



#### NOTE SULL'AUTORE

**Dott. Diego Campaci**, laureato in Scienze e tecnologie del fitness ed in biologia della nutrizione, docente NonSoloFitness. [diego.campaci@gmail.com](mailto:diego.campaci@gmail.com)



# IL RUOLO DELLE PROTEINE NELL'IPERTROFIA MUSCOLARE

*di Diego Campaci*

Le proteine sono costituenti fondamentali degli organismi viventi poiché rappresentano oltre il 50% dei componenti organici dell'organismo umano e circa il 14-18% del peso corporeo totale.

Le loro funzioni sono diverse: funzione plastica; funzione di regolazione e controllo di attività chimiche (enzimi, ormoni, recettori di membrana, ecc.), funzione di difesa dell'organismo (anticorpi), funzione meccanica, funzione energetica (gluconeogenesi).

Le proteine sono polimeri lineari di aminoacidi, legati tra loro con legame peptidico.

In natura esistono più di 300 aminoacidi, ma soltanto 20 di questi sono incorporati nelle proteine dei mammiferi poiché sono gli unici codificati dal DNA.

Di questi 20 aminoacidi, 8 sono definiti essenziali per l'essere umano adulto (10 per i bambini), in quanto non possono essere sintetizzati dall'uomo e devono, pertanto, essere introdotti con la dieta.



Amminoacidi essenziali	Amminoacidi non essenziali
<b>Valina</b>	<b>Istidina (essenziale nei bambini)</b>
<b>Leucina</b>	<b>Arginina (essenziale nei bambini)</b>
<b>Isoleucina</b>	<b>Glicina</b>
<b>Metionina</b>	<b>Alanina</b>
<b>Lisina</b>	<b>Serina</b>
<b>Fenilalanina</b>	<b>Acido aspartico (e asparagina)</b>
<b>Treonina</b>	<b>Acido glutammico (e glutamina)</b>
<b>Triptofano</b>	<b>Prolina</b>
	<b>Idrossiprolina</b>
	<b>Cisteina</b>

Tabella 1: Amminoacidi essenziali e non essenziali

Per un adulto sano la quantità di proteine consigliata è di circa 0,8-1 g/kg di peso corporeo al giorno, che corrispondono a circa il 10-15% dell'apporto energetico totale.

In questa breve disamina approfondiremo il ruolo delle proteine ed il loro fabbisogno nello sportivo praticante sport di forza o che abbia come obiettivo l'ipertrofia muscolare.

**ESERCIZIO CONTRO RESISTENZA E BILANCIO PROTEICO**

L'esercizio fisico contro resistenza e l'assunzione proteica sono due elementi fondamentali per indurre un bilancio proteico positivo.

Una singola seduta di esercizio fisico contro resistenza induce un incremento sia del catabolismo proteico, sia della sintesi proteica ma in assenza di assunzione proteica, lo stimolo catabolico è maggiore dello stimolo proteosintetico, portando quindi ad un bilancio proteico negativo (maggiore catabolismo rispetto alla sintesi).

L'ingestione di proteine contenenti un sufficiente quantitativo di amminoacidi essenziali in prossimità dell'allenamento, incrementa la sintesi proteica ed attenua il catabolismo indotti dall'esercizio. (Vedi figura 2)

Da quanto detto si può capire come, solo avendo entrambi i fattori associati, esercizio contro resistenza e introito proteico adeguato, ci si possa aspettare un bilancio proteico positivo con conseguente incremento dell'ipertrofia muscolare.<sup>1,2,3,4</sup>

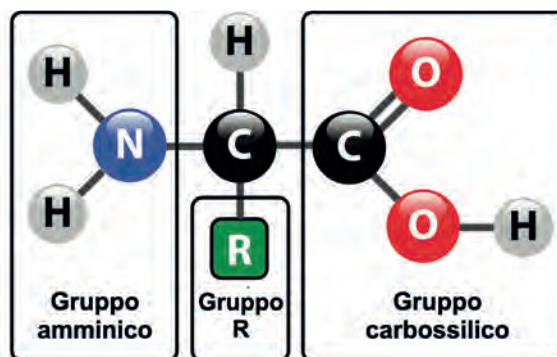
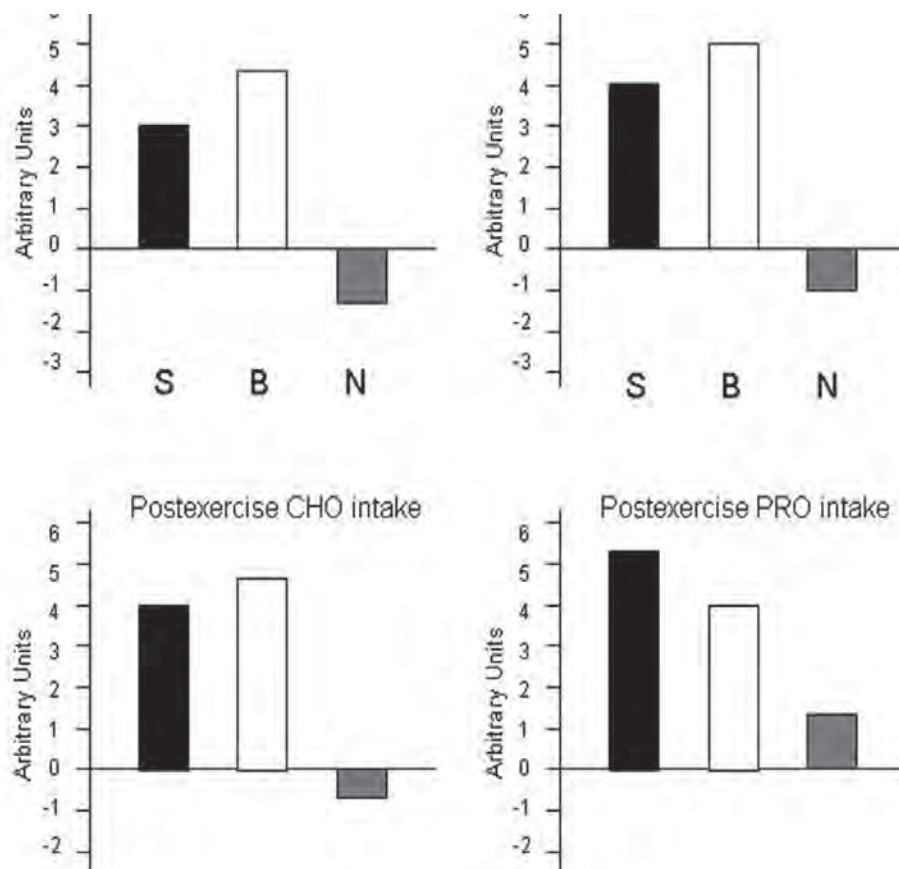


Figura 1: Struttura di un amminoacido

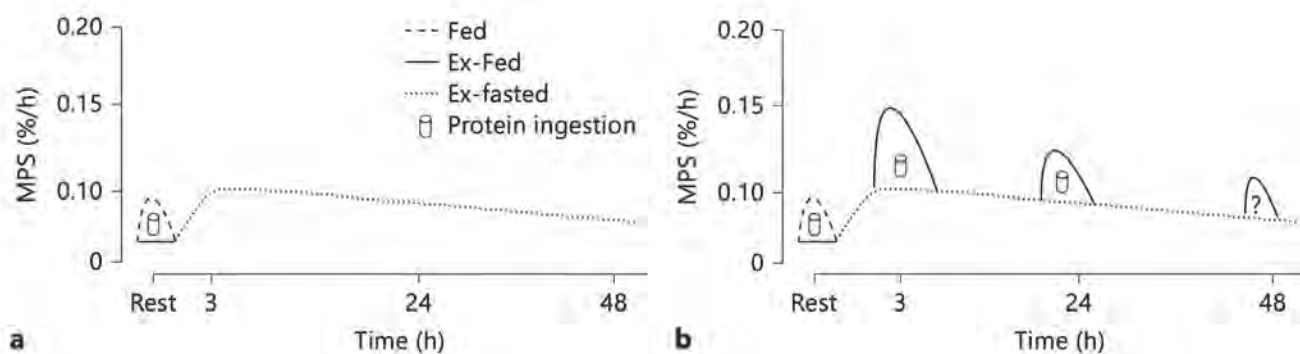
È importante sottolineare che tale variazione del bilancio proteico nel periodo post-allenamento è predittiva, almeno qualitativamente, dell'adattamento cronico all'intervento di allenamento e nutrizione.<sup>3</sup>

Di ancora maggior importanza il fatto che l'incremento sulla sintesi proteica indotto dall'esercizio con i sovraccarichi, anche in assenza di nutrizione, dura fino a 48 ore, suggerendo che l'alimentazione in qualsiasi momento durante questa "finestra di opportunità anabolica" dovrebbe stimolare una maggiore risposta sintetica delle proteine muscolari rispetto all'alimentazione a riposo.<sup>5</sup> (Vedi Figura 3).

Quando si parla di nutrizione proteica occorre considerare alcuni fattori, come la fonte proteica, la quantità di proteine introdotte, il timing di assunzione, la presenza concomitante di carboidrati, lo stato di allenamento dei soggetti.



**Figura 2:** Sintesi proteica muscolare (S), catabolismo (B) e bilancio netto (N) nella condizione di riposo, post-esercizio a digiuno, post-esercizio con introduzione di carboidrati, post-esercizio con introduzione di proteine.<sup>4</sup>



**Figura 3:** Risposta della sintesi proteica muscolare all'alimentazione proteica a riposo e all'esercizio contro resistenza a digiuno (a) e all'alimentazione proteica per 48 ore dopo l'esercizio contro resistenza (b). L'esercizio contro resistenza potenzia la risposta anabolica all'iperamminoacidemia derivante dall'ingestione di proteine per almeno 24 e fino a 48 ore post esercizio.

### STATO DI ALLENAMENTO

Il livello di allenamento influenza l'entità e la durata dello stimolo proteosintetico indotto dall'esercizio. Nel soggetto allenato si evidenziano una maggiore stimolazione rapida della sintesi proteica post esercizio che ritorna, però, ai livelli basali più rapidamente (entro 28 ore).<sup>7</sup> (Vedi figura 4)

Questi dati indicano che l'alimentazione, nelle 24 ore post-esercizio, è di fondamentale importanza nel soggetto allenato, in quanto può migliorare i tempi di consegna degli aminoacidi al muscolo in un momento in cui la segnalazione cellulare coinvolta nell'avvio della sintesi proteica è più sensibile.<sup>8,9</sup>



**QUANTITATIVO E TIPOLOGIA**

**DEGLI AMMINOACIDI** (Vedi figura 5)

È ormai chiaro che sono gli aminoacidi essenziali quelli necessari alla sintesi proteica e che la stimolazione è quantità-di-assunzione dipendente.<sup>3,10</sup>

Diversi studi<sup>3,11,12</sup> hanno analizzato l'effetto dose-risposta sulla sintesi proteica muscolare data dall'ingestione di quantitativi proteici diversi, nella finestra temporale post allenamento, ovvero quando la risposta è massima.

Moore<sup>11</sup>, in una recente revisione della letteratura, ha riportato che in giovani adulti, nell'immediato post-esercizio, l'effetto dose-risposta ha un andamento a due fasi: per dosaggi di proteine introdotte da 0 a 0,31g/kg di peso corporeo, si ha un incremento lineare della sintesi proteica in risposta ad una maggiore assunzione proteica; per dosaggi maggiori, invece, non si ha un ulteriore incremento della sintesi proteica, ma una maggiore ossidazione degli aminoacidi (che si riflette in una maggior escrezione urinaria di azoto).

**FONTE PROTEICA**

Una serie di studi<sup>13,14</sup> ha identificato la digeribilità delle proteine come una variabile indipendente che modula il metabolismo delle proteine.

I risultati di questi lavori suggeriscono che le proteine che vengono digerite rapidamente, come il siero di latte e la soia, provochino un'iperaminoacidemia maggiore in acuto stimolando, di conseguenza, un aumento della sintesi proteica in tutto il corpo. Al contrario, proteine digerite lentamente, come caseina o latte intero (rapporto tra contenuto di caseina e contenuto di siero di 4:1) provocano una modesta iperaminoacidemia in acuto, ma più prolungata nel tempo, ed esercitano il loro effetto sul metabolismo proteico inibendo principalmente, in tutto il corpo, il catabolismo proteico.<sup>3</sup>

Per quanto riguarda il confronto tra assunzione di proteine del latte e della soia in seguito ad una seduta di allenamento con i sovraccarichi, uno studio di Hartman et al.<sup>15</sup> ha dimostrato che le proteine del latte promuovono maggiormente la sintesi di proteine muscolari rispetto alle proteine della soia.

In un ulteriore lavoro<sup>16,17</sup> è stata misurata la sintesi proteica in giovani maschi dopo il consumo di una specifica fonte proteica (siero del latte, caseine, soia). I risultati hanno dimostrato che le proteine del siero del latte hanno stimolato la sintesi proteica maggiormente rispetto alle caseine o alla soia, sia a riposo sia immediatamente dopo l'esercizio. (Vedi figura 6)

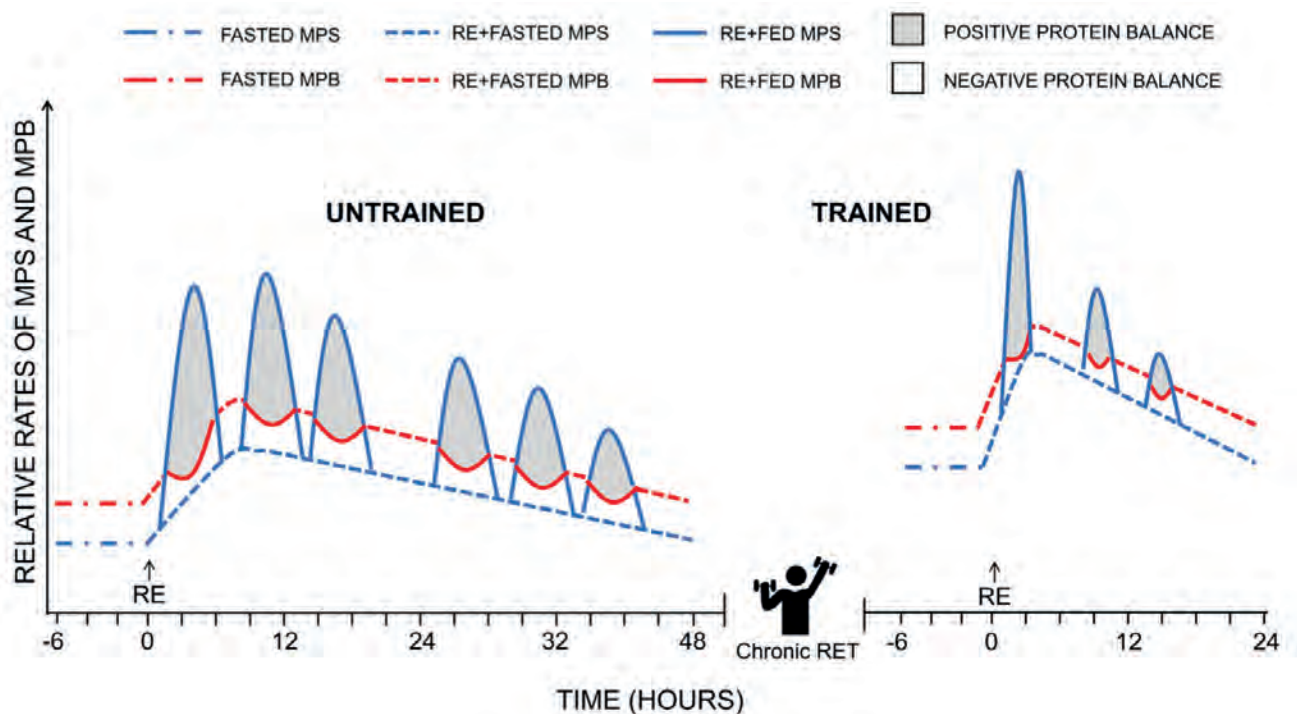


Figura 4: Andamento della sintesi proteica, in risposta all'esercizio e alla nutrizione, nelle ore post esercizio, nel soggetto allenato e non allenato.<sup>9</sup>

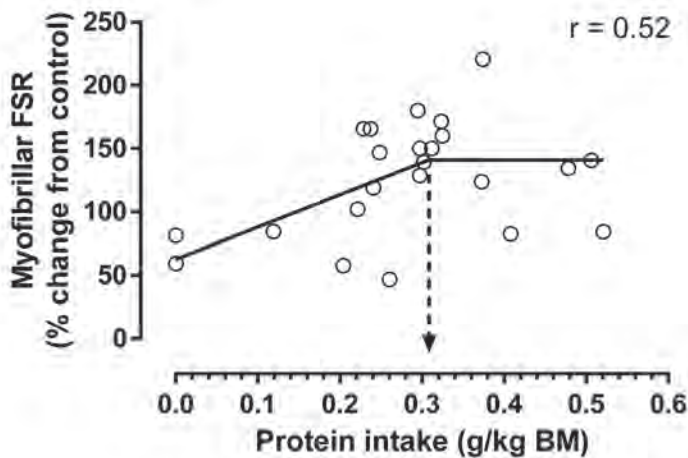


Figura 5: Variazione della sintesi proteica in risposta all'introito proteico.<sup>11</sup>

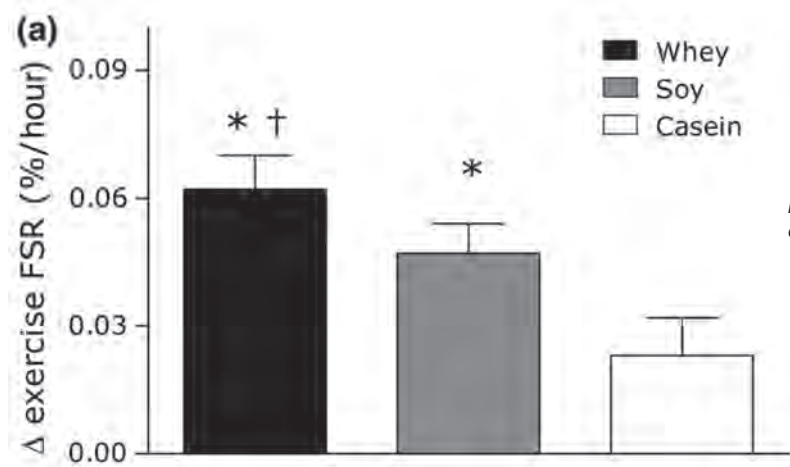


Figura 6: Effetti dell'assunzione di proteine del siero del latte, della soia e caseine, sulla sintesi proteica.<sup>17</sup>

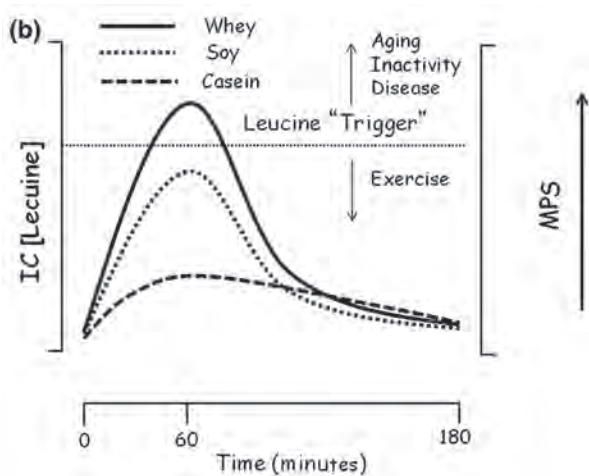


Figura 7: Leucinemia in risposta all'ingestione di proteine del siero del latte, caseine e proteine della soia.<sup>17</sup>

Tale maggior risultato dato dal siero del latte potrebbe essere determinato, secondo gli autori, dal maggior contenuto dell'aminoacido leucina e dal veloce assorbimento.

È stato infatti suggerito il concetto di "trigger della leucina"<sup>16,17</sup>, ovvero un minimo livello di leucinemia (la soglia trigger, appunto) che

deve essere raggiunto affinché la sintesi proteica sia massimamente stimolata. Tale trigger sarebbe più facilmente raggiunto con l'ingestione di proteine del siero del latte, rispetto alle altre fonti, per la loro maggiore velocità di assorbimento e per il loro elevato contenuto di leucina. (Vedi figura 7).

### TIMING DI ASSUNZIONE IN RELAZIONE ALL'ESERCIZIO FISICO

Il timing di assunzione di una fonte proteica rispetto al momento di allenamento è un'argomento dibattuto.

Per esempio, dai risultati di Tipton<sup>18</sup> non sembrano esserci differenze nella sintesi proteica in relazione al momento di assunzione delle proteine rispetto all'esercizio (pre o post), ed anche Rasmussen<sup>19</sup> non ha riscontrato differenze assumendo il pasto proteico 1 o 3 ore post esercizio.

Questi risultati sono, però, in contrasto con altri nei quali si afferma che, ad esempio, ritardare l'assunzione di proteine dopo l'esercizio fisico più di 2 ore, nei giovani provochi una riduzione dell'aumento della risposta ipertrofica rispetto al consumo immediato di proteine.<sup>20</sup>

Anche uno studio di Esmarck<sup>21</sup>, fatto su soggetti anziani, ha mostrato che ritardare la fornitura di proteine, carboidrati e grassi di 2 ore dopo l'esercizio fisico ha comportato un aumento della forza significativamente inferiore rispetto a chi li avesse assunti prima.

Attualmente si ritiene che un aumento della disponibilità di amminoacidi in stretta prossimità temporale rispetto all'esercizio (indicativamente da 2 ore prima a 2 ore dopo) sembri benefico, e possa anche essere necessario, soprattutto negli anziani, per supportare adattamenti muscolari indotti dall'allenamento con sovraccarichi.<sup>3</sup>

### APPORTO PROTEICO PER LO SPORTIVO DI FORZA

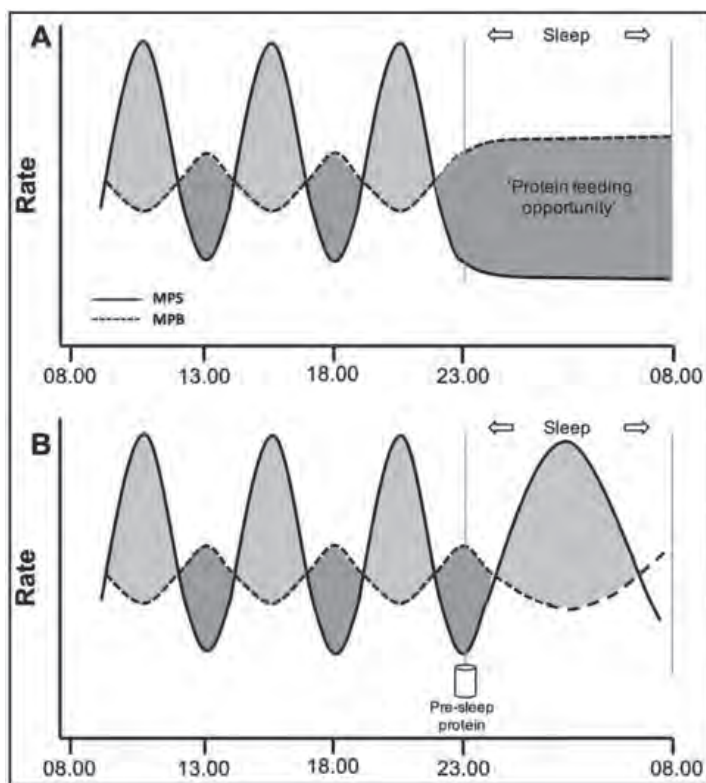
Da una revisione della letteratura sul corretto apporto proteico, per chi pratici sport di forza o per chi si allena per l'ipertrofia muscolare, si consiglia, un introito giornaliero che va da 1,3 a 2.0 g/kg di peso al giorno, suggerendo che chi è sottoposto a diete restrittive atte alla perdita di peso, possa anche incrementare il dosaggio con lo scopo di mantenere la massa muscolare.<sup>1</sup>

### PASTO PROTEICO PRE RIPOSO NOTTURNO

Anche l'idea di assumere un pasto proteico prima del riposo notturno, al fine di massimizzare l'ipertrofia muscolare, è stata a lungo oggetto di disputa. Una recente review della letteratura<sup>22</sup> sembra chiarire le cose.

Gli autori concludono, infatti, definendo l'ingestione di proteine pre-sonno un'efficace strategia dietetica per migliorare la sintesi proteica muscolare durante la notte, migliorando così la risposta adattativa del muscolo scheletrico all'allenamento fisico. (Vedi figura 8).





**Figura 8:** Rappresentazione schematica del processo di sintesi proteica muscolare (MPS) e proteine muscolari.<sup>22</sup>

Il sonno notturno è il più lungo periodo di post-assorbimento del giorno. L'assunzione di proteine prima di andare a letto stimola la sintesi proteica notturna, migliorando il recupero muscolare durante il sonno.<sup>22</sup>

#### Concludendo, possiamo riassumere che:

- l'ingestione di un adeguato apporto proteico giornaliero, in associazione all'esercizio con i sovraccarichi, è fondamentale per massimizzare la risposta ipertrofica;
- da quanto riportato in letteratura, l'introito proteico adeguato giornaliero per chi ricerchi la massima ipertrofia, si aggira tra 1,5 e 2 g/kg di peso corporeo, meglio se suddiviso in "dosi" che ne contengano un massimo di 0,31 g/kg di peso corporeo. Apporti superiori non indurrebbero una maggiore risposta ipertrofica, ma aumenterebbero l'ossidazione degli amminoacidi con conseguente maggior produzione di scorie azotate.
- Nel peri-esercizio (indicativamente il periodo che va da 2 ore prima a 2 ore dopo l'esercizio) l'assunzione di una quota proteica sembra massimizzare la risposta ipertrofica, in particolare se questa deriva da una fonte ad assorbimento rapido e con un elevato quantitativo di leucina, come ad esempio il siero del latte.
- Nel soggetto che ricerchi i massimi risultati potrebbe essere considerata anche l'opportunità del pasto proteico prima del riposo notturno.







## BIBLIOGRAFIA

1. Campbell, B., Kreider, R. B., Ziegenfuss, T., La Bounty, P., Roberts, M., Burke, D., ... & Antonio, J. (2007). International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 4(1), 8.
2. Joannis, S., Lim, C., McKendry, J., Mcleod, J. C., Stokes, T., & Phillips, S. M. (2020). Recent advances in understanding resistance exercise training-induced skeletal muscle hypertrophy in humans. *F1000Research*, 9.
3. Burd, N. A., Tang, J. E., Moore, D. R., & Phillips, S. M. (2009). Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. *Journal of applied physiology*, 106(5), 1692-1701.
4. Beelen, M., Burke, L. M., Gibala, M. J., & Van Loon, L. J. (2010). Nutritional strategies to promote postexercise recovery. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 20(6), 515-532.
5. Phillips, S. M., Tipton, K. D., Aarsland, A. S. L. E., Wolf, S. E., & Wolfe, R. R. (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *American journal of physiology-endocrinology and metabolism*, 273(1), E99-E107.
6. Tipton, K. D., & Phillips, S. M. (2013). Dietary protein for muscle hypertrophy. In *Limits of Human Endurance* (Vol. 76, pp. 73-84). Karger Publishers.
7. Tang, J. E., Perco, J. G., Moore, D. R., Wilkinson, S. B., & Phillips, S. M. (2008). Resistance training alters the response of fed state mixed muscle protein synthesis in young men. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 294(1), R172-R178.
8. Fujita, S., Dreyer, H. C., Drummond, M. J., Glynn, E. L., Cadenas, J. G., Yoshizawa, F., ... & Rasmussen, B. B. (2007). Nutrient signalling in the regulation of human muscle protein synthesis. *The Journal of physiology*, 582(2), 813-823.
9. Joannis, S., Lim, C., McKendry, J., Mcleod, J. C., Stokes, T., & Phillips, S. M. (2020). Recent advances in understanding resistance exercise training-induced skeletal muscle hypertrophy in humans. *F1000Research*, 9.
10. Børsheim, E., Tipton, K. D., Wolf, S. E., & Wolfe, R. R. (2002). Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 283(4), E648-E657.
11. Moore, D. R. (2019). Maximizing post-exercise anabolism: the case for relative protein intakes. *Frontiers in nutrition*, 6, 147.
12. Moore, D. R., Robinson, M. J., Fry, J. L., Tang, J. E., Glover, E. I., Wilkinson, S. B., ... & Phillips, S. M. (2009). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *The American journal of clinical nutrition*, 89(1), 161-168.
13. Boirie, Y., Dangin, M., Gachon, P., Vasson, M. P., Maubois, J. L., & Beaufrère, B. (1997). Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(26), 14930-14935.
14. Bos, C., Metges, C. C., Gaudichon, C., Petzke, K. J., Pueyo, M. E., Morens, C., ... & Tome, D. (2003). Postprandial kinetics of dietary amino acids are the main determinant of their metabolism after soy or milk protein ingestion in humans. *The Journal of nutrition*, 133(5), 1308-1315.
15. Hartman, J. W., Tang, J. E., Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., Lawrence, R. L., Fullerton, A. V., & Phillips, S. M. (2007). Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *The American journal of clinical nutrition*, 86(2), 373-381.
16. Tang, J. E., Moore, D. R., Kujbida, G. W., Tarnopolsky, M. A., & Phillips, S. M. (2009). Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *Journal of applied physiology*.
17. Phillips, S. M. (2014). A brief review of critical processes in exercise-induced muscular hypertrophy. *Sports Medicine*, 44(1), 71-77.
18. Tipton, K. D., Elliott, T. A., Cree, M. G., Aarsland, A. A., Sanford, A. P., & Wolfe, R. R. (2007). Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*.
19. Rasmussen, B. B., & Phillips, S. M. (2003). Contractile and nutritional regulation of human muscle growth. *Exercise and sport sciences reviews*, 31(3), 127-131.
20. Hartman, J. W., Tang, J. E., Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., Lawrence, R. L., Fullerton, A. V., & Phillips, S. M. (2007). Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *The American journal of clinical nutrition*, 86(2), 373-381.
21. Esmarck, B., Andersen, J. L., Olsen, S., Richter, E. A., Mizuno, M., & Kjær, M. (2001). Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *The Journal of physiology*, 535(1), 301-311.
22. Trommelen, J., & Van Loon, L. J. (2016). Pre-sleep protein ingestion to improve the skeletal muscle adaptive response to exercise training. *Nutrients*, 8(12), 763.