 필수

- 에너지 restriction 시기 동안 상대적으로 고단백 (~30% of E) 식사가 저 단백질 (~15% of E) 식사보다 체지방 조직의 감소를 감소시킴

- 고 단백질 섭취는 상대적으로 Thermic effect 가 커서 체 지방 감소효과

- 평상시의 적절한 양의 탄수화물 (~55-60% of E)은 훈련의 강도를 유지하는데 도움

- 적절한 양의 지방 유지 (15-20% of E): 저지방식은 testosterone을 저하

Efficacy of Positive Energy Balance on Resistance Exercise-Induced Gains in Muscle Mass

- ↑ Energy Intake → Resistance 훈련 시 체중의 유지와 근육의 증가에 필요

- 노인 (61-72yr) Resistance 훈련 동안 560kcal, 24g protein 을 추가로 공급

→ 일반식사만 섭취한 사람들에 비해 근육량 현저히 증가

Macronutrient Composition for Optimal Muscle Mass Accretion

Protein

- 근육: PROTEIN + 물

- 근육 합을 늘리기 위해서는 적절한 단백질 섭취 필요

- ↑ Resistance Ex 강도 → ↑ PROTEIN 합성 & 분해속도 (↑ turnover)

- 12 biceps resistance Ex set → 근육 단백질 합성 50% 증가 (4hr), 109% (24hr)

- Strength training → Improve Nitrogen balance (단백질 섭취와 무관) → 단백질 필요량 감소

- 12주 동안의 Resistance 훈련(0.8g protein/kg/d 대비) 1.6g/kg/d의 단백질이 positive nitrogen balance 에 그 이상의 영향을 주지는 못함

⇒ Resistance 훈련 → ↑ amino acid 이용 효율 증가 ⇒ anabolism 을 위한 단백질의 요구량은 일반인과 비슷

- Testosterone or other anabolic steroids ↓ nitrogen balance에 필요한 단백질 요구량 (↑ amino acids 재 이용률)

⇒ but, 단백질의 thermic effect를 고려할 때 25-30% 권장 (>0.8 g protein/kg/d)

Macronutrient Composition for Optimal Muscle Mass Accretion

CHO

- Body builder를 위한 최적 CHO는 아직 명확하지 않음

- 글리코겐이 Resistance Ex 고강도 운동 시 주요 에너지원

→ body builder 에 있어서도 중요

(근육의 글리코겐 함량이 낮으면 Resistance Ex 포함 고강도 훈련이나 시험의 성과 방해 가능)

- 강도 높은 운동으로 인한 근육의 손상 발생

→ 글리코겐의 저장 능력 저하 (insulin stimulated GLU transport 저하) &

→ 글리코겐 합성에 필요한 CHO 필요량이 증가

for Body Builder,

⇒ 최적의 글리코겐 수준을 위해서는 5-6g CHO/kg/d 또는 55 ~ 60%

Macronutrient Composition for Optimal Muscle Mass Accretion

Fat

- High Fat 가 high CHO에 비해 강도가 높은 운동 능력에 장해를 주는 것으로 보여 지지만,
⇒ 근육 양에 미치는 지방의 효과에 대해서는 알려진 바가 별로 없음
- 단, 저지방식사 또는 포화지방산을 불포화지방산으로 대체하면
→ 혈청의 테스토스테론 감소
(20% fat vs 40% fat, ↑ P/S → ↓ 15% total testosterone)
- 테스토스테론의 근육 양에 대한 영향이 확실하진 않지만,
지방 (또는 SAFA)과 심순환기 질환의 연관성 고려
⇒ 적정량의 지방 수준으로 15~20% 제한

Optimal Macronutrient Composition for Fat Loss and Muscle Mass maintenance

- 6~12 weeks 정도의 Pre-contest기간:
- 체 지방을 최대한 감소시키면서 근육의 손실은 최소화
- Negative energy balance를 위한 에너지 제한 (hypoenergetic diet)
- 유산소 운동으로 에너지 소모량을 증가시킬 경우 근육량도 감소될 가능성이 있음
- 앳킨스 다이어트와 같이 고 단백질 (27%), 고지방 (68% fat)식사:
- 일반식사보다 지방의 감소 기대
- 고단백식이는 단백질대사에 소모되는 에너지 증가- Resting EE가 단백질의 섭취와 함께 증가
- 여러 연구에서 high protein (35~30%)이 필수록
fat-free mass loss 보다 fat loss의 비가 큼 (모든 연구 결과의 일치여 아님)
- 열량이 같아도 composition 이 달라지면 에너지 소모량이 달라질 수 있음
- 단백질을 15에서 30% 로 증가, 지방을 40에서 25% 로 하면 과외로 소모되는 에너지 81kcal/d (29565kcal/yr 3500kcal 가 0.455kg fat 일 때 1년에 3.8kg 감소가능)

Optimal Macronutrient Composition for Fat Loss and Muscle Mass maintenance

- Moderate protein (0.8g/kg/d) + 70% CHO + 13% fat vs
High protein (1.6g/kg/d) + 50% CHO (15% fat) in hypoenergetic diet 비교
⇒ High Pro/ModerateCHO 는 positive nitrogen balance
그러나 muscle endurance는 감소
(high protein diet 가 nitrogen retention에는 도움을 주나 글리코겐 저장에 영향?)
에너지 제한이 크면 체중감소도 함께 나타남
- 에너지 섭취가 적어지면 반대로 단백질의 필요량은 증가 (AA 산화로 인해)
⇒ 따라서 more moderate energy restriction 이 필요:
⇒ 50% CHO, 30% Protein ⇒ Adequate CHO 제공 to maintain muscular endurance & adequate protein to maintain nitrogen balance

Optimal Post-Exercise Nutrition to Maximize the Rate of Muscle Glycogen Repletion

- Ex 직후 CHO 제공 → 2시간 후에 비해 근육의 글리코겐의 재합성 76% 증가
- 또 다른 연구에서는 CHO 섭취에 있어 직후와 2시간 후에 차이가 없었음
- 최근의 연구에 의하면 매 30분 간격으로 CHO (1.2g CHO/kg/hr) 섭취하면 0.8g/kg/hr 보다 글리코겐의 합성 속도가 유의적으로 증가
- Type of CHO?
High glycemic-index vs Low glycemic-index CHO 보다 글리코겐의 합성률이 48%높음
- CHO with/without Protein? : 차이가 별로 없음
⇒ Ex 후 4시간 동안 30분 간격으로 1.2g CHO/kg/hr (with High GI food)
To maximize the rate of glycogen re-synthesis after Ex

Recommendation for Pre-and Post-Training Session Nutrition

- Pre-Ex CHO → ↑ Performance during Resistance Ex,
↑ Protein 합성, (Protein 분해 감소)
⇒ 1g/kg high glycemic index CHO Resistance Ex 전 15min
+ Resistance Ex 전 6g AA/protein 섭취 for muscle protein synthesis
- Post-Ex CHO ⇒ post Ex 직후엔 6g AA/protein + 1.2g high glycemic index CHO for 4hr to stimulate protein synthesis, reduce proteolysis, maxi stimulate muscle glycogen re-synthesis
- ⇒ To add Muscle Mass, require Positive Energy Balance, Moderate - to High CHO intake to fuel Resistance Ex sessions, Protein 25~30% of E, Fat 15~20%

Macronutrient for Sport of Bodybuilding

- 훈련 직전과 직후
Protein/amino acids + CHO 섭취
⇒ PROTEIN 합성과 근육의 글리코겐의 재합성 및 PROTEIN 의 분해 저하에 기여
- 훈련 직후에 권장하는 CHO: 1.2g/kg/hr, 30min interval for 4hrs with high glycemic effect
- In summary:
MUSCLE INCREASE:
55~60% CHO, 25~30% PROTEIN, 15~20% FAT (off season and pre-contest)
- Off- season, Slightly HYPERENERGETIC (~15% INCREASE ENERGY INTAKE) + HIGH INTENSITY RESISTANCE TRAINING
pre-contest, HYPOENERGETIC (~15% DECREASE ENERGY INTAKE)
- FAT을 감소시키기 위해서는 Aerobic Ex & Energy Restriction
(NOT HIGH-REPETITION, HIGH SET, BRIEF REST-PERIOD RESISTANCE TRAINING)

Pre- and Post Ex Macronutrient Intake for Optimal Protein Synthesis, Muscle Glycogen Synthesis, and Inhibition of Muscle Proteolysis

	Pre-Ex (15 min before)	Immediately post-Ex	2 hr Post-Ex
AA/Protein	> 6g of EAA	> 6g of EAA	Unknown
CHO	1 g/kg	1.2 g/kg High glycemic-index	1.2 g/kg High glycemic-index

Table 2

Example of protein intake necessary to increase muscle protein by 5 kg over 1 year in an 80kg male athlete

All calculations assume

Muscle content = 75% water and 25% protein

Only 1.25 kg of 5 kg increase in LBM is derived from protein

Calculation 1—Required protein intake (assuming all ingested protein enters the muscle)

1.25 kg protein = 1250 g

$1250 \text{ g} / 80 \text{ kg} / 365 \text{ d} = 0.04 \text{ g/kg/BW/d}$

$0.04 \text{ g/kg/d} \times 80 \text{ kg} = 3.2 \text{ g protein/d}$

3.6 g protein = ~100 mL skim milk

Calculation 2—Required protein intake (assuming 25% of ingested protein enters the muscle)

$0.04 \text{ g/kg/d} \times 4 = 0.16 \text{ g/kg/d}$

$0.16 \text{ g/kg/d} \times 80 \text{ kg} = 12.8 \text{ g protein/d}$

14.4 g protein = ~400 mL skim milk

Abbreviations: BW, body mass; LBM, lean body mass.

Dietary Advice for Athletes – 에너지 영양소

Energy

- 체격, 체 구성, 훈련과 운동의 종류에 따라 결정
 - 1700kcal-4000kcal: 6 meals/day
- 식품 섭취량 조사, 체 지방 측정, 체중의 변화

CHO

- 5g/kg 체중
 - 6-10g/kg (유산소 운동 훈련 & 지구력운동)
 - 상종 경기나 마라톤: 500-600g CHO (만성피로 예방, 간과 근육의 글리코겐로딩)
 - 하루에 여러 번의 훈련 또는 며칠간의 강도 높은 훈련 시 특별히 중요
 - 탄수화물부족은 수분과 전해질 고갈 다음으로 피로의 주 원인
- High CHO
 - 훈련 마지막 날엔 식이 섬유소 섭취 조절 (↓ bloating & intestinal gas)
- 일반적인 권장 양: CHO 60% of E 이상 (하루에 4-5000 kcal 를 섭취하거나 500-600g CHO 이상을 섭취하는 경우엔 50% 도 OK)

FAT

Dietary Advice for Athletes – 단백질

Protein

- 1.2-1.4 g protein/kg BW (일반인 0.8 g protein/kg BW)
- Endurance sports: 상대적으로 다소 높은 양의 단백질 (1.4g/kg) 요구
 - 식사로 충분히 섭취 가능한 양
- Strength-training: 1.7-2 g protein/kg 권장하는 경우도 있지만
 - 과량의 단백질이 도움이 된다는 충분한 연구 결과는 없음
 - 과량의 단백질 공급은 에너지로 사용 가능한 아미노산을 제공하지만 근육 단백질 합성이 그 이상 증가가 있는 것은 아님
 - Strength 훈련 시 사용되는 에너지원은 지방과 탄수화물
 - 단백질 보충은 Strength-training에 의한 새로운 조직의 합성에 필요한 것이거나
 - 기대한 양의 근육증가가 이루어진 경우에 두 배 이상의 단백질이 필요한 것은 아님
 - 에너지 섭취가 극히 부족하거나 채식주의자인 경우에는 단백질 섭취에 대한 평가 후 단백질 섭취에 대한 검토 (high protein products)가 필요함
 - 과량의 단백질은
 - ↑ Urinary Ca. 소변, (dehydration 가능성 증가), 결석 생성 가능성

Dietary Advice for Athletes – 비타민과 무기질

Vitamin & Mineral

- 일반 성인과 비슷하거나 다소 높게 섭취
 - 대부분의 경우 운동선수는 섭취에너지와 함께 충분한 비타민과 무기질을 섭취
- 자체중 유지를 위한 자열량 식사 (1200kcal 이하)를 하는 경우: 복합비타민, 무기질제 보충 필요
- 충분한 양의 항산화비타민 권장 (Vit C, Vit E 200mg/d)
 - Ex performance 보다 Ex 에 의한 muscle damage 에 대한 보호 목적
 - 증거는 불충분, 대부분의 보충제는 상한치 유지 권장 (철분 제외)

Fe

- 운동 (훈련)으로 RBC가 증가 및 혈장량의 증가로 RBC의 상대적인 농도 감소
- 적혈구 생성으로 인한 철분의 소모 증가, 땀, 소변, GI에 의한 철분 소모 보충 필요
- 철분이 보충되지 못하면 철결핍성 빈혈과 지구력 저하
- 철분 영양에 주의 필요 (특히 여성 운동 선수)

Ca

- 여성 운동 선수, 체중 감소를 목적으로 유제품을 적게 섭취하는 경우
 - 월경 불순, 척추 뼈 밀도 감소, 골다공증 위험도 증가 (운동의 긍정적인 효과 상실)

Dietary Advice for Athletes – 수분

수분

- 일반적인 수분 필요량: 1ml/kcal 또는 8컵
- 운동 선수는 필요량 증가 (체온의 유지와 keep cool)
 - 근육 수축으로 인한 열 발생 15-20배 증가 (resting 상태 대비)
 - 효과적으로 빠르게 제거되지 못하면,
 - Heat exhaustion, Heat cramps, Heat stroke 발생 가능
- Water 손실
 - 체중의 3% 이상 → 탈수로 인한 체온이 증가 초래 → 지구력, 힘, performance 감소 (더운 날, football 선수들의 운동복 착용은 30분 만에 2% 체중 감소, 마라톤 경기 6-10% 감소)
- 운동 중에도 수분의 공급은 매우 중요
 - 3% 이상의 체중 감소 방지
- 목마른 것으로 만으로 수분의 섭취 필요성을 판단하면 안됨

Dietary Advice for Athletes – 수분

운동 시합 전후의 수분 섭취

- 운동 중에도 수분의 공급은 매우 중요
- 3% 이상의 체중 감소 방지: 사전에 체중의 2-3%가 얼마인지를 알아 두어야 함

- 시합 전 24시간 동안 충분한 수분 섭취
- 물, 농도가 낮은 과일 주스, 스포츠드링크 등 자유롭게

- 운동 전 2-3시간: 400-600ml 섭취
- 적절한 hydration과 과량의 수분에 대한 배설 가능

- 30분 이상 소요되는 운동 - 목마를 때까지 기다리면 안됨
- 운동 시작부터 매 15-20분 간 150-350ml 섭취
- 1시간 내에 1L를 섭취하게 되면 불편함 초래
- 더운 날에는 찬 음료 선호

- 운동 후: 체중 ½ kg 손실 시 마다 3컵 (750ml) 권장

Sports Drink?

스포츠드링크 (CHO-electrolyte drink)

- 1시간 이내의 운동으로 체중 감소가 3kg 이내인 경우
- 땀으로 손실된 수분의 보충이 최 우선
- CHO 또는 전해질의 감소는 크게 문제가 되지 않음

- 1시간 이상의 운동
- 전해질과 CHO 공급이 중요
- Hydration, 전해질의 공급은 포도당의 흡수와 에너지 공급에 기여

- 스포츠드링크
- 맛이 있어서 물보다 섭취가 쉽고 CHO를 쉽게 공급해 줄 수 있음
- 운동 끝에 CHO를 제공하는 것보다 Ex 동안에 CHO를 공급하는 것이 Endurance 운동 performance에 더 효과적

- CHO gel/energy bars
- 스포츠드링크에 준하는 양 (15분에 200ml 정도≈13g CHO, 1시간에 52g) 섭취
- 동시에 FLUID 섭취도 반드시 필요

- 알코올이나 카페인: dehydrating effect가 있으므로 운동시 수분을 공급할 목적으로는 섭취금지

Meals before Endurance Exercise

- 지구력 운동 전 2-4 시간 전
- 가벼운 식사 (1000kcal): 배고픔 예방과 간과 근육의 글리코겐 저장 증가

- 시합 충분한 시간 전
- 더 큰 식사 가능 (소화하기에 충분한 시간)

- Pre-event meal
- 주로 CHO (≈200g), 식이 섬유소가 적고 적당량의 단백질 포함, 1-2 시간 전에 수분과 함께 제공 (rapid stomach emptying)
- CHO 중심의 식사: 소화, 흡수가 용이, 혈당량 유지, 글리코겐 저장에 도움
- Glycemic index 고려: Endurance 운동의 경우엔 low GI food를 섭취
- 일정량의 포도당의 공급 → low insulin level 유지 → 지방산 사용 촉진
- (모든 연구 결과가 동일한 것은 아니나, low GI foods를 섭취에 따른 해가 별로 없음)

Meals during Recovery from Prolonged Exercise

- 장시간의 endurance Ex 후
- 운동 직후 바로 고 탄수화물 섭취: glycogen reloading 효과
- 2시간 내에 CHO-rich foods (1-1.5g/kg body wt) 섭취
- 글리코겐 합성 최대, 근육의 insulin sensitivity 증가
- 2시간 간격으로 반복
- 사탕이나 설탕이 든 음료, 과일, 과일 음료 등
- High glycemic index foods: 글리코겐 합성에 기여 + 단백질 (CHO:Protein=3:1)
- 70kg의 운동선수: 70g CHO, 25g Protein 매 2 시간 간격으로 섭취

⇒ 적절한 양의 CHO,
운동 직후에 바로 섭취
high GI food 선택,
CHO + Protein + 수분과 전해질 섭취도 필수

CHO loading

- CHO 로딩이 필요한 운동: 60-90 min 이상의 지속적이며 강한 운동을 하는 경우
- 근육의 글리코겐을 최대화
- 마라톤, 장거리 수영, 크로스컨트리 스키, 30km 달리기, 삼중 경기, 농구토너먼트 vs (10km 이하의 달리기, 걷기, 하이킹, 대부분의 수영, 육상, 농구 1게임, weight-lifting)

- 운동의 강도와 기간은 줄이면서, 탄수화물의 섭취는 증가
- 초기의 CHO 450g (45-50% energy) → 600g (50-85%)
- 단점 가능성: CHO와 함께 Water 보유 증가 (hydration에 도움을 주기도 하지만, 어떤 경우엔 체중의 증가, muscle stiffness 유발)
- Ex 동안의 CHO 섭취도 CHO loading과 비슷한 효과 제공

Days before competition	6	5	4	3	2	1
Ex time (min)	60	40	40	20	20	Rest
CHO (g)	450	450	450	600	600	600