



乳清蛋白与机体组成

编辑: Cynthia Bertheau 注册营养师(RD), 持有专业证书之营养师(LD)

中西部乳品协会, 美国明尼苏达州

校对: Paul Cribb, B.H. Sc. HMS, B. Chem. Sci (Hons) CSCS

美国维多利亚大学Footscray校区

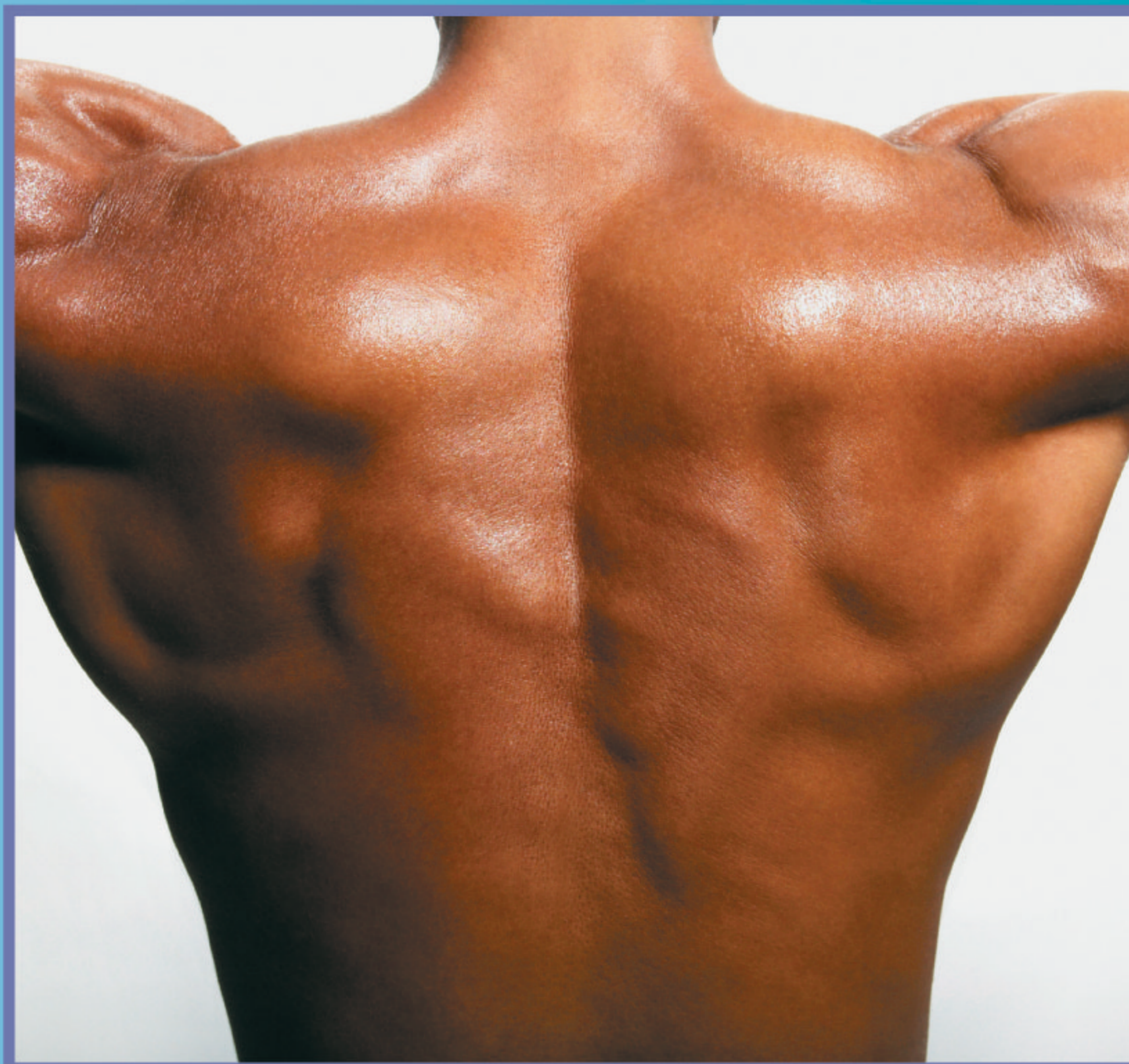
生物医学科学学院运动代谢组

最近的研究显示, 进行阻力训练运动时若配合摄取乳清蛋白, 对于帮助成人增强及维持有效肌肉量是一项安全而有效的策略, 并且也能在老化过程中维持健康。

维持肌肉量的重要性

机体组成是指人体脂肪与非脂肪部分(器官、骨骼及肌肉组织)的相对比例。不同于体重的是, 一个人的机体组成对于其健康及寿命有深刻的

影响⁷。随着年龄增长, 人们增加肥胖(脂肪堆积的比例)并流失非脂肪部分通常是以肌肉的形式流失⁸。目前的研究已经证实这些不受欢迎的机体组成变化, 对健康产生严重而长远的结果。



肌肉是结合与非结合态蛋白质(如氨基酸)的动态性贮存库,时常应身体的代谢需求而分解或合成³。肌肉也是代谢上的熔炉,燃烧脂肪以提供能量并驱动代谢进行⁹。代谢率简单说来,就是身体燃烧卡路里的速率;一个人的代谢最终决定了他的机体组成¹⁰。肌肉蛋白质所控制的分解与合成作用,会随着年龄的增长逐渐减弱²⁸。此外,身体利用脂肪做为燃料的能力也会逐渐降低。结果代谢率变慢,使得老年人更加容易流失肌肉并堆积脂肪¹¹。

然而目前研究指出,随老化出现的代谢率下降及机体脂肪堆积,其实是与肌肉量减少有关而非老化本身^{8,10}。当一个人在20岁时,肌肉在非脂肪部分中所占比例超过60%,然而当他70岁时,这个比例可能会下降到低于40%¹。当非脂肪部分减少而体脂肪含量持续地上升时,结果就产生了寿命缩短的风险¹¹。高含量的体脂肪(通常伴随着超重)直接关系到心脏病、中风、成人型糖尿病及其它可能缩短寿命的疾病¹²。

只要通过简单地采用维持或增加非脂肪部分(肌肉)的量的方式,老年人不但可以保护自己抵抗机体组成变化,还能避免许多往往伴随着老龄化出现的疾病^{7,10,12}。事实上,一些证据也显示伴随老化出现的基础代谢率下降及机体脂肪堆积现象,或许能借助维持肌肉量而消除¹⁰。努力地增强及(或)维持肌肉,不仅能获得较佳的机体组成(体脂肪少而非脂肪部分多),也增加了人生长寿而健康的机会^{11,12}。

机体组成与运动

一份评估老年人机体组成变化的研究指出,人在一生中的机体脂肪水平更多地受到其肌肉量多寡所影响,而非其身体健康状态⁸⁻¹¹。在过去十年中,人们普遍意识到运动乃是健康生活型态中一部份。

然而,一般的有氧运动例如散步、慢跑或骑脚踏车,虽然提供了燃烧卡路里及增进健康(心脏的效能)很好的途径,但这些活动并不能提供维持肌肉量所需的适当刺激¹³。

预防随身体老化发生的肌肉量降低,显然是一生中避免机体脂肪过度堆积的最重要决定因素⁸⁻¹¹。

相对于任何其它的运动,阻力训练运动(使用非负重设备)较能刺激肌肉的蛋白质的生成速率,以增进肌肉力量和肌肉量,最后使机体组成有所改善¹⁴。阻力训练对于改善机体组成(降低机体脂肪及增加非脂肪部分)的功效已经在许多人群中获得证实^{13,14}。激烈的阻力训练课程甚至可以使90岁、身体虚弱的老年人显著提升其肌肉力量、肌肉量及促蛋白质合成的内分泌素浓度¹⁵。

身体质量指数表

	身高																		
	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	4'10"	4'11"	5'0"	5'1"	5'2"	5'3"	5'4"	5'5"	5'6"	5'7"	5'8"	5'9"	5'10"	5'11"	6'0"	6'1"	6'2"	6'3"	6'4"
	(英寸)	(英尺/英寸)	(米)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)	(英寸)
45/100	21	20	20	19	18	18	17	17	16	16	15	15	14	14	14	13	13	13	12
48/105	22	21	21	20	19	19	18	18	17	16	16	16	15	15	14	14	14	13	13
50/110	23	22	22	21	20	20	19	18	18	17	17	16	16	15	15	15	14	14	13
52/115	24	23	23	22	21	20	20	19	19	18	18	17	17	16	16	15	15	14	14
54/120	25	24	23	23	22	21	21	20	19	19	18	18	17	17	16	16	15	15	15
57/125	26	25	24	24	23	22	22	21	20	20	19	18	18	17	17	17	16	16	15
59/130	27	26	25	25	24	23	22	22	21	20	20	19	19	18	18	17	17	16	16
61/135	28	27	26	26	25	24	23	23	22	21	21	20	19	19	18	18	17	17	16
64/140	29	28	27	27	26	25	24	23	23	22	21	21	20	20	19	19	18	18	17
66/145	30	29	28	27	27	26	25	24	23	23	22	21	21	20	20	19	19	18	18
68/150	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	22	21	20	20	19	19	18
70/155	32	31	30	29	28	28	27	26	25	24	24	23	22	22	21	20	20	19	19
73/160	34	32	31	30	29	28	28	27	26	25	24	24	23	22	22	21	21	20	20
75/165	35	33	32	31	30	29	28	28	27	26	25	24	24	23	22	22	21	21	20
77/170	36	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	22	21	21
79/175	37	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	23	22	21
82/180	38	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	23	22
84/185	39	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	23
86/190	40	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23
88/195	41	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24
91/200	42	40	39	38	37	36	34	33	32	31	30	30	29	28	27	26	26	25	24
93/205	43	41	40	39	38	36	35	34	33	32	31	30	29	29	28	27	26	26	25
95/210	44	43	41	40	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	29	28	27	26	26
98/215	45	44	42	41	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	28	27	26
100/220	46	45	43	42	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	28	27
102/225	47	46	44	43	41	40	39	38	36	35	34	33	32	31	31	30	29	28	27
104/230	48	47	45	44	42	41	40	38	37	36	35	34	33	32	31	30	30	29	28
107/235	49	48	46	44	43	42	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	29
109/240	50	49	47	45	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29
111/245	51	50	48	46	45	43	42	41	40	38	37	36	35	34	33	32	32	31	30
113/250	52	51	49	47	46	44	43	42	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30

答案: ■ 体重过轻 ■ 健康体重 ■ 体重过重 ■ 肥胖

乳清蛋白——有效改善机体组成的蛋白质

研究者已经证实膳食中添加蛋白质能提升阻力训练所期望的结果³⁸。然而一份科学期刊的评论显示，不同来源的蛋白质对健康及机体组成的可能益处也不尽相同。越来越多的科学证据指出，乳清蛋白非常适合用来改善机体组成，特别是结合阻力训练运动时。

40多年来以啮齿动物进行的研究显示，相较于其它来源蛋白质，在饲料中添加乳清蛋白会具有较少脂肪贮藏量、较多瘦肉组织，肌肉对胰岛素的敏感度也较高¹⁹⁻²³。

在像癌症、爱滋病及肝炎等各种临床上，明确的证据显示出膳食中添加乳清蛋白有益于健康²⁴⁻²⁷。虽然只有极少数的临床研究评估乳清蛋白对机体组成变化的影响，但乳清蛋白对提升各种细胞中谷胱甘肽浓度的独特能力已经被阐明^{24-27,34}。谷胱甘肽是身体中抗氧化防御机制的中心，而抗氧化防御机制能保护细胞抵抗自由基、污染、毒素、传染病及紫外线曝晒等伤害²⁴。谷胱甘肽的水平随年龄增长而降低²⁹，这会关系着许多老人病的发生，例如阿兹海默症、白内障、帕金森氏症以及动脉硬化³¹。此外，谷胱甘肽浓度似乎控制着机体组成的变化^{29,30}。



膳食中添加乳清能显著降低机体脂肪

在体内各种细胞中，低谷胱甘肽水平预示着肌肉的流失，反之充足的谷胱甘肽则突显出机体组成令人欣喜的变化（例如肌肉量增加而脂肪量减少）。这项关联性在各种互不相关的医疗状态例如癌症、爱滋病，乃至进行着运动训练课程的健康成人中，都已经清楚地证实^{29,33}。相较于其它蛋白质来源，乳清具有增加谷胱甘肽产量的特殊能力而能改善机体组成^{24,34}。一些研究直接对乳清与其它高品质蛋白质来源进行比较，结果证明了乳清对机体组成的益处。

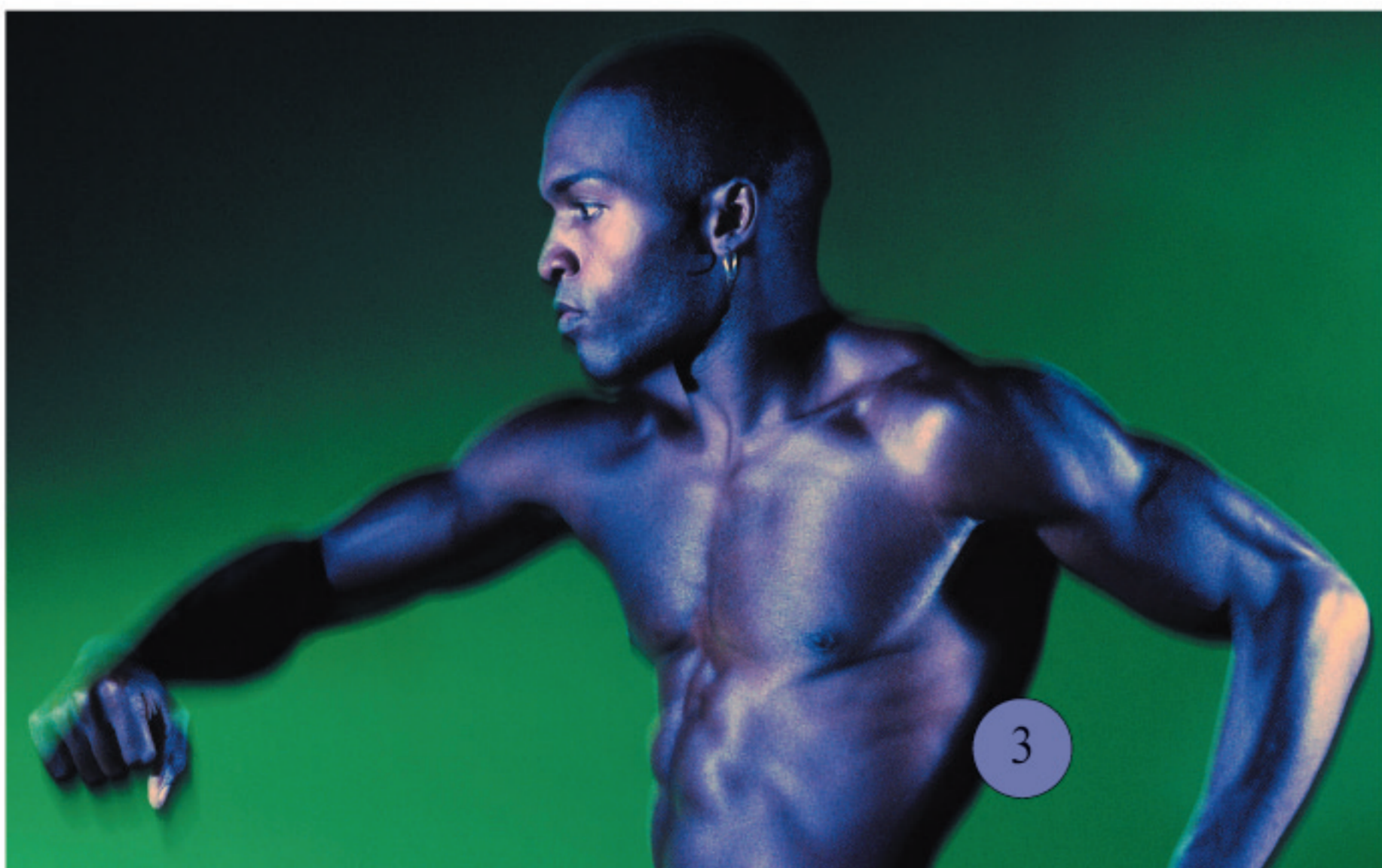
在健康年轻成人的膳食中添加乳清（专利产品，12周中每天摄取20克）显示能增进谷胱甘肽水平、

改善运动员（无氧的）表现，并显著降低机体脂肪百分比³⁴。这些所获得的益处并没有受到运动训练刺激³⁴。然而，结合运动及膳食中添加乳清甚至在改善机体组成上得到更好的结果。

一项研究测试了添加各种膳食添加物并配合运动的效果，结果显示乳清在机体组成方面的效果最引人注目²³。相较于每次运动前添加酪蛋白或碳水化合物，给予乳清的啮齿动物在经过六周的训练后展现出较低机体脂肪及较多肌肉组织。代谢上的分析显示，膳食中添加乳清能有效率地利用脂肪（氧化）及保留肌肉。膳食中添加乳清能增进运动效率而在改善机体组成上有更好的结果²³。

近来，科学界对于膳食中添加乳蛋白并配合阻力训练所得到的益处具有高度兴趣^{16-18,35,36}。

Demling 和 De Santi¹⁷在一项开放性试验中指出，当在体重过重男性的膳食中添加乳清（60克/天）、



并限制卡路里摄取量，经过12周的阻力训练后，能有效降低脂肪量并增加非脂肪部分重量。由乳蛋白(含有乳清)、碳水化合物、维生素及矿物质所构成的代餐，比仅添加乳清提供了更佳的结果。

一项研究指出，膳食中添加牛初乳(20克/天)并经过12周阻力训练后，对于改善机体组成的效果比仅添加乳清者更好(增加了1.49公斤的机体瘦肉组织)¹⁸。然而另一项研究则显示，相较于两种不同的初乳添加物，结合了乳清及酪蛋白的膳食添加物(75克/天)同样展现了很好的肌力、肌纤维肥大与机体组成变化¹⁶。在这两项研究中，训练课程并未受到监督及(或)控制。阻力训练的运动选择、训练强度、频率及量(身体姿势、重复次数)都显示对于结果有影响¹⁴。因此，很难从这些研究里的膳食添加物所得效果中做出明确结论。然而，较严格控制的研究中直接比较乳清

与其它添加物的效果，则在机体组成上产生了显著差异^{35,36}。

在一项随机、双盲的试验中，运动员(健美运动员)进行为期十周、完全相同而受监督的阻力训练课程，膳食中添加纯乳清分离蛋白(1.5克/公斤体重/天)组的所得结果中，非脂肪部分的增加高达添加酪蛋白组的五倍之多。

而在训练课程前后的DEXA机体组成评估，同样显示出添加乳清的组在机体脂肪方面显著降低(1公斤)。综合这些结果显示，添加乳清组比添加酪蛋白组更能显著地改善机体组成³⁵。此外，膳食中添加乳清的健美运动人士，在各种受评估的运动中同样显著地增强肌肉力量。研究团队因此下了结论：当进行阻力训练时，相较于其它高品质蛋白质，于膳食中添加乳清蛋白(特别是乳清分离蛋白)可获得较佳的机体组成及肌肉力量的增进。



另一项由相同研究团队进行的研究，是关于膳食中添加乳清蛋白对于机体组成变化及肌纤维适应的功效，这项研究则受到美国生理学协会特别重视³⁶。在这项研究中，四组受过阻力训练的男性(20-35岁)分别在膳食中添加乳清分离蛋白、碳水化合物、肌酸或肌酸与乳清的混合物(1.5克/公斤体重/天)。膳食中添加乳清的男性在经过11周阻力训练之后，非脂肪部分的增重为添加碳水化合物者的2倍。乳清蛋白在阻力训练中帮助增进肌肉量的杰出能力已经在细胞实验中受到证实。在这些男性经训练前后的肌肉切片组织中可观察到，膳食中添加乳清者的一些不同形态肌纤维，大小可达添加碳水化合物者的543%。此外乳清添加物产生了比较好的肌肉增生反应，这点与添加乳清的实验组中所观察到较高的肌力增强有非常密切的关系³⁶。如同这些研究者所言，所有实验组在训练课程开始前的肌力均相同，而膳食添加物以外的蛋白质摄取量也相同。因此基于这些实验，乳清蛋白无疑成为确保阻力训练获得较佳结果的促进因素。



乳清蛋白在刺激肌肉蛋白质合成上有特殊的功效，并且使训练的效果更好。

乳清：极适于用来维持肌肉的生化物质

乳清对于维持肌肉量及增强阻力训练结果的特殊功效，其实在生物化学方面有着充分理由。

在细胞层面上，刺激蛋白质合成及减少蛋白质分解（水解）是肌肉修复与肥大的两大基本要素³⁷。增加肌肉细胞中的蛋白质合成速率，乃是创造肌肉蛋白质净增重以及其后的机体组成改善所不可或缺的³⁷。

蛋白质刺激肌肉蛋白质合成的能力，在于其使用量以及氨基酸组成³⁸。而乳清蛋白之所以在刺激肌肉蛋白质合成速率方面特别有效，乃是基于下列理由。

- 乳清的氨基酸组成几乎与骨骼肌完全相同。乳清提供了组成所需的全部氨基酸，且其比例也近似于骨骼肌³⁸。
- 相较于其它蛋白质来源，乳清蛋白（每100克）含有较多的必需氨基酸（无法由人体自行合成的氨基酸）⁴⁰。必需氨基酸已被证明是成人肌肉中最能有效刺激蛋白质合成的物质⁴¹。
- 运动学研究者对于乳清蛋白中高浓度的支链氨基酸--亮氨酸，具有高度的兴趣。某些学者建议，若能在运动后提供肌肉充足的亮氨酸，或许会更有效率地修复细胞而加速对运动训练的适应过程^{44,45}。



然而，要制造及维持最适于建立及保存肌肉的生化环境，仍然以两种氨基酸为主：谷氨酸及半胱氨酸。虽然谷氨酸及半胱氨酸被认为是非必需氨基酸，但一系列研究仍证实这两种氨基酸在体内的浓度，实际上决定了一个人一生中所拥有的肌肉组织量。

- 细胞中具有谷氨酸量实际上控制了肌肉中蛋白质合成速率及合成量⁴⁵。然而肌肉中的谷氨酸是体内许多重要反应进行时不可或缺的燃料，其中也包括了免疫反应⁴³。身体对于谷氨酸的需求可说是相当迫切。若肌肉无法持续不断的重新合成谷氨酸，所贮蓄的谷氨酸将在7小时内被耗尽⁴²。
- 肌肉中的谷氨酸是专门由支链氨基酸（亮氨酸、异亮氨酸及缬氨酸）所制造。支链氨基酸在肌肉代谢中是很独特的；它们不仅可以刺激肌肉中蛋白质合成，也可以用来制造谷氨酸⁴⁷。然而这些氨基酸也广泛地代谢于肌肉而非肝脏中。这种情形尤其明显地发生于代谢紧迫时，例如生病、感染、限制卡路里摄取及运动训练时^{42,43,46}。
- 半胱氨酸是谷胱甘肽生成时的速率限制氨基酸²⁸。此外，血液中也随时需要高浓度的半胱氨酸来确保蛋白质正常代谢以维持肌肉量²⁹。血液中充裕的半胱氨酸能下游调控肝脏中的尿素生成及转氨作用，这有利于合成及贮蓄肌肉中的半胱氨酸²⁹。这项肝脏对半胱氨酸的重要代谢，对于肌肉中谷氨酸贮蓄量的维持及谷胱甘肽的合成，都是不可或缺的³⁰。然而，这个程序在遭遇到剧烈的代谢性紧迫时将被迫中断。有趣的是这个受到密切控制的程序也会因年龄增长而减弱²⁹。结果将造成肌肉在一生中稳定但积极的衰退²⁹。



乳清蛋白含有高浓度且在制造及维持最适生化环境以维持肌肉量时所必需的所有氨基酸。

- 膳食中添加富含半胱氨酸的复合物，被证实能在运动训练时增加谷胱甘肽产量、中止肌肉蛋白质分解、改善肌力及机体组成^{32,33,48}。相较于其它蛋白质，乳清蛋白是一种罕见、富含半胱氨酸而又容易被身体吸收的蛋白质⁴⁶。事实上，乳清蛋白被科学家视为一种有效的“半胱氨酸提供者”，能恢复血液中半胱氨酸浓度并提高谷胱甘肽含量而最终对机体组成有所改善^{24,34,46,49}。
- 乳清蛋白是自然界中最丰富的支链氨基酸来源⁴⁶。乳清蛋白的特色就在于其氨基酸组成中有26%支链氨基酸以及6%谷氨酸盐⁴⁰。而这些是专供肌肉制造谷氨酸所用的氨基酸⁴⁷。这意味着乳清蛋白的所有氨基酸中，超过三分之一是完全用来供肌肉合成谷氨酸的。

此外还有研究显示，乳清蛋白的益处并不仅在于其氨基酸组成。

- 目前学者已证实，血液中的氨基酸浓度会控制肌肉中的蛋白质合成速率和肌肉经阻力训练后的增重能力³⁷。对于刺激肌肉蛋白质合成速率与使阻力训练所给予的刺激达到最大的效果而言，血液中高浓度的氨基酸是必要的⁶。



肌肉衰退症

肌肉衰退症是无法解释而随老化发生的肌肉损失¹。虽然肌力退化在表面上健康的老年人之间是常见的事，最新的研究则认为这个现象会引起许多伴随老化发生而令人不快的状况，例如失去行动力、骨质疏松症、糖尿病、发胖、易于生病¹⁻³。根据估计，直接花在与肌肉衰退症有关的医疗费用，在美国一年就高达185亿美元之多⁴。

肌肉衰退症是可以避免及恢复的。生活型态及饮食控制若能朝维持肌肉量方面努力，将可以增进健康并预防或降低许多老人病的严重程度。此外，这些增进健康的措施可以显著减轻发达国家和发展中国家医疗体系的经济负担^{4,6}。越来越多的研究认为，乳清蛋白是在生化上最适于用以维护珍贵的肌肉量并增进健康的蛋白质。于膳食中添加乳清蛋白以促进身体机能、增长肌肉的益处，现今已经在全世界的许多科学研究中受到证实。

乳清蛋白与其它高品质蛋白质不同的是，它能快速地被吸收并显著增加血液中氨基酸浓度，刺激肌肉蛋白质的合成速率⁵¹。此外，当乳清蛋白以一种高营养复合膳食（连同碳水化合物及脂肪）的形式被摄取时，将可看到肌肉的分解(水解)作用被强而持久地抑制，肌肉蛋白质合成作用则随之提升⁵¹。相较于其它高品质蛋白质膳食添加物例如酪蛋白时，乳清蛋白在同样的份量下能得到较高的蛋白质平衡及较大的肌肉蛋白增加量⁵¹。综合上述理由，乳清蛋白似乎是在制造肌肉与限制肌肉随老化流失的要求下最理想的膳食添加物。

乳蛋白质与脂肪降低

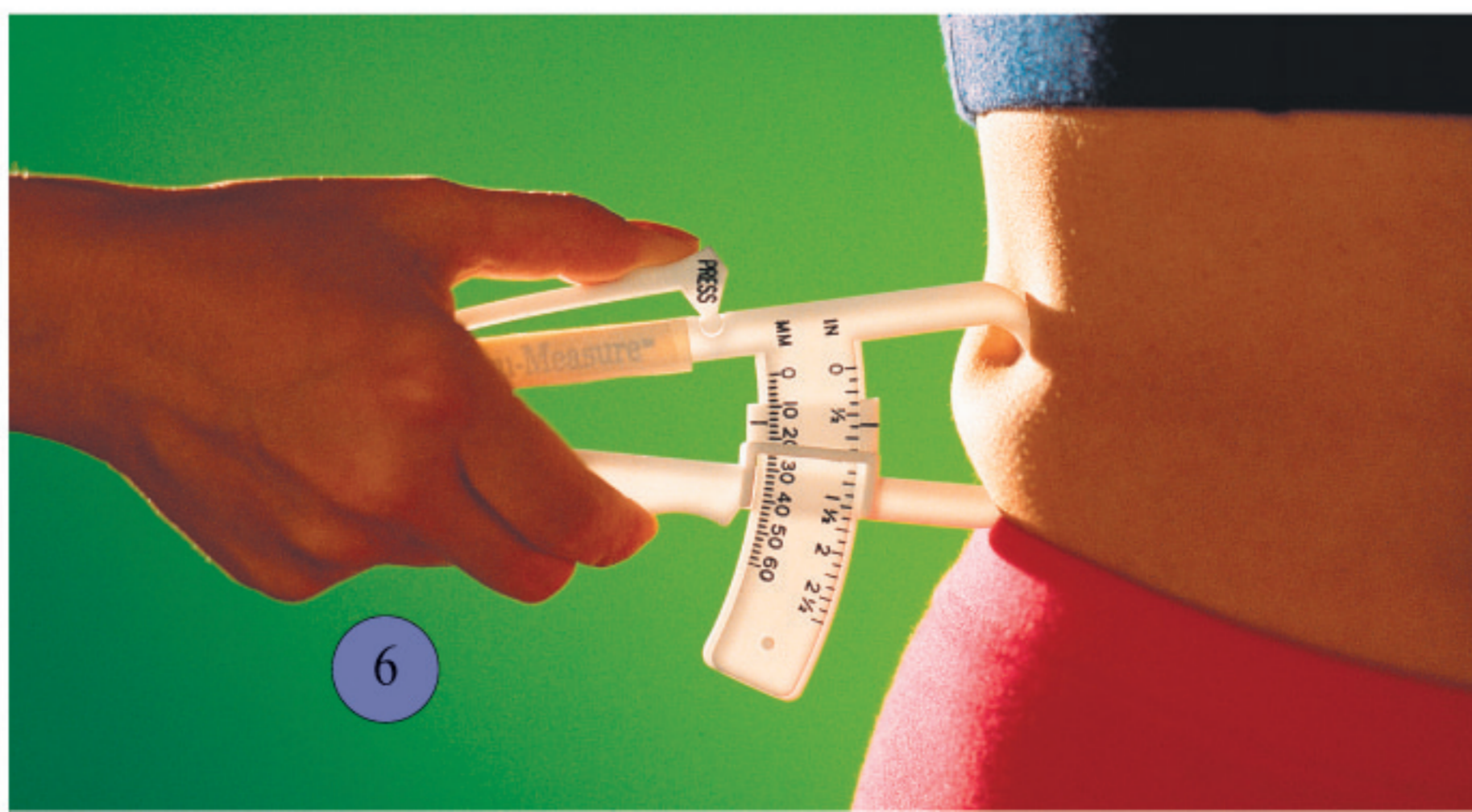
乳清蛋白对机体组成的益处还不仅在于止帮助制造肌肉。乳制品富含钙质，且乳蛋白质目前被公认在调节能量代谢、控制体脂肪等方面扮演着关键性的角色⁴⁹。富含钙质的膳食显然不但能避免脂肪增加，更促进了脂肪代谢，因此显著加快减轻不健康体重的过程⁵⁰。就在摄取高钙质对体组成的益处被阐明时，一份学术评论指出在所有的钙质来源中，来自乳品的钙质显然能提供最好的减肥效果⁵³。甚至即使不限制卡路里摄取量，多吃乳制品也能降低体脂肪并增加非脂肪部分重量⁵²。虽然乳品中有益于脂肪代谢的活性成分尚待阐明，但进行上述研究的学者推测乳清蛋白可能是其中的主要促成因素^{49,50,52}。



乳清蛋白与饱腹感

在所有高营养物质中，蛋白质的食欲抑制效果是最好的。然而最近一份研究认为乳清蛋白可能是其中最能有效抑制饥饿感并使得节食减重较易于进行的蛋白质⁵⁴。在一系列的试验中，餐前摄食乳清蛋白显著地减低饥饿感，并增加对于吃较少食物的饱腹感。当受试者在餐前30分钟先喝乳清奶昔时，他们对于少量食物具有较高的饱腹感⁵⁴。研究者发现乳清蛋白刺激分泌了较高浓度的两种控制食欲的肠胃道内分泌素：胆囊收缩素及类升糖素肽-1。相较于饮用一般蛋白质膳食添加物(酪蛋白)，乳清蛋白提升这些内分泌素的浓度高了60%⁵⁴。因此，餐前摄取少量乳清(30-40克)能降低饥饿感并消除节食的困难，而使得减重更加容易！

增加膳食中的蛋白质比例在现今被认为能安全而有效地降低血脂、增进胰岛素及葡萄糖代谢并帮助减重⁵⁵。而基于这许多的益处，乳清蛋白应该是有健康意识的人们在增加蛋白质摄取时优先选择的蛋白质来源。



应用：改善机体组成的方针

使用乳清蛋白增长肌肉

在阻力训练时充分供应肌肉必需氨基酸，已证实能提高对合成代谢的刺激达400%⁵⁶。若要达到这效果，

- 在阻力训练运动开始前一小时内，将一份乳清蛋白（20-40克）与一份碳水化合物（葡萄糖）（20-40克）混合溶于水中后饮用。
- 此外，在阻力训练后也立即饮用一份同样的饮料。

进行一次阻力训练运动对肌肉中蛋白质代谢的刺激能长达36小时³⁷。若想在阻力训练中使肌肉分解反应降到最低并使蛋白质对代谢的刺激达到最大。

- 在同一天分多次共摄取乳清蛋白（20-40克）并搭配含碳水化合物及脂肪的食物。只要简单地将一份乳清蛋白（乳清分离蛋白的浓缩物）与6-10盎司脱脂乳混匀，再搭配一些水果及一汤匙的菜籽油或亚麻籽油。

研究显示，当乳清蛋白以一种高营养复合膳食（连同碳水化合物

及脂肪）的形式被摄取时，将可看到肌肉的分解作用被强而持久地抑制，蛋白质合成作用也随之提升⁵¹。

使用乳清蛋白帮助减脂

- 作为天然的食欲抑制剂；于餐前30分钟将一小份（20-30克）乳清蛋白（乳清分离蛋白或乳清浓缩蛋白）混合溶于7或8盎司水中饮用。

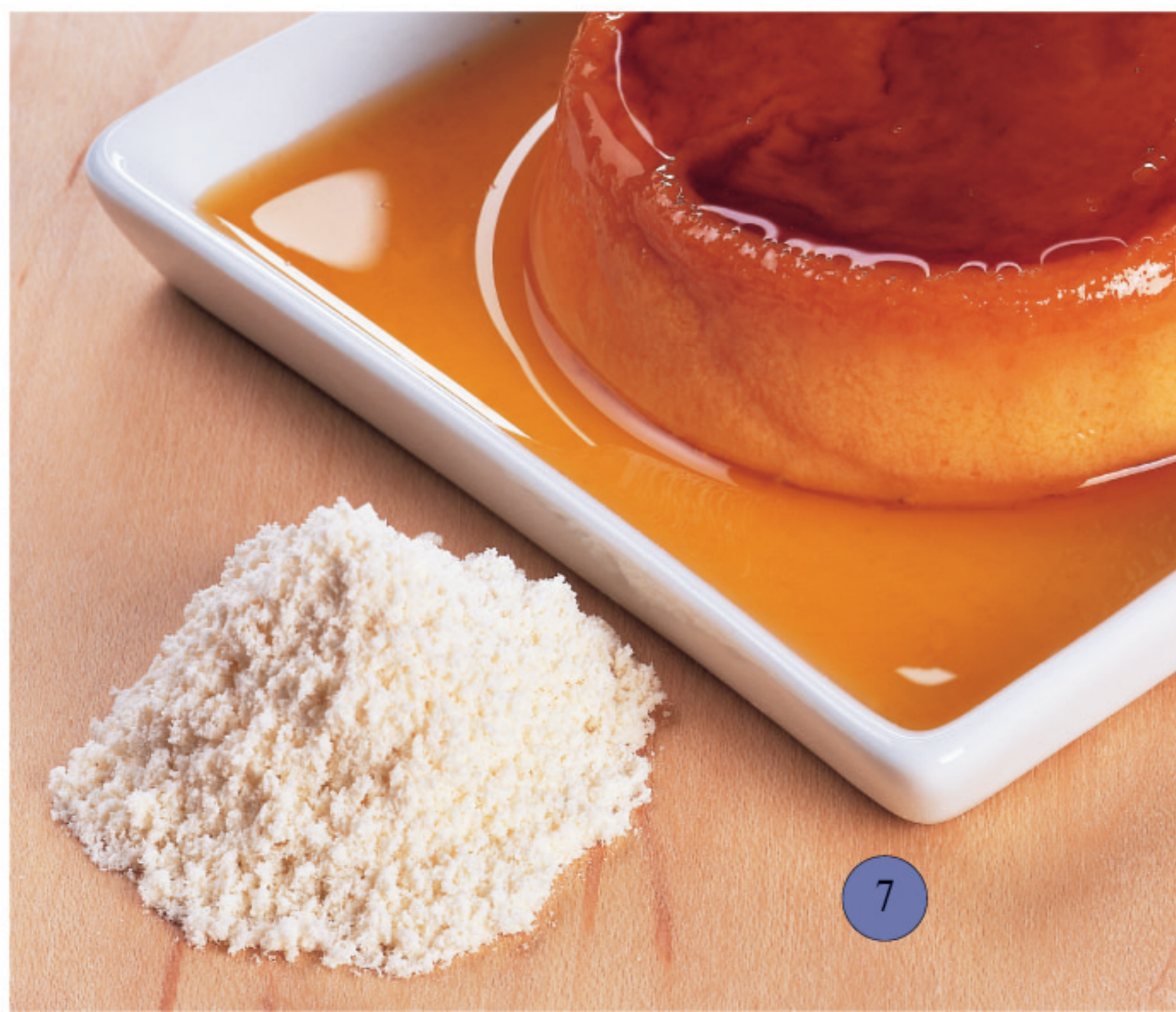
研究显示若于餐前30分钟摄食乳清蛋白饮品，能增加对于吃较少食物的饱腹感。

- 为了促进运动期间的脂肪利用及肌肉维持，于运动前30分钟饮用一杯添加一小份乳清蛋白（乳清分离蛋白或乳清浓缩蛋白）于水中的饮品。

研究显示，在运动前摄取乳清蛋白能更有效地利用脂肪（氧化）并保持肌肉。

参考文献

1. Doherty TJ. Invited Review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol* 95:1717-1727, 2003.
2. Dutta C. Significance of Sarcopenia in the Elderly. *J Nutr* 127(5):992-992, 2001.
3. Evans W. Functional and Metabolic Consequences of Sarcopenia. *J Nutr* 127: 998S-1003S, 1997.
4. Janssen I, Shepard DS, Katzmarzyk PT and Roubenoff R. The cost of sarcopenia in the United States. *J American Geriatrics Society* 52:1:80-85, 2004.
5. World Health Organization. Inaugural Longevity Conference, Sydney, Australia, 2004. Fact Sheet 135, September 1998.
6. Parise G and Yarashaki KE. The utility of resistance exercise training and amino acid supplementation for reversing age-associated decrements in muscle protein mass and function. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 3: 489-495, 2000.
7. Rosenberg IH. Sarcopenia: Origins and Clinical Relevance. *J Nutr* 127:990S-991S, 1997.
8. Levadoux E, Morio B, Montaurier C, et al. Reduced whole-body fat oxidation in women and in the elderly. *Int J Obes Relat Metab Disord* 25(1):39-44, 2001.
9. Nagy TR, Goran MI, Weinsier RL, Toth MJ, et al. Determinants of basal fat oxidation in healthy Caucasians. *J Appl Physiol* 80(5):1743-8, 1996.
10. Calles-Escandon J, Arciero PJ, Gardner AW, et al. Basal fat oxidation decreases with aging in women. *J Appl Physiol* 78(1):266-71, 1995.
11. Inelmen EM, Sergi G, Coin A, Miotto F, Peruzza S and Enzi G. Can obesity be a risk factor in elderly people? *Obesity Reviews* 4:3:147-155, 2003.
12. Xavier Pi-Sunyer F. The Obesity Epidemic: Pathophysiology and Consequences of Obesity. *Obesity Research* 10:97S-104S, 2002.
13. Feigenbaum MS and Pollock ML. Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc* 31: 38-45, 1999.
14. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, et al. American College of Sports Medicine Position Stand on Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc* 34:364-380, 2002.
15. Fiatarone Singh MA, Ding W, Manfredi TJ, et al. Insulin-like growth factor I in skeletal muscle after weight-lifting exercise in frail elders. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 277: E135-E143, 1999.
16. Fry AC, Schilling BK, Chiu LZ, et al. Muscle fiber and performance adaptations to MioVive, Colostrum, casein and whey protein supplementation. *Res Sports Med* 11:109-117, 2003.
17. Demling RH and De Santi L. Effect of a hypocaloric diet, increased protein intake and resistance training on lean mass gains and fat mass loss in overweight police officers. *Ann Nutr Metab* 44: 21-29, 2000.



18. Antonio J, Sanders MS and Van Gammeren D. The effects of bovine colostrum supplementation on body composition and exercise performance in active men and women. *Nutrition* 17:243-247, 2001.
19. Renner E. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. W.GmbH, Volkswirtschaftlicher Verlag, Munchen. p102-112, 1983.
20. 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. *JPEN* 13:382-386, 1989.
21. Boza JJ. Protein hydrolysates vs free amino acid-based drinks on the nutritional recovery of the starved rat. *Eur J Nutr* 39:237-243, 2000.
22. Belobrajdic D, McIntosh G, Owens J. The effect of dietary protein on rat growth, body composition and insulin sensitivity. *Aust J Dairy Technol* 58;2:(abstract), 2003.
23. 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.
24. Bounous G. Whey protein concentrate (WPC) and glutathione modulation in cancer treatment. *Anticancer Res* 20(6C):4785-92, 2000.
25. Watanabe A, Okada K, Shimizu Y, et al. Nutritional therapy of chronic hepatitis by whey protein (non-heated). *J Med* 31;5-6:283-302, 2000.
26. Micke P, Beeh KM and Buhl R. Effects of long term whey protein supplementation on plasma glutathione in HIV infected patients. *Eur J Clin Nutr* 41:12-18, 2002.
27. Agin D, Gallagher D, Wang J, et al. Effects of whey protein and resistance exercise on body cell mass, muscle strength, and quality of life in women with HIV. *AIDS* 7:2431-40, 2001.
28. Dröge W and Holm E. Role of cysteine and glutathione in HIV infection and other diseases associated with muscle wasting and immunological dysfunction. *FASEB J* 11:1077-1089, 1997.
29. Hack V, Schmid D, Breikreutz R, et al. Cystine levels, cystine flux, and protein catabolism in cancer cachexia, HIV/SIV infection and senescence. *FASEB J* 11:84-92, 1997.
30. Dröge W, Hack V, Breikreutz R, Holm E, et al. Role of cysteine and glutathione in signal transduction, immunopathology and cachexia. *BioFactors* 8:97-102, 1998.
31. Dröge W. Free radical control in the physiological functioning of the cell. *Physiol Rev* 82:47-95, 2002.
32. Hauer K, Hildebrandt W, Sehl Y, Edler L, et al. Improvement in muscular performance and decrease in tumor necrosis factor level in old age after antioxidant treatment. *Journal of Molecular Medicine* 81:118-125, 2003.
33. 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.
34. Lands LC, Grey VL and Smountas AA. Effect of supplementation with a cysteine donor on muscular performance. *J Appl Physiol* 87: 1381-1385, 1999.
35. 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.
36. 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.
37. 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.
38. Wolfe RR. Protein supplements and exercise. *Am J. Clin Nutr.* 72:551s-7s, 2000.
39. 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.
40. 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.
41. 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.
42. Rowbottom DG, Keast D and Morton AR. The emerging role of glutamine as an indicator of exercise stress and overtraining. *Sports Med* 21(2): 80-97, 1996.
43. Walsh NP, Blannin AK, Robson PJ and Gleeson M. Glutamine, exercise and immune function. *Links and possible mechanisms. Sports Med* 26(3): 177-91, 1998.
44. Anthony JC, Anthony TG and Kimball SR. Signalling pathways involved in the translocational control of protein synthesis in skeletal muscle by leucine. *J Nutri* 131:856s-860s, 2001.
45. Kimball SR and Jefferson LS. Control of protein synthesis by amino acid availability. *Opin Clin Nutr Metab Care* 5:63-67, 2002.
46. 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.
47. Holecek M. Relation between glutamine, branched-chain amino acids, and protein metabolism. *Nutrition* 18;2:130-3, 2002.
48. Ikemoto M, Nikawa T, Kano M, et al. Cysteine supplementation prevents unweighting induced ubiquitination in association with redox regulation in rat skeletal muscle. *Biol Chem* 383:715-721, 2002.
49. Zemel MB, Shi H, Greer B, DiRienzo D and Zemel PC. Regulation of adiposity by dietary calcium. *FASEB J* 14:1132-1138, 2000.
50. Zemel MB, Thompson W, Zemel P, Nocton AM, et al. Dietary calcium and dairy products accelerate weight and fat loss during energy restriction in obese adults. *Am J Clin Nutr* 75(suppl. 2): a342S, 2000.
51. 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.
52. Zemel MB. Mechanisms of dairy modulation of adiposity. *J Nutri* 133:252S-256S, 2003.
53. Teegarden D. Calcium intake and reduction in weight or fat mass. *J Nutri* 133:249S-251S, 2003.
54. Hall WL, Millward DJ, Long SJ and Morgan LM. Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite. *Brit J Nutri* 89, 239-248, 2003.
55. Farnsworth E, Luscombe 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.
56. Rasmussen BB, Tipton KD, Miller SL, Wolf SE, and Wolfe RR. An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. *J Appl Physiol* 88: 386-392, 2000.

美国乳品出口协会在这里感谢所有对这篇专题论文做出贡献的人。并再次感谢中西不乳业协会 Mary Higgins Cynthia Bertheau 所作出的贡献。2015 Rice Street, St. Paul, Minnesota, 55113, USA. www.midwestdairy.com



Managed by Dairy Management Inc.™

U.S. Dairy Export Council® 出版
2101 Wilson Boulevard / Suite 400
Arlington, VA U.S.A. 22201-3061

Tel U.S.A. (703) 528-3049
Fax U.S.A. (703) 528-3705
www.usdec.org