

This pronouncement was written for the American College of Sports Medicine by Nicholas A. Ratamess, Ph.D.; Brent A. Alvar, Ph.D.; Tammy K. Evetoch, Ph.D., FACSM; Terry J. Housh, Ph.D., FACSM (Chair); W. Ben Kibler, M.D., FACSM; William J. Kraemer, Ph.D., FACSM; and N. Travis Triplett, Ph.D.

健康成人阻力训练的渐进模式

总编译: 王香生 (香港中文大学 体育运动科学系)

Editor-in-Chief: Stephen H. S. WONG, Ph.D., FACSM.

(Department of Sports Science and Physical Education, The Chinese University of Hong Kong)

翻译: 谢仲裕、林泰元、罗生阶 (台湾师范大学 运动科学研究所)

卓俊伶、王宏豪、陈免杰 (台湾师范大学 体育学系)

Translators:

Sandy S. HSIEH, Ph.D., FACSM; Tai-Yuan LIU; Seng-Jei RO

(The Graduate Institute of Exercise and Sport Science, National Taiwan Normal University)

Hank J. JWO, Ph.D.; Hung-Hao WANG; Huan-Chieh CHEN

(Department of Physical Education, National Taiwan Normal University)

概要

为了刺激对特殊训练目标的更进一步适应, 渐进式的阻力训练(RT)程序有其必要。特殊肌力训练的最佳特质包括向心(CON), 离心(ECC)和等长(ISOM)的肌肉收缩动作, 以及包括单侧或双侧, 及单关节或多关节的动作。此外, 建议保持运动强度最佳化的肌力训练内容次序为大肌群先小肌群后, 多关节先单关节后, 以及高强度先低强度后。对初学者(没有运动经验也没RT训练者, 或已经多年没运动者)训练的建议是8-12次的最大反复(RM)负荷。对中阶者(约持续RT达6个月者)到高阶者(多年RT训练经验者)建议使用较广的负荷范围, 以周期性模式从1-12RM的负荷渐进到较重的负荷(1-6RM), 组间休息3-5分钟, 且以中等速率做肌肉收缩(向心1-2秒, 离心1-2秒)。以特殊的RM负荷做训练时, 当连续两次训练可以超过当时应有的反复次数1-2次, 建议负荷必须增加2-10%。有关训练频率的建议是初学者每周2-3次, 中阶者每周3-4次, 而高阶者每周4-5次。注重肌肉肥大(hypertrophy)的训练课程, 其训练的动作和频率与上述相似。建议的重量负荷是采周期性且相当于1-12RM, 但较注重6-12RM之间, 以中等速率, 组间休息1-2分钟。高量、多组的课程是肌肉肥大最大化所必需。爆发力训练的渐进训练有两个负荷策略: 1)肌力训练, 2)采低负荷(下半身运动以0-60%1RM, 上半身运动以30-60%1RM), 动作必须是快速收缩, 每个动作须有3-5组, 组间休息为3-5分钟。另外强调全身性的动作必须是多关节的动作, 针对局部性肌耐力训练, 建议以轻到中等的负荷(40-60%1RM), 高反复次数(大于15次), 短休息时间(小于90秒)来进行。对本立场声明的诠释和前一版相同, 即提出的建议必须依个人目标、身体能力、和训练情况的整体关系来做衡量与调整。

关键词: 肌力, 爆发力, 局部肌耐力, 体适能, 功能性能力, 肌肉肥大, 健康, 运动表现

引言

本文件取代2002年美国运动医学会(ACSM)的立场声明(8), ACSM在2002年的立场声明是阻力训练(resistance training, RT)指引的延伸, 原来的抬头(1998)是“发展和维持健康成年人心肺系统、肌肉适能和柔软度运动之质与量的建议”(7), 其中建议最低的标准是8-10种运动, 每种

8-12 次反复，且要所有主要的肌群最少要有一种运动，且老年人或体弱者要有 10-15 次的反复。2002 年的立场声明提供一个更好的渐进架构，以适合健康的(没有疾病或骨骼上的限制)初学、中阶或高阶训练者，较特别的是这指引有效的区隔并修饰原有的指引，以便适合想在最低健康体适能要求之外发展肌肉的人。但在 2002 年之后，有更多的研究探讨一个或多个 RT 变项来支持肌力和运动表现的渐进性适应。这些研究发现生理上的其它适应机制，成为阻力训练整体知识的科学基础。和别的立场声明一样，对此修正版立场声明的解读必须注意背景条件，也必须考虑个人目标、身体能力和训练状况。渐进(progression)在阻力训练中的定义是“往特殊目标前进，直到目标达成这段时间的行动过程”，而维持性(maintenance)的阻力训练是指为维持目前的肌肉适能所设计的训练课程(8)。虽然要维持长时间(如 6 个月)相同的进步幅度是不可能，但训练变项的适当调整(如阻力运动的项目和次序、反复次数和组数、频率和休息时间的选择等)将可避开训练高原期，且进一步提升肌肉适能。可训练的特质包含肌力、爆发力、肌肉肥大及局部肌耐力(local muscular endurance, LME)，RT 可以用来提升速度和敏捷度、平衡、协调、跳跃能力、柔软度和其它可测量的动作表现。RT 若能并入全盘性的体适能训练课程，将可改善心血管功能(72)，减少心脏冠状血管危险因子(89, 130)及非胰岛素依赖的糖尿病(184)，预防骨质疏松症(163)，也可减少直肠癌的危险(146)，促进减重及维持体重(61)，改善动态稳定及维持功能性能力(61)，以及提升心理福祉(62)。本立场声明采用美国国家心肺血液研究中心(194)所提供的实证类型(如表 1)，提供具有实证依据(evidence-based)的指南(guidelines)。本立场声明的每一个建议均依证据的质和量，以 A、B、C 或 D 加以分类。

表 1、美国国家心肺血液研究中心(NHLBI;194)的证据类型

类型	资料来源	定义
A	随机控制试验(RCT, 数据丰富)	依据设计良好的 RCT 试验，针对特殊族群的试验结果一致。具有足够数量的试验，且每个试验有足够的受试者。
B	随机控制试验(RCT, 但数据有限)	依据有限数目的介入性研究、事后比较、分组分析或 RCT 的整合性分析。重点是 RCT 的数量有限，结果不太一致或不是针对某一特殊族群。
C	非随机试验或观察研究	依据非随机的试验或观察的结果。
D	小组的共识评判	依专家的评判，或由小组根据实际证据、讨论共识、临床经验或不符合前面效标的知识所组合而成。

渐进原则(Progression Principles)

渐进阻力训练中的主要原则包括渐进超负荷、特殊性和变化性(157)。无数种不同的 RT，只要能融入这些原则且课程在设计中加以操弄，都会有好效果，但进步的幅度就得看个人当时的训练程度及先天的基因条件而定(8)。渐进超负荷(progressive overload)就是运动训练时加到身体上的压力逐渐增加，对没有训练过或初学者，RT 的生理适应可能在短时间就能发生。透过调整下列一个或多个变项，有系统地增加对身体的要求是继续进步所必须：1)提高运动强度(如某一动作绝对或相对的阻力或负荷)；2)增加目前强度的全部反复次数；3)依训练目标提高非最大负荷动作的速率或频率；4)调整休息时间：强化耐力时缩短休息时间，强化肌力或爆发力时加长休息时间；5)逐渐增加 2.5-5%的训练量(阻力 X 反复次数的总合)(75)(表 2)。

特殊性(Specificity)：所有运动训练系针对不同的刺激而产生“特殊”的适应。阻力训练的特殊生理适应由下列因素所影响：1)肌肉收缩的动作(56)，2)动作的速度(39, 44)，3)动作范围

(145), 4)训练的肌肉群(156), 5)使用的能量系统(259), 6)训练强度和训练量(225)。虽然训练都会有一些一般体适能或运动表现的转移, 最有效的 RT 是为特定的目标而设计的训练课程。

变化(Variation): 变化或周期(periodization)即依训练的时程有系统的改变一个或多个课程变项, 以维持有挑战性及有效率的训练刺激。因为人体对 RT 适应的产生相当快, 为了能继续进步, 课程必须随时做调整。数据证明有系统的调整训练量和强度是维持长期进步最有效的方法(254)。课程变化的方式有许多种, 可藉由一个或多个课程变项来调整, 但其中一个最常被拿来讨论的是训练的量(volume)与强度(intensity)。周期性训练的概念起源于 Hans Selye(239)针对运动表现和恢复最佳化的一般适应研究(74, 100)。此外, 有运动特殊性训练和周期性的 RT 对休闲(54)和复健(67)目标有效。经过整合分析(meta-analysis)研究, 也证明有周期性 RT 的训练结果远优于没有周期性的 RT(223)。

经典的周期性(Classical periodization): 经典的(线性的)周期性训练特点是由低强度高训练量开始, 接着渐进的变成高强度低训练量。这种传统的周期性模式主要是依渐进的设计来提升基本体适能变项, 并在精准的时间点达到某特殊体适能变项的高峰表现(例如肌力、肌力发展速率(RFD)和最大爆发力)(74)。绝大部分但非全部的研究(14)发现典型的周期性 RT 训练比非周期性的 RT 还优越, 尤其是最大肌力(如 1RM 的深蹲)、自由车的爆发力、动作表现和跳跃能力(252, 254, 272)。一般来说, 较长的周期性训练期(6 个月以上)训练效果才会明显(273), 因为短期周期性或无周期性的训练二者的效果差异不明显。但周期性训练的重点是中间有休息日, 以便恢复并降低过度训练(overtraining)的可能及严重性(79)。

逆周期法(Reverse periodization): 逆周期性的训练方法也有人研究(227), 此方法是前述典型方法的颠倒, 即开始是强度最高量最少, 但经过一段时间后强度开始降低, 而量提高。这种模式常用在加强局部肌耐力(LME)的个体上(59), 同时发现当训练量与强度相同的条件下, 此法优于其它周期性方法(227)。然而此法肌力的进步会比线性及非线性(上下起伏)的模式来的小(227)。

起伏式(非线性)的周期性训练(Undulating periodization): 起伏式(非线性)的周期模式允许在某一循环内使用不同的程序来改变强度和量, 来训练多种不同的神经肌肉表现(如肌力、爆发力、LME)。举例来说, 有特殊目标的核心运动负荷, 可以用重、中、轻等阻力依有系统或随机方式来轮替, 如 3-5RM 负荷, 8-10RM 负荷和 12-15RM 负荷。此模式比多组结合的线性周期或非周期模式较好(14), 同时在 12 周的 RT 在肌力提升上也比传统的模式较好(226)。还有, 在女性的研究此模式也比非周期性、低运动量的效果较好(155, 169)。但目前研究非线性 RT 对多种体适能指标的影响仍不多(199)。最近研究证明, 非线性的周期模式训练在消防训练生的体适能和表现结果都比线性的 RT 好(209)。

可训练的特质(Trainable Characteristics)

肌力(Muscular Strength)

有能力产生力量是所有动作所必须, 最大肌力的产生与肌纤维的横断面积(cross-sectional area, CSA)成正比(71)。肌纤维的排列依其羽状角度、长度、关节角度、收缩速度都有可能改变肌力(95, 145), 肌力的产生也受到运动单位(motor unit)活化的影响。运动单位招募顺序系依其招募阈值的高低, 一般先招募较细、肌力较小者, 再招募较粗、肌力较大的, 这就是所谓的大小原则(size principle)(114)。对 RT 产生的适应可使肌肉透过无数的神经肌肉机制来产生较大的肌力, 肌力可能在训练第一周就有显著的增加(39), 而长时间的训练肌力能增加的是因神经功能的提升(如扩大

招募和加快神经冲动频率)(234)、增加肌肉横断面积(5, 176, 250)、改变肌肉结构(138)、及可能增加肌力的代谢物质(如H⁺)的清除(242)。肌力增加的幅度依训练课程、谨慎设计的肌肉收缩模式、强度、运动量、动作项目和次序、休息时间及训练频率而有所不同(157)。

肌肉收缩模式(Muscle Action)

绝大部分的 RT 课程主要包括动态的反复动作, 利用肌肉缩短的向心收缩(concentric, CON)和肌肉被拉长的离心收缩(eccentric, ECC); 而肌肉收缩时长度不变的等长收缩(isometric, ISOM)方式为次, 尤其是非收缩性的稳定动作、躯干核心肌力、握力、离心和向心中间的收缩及特殊的收缩性等长收缩运动。在 ECC 动作时, 同一大小单元肌肉产生的肌力比 CON 或 ISOM 都来的大(147)。还有, 在同一负荷时, ECC 收缩所招募的运动单元较少(147), 能量代谢要求也较低(26), 也更容易对导致肌纤维肥大的适应(112), 但比 CON 收缩模式容易产生明显的延迟性肌肉酸痛(delated onset muscle soreness, DOMS)(58)。动态的 CON 肌力训练如果加上 ECC 的动作可以让肌力达到最大的增进(56), 而 ECC 等速(isokinetic)训练比 CON 训练更能获得最大的动作特殊性肌力(64)。肌肉收缩模式的操弄在整个 RT 训练课程中并不是那么重要, 因为几乎所有的课程在动作反复中都会有 CON 和 ECC 的动作; 但是, 额外加上 ISOM 的动作效果会较好。在某些课程中, 使用不同模式的 ISOM, 如功能性的 ISOM(131)和超最大 ECC 负荷的动作(143), 也会有额外的效果, 特别是, 有些 ISOM 的动作已经用在下背的健康处理上, 对体姿和脊椎稳定性肌肉选择性招募也有效果(181)。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 不论是初学、中阶或高阶者, 在进行渐进 RT 训练时, 建议 CON、ECC 和 ISOM 的肌肉收缩模式都要包含在内(56, 64, 112, 131, 143)。

负荷(Loading)

改变阻力运动的训练负荷, 会实时的影响代谢(221)、激素(151-154, 158, 159, 165, 219)、神经(96, 235)和心血管(72)的反应。依个人训练经验和目前体能状况之不同, 适当的负荷可依下列的纲要来调整: 1) 以 1RM 的百分比来增加负荷; 2) 以反复次数为主来调整绝对的负荷; 3) 在处方的反复次数范围中增加负荷(如 8-12RM)。对没有训练过的个体, 需要增加最大肌力所需的负荷相当低。研究显示, 没训练过的人以 40-50% 的 1RM(甚至更低)的负荷训练即可增加动态肌力(9, 33, 255, 268), 对于有点训练人最多可举 15-25 次的轻负荷也可以增加肌力(227)。在渐进的训练过程中, 负荷必须逐渐增加。对有经验的阻力训练者, 要有进一步在神经上产生适应和增加肌力, 最低负荷不能小于 80%1RM(96)。早期的一些先驱研究发现, 以 1-6RM(大都是 5-6RM)的阻力最能提升最大动态肌力(20, 201)。有些文献指出, 用 3-5RM 较重的重量比 9-11 或 20-28RM 较轻的重量较能增加肌力(33)。虽然研究报告称 8-12RM 或更轻的重量(33, 149, 250)能显著的提升肌力, 但这对有经验者最大肌力的提升效果不佳(96)。针对周期性 RT 的研究发现, 计划中强度变化的必要性(74, 223)。跟前面提到的 6RM 的负荷相反, 使用有变化的不同负荷是增加最大肌力最有效的方法(74)。整合分析(meta-analysis)的结果显示 60%的 1RM 阻力对初学者的肌力可产生最大的效果影响(effect size), 对于有训练者则是 80%的 1RM 阻力(225), 而对绝大多数的运动员则是 85%的 1RM 阻力最有效(206)。对于阻力训练的初学者, 一般建议开始以不太重的重量(50-60%1RM 或更低)来学习正确动作姿势和技巧是非常重要的。在剂量反应(dose-response)的数据中所提到的平均训练量, 是指所有的动作的平均负荷。还有, 使用多变化的负荷是长期渐进训练增加肌力最有效的方法(157)。最近的研究显示, 自我选择的 RT 强度比一般建议的强度还低, 在 35-58%1RM 之间(76, 87, 222)。因此, 对于有经验者之渐进负荷强度必须维持在个人的阈值(以目标反复次数为主)

之上。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 增加最大肌力的建议负荷针对初学和中阶者是 60-70%1RM 反复 8-12 次, 而有经验者是 80-100%1RM (9, 33, 96, 206, 225, 227, 255, 268)。

证据类型 B: 以特殊的 RM 负荷做渐进训练的人, 当连续二次的训练能超过当时应有的反复次数 1-2 次时, 负荷重量必须增加 2-10%(小的肌肉增加百分比较小, 而大的肌肉增加百分比得较大) (68)。

训练量 (Volume)

训练量是指在一个训练课程中重复动作操作的全部次数乘上使用之阻力的总和, 此乃反映肌肉在承受压力时间的长短 (262)。训练量已被证实会影响到神经 (102)、肌肉肥大 (258)、能量代谢 (221) 和荷尔蒙 (92, 151, 152, 191, 220) 的反应以及阻力训练后的适应。藉由改变每次课程操作运动项目数, 每组运动操作重复动作的次数, 或每项运动之组数, 就能达到改变训练量的目的。举例来说, 高负荷、低反复次数、中至高的组数即是典型的阻力训练。用已训练及未训练的人来做个案研究, 在每个运动中使用二 (55, 170)、三 (149, 250)、四到五 (56, 122) 和六个或更多 (123, 236) 的组数都能产生肌力显著的增强。在直接对照比较中, 研究也已指出初学者, 在 2~3 组 (35) 及 2~4 组 (202) 中有类似的肌力增加, 而三组被认为优于一组和二组 (23)。虽然关于每次训练课程中各个肌肉群所需多少组数才会是最理想的所知不多, 在一个针对 37 个研究的整合分析, 结果显示运动员每个肌肉群大约需八组即可产生最大的效果影响 (206, 207)。

另一个受到相当注目的课题是一组和多组之训练计划的比较, 在许多这方面的研究中, 每个训练中的一组动作, 以相对地慢速做 8 到 12 次反复, 拿来和周期化和非周期化多组训练作比较。这些研究受到的共同批评就是每个运动的组数多寡, 没有从强度、频率和重复速率这些变项中加以控制。尽管有以上的批评, 大多数为肌肉适能而做一组和多组数训练的研究, 比较单一组训练和依比例变化强度可能组数之多组数训练的效果。这样的设计要找出一个明确的建议是很困难的, 因为这些研究的结果不一致。数个研究指出在单一组和多组数之训练中, 得到的肌力增加相类似 (40, 132, 248)。然而, 其它研究却指出先前未受训练之个人透过多组数训练效果较佳 (23, 27, 237, 251, 256)。自从 2002 年以来, 有六个研究显示在 33~100%的动态肌力评估中, 多组数的训练占优势, 而其它的动态肌力评估也显示类似的增加 (81, 126, 175, 192, 203, 231)。这些数据 displays 未经训练的个人能在单一组及多组数训练中都有良好的反应, 并成为一般体适能热衷者所喜爱的单一组数训练的主要依据 (68)。除了其中之一 (110), 所有的研究中, 采取阻力训练的个人透过多组的训练已证实在肌力提升上得到较好的效果 (142, 149, 155, 160, 228, 238)。在停经后接受阻力训练的女性中, 采多组数训练肌力增加达到 3.5~5.5%, 而采单一组训练则造成肌力减少-0.1~2% (142), 目前并未有研究探讨受过训练和未受过训练的个人采用单一组训练是否会优于多组训练。

整合分析的结果显示, 在未受过训练 (224, 225) 和受过训练者中 (224, 225, 278), 多组阻力训练在肌力提升上优于单一组训练, 且显示为期 17~40 周 (278) 之多组阻力训练在肌力增加上较优。这些研究也显示出每个运动操作 3~4 组能产生最大的影响效果 (224, 225)。因此, 在相对短期的训练过程中, 对未受过训练的个人来说两种训练方式对肌力的增加都是有效。长期的研究支持的是适度增加训练量, 对进一步的增强是需要的论点 (27, 224, 225, 278)。然而, 也有认为进一步增加训练量会产生不良的影响。就举重选手而言, 适度的训练量被证实对于增加肌力胜过以同样强度之低量或高量的训练 (90)。其关键因素应在于训练量的变化 (及与强度之间的交互关系) 而不是训练的组数。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 建议初学者开始时每种运动 1~3 组 (23, 35, 40, 55, 132, 170, 202, 206, 207)。

证据类型 B: 长期研究得到的资料指出过去为了进阶至中阶或高阶的状态会使用在训练量和强度上做有系统之变化的多组式训练 (142, 149, 155, 160, 228, 238)。为了降低过度训练的风险, 不建议在训练量上做剧烈的增加。在此必须提醒不是所有的运动都要作相同次数的组数。高量或低量训练的重点, 取决于个人训练课程的优先级及在训练过程中所要训练的肌肉。

运动的选择 (Exercise Selection)

单关节及多关节运动, 使用多样的形式如: 自由重量、器械式重量、绳索等, 对于增加特定肌肉群的肌力是有效 (47, 157)。多关节运动如: 仰卧推举、蹲举需要复杂的神经反应 (37), 且因为能举出更大的重量而逐渐被视为能更有效提升总肌力的运动 (253)。单关节运动, 如: 伸膝、屈膝被使用于特定目标的肌肉群, 是一种低阶的技能及技术的动作。注意在身体姿势、握法、手的宽度、脚的位置及姿势等的改变, 都会改变肌肉的活化及动作本身。因此很多单关节和多关节运动的变化和进阶是可被操作的。另一个变化运动选项的方式就是将单侧和双侧运动包含进去。单侧操作或双侧操作运动会产生不同等级之肌肉活化, 单侧训练除能增加单侧的肌力也能增加双侧的肌力, 而双侧训练也能增加单侧的肌力 (179)。单侧训练已证实能增进某些方面的运动表现, 并更胜双侧训练, 例如单腿跳跃能力 (179)。在不稳定的环境下, 例如训练稳定的球、摇晃的板子, BOSU 球等 (144), 操作单关节或多关节运动是有其利益的, 这些运动已被证实对于较低躯干肌肉组织和其固定肌 (对应于稳定的环境) 的活动力能有所增进。然而, 拮抗肌力量产生的强度相当的低, 导致举起的重量也较轻 (10, 21)。在各种情况下有许多的运动可供操作为阻力训练变化的选择。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 单侧和双侧、单关节和多关节运动都应该被涵盖在阻力训练中, 并强调多关节运动对初学者、中阶和高阶者可使全面性的肌力达到最大 (33, 96-107, 113, 118, 120, 149-157, 169, 172, 176)。

自由重量与器械 (Free Weights and Machines)

器械式重量已被视为使用上较为安全, 容易学习且能作出一些自由重量训练难作出的运动, 如膝伸展。器材协助稳定身体, 限制住为协助力量产生之特定关节的动作, 且器械式重量在相对的强度和自由重量相比其神经的活化较少 (178)。不像器械式重量, 自由重量训练可形成一种为特定任务所需的动作。由内在和肌肉内协调学习模仿的模式。自由重量和器械式重量两者对肌力增强皆有效, 研究显示, 自由重量训练在自由重量测试, 产生较佳的进步, 而器械式训练在器械式测验, 则产生较佳的表现 (30)。当使用神经测试装置时, 自由重量和器械式重量得到相似的肌力增加 (274)。在选择要包含自由重量和器械式重量时, 应该依据训练的层级, 对特定运动动作的熟悉度及最初训练的目标。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 对初学和中阶者建议, 自由重量和器械式重量都应包含其中 (30, 169, 172, 178, 248, 250, 274)。

证据类型 C: 对高阶阻力训练建议重点放在自由重量, 以器械式重量来符合训练需求 (100, 103, 251)。

运动的顺序(Exercise Order)

运动顺序的安排会显著地影响到肌力的立即表现(240)。这同样适用于当运动是依据主动肌和拮抗肌之肌群关系来安排顺序时,肌力和爆发力是可透过反向运动(拮抗肌动作)加以训练(16);然而,若这样的运动连续操作,肌耐力和爆发力会下降(171)。研究显示多关节运动(如仰卧推举、蹲举、坐姿蹬腿、肩上推举)如果是放在训练之后段,表现会显著地下降,且比不上在训练之前段施作(或在压迫相同肌肉群的数个运动之后亦同)(244, 245)。考虑到这些多关节运动已被证实对增加肌力及使运动表现最大化有所效益,所以为获得最理想的肌力这些运动必须在练习之前段先施作(247)。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 C: 对初学者,中阶、高阶者之全身(在运动中训练到全部肌肉群)之肌力训练,上半身和下半身分开(上半身肌肉组织训练一天,下半身肌肉组织在另一天训练),肌肉群分开(各别肌肉群在一个训练中练习)。练习时,大肌肉群运动先施作,小肌肉群运动后;多关节运动先施作,单关节运动后;高强度运动先施作,低强度运动后;或者上、下半身交替施作。主动肌和拮抗肌的轮替运动,也就是先施作一个肌肉群操作的训练后,接着施作反向肌肉群训练(244, 245)。

组间休息(Rest Periods)

在阻力训练中,每组训练和每项训练之间的休息时间长短,会明显地影响新陈代谢(150, 221)、荷尔蒙(158)及心血管(72)的立即性反应,同时也影响下一组的训练表现(149, 279)和训练的适应(212, 230)。实时的RT可用1到3分钟时间来休息缓和(149),即便在3分钟内,肌力可能无法完全回复(20)。数个研究显示,施作重复动作的次数可靠短暂休息之间隔来解决。3到5分钟的组间休息胜过30秒到2分钟,而产生较少的表现下降(221, 229, 269-271)。对未训练者,循环式阻力训练(在训练中用最少量的休息)证实能产生适度的肌力增加(108)。然而大部分纵贯性训练研究显示,长的休息时间(2到5分钟)比短的休息时间(30到40秒)(3, 213, 230)有较大的肌力增加。而一个研究显示,40秒的休息时间没有明显肌力增加(213)。值得注意的是,休息时间的长度将依照指定的运动项目之复杂性(奥运举重和类似的项目需要较长之休息时间)和将该项运动置入训练计划的原始目标而变化(意即不是每项运动都使用相同的休息间隔)。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 B: 对于初学者、中阶、高阶者建议,用较重的躯干核心运动,使用最少2到3分钟的组间休息(包括明确为增进最大肌力而做的这些运动,如蹲举、仰卧推举)(3, 149, 213, 214, 221, 229, 230, 269-271)。

证据类型 C: 关于辅助运动(那些协助核心运动的动作)1到2分较短的组间休息就足够了(149, 213, 229, 230, 269)。

肌肉动作的速率(Velocity of Muscle Action)

在阻力训练中为表现出动态的肌肉动作而做出肌肉收缩的速度,影响到神经的(97)、肌肉肥大(123, 241)及能量代谢的(17, 173)反应且和处于肌肉最大收缩时相对应之负荷呈现反相关(48, 234)。等速(isokinetic)训练已被证实在有负荷运作于接近训练速度之速率(39, 44, 63, 123, 137, 145),在这特定的训练速率下能增加肌力。然而所有测试的速率中,中速进行训练可产生最大的肌力增加(137)。

动态的、固定的外来的阻力(亦称等张的)或类惯性的训练可造成不同的压力。当有意的以非最大慢慢地重复动作,能观察到力量产生上明显地下降,为了解释刻意操作慢速重复动作的影响,要

注意到在动态的阻力训练中所存在的两种慢速的收缩，即无意识(非刻意的)和刻意的收缩。无意识慢速是在高强度重复动作时使用，不是因为重量就是因为疲劳造成动作的节奏和持续力(动作速率)(187)放慢。相反地，刻意的慢速收缩，使用于非最大情况下的时间，相较于一个对应于非最大之神经活性化的传统(中等)速率，反向力量在一个刻意慢速中是明显较低。举例来说，透过肌电图(143)来测定，故意的使用慢速，能量消耗率较低(173)。一般而言，观察超级慢速反复速率(10:10)和自己选择快速率且配合强度相比时会出现较少的力量峰值，爆发力和反复次数的表现(111)。以一个“非常慢速”(10:5)和一个慢速(2:4)相比较时，必须在训练重量上减低30%(141)。另一个研究将非常慢(10:5)和慢速(1:1)做比较，要完成相同次数的重复动作必须在训练量上降低37~40%(129)。这些数据建议，当较轻负荷刻意慢速，被包含肌肉电位活动力会被限制，最终使其无法提供在阻力训练中的个人达成肌力增进所需之最理想的刺激。

和慢速相比较，中速(1-2:1-2)和快速(<1:1)已被证实在增大肌肉的表现能力(重复动作的次数、功的产出和训练量)(161, 189)和增加肌力获取率上是更加有效益的(113)。重复动作的次数依据一个取决于上升速率的连续。其中一个快速做最大数量的重复动作，当速率变较慢时，依照比例地减少次数(234)。用轻至中等重的重量，增加速率操作重复动作会展现出最大的效果(234)。大部分检测适度高强度下快速之高阶阻力训练。研究已证实这些速率会比习惯上较慢的速率，在肌力增加上更有效果(133, 190)。虽然负荷可能由适中到重，但尽可能快速的提高重量的意图已被证实在训练过程中使肌力增进最大化时显得尤为重要(19)。Keeler 等人(141)证实超过十周一般速率(2:4)的阻力训练，相较于超级慢训练，在八种运动中的五项显著地产生较大的肌力增加(一般的和超级慢，分别有39%对15%的总增加量)对未训练过之个人超过六周的阻力训练。证实以一个较快的速率(1:1)进行训练较一个较慢速率(3:3)训练导致较大的肌力增加。然而，Neils 等人(195)的研究，显示在超级慢和慢速训练之间，在肌力增加有统计上的相类似的结果。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 对未训练的个人，建议使用慢速和中速(113, 141, 161, 189, 192, 195)。

证据类型 B: 对中阶者的训练建议，阻力训练使用中速(113, 141, 161, 189, 192, 195)。

证据类型 C: 对高阶者被建议包括从无意识慢速到快速之速率连续。被选择的速率应符合强度，目的应该是在向心肌肉活动之速率的最大化。

频率(Frequency)

最理想的阻力训练频率(每周训练的次数)，取决于一些要素，诸如训练量、强度、运动之选择、训练的等级、恢复能力和每个运动课程所训练到肌肉群的数目。诸多研究已使用在初期未经训练的个人每周二到三间隔日的频率，这样的频率已被证实是一个有效的初始频率(34, 44, 56, 116)。而每周一到二天对致力于阻力训练的那些人来说似乎是一个有效的维持频率(93)。在数个比较肌力获取的研究中，每周训练三天胜过每周一天(183)和每周两天(94)。若训练量相等时每周两天和三天所产生肌力增加近似相同(34)。每周四天优于三天(127)，每周二天胜过一天(217)。一周三到五天优于一和二天(85)，分析后的数据已显示对未经训练的个人，以一周三天的频率能得到最高的肌力获得与增进(225)。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 建议初学者每周训练全身 2-3 天(34, 44, 56, 94, 116, 183, 225)。

由初学渐进到中阶程度的训练时，没有必要改变每个肌群的训练频率，而应该着重于改变其它实时的变化如：运动形式的选择、量及强度。增加频率有助于更大的特殊化(例如：依照更多的特殊目的而给予肌群更多的运动型态选择及运动量)。为了达到全身的训练，一般都会分为上半身、

下半身或不同肌群(157)。在上半身、下半身及全身训练都显示肌力有相同的增进(32)。

证据类型 B: 建议渐进到中阶训练时, 可以改为每周训练 3~4 天(全身训练者每周三天或分部位训练以训练每个主要肌群两次者每周四天)(34, 85, 94, 183, 225)。

在高阶训练时, 最佳的训练频率有许多的考虑。在美式足球队员的训练中, 其每周四至五天的训练所达到的结果比每周三天或六天的训练更好(118)。高阶的及优秀的运动选手和健美选手使用高频率的训练方式, 例如: 每周训练 4~6 天, 甚至更多, 每天分两次训练(每天训练两次, 分别注重于不同肌群)是很常见的(102), 如此每周将达到 8~12 次的训练。优秀的奥运举重选手每周的训练频率是 18 次(280)。高频率的训练经常会缩短训练时间, 而且为了高强度的训练及运动表现需要注意恢复时间、营养补充及食物摄取(减少疲劳)。Hakkinen 及 Kallinen 指出每天两次的训练量比每天一次对于肌肉横断面积(CSA)及肌力有更大的增加。优秀的健力选手每周训练 4~6 次(75), 重要的是在高频率的训练模式中并非所有肌群在每次训练中都有训练到。整合分析的数据显示高阶训练的个体在每周训练一个肌群两次时会增加最多的肌肉大小(225), 而每周训练 2~3 次的运动员也有相似的增加效果(206)。

证据类型 C: 建议高阶训练者每周训练 4~6 次。优秀的举重及健美选手则偏向非常高频率的训练, 例如: 每天训练 2 次, 每周训练 4~5 天(102, 118, 206, 225)。

肌肉肥大(Muscular Hypertrophy)

阻力训练会透过机械、代谢及荷尔蒙的途径, 导致肌肉肥大(156, 176, 249, 250)。肌肉肥大的过程牵涉到收缩性蛋白质“肌动蛋白”及“肌凝蛋白”在其它结构性蛋白中总量的比例性增加。机械性负荷影响一连串细胞内调控基因的表现及蛋白质的合成。阻力训练影响近 70 个基因的活性(266), 正调节因子牵涉到肌肉细胞合成(例如: myogenin, MyoD), 负调节生长抑制因子(例如 myostatin)(148, 235)。人类骨骼肌蛋白质的合成增加从一回合的激烈阻力训练到高峰期大约是运动后 24 小时, 这种同化的状态会由运动后 2~3 小时一直提升到运动后 36~48 小时。其它的因素如: 运动种类、肌肉动作、代谢形成, 胺基酸摄取及内分泌反应(睾固酮, 生长激素[GH], 醛固酮, 胰岛素及类胰岛素生长因子 I)都对肌肉肥大有所帮助(158), 结合机械的刺激(大重量、离心收缩、及低到中等训练量)及代谢的(代谢产物的累积)刺激将导致最佳的肌肉肥大。

以先前未受训的个体, 测试导致肌肉肥大的时机, 发现在训练的初期神经适应占了很大的优势(188)。肌肉肥大的现象在最先的六周就已经发生(211), 然而蛋白质的量(250)及合成速率的改变发生的更早, 由此可见神经适应及肌肉肥大交互影响了肌力的发展。当神经适应产生后给予一个可负荷的重量将减少肌纤维的招募(215), 这个发现指出为了招募最大量的肌纤维逐渐超负荷训练是必须, 也因此产生肌肉肥大, 由此可知改变训练模式以设计达到神经及肌肉肥大的因素, 可能对于增加肌力及肌肉肥大有最大的帮助。

增加肌肉肥大训练设计之建议(Program Design Recommendations for Increasing Muscle Hypertrophy)

肌肉动作(Muscle Action)

证据说明与建议(Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 以近似于肌力训练(55, 112, 131), 对于初学、中阶及高阶阻力训练建议向心收缩、离心收缩、等速收缩的肌肉动作。

负荷与训练量>Loading and Volume)

多种方式的训练都会导致男性及女性增加肌肉肥大(3, 49, 157, 249), 在未受过训练的个体其瘦

体组织也有相似的增加，不论是在单组或多组的训练中(175, 228)，然而证据支持多组训练较有利于肌肉肥大(231)，许多先前的研究呈现出一般的、非特殊设计的训练对于初学者及中阶者增加肌肉肥大是有效的。

在高阶训练中，操作的变化以最佳化机械的及代谢的因素(实施许多负荷/量的策略)呈现出最有效的方法以最佳化肌肉肥大。阻力训练以达到肌肉肥大，使用中等到极高的负荷，相对高的量，及短的组间休息时间(75, 157)，这种训练将比高负荷、低量模式，长(3分钟)组间休息时产生较高的睾酮及生长激素的提升(91, 151, 152)。结合了机械负荷的训练牵涉到肌力的增加和肌肉肥大(190)。由此可知和低量、单组的模式相较之下，高量、多组的阻力训练模式对于肌肉肥大有较高相关(149, 155, 169)，传统的阻力训练(高负荷、低次数，及长的组间休息时间)可以产生显著的肌肉肥大(96, 258)，然而传统的阻力训练可能并不能使肌肉肥大最大化，Goto 等人(91)提出在每种运动(传统的阻力训练)增加一组低负荷 25~35 次的动作会增加肌肉横断面积，而传统的阻力训练(3~5RM, 多组数)并不能增加肌肉横断面积。增加高量的组则急剧的提升生长激素(91)。然而只用低负荷训练的结果可能并不明显，Campos 等人(33)指出 8 周 25~28RM 的训练并没有导致 Type I 或 Type II 肌纤维的肌肉肥大。结合肌力训练(强调机械负荷)及肌肉肥大训练，中等负荷，高次数，短组间休息，更强调总训练量(且依靠于糖解作用代谢因子)，能更有效用于高阶的肌肉肥大训练。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 建议初学者和中阶者使用中等负荷(70~85%1RM)进行每组 8~12 次反复，每个运动进行 1~3 组(3, 49, 157, 175, 228, 249)。

证据类型 C: 对于高阶训练，建议每个运动以 70~100% 1RM 的负荷，反复 1~12 次，重复 3~6 组，在如此的训练周期之中，多用 6~12RM 的负荷，而较少用 1~6RM 的负荷(149, 155, 169)。

运动的选择与顺序(Exercise Selection and Order)

单关节及多关节运动都能增加肌肉肥大，动作的复杂性会影响导致肌肉肥大的时间，多关节动作会比单关节动作需要更久的神经适应时间(37)。动作顺序影响肌肉肥大的效果并不清楚，然而有例外存在(用相反的训练顺序来导致更程度的疲劳)，其指出肌力训练的动作顺序建议指南可以用来增加肌肉肥大。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 建议单关节及多关节的自由重量及器械都可以包括在初学、中阶、及高阶的阻力训练模式(30, 157, 169, 172, 178, 248-250, 274)。

证据类型 C: 建议相似于肌力训练的动作顺序(244, 245, 256)。

组间休息(Rest Periods)

在激烈的阻力运动中，组间休息时间显著的影响代谢(221)及荷尔蒙的反应(158)。休息时间的长短明显的影响肌力，但对于肌肉肥大则不清楚。有实验指出，对于再度训练的人给予 30 秒、90 秒、180 秒的不同组间休息时间持续 5 周的训练，其肌肉围度、表皮厚度及身体质量并没有显著差异(230)。Ahtiainen 等人(3)提出经过三个月的训练，五分钟组间休息时间组与两分钟组间休息时间组其肌肉横断面积增加是相近的。相对于经常高负荷及长组间休息时间而言，中等到高强度及量的训练配合短组间休息时间(1~2 分钟)更能快速提高同化性荷尔蒙反应(151, 152)。快速的荷尔蒙反应相对于长期的荷尔蒙反应对于肌肉肥大是更重要的(177)。配合训练强度、组间休息的长短可能更能达到肌肉肥大的目的。肌肉肥大的训练可能不同于肌力及爆发力训练，因为肌肉肥大训练明

确的目标是在产生无氧的环境。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 C: 建议在初学及中阶训练模式可用 1~2 分钟的组间休息时间, 对于高阶训练而言, 组间休息时间长短要对应于动作或训练阶段的目标, 高负荷的主要动作可以 2~3 分钟的组间休息, 而中等到中高强度的其它动作可能用 1~2 分钟的组间休息 (3, 151, 152)。

反复速率 (Repetition Velocity)

关于反复速率对于肌肉肥大的效果较少了解, 没受过训练的个体, 以快速 (1:1) 及中到慢速 (3:3) 的速率训练六周, 在肘肌肌肉围度的变化是相似的 (192)。然而, 快速 ($210^{\circ}/S$) 等速离心收缩训练八周产生 Type II 肌纤维横断面积的增加大于慢速 ($20^{\circ}/S$) 训练 (214), 快速 ($180^{\circ}/S$) 的等速离心收缩训练八周产生的肌肉肥大较慢速 ($30^{\circ}/S$) 离心收缩及快速与慢速的向心收缩训练都多 (64)。对于动态恒定外在阻力训练而言, 有人提出较高的动作速率对于肌肉肥大的刺激少于中等的速率。然而, 在总训练时间相同时 (129), 刻意放慢的动作因为必须明显减少负荷, 因此导致较少的血乳酸反应及较少的代谢反应, 这表示在高阶训练要使肌肉肥大达到长期的进步运用不同的反复动作, 时间是个关键。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 C: 建议使用慢到中等速率于初学及中阶训练的个体。对于高阶训练而言, 建议依照负荷、反复次数及运动目标来决定慢、中及快的反复速率 (64, 192)。

频率 (Frequency)

训练频率依照每次训练时的肌群的训练量及强度调整。对于初学及中阶的男性及女性, 每周 2~3 天的频率是有效的 (34, 49, 116)。对于高阶的肌肉肥大训练则建议较高的训练频率。然而, 只有某些肌群在每次训练时可以用高频率。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 建议对于初学者的训练 (每次都训练全身) 可以每周 2~3 天的频率 (34, 49, 119)。

证据类型 B: 对于中阶训练, 建议和全身训练相似或是每周四天, 每天两次分开上半身与下半身训练 (各主要训练肌群每周训练两次)。

证据类型 C: 对于高阶训练, 建议频率是每周训练 4~6 天。把各肌群分开训练 (每次训练 1~3 个肌群) 可以在每次训练达到较高训练量。

增加肌肉爆发力的训练设计之建议 (Program Design Recommendations for Increasing Muscular Power)

在运动、工作及日常生活的活动中, 最大力量的产生是必须。就定义而言, 产生更多力量即花较少的时间完成同样的工作量或是花同样的时间完成更多的工作量。肌肉爆发力是产生的力量与动作速度的乘积, 其呈现为给予一个动作/反复次数而达到其最大力量输出, 这也被视为一个极重要的测试及训练。

神经肌肉对于最大肌肉爆发力包括 1) 最大肌力发展速率 (RFD), 2) 在慢或快收缩速率时力量的产生, 3) 牵张-收缩循环表现, 及 4) 动作方式及技巧的协同。许多实验表示传统阻力训练可以增进爆发力表现 (1, 88, 156, 277) 这呈现出爆发力的产生依赖肌肉力量的发展。然而, 高爆发力输出的动

作用于相对高负荷所增加的垂直跳能力比传统肌力训练高(98, 99)。关于爆发力的产生是力量乘上速度，其表示重阻力训练配合慢动作速度会增进最大力量的产生，而爆发力训练(轻到中重量、快速)会增加力量输出在较高的速率及肌力发展速率时(98, 99)。

做爆发性动作时，重阻力训练会随着时间而减少爆发力的输出(25)，在固有的传统重量训练模式中，向心收缩动作的负荷会比例性(24~40%)的减少(60, 197)。当负荷 1RM 的低百分比时(81%) (60)或试图快速的移动杠铃来训练较多的、特殊性的动作速度以达到目标的能力时(197)，负荷比例性减少的现象会增加其百分比到 52%。弹振式阻力运动(爆发性动作，在动作全程可以加速，导致更高的力量峰顶及平均负荷速度)已经表示可以控制这个问题(98, 121, 198, 276)。负荷 30%1RM 的蹲跳已经显示比传统的背部深蹲及渐增性训练更能增进垂直跳的表现(276)。

运动的选择与顺序(Exercise Selection and Order)

虽然单关节动作已经被研究，多关节动作已经被广泛用于爆发力训练(139)，全身动作(如：上搏及推出)是建议的，这些动作需要快速的产生力量(82)且对于增进爆发力是非常有效(263)。建议在每次训练之初先做这些动作且其顺序由其复杂度而定(如：抓举在上搏前，而之后再做变化如高推)。在多关节动作如深蹲之前，先做高速率的爆发力动作有助于促进深蹲的表现(247)，原因可能是活化后潜能(postactivation potentiation)的改变。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 B: 建议初学、中阶及高阶的爆发力训练中运用优势的多关节动作配合相似于肌力训练的顺序方针(82, 139, 247, 263)。

负荷 / 训练量 / 反复速率>Loading / Volume / Repetition Velocity)

许多因素影响达到爆发力峰值的强度，并且显示出取决于运动型态(弹振的或传统的)和个体的肌力程度(139)。弹振运动的最大爆发力，其范围为 15~50%(上半身运动)，0%(体重)到 60%(下半身运动，主要为蹲跳)，而传统运动的范围则介于 30~70%1RM (41-43, 139, 260)。奥运选手举起的最大爆发力大约是 70-80% 1RM (42, 140)。虽然任何的强度都可以提高肌肉爆发力，并且使力量速度曲线向右移，但特殊性仍是必须的，像训练所包含的强度范围应该强调强度需配合运动或活动进行的需求(139)。快速的举起速度需要最理想的爆发力发展训练，此训练搭配非最大的负荷，当习惯较高强度时，刻意以最快速度举起重量乃是必须(19)。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 一致被建议的典型肌力训练计划是每个运动做 1 到 3 组，使用轻到中度的负荷(上半身运动 30-60%1RM，下半身 0-60%1RM)，3 到 6 次反复(19, 41-43, 139, 260)。

证据类型 B: 力量提升的过程需使用不同的周期负荷计划。重的负荷(85-100%1RM)对于增加力量是必需的，而为了增加快速的力量产生，则以轻到中度的负荷(上半身 30-60%1RM，下半身 0-60%1RM)做爆发性速度是必要的。多组数(3 到 6 组)的计划结合 1 到 6 次的反复并配合周期的肌力训练是被建议的(74, 199, 206)。

休息期(Rest Periods)

爆发力训练的休息期与肌力训练是两者相似。为确保在组数中每个反复进行的质量(完成最高速率和最大动力输出的高比例)，休息是极其重要的。除此之外，在爆发力训练计划的每个反复的技术质量，强调组间休息是必须的，适当的训练强度将诱导出需要的神经反应。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 D: 建议的组间休息为每个核心训练的组数间至少 2 至 3 分钟。对帮助运动而言, 短的休息间隔(1-2 分钟)是被建议的。

频率(Frequency)

爆发力训练典型的结合周期肌力训练计划, 乃是由于在这两个变量之间有重要的内在关系(97, 198, 199)。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 初学者的爆发力训练, 建议的频率与肌力训练是相似的(每周 2-3 天, 着重于全身性运动)。

证据类型 B: 中阶者的爆发力训练, 建议全身性的或上半身/下半身分开的训练, 频率为每周 3-4 天。

证据类型 C: 高阶者的爆发力训练, 建议针对全身性或上半身/下半身分开的训练, 频率为每周 4-5 天。

增加肌耐力的计划设计之建议 (Program Design Recommendations for Increasing Muscular Endurance)

局部肌耐力, 非最大的局部肌肉和高强度(或肌力)的耐力, 已被证实在阻力训练期间会增进(9, 59, 125, 169, 255)。阻力训练已经被证实会增加局部肌耐力(特定的训练前负荷的反复次数之最大数目)(9, 33, 125, 149), 但是相关的局部肌耐力其效果是受限制的(耐力评估在一个特定强度或 1RM 的百分比)(172)。许多的研究中已证实, 中度到轻度、高反复次数的阻力训练对增加局部肌耐力有最大的效果(9, 33, 91, 125, 227)。尽管有一个研究发现高度训练的耐力运动员, 以高强度、低反复次数的训练较有效果(59)。增加肌力和局部肌耐力是有相互关系存在, 单独的肌力训练可能增加肌耐力到某些程度。然而, 训练的特殊性会产生最大的效果(9, 255)。增加局部肌耐力的训练, 意味着个体 1) 执行高反复次数(高张力、长持续时间组数)和/或者 2) 组数间最小的恢复。

运动的选择与顺序(Exercise Selection and Order)

运动强调在阻力运动时以复合的大肌肉群诱发最大的急性代谢反应(17)。代谢需求对骨骼肌的内部适应是一个重要的刺激并能改善局部肌耐力(增加粒线体与毛细血管数目、肌纤维型态转变与缓冲能力)。疲劳(能量物质的耗尽与代谢产物堆积降低能量的产生)是耐力训练中必然的元素, 与疲劳相较, 肌力训练的运动顺序可能不是这么重要。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 初学者、中阶与高阶者的肌耐力的训练, 建议在计划中使用包含单侧与两侧的多关节、单一关节的运动来增进局部肌耐力, 并使用不同的顺序结合(9, 59, 125, 169, 255)。

负荷与训练量>Loading and Volume)

负荷是多型态的。轻的负荷结合较多的反复次数(15-25 次反复或更多)已经被证明对增加局部肌耐力更加有效(9, 33, 227, 255)。然而, 中到重的负荷(结合短的休息时间), 对增加高强度肌耐力也同样有效果(9, 33)。多量(包含多组数)的计划被证实对局部肌耐力有较多的提升(33, 149, 169, 255)。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 初学者与中阶者的训练, 建议使用较轻的负荷(10-15 次的反复) (9, 33, 227, 255)。

证据类型 C: 对高阶者的训练而言, 建议每个运动使用不同的负荷与多组数(10-25 次反复或更多), 以周期的训练方式可使整体上是较轻的强度并有较多的总训练量(227)。

组间休息(Rest Periods)

阻力运动中的休息间隔的持续时间对局部肌耐力是有影响的。已经证明与举重运动员相较(以低到中的量和较长的组间休息训练), 健美的运动员(以多量与短的组间休息训练)显示出显著较低的疲劳率(150)。这些数据证明对增进局部肌耐力而言, 多量、组间休息时间短是有益的训练方式。值得注意的是, 另一个耐力训练的流行方法为循环式阻力训练。循环式阻力训练已被证实可以有效的增加局部肌耐力(167, 275), 由于它有高度连续性的关系。因此, 运动间隔中最少的休息被采用。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 C: 建议在局部肌耐力训练中使用短的组间休息。举例来说, 高反复次数的组数(15-20 次反复或更多)中休息 1-2 分钟, 中度的组数(10-15 次反复)则小于 1 分钟。循环式重量训练建议的休息时间相当于从一个运动站结束到下一运动站的时间(167, 275)。

频率(Frequency)

局部肌耐力的频率与肌肉肥大训练相似。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 训练全身时, 低频率(每周 2-3 天)对初学者有效(9, 59, 125, 169, 255)。

证据类型 B: 中阶者的训练, 建议每周 3 天的全身训练和每周 4 天的上半身/下半身的固定训练。

证据类型 C: 高阶者的训练, 可能使用较高的频率(每周 4-6 天)训练独立的肌群。

反复速率(Repetition Velocity)

等速运动的研究中证实快速(每秒 180°)的训练方式可以提升局部肌耐力(2, 186)。因此, 建议以快速收缩进行等速运动。然而, 在动力学固定外在的阻力训练期, 快、慢速率对增进局部肌耐力均有效。两个有效的策略延长组数的持续时间, 1) 中度反复次数刻意使用慢速率, 2) 高反复次数使用中到快速率。Ballor 等人(17)证实与中、高速率相较, 刻意使用慢速率、轻负荷的训练(5:5 和更短)更有助于代谢需求。然而, Mazzetti 等人(173)证实极快速的反复收缩比慢速收缩会造成更多的能量消耗。当强度与训练量合适时, 较慢的速率会增加血乳酸(173)。

增加张力的时间与充足的负荷会使肌肉的疲劳增加(262), 而疲劳对诱导局部肌耐力的提升是重要的。Tran 等人(262)的研究结果显示, 3 组 10 次反复(5:5)、3 组 10 次反复(2:2)、3 组 5 次反复(10:4), 最高量的负荷与张力时间, 举例来说, 第 1 个方式导致最大量的周边疲劳。ISOM 的峰值(19%)和力量发展率(46%)比其它两个方式显著减少(13-15%和 9-13%)。因此, 传统的速率可能比适当负荷的慢速率有较少的疲劳。然而, 这与刻意慢速去进行大量的反复次数是不同的。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 B: 建议中度反复次数时(10-15) 刻意使用慢速。增加反复次数, 中速到快速比慢速的训练更有效(161)。如果执行大量的反复次数(15-25 或更多), 则建议中速到快速。

应用在运动上的关联 (Relevance to Sports Applications)

动作表现 (Motor Performance)

阻力训练可以增进动作表现。特殊性原则对增进动作表现而言是相当重要，当阻力训练计划的订定包含特殊性时，将可以被观察到最大的改善。增进动作表现的建议与肌力和爆发力训练相似。

垂直跳 (Vertical Jump)

在等速和爆发力的阻力运动中测验，力量的产生与垂直跳有高度的相关性 (28, 208, 216)，阻力训练可能可以增加垂直跳高度 (1, 252)。已有研究报导，闭锁链运动 (运动时末端是固定的，譬如蹲举) 和垂直跳 ($r=0.72$)、立定跳远 ($r=0.65$) 呈现高度相关 (24)。闭锁链运动的训练比开放链更有效的增加垂直跳高度 (12)。全身性多关节运动，例如奥运举重 (抓举、挺举和其变化) 已经证明所增加的跳跃能力和肌力训练 (82, 120, 263) 相当 (120)。这些运动的高速率和关节的关连与其能力，结合肌力、爆发力和神经肌肉协调证明直接的增进跳跃表现。垂直跳的进步显示出与训练强度的效果及收缩速率呈相关。几个研究证实轻度负荷改善跳跃高度 (小于 60%1RM)。其它研究 (98, 99, 276) 则指出以高强度训练可以使垂直跳高度增加 (大于 80%1RM) (1)。垂直跳的增进，多组数的阻力训练已被证实比单一组数更有效果 (149)。并且，在足球选手上观察到，每周 5-6 天的训练所诱发出的进步比每周 3-4 天多 (118)。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 B: 建议多关节运动配合重和轻到中度负荷的结合 (使用快速反复速率)，中度到高度的训练量，每周 4-6 天的周期方式，对垂直跳有最佳的效果 (1, 82, 98, 99, 120, 149, 263)。增强式训练 (与垂直跳有关的一种极快速运动) 结合阻力训练是被建议的。

冲刺速度 (Sprint Speed)

冲刺的表现与力量的产生有关 (4, 11)，并且，等速大于 $180^\circ \cdot s^{-1}$ 时的测验是一个很好的速度指针 (205)。和蹲跳的高度与爆发力一样 (46)，冲刺与加速度和相对的肌力有高相关性 ($r=0.88$) (208)。然而，最大肌力的增加与冲刺时间的减少并没有显示高相关 (15)。传统式肌力训练和弹振式训练只会减少一小部分的冲刺时间 (118, 120, 174)，而特殊的髋部屈肌的训练会导致冲刺时间改善 (50)。肌力与冲刺训练的结合可以使冲刺速度有最大的进步 (52)。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 B: 建议在冲刺的训练中应包含阻力和弹振式阻力运动 (搭配冲刺与增强式训练) 的结合 (51, 118, 120, 174)。

敏捷性 (Agility)

个体快速的停止和改变方向的能力，肌力是一个重要的因子 (11, 119, 208)。在下半身的多关节运动上，肌力和爆发力已经证实在不同的敏捷性测验上有相关性 (168)。在每秒 $90^\circ \cdot s^{-1}$ ECC 肌腱力量峰值和敏捷性跑步时间的显著相关性已经被报导，并且可能是成功的重要指标 (11)。阻力训练对敏捷性的测验时间没有改变 (48, 119, 120)、减少 (45) 或增加 (78)。敏捷性的特殊性训练则对敏捷表现有许多帮助。

运动特殊性的活动 (Sport-Specific Activities)

对其他运动特殊性活动而言，阻力训练的重要性已经被证实。下肢踢腿的肌力与足球选手的踢球速度有高度相关 (218)。腕和肘关节的伸肌与屈肌、肩的内缩与外展肌、肩的内旋肌力和投掷速

度被证实有显著相关(73, 204)。几个研究显示出在棒球(162, 180, 196)和欧洲手球(117)选手的投掷速度增加(2.0–4.1%)，来自于传统式(162, 196)和弹振式阻力训练(180)。铅球表现(38)、高尔夫(261)、长距离赛跑(134)和游泳的表现(86)、网球发球速率(155)等运动，已经被证实其改善均来自于阻力训练。

健康老年人阻力运动的渐进模式(Progression Models for Resistance Exercise in Healthy, Older Adults)

健康老年人阻力运动的渐进与维持原则(在这一族群中，身体功能的维持可视为渐进)，是透过单次多样性运动计划系统性的操作来达成。然而，年长者运动的渐进程度必须小心谨慎，特别是患有高血压、关节炎、心血管疾病或其它任何降低身体功能的状况者。有一些其它的阻力运动方式，例如水中阻力运动，已被证实对年长者特别有利且可降低阻力运动的风险。这些研究显示水中阻力运动除了增加肌肉力量、爆发力和骨质密度外，同时可以改善心血管疾病和心理功能(13, 257, 264, 266, 267)。此外，每个人基于现有训练情况、过去经验、关节健康状况和个人对训练张力的反应而产生不同的表现。一个好的训练计划需藉由提升肌肉适能的一些元素，例如肌肉力量、平衡等，来提高生活质量(61)。这样的计划必须包括多样性、逐步渐进的超负荷、运动恢复和张力的谨慎注意以及特殊性等原则。最近发现年长女性在相同运动强度下，其扭力峰值(peak torque)和平均爆发力高原期(average power plateaued)的量皆显著增加(243)。

肌肉力量和肌肉肥大的训练不仅可以提高生活质量，并且降低肌肉萎缩症(sarcopenia)的发生。拥有完美的力量以达到或超越表现目标对越来越多的老年人来说是重要的。许多研究显示以阻力训练增加老年人肌肉的大小和力量，只要达到基本要求的强度和量即可(31, 36, 61, 69, 77, 105, 106)。ACSM 对健康成年人基本阻力训练计划的建议，也是老年族群一个有效的起点。

当老年人的长期目标是让力量渐进提升到更高的水平和肌肉肥大，证据支持可以使用多样性的设计计划(105, 106, 154)。而研究也证实可以显著增进老年族群的肌力(61, 69, 77)。重要的是，渐进原则是采逐步推进。每周无论是1至3天的训练频率同样对肌力都有增加的效果，但是对老年妇女而言，每周3天的训练效果，无论是在局部肌耐力、协调性、平衡感和心肺适能都优于每周1天的训练效果(193)。一些研究证实，中度(50–60%1RM)和高度(80–85%1RM)的训练强度，或是超过18–24周6–15RM(109, 265)的训练，有类似的肌力增加效果。每周训练3天，3天分别使用50%、65%和80%的1RM训练强度，和每周3天，每天80%的1RM训练强度相较，肌力的增加效果类似(128)。然而，许多研究证实，高强度(80–83%1RM)训练比中等强度(50–63%1RM)和低强度(20–48%1RM)的训练产生更多的肌力增加(53, 65, 66, 135, 136)。因此，不同的强度，可能影响老年族群的训练，特别是在训练的早期。

证据说明与建议 (Evidence statement and recommendation):

证据类型 A: 为了增加老年人的肌力和肌肉肥大的建议如下：使用自由重量训练和器械式多关节和单关节训练，以缓慢到中等速率操作，实施每周2–3次、每次1–3组强度60–80%1RM动作、反复次数8–12次、同时组间有1–3分钟休息的运动训练(31, 53, 61, 65, 66, 69, 77, 105, 106, 109, 128, 135, 136, 265)。

产生肌肉高爆发力的能力随着年龄增加而减弱(107)。肌力和爆发力的增加，可以提高老年人需要快速力量发展率(RFD)的困难动作表现，包括降低跌倒的风险(212)。健康老年人爆发力训练的内容是有文献支持的(107, 154)。肌肉萎缩是由于部分肌纤维损失和其它肌纤维的萎缩伴随的神经纤维损失，特别容易发生在老化和缺乏活动者的快缩肌上(164)。老化引起的肌肉萎缩和肌力及爆发力的降低有关(77, 104)，且爆发力下降的幅度比最大肌力的丧失来得大(246)。虽然大多数研究

着重于老年人重度阻力运动计划的界定，但是爆发力的训练不仅提升功能性的能力，对于其它生理系统，例如结缔组织，同时也具有附属的效果(18)。

自 2001 年以来，一些研究已界定了一些老年人爆发力训练的研究，例如，自由重量训练和器械式重量训练在向心收缩期动作速率较离心收缩期的控制(2-3 秒)来得快。中低强度(20-80%1RM)和高速的训练在老年族群是可以被接受的，且持续显示可以有效提升爆发力的产生、肌力和日常生活的活动表现，例如，从椅子站起来和保持平衡(29, 53, 57, 107, 115, 124, 199, 200, 243)。相较于传统阻力训练，爆发力训练证实对于最大肌力具有类似(29, 70)且稍微小(185)的增加效果，但有更多的爆发力的提升(29, 70)和功能性表现的增强(29, 185)。de Vos 等人(53)证实受试者 50%1RM 爆发力训练可以得到最多的肌肉爆发力，而受试者 80%1RM 阻力训练则可以获得最多的肌力和肌耐力。基于这些数据的基础，老年人高速、低强度运动的渐进模式宜审慎的处理。

证据类型 B：提升健康老年人的爆发力包括：1) 训练以提高肌力，2) 无论单关节或多关节的运动表现，每个运动以轻度过到中度负荷(30-60%1RM)，实施一到三组，每组反复次数 6-10 次的高速反复(29, 53, 57, 70, 107, 115, 124, 185, 199, 200, 243)。

增加老年人的局部肌耐力可以提升执行非最大负荷的工作能力和休闲活动。虽然老年人局部肌耐力训练的文献不多，但是对于年轻人族群而言，局部肌耐力可以透过循环式阻力训练(275)、肌力训练(125)，高反复的中等负荷计划(9)来提升。多组的训练可以提升年龄 65-78 岁的受试者 44.3-60.5%局部肌耐力，而单组训练却只能提升大约 10%(81)。

老年人也适用年轻人类似的训练建议，例如，中低的运动负荷(40-70%1RM)和中高的反复次数(10-15 次或更多)(81)。

结 论

阻力训练的渐进原则依据适当且特殊的训练目标来发展，并且应该是个别化的过程，包括适当设备的使用、训练计划的设计、及为了安全而有效地完成计划的运动技术。受过训练且能胜任的肌力及体适能专家必须参与此过程，才能使训练计划的设计和安全性达到最佳化。虽然在此可提供一些例子及指导方针，但是健身运动人员的专业训练、良好判断和经验，是支配这个训练成功的关键。不过，在阻力训练的渐进原则中，还有许多可供选择的运动处方用来达到健康、体适能及身体表现的目标。

表 2 渐进式耐力训练建议摘要表

	证据说明	等级
肌力训练		
· 在初学者、中阶和高阶的训练中应包含向心收缩、离心收缩和等长收缩。		A
· 初学者和中阶者其训练负荷~60-70%1RM, 反复次数 8-12 次; 高阶者其周期训练负荷为 80-100%1RM。		A
· 在一个特定的 RM 负荷时, 当个体在二个连续的训练周期中, 其当下重量负荷可以做出超过预期反复次数 1-2 次时, 建议以 2-10%来增加负荷。		B
· 建议初学者每次运动实施 1-3 组动作。		A
· 建议中阶及高阶者可以渐进实施多组的训练计划(以数量和强度做系统性的变化)。		A
· 初学者、中阶及高阶者增强肌力应涵盖单侧与双侧之单关节和多关节运动(特别是多关节运动)。		A
· 初学者及中阶者训练应涵盖自由重量训练和器械重量训练。		A
· 对高阶者肌力训练而言, 建议依据训练计划所需把重点放在自由重量训练和器械重量训练上。		C
· 初学者、中阶及高阶者肌力训练之运动顺序原则为: 大肌群运动先小肌群运动后、多关节运动先单关节运动后、高强度运动先低强度运动后, 或是由躯干上方至下方轮替运动, 也可以相反方向进行。		C
· 对初学者、中阶及高阶者皆建议在较高负荷之核心运动时之休息时间至少 2-3 分钟。辅助运动时则休息时间可缩短为 1-2 分钟即可。		B
· 对未受过训练者, 建议使用缓慢及中等速率的向心收缩。		A
· 对中阶者之训练, 建议使用中等速率的向心收缩。		A
· 对高阶者之训练, 建议纳入非刻意的从慢到快所有不同速率的向心收缩, 并配合不同运动强度实施。		C
· 建议初学者实施每周 2-3 天的全身训练。		A
· 建议中阶者实施每周 3-4 天的渐进训练(依据每次训练参与肌群的数量)。		B
· 建议高阶者实施每周 4-6 天之举重训练。		C
肌肉肥大		
· 建议将向心、离心和等长收缩等动作包含在内。		A
· 对于初学者和中阶者的训练, 建议每次运动实施 1-3 组、每组 8-12 次反复的中等强度负荷(70-85%1RM)。		A
· 对于高阶者的训练, 建议每次周期式运动实施 3-6 组、每组 1-12 次反复、强度 70-100%1RM 负荷, 其中大部分训练以 6-12 RM 为主, 少部分为 1-6 RM。		A
· 建议初学者、中阶及高阶者应包含单关节和多关节之自由重量训练和器械重量训练。		A
· 运动训练顺序的建议和肌力训练相同。		C
· 对初学者及中阶者之训练建议休息时间 1 分钟至 2 分钟以上; 对高阶者之训练休息时间长度必须和每个运动目标配合, 例如核心运动是重度负荷时, 休息时间为 2 分钟至 3 分钟以上, 中等至中高负荷休息时间为 1-2 分钟。		C
· 对初学者和中阶者, 建议使用缓慢至中等的速率; 对高阶者而言, 缓慢、中等和快速速率的使用, 是依据特定运动的负荷、反复次数和目标而定。		C
· 建议初学者实施每周 2-3 天的训练频率。		A
· 对中阶者的训练, 当以上半身/下半身作为分段训练时, 建议和全身训练类似或是每周训练 4 天。		B
· 对高阶者的训练, 建议训练频率为每周 4-6 天。		C
肌肉爆发力		
· 对初学者、中阶者和高阶者训练而言, 大部分多关节运动的顺序指导原则和肌力训练类似。		B
· 和典型的肌力训练计划建议一样, 爆发力训练包含 1-3 组动作、每组 3-6 次反复的轻到中度负荷动作(上半身动作 30-60%1RM, 下半身动作 0-60%1RM)。		A
· 高阶者的训练建议采多样的负荷计划。重度的负荷(85-100%1RM)对增加力量是必须的; 以爆发的速度进行轻度到中度的负荷(上半身动作 30-60%1RM, 下半身动作 0-60%1RM)对于快速力量的增加是需要的。		B
· 爆发力训练计划多样的组数(3-6 组)建议可以合并到肌力训练计划(以周期式包含 1-6 次反复次数)。		A

- 当在高运动强度下, 建议核心运动组间休息期至少 2-3 分钟, 当在辅助运动和运动强度较低时, 建议休息间隔较短(1-2 分钟)。 D
- 初学者爆发力的训练频率和肌力训练建议类似(每周 2-3 天)。 A
- 中阶者爆发力的训练, 无论是全身或上半身/下半身分段训练, 建议训练频率为每周 3-4 天。 C
- 高阶者爆发力的训练, 建议每周 4-5 天主要的全身训练或上半身/下半身分段训练。 C

局部肌耐力

- 初学者、中阶及高阶者增强局部肌耐力应以多样化和具顺序原则的整合计划, 并涵盖单侧与双侧之单关节和多关节运动。 A
- 对初学者和中阶者的训练, 建议轻负荷(10-15 反复次数)相对使用中度至高度运动量。 A
- 对于高阶者的训练, 每次复合组数运动(10-25 反复次数或更多)建议使用多样性的负荷计划, 以周期式由较低强度训练形成较高的总运动量。 C
- 肌耐力训练建议缩短休息时间, 例如高反复次数(15-20 反复次数或更多)组间休息 1-2 分钟, 中反复次数(10-15 反复次数)组间休息低于 1 分钟。循环式重量训练, 建议以移动至下一运动站的时间为其休息时间。 C
- 以每周 2-3 天低频率的全身式训练对初学者有帮助。 A
- 对中阶者的训练而言, 建议以每周 3 天的全身式训练和每周 4 天的上半身/下半身分段训练进行。 C
- 对高阶者的训练而言, 如果是分段式肌群作训练, 建议使用每周 4-6 天的较高频率。 C
- 建议以刻意的慢速来操作中反复次数(10-15)的训练。 B
- 建议以较快速进行高反复次数(15-25 或更多)的训练。 B

动作表现

- 建议每周 4-6 天周期式多关节运动, 结合重度和轻中度负荷(以快速反复)以及中度到高度的运动量, 可以得到最大的垂直跳能力发展。建议增强式训练(多种跳跃类别的爆发性运动)可以同时结合阻力训练操作。 B
- 建议结合重度阻力训练和弹振式阻力运动(与短跑和增强式训练一样), 有利短跑能力的提升。 B

老年人

- 为了增加老年人肌力和肌肉肥大, 建议实施每周 2-3 天, 每天 1-3 组, 每组 60-80%1RM、8-12 反复次数, 组间休息 1-3 分钟, 多关节和单关节(自由重量训练和器械重量训练)由慢到中度举重速率的训练。 A
- 增加健康老年人爆发力应包括: 1) 训练以增加肌力; 2) 每天 1-3 组以轻到中度负荷(30-60%1RM)、6-10 次的高速反复次数的单关节和多关节运动。 B
- 年轻人的类似建议可能适用于老年人, 例如低到中强度负荷进行中至高反复(10-15 次或以上)可以提升肌耐力。 B

This pronouncement was reviewed by the American College of Sports Medicine Pronouncements Committee and by Ira Jacobs, PhD, FACSM; Brian Schilling, PhD; Ann Swank, PhD, FACSM; Anthony Vandervoort, PhD, FACSM; and Joseph Weir, PhD, FACSM.

This Position Stand replaces the 2002 ACSM Position Stand, "Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults," Med. Sci. Sports Exerc. 2002;34(2):364-80.