

身体说“不”：训练中被拒绝的外部指令与运动科学的范式危机

作者 胡敏 · SDE 学员 · 约 3.0 万字 · 发表于2026年7月29日

摘要

运动科学长期将训练视为一个“施加刺激—产生适应”的外部工程，其标准方法论预设：同一份训练计划在所有受训者身体内部构成了同质的“刺激”。本文旨在撤销这一预设。本文的核心判断是：身体在训练中不是一个被动接收器，而是一个拥有最终裁定权的行为体——它可以在结构允许的情况下，仍然将一次外部要求裁定为不可承受的威胁，并在意识做出判断之前，在生理层面完成这一裁定。这一裁定过程的发生学展开是本文的主体：本文追溯一个动作策略如何在个体的生命史中被一步一步地生成，进而论证一份写在白板上的训练计划在不同身体内部所触发的内部事件在性质上可能完全不同——对一个人是可恢复的挑战，对另一个人是累积性损伤的开始。在此基础上，本文追溯运动科学如何通过标准化实验范式、外部负荷量化工具、以及“个体差异”概念的特定使用，将身体的这一裁定能力系统性地排除在解释框架之外，并论证这一排除不是在某个时间点被“设计”出来的，而是在实验方法论的知识生产逻辑与竞技体育的实用需求中被一步一步地稳定下来的。本文的结论是：训练不是“施加”，而是“询问”——向一个拥有不可褫夺的裁定权的身体提出外部约束，学会读懂它用自己的语言给出的回答。

关键词 内部事件；身体历史；动作策略；预测性编码；个体差异；运动科学范式；裁定权

一、引言：一个被颠倒了因果

运动科学有一个挥之不去的老问题：为什么同一份训练方案，在不同人身上产生的结果可以如此悬殊？

任何一位体能教练都能讲述这类故事。在一个为期八周的力量训练实验中，张三和李四执行完全相同的深蹲训练计划：同样的组数、次数、重量百分比、组间间歇。八周后，张三的深蹲极限重量增加了三十公斤，身体成分和血液指标全面向好。李四的深蹲只增加了五公斤，并在第七周因腰椎间盘突出退出实验。

运动科学对这类故事的回应，是一张不断延长的变量清单：基因多态性、肌纤维类型比例、营养时机、睡眠质量、心理唤醒水平、既往损伤史。这张清单的每一项都有独立文献支撑——每一项在它所限定的窄小因果链条内都是真实的。但清单本身越写越长，却始终回避了一个更根本的问题：如果“同一份训练”从一开始就不存在呢？

本文的核心论证从此处展开。当运动科学问“为什么同一种训练产生不同结果”时，它已经把“同一种训练”预设为一个无须审查的常量。白纸黑字的计划表可以为证。于是所有变异只能来自因变量那一端——每个人体内那台“黑箱”，用它独特的基因、营养和恢复状态，把相同的输入加工成不同的输出。这套逻辑干净、可操作、可发表。但它的干净，是以一个从未被正面验证过的预设为

代价的：训练刺激是一个独立于受训者的、可以从外部被精确描述和控制的物理量；身体对这个物理量的“接收”是标准化的。

本文的立场与此根本不同。一份写在白板上的训练计划是一套符号指令，而符号指令需要经过每个人独特的身体历史——既往的损伤修复循环、长期固化下来的动作策略、以及此刻的疲劳与戒备状态——在动作执行的当下被转译为特定的力学-生化事件。这一转译过程在个体间不具有同构性。同一份计划在张三身体里生成的是恰好能引发力量适应的机械张力事件；在李四身体里生成的却是腰椎间盘的累积性损伤事件。他们执行的是白板上同一行指令——他们身体内部发生的，是两种性质完全不同的内部事件。本文以“内部事件”指称在身体内部生成的、具有特定力学-生化性质的事件，其性质——是可恢复的挑战还是累积性损伤的开始——由身体的裁定过程决定，而非由外部负荷参数单方面决定。

这个论证在运动科学及相关学科中并非无源之水。生态动力学传统早已指出，同一个环境约束对不同个体呈现出不同的行动可能性（affordance），动作不是在执行“程序”，而是在有机体-环境-任务三重约束下涌现出来的。Kiely对传统训练分期理论的批判工作，系统地质疑了标准化周期模型忽视个体间和个体内变异的实质。在运动科学之外，Varela、Thompson与Rosch的具身生成论将“扰动”与“结构耦合”的概念推到哲学深处——系统不是“接收”环境的刺激，而是以自己的结构去遭遇扰动并生成意义。Maturana的名言更是直抵核心：“被环境触发的，不是系统，而是系统自身的结构变化。”在疼痛科学领域，近二十年的保护性输出框架已经阐明：疼痛不是从外周感受器单向传递到大脑的信号，而是大脑基于全部生物-心理-社会历史对威胁的推断输出。

这些工作各自在特定维度上动摇了“身体是被动接收器”的预设。但它们尚未明确说出一步，而这一步是将这场对话从方法论批评升级为范式转换的关键。如果身体不是在“接收刺激”——如果身体是在每一次与外部计划接触的瞬间，主动生成一个内部事件，并且身体对这一事件的生成方式无法被外部指令所规定——那么问题就不再是“如何更好地控制刺激”，而是“在训练这件事上，谁是最最终的裁决者”。

本文要论证的是：最终的裁决者不是教练的计划，不是科学的模型，不是训练者自身的意识意图或意志力——而是身体自身，在它的全部历史、全部结构、全部当下状态中，对每一次外部要求做出的裁定。这个裁定可以在意识的管辖范围之外运行，可以在意志力的强行按压下被延迟表达，但它不会被任何外部权威所撤销。本文以“裁定权”指代这种不可被外部指令或意识意志所撤销的、对身体最终生理状态的决断能力——这是一个存在论范畴，描述的是在身体的结构计算与外部指令的要求发生冲突时，哪一方的判断最终决定了生理后果。它不是政治隐喻。它是我在追踪训练事件如何在不同身体中被生成的过程中，逐渐意识到的一个不得不用新的语言去指认的东西。这个命名的确切含义，将在论证的推进中逐步获得其内涵。

这一翻转的后果是深远的。如果身体是最终裁决者，那么运动科学当前范式中最根本的那个动作——“施加一个标准化的刺激，然后测量其效应”——在未经检测一个关键前提的情况下就已失效。这个前提不是“控制是否充分”，而是更根本的一层：身体是否愿意、是否有能力、是否有余裕去承接这个外部施加的要求？而“愿意”、“有能力”、“有余裕”——这些词语指向的不是生理学中的“受体敏感性”，而是一个行为体对来自外部的要求所做的内部裁决。运动科学在半个世纪里绕过这个问题的唯一方式，是把身体的存在论地位从一个裁决者降格为一个接收器。从这一刻开始，这份

降格不能再被当作不言自明的前提。它有历史、有生产条件、有系统性代价，也有替换方案。下面的论证将为这一替换提供逐层的结构性展开。

二、一个动作策略的生命史：训练事件如何在不同身体中被生成

如果要论证身体在训练中行使裁定权，最直接的路径不是先给它下一个定义，而是展示：一次训练在身体内部触发的事件，其性质是如何由身体的全部历史与当下状态决定的，而非由外部指令参数决定的。本章从纵向和横向两个维度展开这一展示：先追溯一个动作策略如何在个体生命史中被一步一步地生成（纵向），再展示在同一个训练时刻，不同的身体如何将同一个外部指令生成为性质完全不同的内部事件，以及在同一个身体的不同时刻，同一份指令又如何因当下状态的变化而被重新定性（横向）。

2.1 纵向：一个动作策略是如何被生成的

张三在十七岁时是校篮球队的前锋。那两年里，他在数百次跳跃落地中反复训练了他的髋关节伸展肌群——臀大肌和腘绳肌——让它们在每一次快速离心收缩后的向心阶段抢占激活的先机。他从未专门学过“如何用臀部发力”，他的身体自己学会了。因为在篮球场上，每一次不充分的髋伸缓冲都会在落地时给他的膝关节带来尖锐的反馈——不是疼痛，而是一种瞬间的不稳定感，让他在下一次起跳前多了一个极其短暂的犹豫。数百次这样的微反馈累积下来，他的神经肌肉系统逐渐形成了一条优先通路：从髋关节打开动作，让臀大肌率先放电，股四头肌随后跟进，腰椎在整个过程中不发生额外的屈伸。

这不是一个刻意的“学习”过程。这是大脑在统计上千次动作结果的感官反馈后，对动作解空间进行的一次无意识的剪枝。当一个运动员在数百次落地中反复接收到“膝不稳定”的误差信号时，他的神经系统通过调整运动指令来最小化未来的误差——不是通过意识层面的“我要用臀部”，而是通过突触权重的长时程改变，让“髋主导”的运动指令在每次深蹲或跳跃前以更高的先验概率被选中。十年后的今天，当他站在深蹲架下，那条十七岁时被反复强化的神经通路仍然活着。他的身体默认地从髋关节打开动作。

这种“默认”不是一种选择——它是在身体不知道的时候就已经被做完了的选择。在数千小时的篮球训练、数百场比赛中，每一次成功的髋主导落地都在强化那条通路的突触权重；每一次偶尔的膝主导落地都在产生一个微小的预测误差，驱动神经系统在下次起跳时更早地激活臀大肌。这个过程不需要任何人的指导，不需要任何理论，甚至不需要张三本人意识到它的存在。它就是身体在遭遇重复扰动时，以自己的结构去重新组织自身的方式。

李四在十七岁时没有打篮球。他在重点高中的理科班里每天坐十个小时，偶尔踢足球，从未做过力量训练。当他在二十多岁第一次走进健身房做深蹲时，他的大脑发送的指令是“蹲下去，站起来”——目标是移动杠铃，不是组织动作策略。在缺乏明确髋伸策略的情况下，他的腰椎伸肌群接管了本该由臀大肌完成的髋伸力矩。他用竖脊肌完成了每一次起立。

这不是技术错误。这是他的神经系统在那一刻能够组织起来的、最合理的方案。面对“扛着杠铃从屈膝屈髋位站起来”这个任务目标，他的运动系统需要在一个高维的动作解空间里快速选择一个方

案。这个选择不是无限的——它被过去二十年中沉积下来的运动经验严重约束着。在他曾经探索过的全部运动模式中，“用腰站起来”是他在久坐中反复强化的模式：每一次从椅子上站起来，如果在意识不注意的时候观察，他的髋伸幅度都很小，腰椎前凸的角度变化承担了相当一部分躯干直立所需的伸力矩。这不是因为他的臀大肌“不会发力”——臀大肌在任何健康人体内都有产生髋伸力矩的解剖学能力。问题在于：在绝大多数日常场景中，用腰椎代偿臀大肌是一笔更“经济”的交易——它不需要额外的认知资源去组织未曾训练过的运动程序，不需要在中枢模式发生器里重新排布肌肉激活的时序，只需要调用那条已经被数百万次“从椅子上站起来”强化过的、现成的腰主导通路。在够用的情况下，神经系统不会主动去探索能耗更高、但结构上更可持续的方案。

这不仅仅是“习惯”的问题。这里涉及的是运动系统在长期演化中形成的一个深层原则：在冗余的自由度中选择那条在当前约束下最节能、最不易出错的方案。这种选择的“智慧”在进化尺度上是被奖赏的——节省能量意味着在食物短缺时更高的存活概率。但它在现代健身房这个特定环境中，却可能变成系统性地将负荷导向不该承受它们的那部分组织。数百万次微选择的累积，在李四的运动系统内部生成了一种默认的动作语法——而这个语法的规则，是在健身房这个场景被发明出来之前，就已经在他的身体里被写好了。

此刻，两人站在同一台深蹲架前。张三的身体调用的是一条被数千次跳跃落地所固化的髋主导策略。李四的身体调用的是一条在多年久坐中被不断强化的腰主导策略。他们面对的杠铃重量完全相同。但在张三的臀大肌肌腹里爆发的，是高阈值运动单位的同步放电和随后的代谢产物堆积——这是一次有效的力量刺激，信号分子将在未来四十八小时内触发肌原纤维蛋白合成。在李四的椎间盘后侧纤维环深处发生的，是缺乏血供的持续挤压和微损伤的累积——这是一次退行性病变的增量。

这里的要害不在动作技术层面。要害是：同一个外部指令，被两个身体在各自历史的约束下，生成了两种性质完全不同的事件。张三的身体将这次负重生成了一次适应性挑战。李四的身体将这次负重生成了一次损伤增量。教练的计划书上写的是同一行数字。两个身体对自己此刻正在经历的事件的定性，却已经判然二分。这一裁定不受教练权威的管辖，不受训练者自身主观意愿的左右。身体在教练说出“开始”一词之前，就已经用自己的全部历史做出了判决。

而李四——如果他足够“听话”——会在第七次或第八次训练时继续带上腰带、绷紧核心、告诉自己“再坚持一下”。他的意识没有收到任何明确的疼痛信号。他的意志力告诉他：别人都能做到，你也可以。他的身体在做什么？他的身体在每一次用腰椎代偿臀大肌的深蹲中，都在以微损伤的形式登记一笔尚未到期的债务。这笔债务不记在意识里。它记在纤维环的胶原网络上，记在多裂肌的肌梭敏化阈值上，记在后续训练中更低的中枢激活性上。直到第七周，那个“突然”的腰椎间盘突出——它不是突然的。它是在过去六周里，被每一下深蹲默默地累积起来的。只是意识没有收到账单。

2.2 横向：同一份计划，两个身体，两种事件

前一节的纵向追溯展示了一个动作策略如何在个体的生命史中被生成。现在把镜头拉到横向——两个人同时站在深蹲架前，在同一时刻，遭遇白板上同一行指令。

将训练过程做一个简单的解剖。一个外部训练指令——比如“80% 1RM，5组，5次，组间休息180秒”——实际上包含了一系列需要被身体逐一转译的符号。第一层转译：杠铃上的绝对重量，需要通过关节角度、力臂长度、肌肉附着点的几何关系，被翻译为落在每一块主动肌和拮抗肌上的具体力

矩。第二层转译：这个力矩的施加方式——是快速的爆发式收缩还是缓慢的控制性收缩——决定了肌肉内部的力学环境是偏向高阈值运动单位的募集，还是偏向代谢压力的累积。第三层转译：这些力学和生化信号，在被肌梭、高尔基腱器、痛觉末梢、代谢感受器捕捉之后，被上传至中枢神经系统，与当前的全身体液状态（皮质醇水平、血糖浓度、炎症因子基线）和过去的感官记忆整合，最终被裁定为“可恢复”或“耗竭性”或“损伤性”。

这三层转译，每一层都在不同个体的身体中被不同的结构条件所中介。第一层——力矩的计算——不只是解剖学参数的函数。一个人在全幅度深蹲时髌臼与股骨头的接触面积、关节囊的松弛度、关节周围软组织的水合状态，都会改变同一个外部重量在关节内部产生的实际应力分布。这些变量不是基因的固定表达——它们是身体在多年运动史中，在一系列微损伤-修复-适应的循环中，一步一步被塑造成今天这个样子的。一个人的髌臼软骨厚度，部分地取决于他在过去十年中给这块软骨施加了多少次、多大强度、什么频率的剪切力。他的身体不是“有一套固定的结构参数”——他的身体结构参数本身，就是他的运动史的物质化。

第二层——收缩方式——不只是“快或慢”的选择。一个人的神经系统对某一肌肉的自主激活程度，取决于该肌肉在过去数年中是否被反复用于需要快速、高强度募集的运动任务。李四的臀大肌不是“没有力量”——它在等长收缩测试中可以产生正常的力矩——但在动态深蹲中，他的神经系统无法以足够高的速率募集它的高阈值运动单位，因为在过去十年中，他几乎没有需要动用这些运动单位的运动经验。这种“不会用”与“没有力”之间的区别，在等长肌力测试中几乎不可见——测力台只能测到外部扭矩，测不到产生这个扭矩的肌肉协同方式。于是，本该由臀大肌承担的那部分力矩，被自动挤到了腰椎伸肌群——不是因为李四“想用腰”，而是因为他的神经系统在快速选择运动方案时，优先调用了那些在长期久坐中被反复强化、因而具有更高先验概率的通路。

第三层——信号的中央整合与最终裁定——将在下一节详细展开。在此之前，有一点应当已经明确：从来不存在“同一种训练刺激”。外部指令只是一个符号。这个符号进入不同身体的内部结构之后，被生成为什么样的事件——可恢复的挑战、沉默的耗竭、或即将在数月后以疼痛宣告自己的累积性损伤——是由身体的全部历史、全部当下状态、以及身体自身的裁定过程决定的。运动科学的外部量化装置——杠铃上的数字、组数与次数、甚至表面肌电的均方根振幅——捕捉到的始终只是这个符号本身，而不是这个符号在被身体转译之后所变成的那个东西。而那个东西，才是真正作用于身体的事件。

有一项来自运动生物力学领域的实证研究为上述论证提供了直接的实验支撑。Hodges与Moseley在一项被广泛引用的腰痛运动控制研究中，系统观察了不同个体在负荷下的腰-髌协调策略差异。他们的核心发现是：当面临相同的脊柱载荷时，受试者之间在腹横肌、多裂肌、臀大肌的激活时序和协同模式上呈现出系统性差异；那些采用“腰主导”策略——即腰椎伸肌群不成比例地承担髌伸力矩——的个体，在随后的追踪中显示出更高的下背痛发生率。这不是一个“相关不等于因果”的模糊结论：Hodges等人的工作设计了一种实验范式，在受控条件下分离了不同的肌肉协同模式，并展示了特定的协同模式如何在不改变外部负荷参数的情况下，系统地改变了组织内部的实际应力分布。用本文的语言说：他们捕捉到了身体在运动执行过程中对外部指令的“转译差异”——即同一个外部负荷，在不同个体的神经肌肉协同模式下，生成了力学性质不同的内部事件。

但Hodges等人的工作停在了这一步。他们识别并记录了策略差异与损伤风险之间的实证关联，但他们的解释框架仍然是发现学的：他们问的是“哪一种策略更优”——答案当然是髓主导——但他们没有追问“这种策略差异本身是怎么来的”。在他们的框架中，李四的“腰主导策略”是一个可以被诊断的错误模式，可以被纠正训练所修复。他们不追问：李四的腰主导策略不是从天而降的错误——它是李四过去二十年全部运动史的沉积物，是他在每一次从椅子上站起来时无意识选择的最优解，是他的身体用自己仅有的材料盖起来的一座房子。换一种策略意味着拆掉这座房子。这不是“纠正错误”，这是让一个有着二十年沉积史的结构，重新进入它曾经竭力避免的混沌状态。这一步，是生物力学迄今为止没有迈出的。下文要做的，正是沿着这一裂缝，往下挖到它逼出来的那层问题——身体对一次训练的定性，究竟是如何发生的。

2.3 身体如何裁定一个外部指令：内部信号的生成与定性

前面的讨论展示了外部指令如何在不同身体中被生成为性质不同的力学-生化事件。但还有一个更深的问题：这些力学-生化事件，在被生成之后，是如何被身体“定性”的？

一组深蹲做到第七次时，腰椎深处传来一下模糊的牵拉感。肌梭和痛觉末梢在椎间盘纤维环的后外侧角同时发送了两条信号：一条报告“此处出现了超出日常范围的剪切力峰值”，一条报告“该区域的胶原纤维可能正在发生微损伤”。这两条信号在产生的那一刻，还不是“疼痛”——它们只是电化学事件。它们经由脊髓背角上传，在到达岛叶之前，要经过多层次的、非意识的下行调控。

当代疼痛科学从Melzack与Wall的闸门控制理论到近年来关于中枢敏化和下行抑制网络的研究，已经反复确认了一件事：伤害性信号是否被登记为“疼痛”，不是由外周感受器的放电频率决定的。脊髓背角有一个可变的“闸门”，受到来自脑干（中脑导水管周围灰质、延髓头端腹内侧区）的下行投射的持续调控。这个下行调控的强度，取决于端脑多个区域的综合输出：前扣带皮层编码疼痛的动机与情感成分，岛叶整合全身内感受状态，前额叶皮层评估当下情境的意义与应对策略。而这三种皮层活动的状态，本身又被更宏观的神经化学环境——皮质醇的昼夜节律偏离、慢性压力的累积效应、以及个体在过去反复遭遇疼痛时学习到的应对模式——深刻地、在意识之下地调节着。更近期的“保护性输出”框架则进一步指出：疼痛不是一种被动的感觉，而是大脑基于全部生物-心理-社会历史、对“身体组织是否面临威胁”所做的一次推断输出——这种推断可以独立于实际的组织损伤程度，也可以被意识之下的因素系统性地调高或调低。

在这一框架下，一个训练者对“腰椎深处的牵拉感”的最终体验——是被放大为“停下”的信号，还是被压过阈值、被滤掉为背景噪声——是前述全部因素在此时此地被同时积分的结果。影响这一积分结果的，不只是此刻的力学刺激强度；还包括他是否正在过度训练导致的皮质醇长期偏高中，是否在最近三天有累积的睡眠债，是否在童年和青春期反复被教导“不舒服就坚持一下”，以及他是否对“今天必须完成这一组”有着强烈的内在承诺——这种承诺本身就可以激活足够强的下行抑制信号，暂时压低脊髓闸门对伤害性信号的通透性，让他在第八次和第九次深蹲中继续用腰椎代偿臀大肌的力矩输出。

这里的要害是：这种“压过阈值”的裁定，不是在意识层面做出的。如果训练者自己是带着坚定的意志“坚持一下”完成了这一组，他会真诚地报告“我没感觉到什么特别的不适”。他说的是实话。因为在下行抑制信号足够强的情况下，那个伤害性信号在到达岛叶之前就已经被衰减到意识阈限以下——它没有被体验为“疼痛”。但它依然在。它依然以局部炎症、肌梭敏化、以及下一次训练时

更低的中枢激活阈值为代价，被身体记录在案。身体在这一次训练中，已经在内部做出了一个裁定，而这个裁定与训练者自身的主观体验是分离的。

预测性编码框架已经提供了一个强大的形式化语言来描述这一过程的某些侧面：大脑不是被动等待感官输入，而是基于先前的经验，持续生成对即将到来的感官信号的预测；实际传入的信号与预测之间的误差——预测误差——才是被向上传递以更新内部模型的信息。在这个框架下，一个人对“一次深蹲是什么”的体验，不是一个从外周感受器单向传递到皮层的信号流，而是大脑的预测（“这应该是一次与前几周相同的训练”）与传入信号（“腰椎的剪切力超出了日常范围”）在多个层级上不断博弈的过程。

但预测性编码描述的是机制——大脑如何通过预测误差来推断身体状态并调整行为。它精准地刻画了博弈的过程，但它没有做出判断：当这场博弈的结果与外部指令的要求发生冲突时，哪一方的决定最终落在生理后果上？一个人完全可以在一次训练中，在预测误差持续向他警告“余裕不足”的情况下，用意志力强行完成这一组——此时预测误差并未被消除，它只是被下行信号暂时压过阈值，而在体液和组织层面，它以炎症、微损伤、和应激激素受体敏感性改变的形式被延迟登记。身体在这个冲突中做出的裁决——不是“预测到了什么”，而是“以什么生理代价来结算这次强行完成”——不会因为被意志力强行压过而消失。它只会被延迟计息。这笔息，终将以损伤、耗竭、或对训练的长期拒绝来结算。

这不是对预测性编码的否定，而是对它的补充。预测性编码精准地描述了大脑如何推断身体状态——精确到可以在数学上写出预测和更新方程。但有一个问题它保留了：当身体的计算结果与意识的要求发生冲突时，哪一个拥有最终的决定权？预测性编码的回答是：上下行信号的博弈结果决定行为——这是一句描述。本文的回答是：身体的生理后果决定结算——这是一句判断。前者描述了博弈的过程，后者指认了博弈的终局由谁说了算——不是意识，不是意志，不是外部指令，而是身体在全部历史与结构中对这一次扰动的裁定。

具身生成论比预测性编码更接近这个判断。Maturana的名言——“被触发的不是系统，而是系统自身的结构变化”——抓住了核心：系统不是被动接收扰动，而是以自身的全部结构去“遭遇”它。但具身生成论在描述系统与环境的互动时，将其理论化为一个持续的结构耦合过程——这个过程在其概念框架中是平滑的、非冲突的。系统以自己的结构去遭遇扰动，扰动触发结构变化，结构变化反过来改变系统下次遭遇扰动的条件。这个描述是精确的，但它没有为“冲突”留下概念空间。而在训练现场，冲突是日常的：教练说“今天按计划走”，身体说“不”；训练者用意志力强行按压身体的信号，身体在事后以损伤结算。具身生成论可以描述这些现象——“不同的结构状态生成了不同的意义”——但它无法判断：在这些冲突中，究竟是哪一方的裁定最终决定了事件的性质？

本文的回答是：身体的裁定。这不是对具身生成论的否定——它正确地说出了“身体总是以自己的方式去遭遇扰动”这个一般性命题。本文要做的，是在这个一般性命题之上，指认一个具体的、可被实证检验的、在训练实践中每天发生的冲突裁决。具身生成论说：身体按自己的结构去遭遇世界。本文追问：当身体的结构计算出一个“不”的时候，谁有权驳回这个“不”？教练？科学模型？训练者自身的意志？答案在这一章的论证中已经被准备好了：没有人能驳回它。意志力可以暂时压制它向意识发出的警告信号，但无法撤销它在组织层面已经完成的裁决——下行抑制可以关掉疼痛的意识通道，但关不掉纤维环微损伤的级联反应，关不掉局部炎症因子的释放，关不掉肌梭敏化阈值的持续下

移。这些外周事件在意识完全不知道的情况下，已经在改写下一次训练时身体的内部状态。身体在这次训练中对这个外部指令的裁定，已经以沉默的方式落地。它的生理后果是延迟支付的——账单可以拖，但不能免。

这个不可驳回的裁定，就是本章一直在逼近、但尚未命名的那个东西。它在每一组深蹲中都在发生。它发生在意识之下。它发生在外部测量仪器的读数之外。它没有名字——运动科学没有为它预留一个术语。给它命名的时刻，在论证完成之后。

三、这个裁定是如何被排除在科学之外的：标准化预设的生产与巩固

前一章的论证指向一个结论：身体在每一次与外部训练计划接触时，都以自己的全部历史和全部当下状态，做出了一个决定此次训练在身体内部生成什么事件的裁定。然而，翻阅过去半个世纪的运动科学文献，几乎找不到对这一裁定的系统性研究。这不是因为运动科学家们没有观察到个体差异——他们观察到了，而且提供了长达数页的变量清单。问题出在更深的地方：运动科学通过将身体的这一裁定能力系统地排除在解释框架之外，为自己制造了一个可以被外部指标完全描述的研究对象。这一排除不是在某个时间点被某个学者“设计”出来的。它是在实验方法论的知识生产逻辑中、在竞技体育的实用需求中、在一个特定的“个体差异”概念的使用方式中，一步一步地被稳定下来的。本章的任务，是追溯这个过程。

3.1 实验范式的逻辑地基

标准化刺激范式——控制所有可观测的外部训练参数，测量这些参数的变化对运动表现和生理指标的效应——不是凭空产生的。它有一条根，扎在自然科学的实验方法论里：要建立自变量与因变量之间的因果关系，就必须控制所有可能混淆因果的干扰变量，让自变量的变异成为唯一能解释因变量变异的来源。在一个标准的运动科学随机对照试验中，执行方案A的实验组内部，所有人接受的“刺激”在本质上是相同的——这是整个实验设计的逻辑前提。如果“刺激”本身已经因人而异，那么因变量的组内变异就不只是“随机误差”，它包含了自变量本身的系统性变异。这会在根基上动摇随机对照试验在这一领域的可解释性。

运动科学在半个世纪里回避这一风险的方式，不是去证明“刺激在身体内部确实是相同的”——从未有任何一项研究做到过这件事。它采用的方式更为精巧：它将“刺激是相同的”当作一个不可检验的、被方法论所必需的工作假设固定下来，然后用实验结果的统计显著性来反证这个假设的充分性。它的逻辑是倒过来的：如果一个实验的组间比较可以按照标准流程完成并得到可发表的显著性结果，就可以推定“控制是充分的”；在这个推定的基础上，就可以继续推定“刺激在不同受试者之间是相同的”。这不是前提推导出结论，而是结论反证前提。

这种反证逻辑在大多数成熟的实验科学中维持着正常运转：当实验结果的效应量稳定、可重复、且在理论上能与独立建立的机制通路对接时，我们就可以合理地相信，那些未被控制的干扰变量要么很小，要么在随机化中被均匀分布了。但在运动科学中，这个推定面临一个独特的挑战：即便在外部参数完全相同的条件下，身体仍有能力将这些参数生成性质上截然不同的内部事件——张三的“有效刺激”与李四的“累积损伤”在力学-生化性质上是两种事件，而不是同一种刺激加上了不同的误差。如果这一现象是真实的——并且第二章的论证和Hodges等人的实证工作已经提供了充足的理由去

认真对待它——那么运动科学当前范式中的核心方法论所依赖的那个最基础的工作假设，就不再是“方法论所必需的预设”，而是一份被全学科沉默地共同维持的认知豁免。运动科学从未给身体开口回答这个问题的机会。它在提问之前，已经用实验设计的逻辑把身体可能给出的回答——即“你施加的东西，和我生成的东西，不是同一样东西”——预先排除在变量空间之外。

3.2 竞技文化的加固

这条方法论根源在竞技体育的实用需求中被加固了。一个教练团队需要在有限时间内做出可执行的决定：这周训练加量还是减量？强度升还是降？运动科学为这种决策提供了“客观依据”：一个标准化测试给出的数字，可以被拿来与群体常模或该运动员的历史数据对比，从而给出“科学的”调整建议。这个流程的有效性依赖于同一个前提：测试测到的东西是对该运动员“训练刺激”的准确表征。

但深蹲极限重量是一个外部指标。它表征的是外部动作的结果——杠铃被从A点移动到了B点——不是身体内部发生的力学-生化事件的定性特征。一个腰椎代偿策略的运动员和一个髋策略主导的运动员，可以蹲起完全相同的重量。在外部指标的屏幕上，他们是同一类人。他们身体的内部，正在发生着完全不同的事。运动科学用极限重量去逼近“训练刺激”，而极限重量恰好是那个会系统性地漏掉内部事件性质差异的变量——因为它只需要读杠铃上的数字，不需要读身体组织内部的实际应力分布。一个腰代偿运动员可以在数年里一直提升极限重量而不出现明显症状：每一次深蹲，他的腰椎伸肌群都忠实地代偿了臀大肌没有完成的那部分髋伸力矩，杠铃离开了地面，数字在增长——一切正常。代价在损伤发生的那一刻才显现。届时，运动科学无法解释为什么一个“训练有素”的运动员会突然受伤，因为它的整个监测体系从未有过读取内部裁定累积趋势的能力。它只读杠铃上的数字。而杠铃上的数字一直告诉所有人：正常。

3.3 “个体差异”概念的特定使用：保住逻辑地基

本文至此必须直面一个自反性问题：运动科学难道不是一直在谈论“个体差异”吗？它确实在谈。但关键不在“承不承认差异”，而在“差异被放在了哪里”。

在标准化范式中，“个体差异”被严格地放置在反应一侧。训练刺激本身被假定为充分控制的自变量；个体基因、营养、恢复状态、心理因素的差异被纳入因变量一侧的剩余方差中。这种放置是范式性的，不是某个具体研究的设计选择：它源于实验方法论对自变量-因变量分离的根本承诺。一旦“个体差异”开始渗透到自变量的内部——一旦承认“同一份外部计划在不同人身上生成了不同刺激”——训练刺激就不再是一个自变量，而是分裂为一族因个体而异的内部事件。这时，“施加刺激A，测量效应B”的实验逻辑本身就需要被重新奠基，因为“施加”这个动作本身已经被发现并不直接决定“身体内部发生了什么”。

运动科学对这一危险的回应，是用“个体差异”这个方便标签涵括了所有对外部负荷的异质内部生成。但问题是：在这种特定的涵括方式下，那一块最大、最重要的变异来源——即便是在外部计划完全相同的条件下，身体的内部裁定就已经让刺激本身发生了定性上的分叉——被装进了“个体差异”这个分类口袋里，然后整个口袋被塞进误差方差。自此之后，运动科学关于“训练刺激-训练适应”的全部因果关系，都被建立在一个已被削弱的信噪比之上。范式持续运转，不因为它正在逼近真相，而是因为样本增大后，微弱的平均效应仍然可以被检出。

Kiely可能是最接近将个体变异的实质性推到逻辑终点的运动科学学者。他对传统训练分期理论的批判，核心就在于指出标准化周期模型忽视了个体间和个体内变异的实质。不同运动员对同一套外部计划不仅适应幅度不同，适应的时间节奏、适应的内部路径也决然不同。Kiely一再强调训练科学应该从“剂量-反应”模型转向以个体生物复杂性为基础的非线性动态系统模型。

但本文与Kiely的分歧点在于：Kiely将问题诊断为“模型不够复杂”——标准化的线性模型不足以捕捉非线性动态，所以需要更复杂的模型。本文的立场与此不同。问题的根源不在模型够不够复杂，而在训练科学从未承认身体在存在论上拥有对训练指令的最终裁定权。模型再复杂——如果把每一个个体的全部历史、全部当下状态、全部生化参数都纳入一个巨型动态系统模型——理论上可以更精确地“预测”个体的适应轨迹。但预测与裁定是两回事。一个可以精确预测身体会受伤的模型，并不能阻止身体在裁定“余裕不足”时拒绝适应。它只能提前告诉你：身体很可能要拒绝了。而本文要说的，不是“我们可以预测拒绝”，而是“拒绝本身才是终审判决”——并且任何外部模型都只能在事后描述这个判决，而无法在事前代表身体做出这个判决。

这就是本文的核心判断必须用一个独立的术语去指认的那个东西。预测性编码可以描述大脑如何推断身体状态；生态动力学可以描述身体-环境-任务的约束交互；具身生成论可以描述系统如何以自己的结构去遭遇扰动；Kiely的非线性动态模型可以更精确地预测适应的个体间变异。但它们各自在特定维度上回避了同一个问题：当训练现场发生了冲突——当身体的结构计算指向“停止”，而外部指令要求“继续”——最终决定生理后果的，是谁的判决？这些框架各自描述了冲突的不同侧面，但没有一个将“裁决权的归属”本身当作一个独立的问题来对待。本文要做的，就是把这个问题从那些框架的阴影里拉出来，给它一个名字，并论证：对这个名字所指代的那个东西的系统性忽视，是运动科学当前范式最深的盲区。

这里需要回应一个关键的方法论反驳。一位捍卫标准化范式的学者可以合理地质疑：如果身体真的在面对每一次训练指令时都行使了不可被外部控制的裁定权，那为什么标准化训练在群体层面仍然能产生可预测的适应曲线？一个健康成年男性进行为期十二周的线性周期化力量训练，平均增加15-20%的最大力量——这个效应在数十项随机对照试验中被反复验证。如果每一次训练的内部事件都是独特的、不可被外部指令规定的，这种群体规律性从哪里来？

答案是：标准化训练在群体层面能产生可预测的适应曲线，恰恰不是因为身体放弃了裁定权，而是因为初始条件相似且生命史没有发生重大分叉的群体中，个体间的动作策略和内部裁定在统计学上呈现出聚集的趋势——均值成了正态分布的中心。但这不代表“刺激”是同质的。它只代表在任意一组受试者中，总有一批人的动作策略碰巧与预设的“标准动作”足够接近，使得他们在群体统计中贡献了正向适应；那些因历史与结构差异而遭遇累积损伤的人，则被两种方式从纵向统计中剔除：退出实验，或受伤。最终发表的适应曲线，不是“训练刺激”的效果——它是经过幸存者偏差过滤后的效果。它不是“标准化训练对一群人的效果”，而是“标准化训练对那些恰好能够在这份计划下存活下来的人的效果”。

更进一步，这里存在着一个在方法论层面尚未被充分讨论的问题。在当前运动科学的大多数随机对照试验中，“因伤退出”通常被当作缺失数据处理——或者直接被排除在主要分析之外。这并非研究者个人的疏忽，而是学科范式的系统性默认：训练刺激是自变量，损伤是训练刺激的不幸副作用或受试者的个人失败，而不是因变量。但如果损伤的真正来源，恰恰是身体对标准化训练的内部裁定与

外部指令之间的冲突——即损伤不是“失败”而是身体的一种“回答”——那么将损伤从因变量中剔除，就等于系统性地排除了身体在实验中说“不”的那些样本。在此意义上，大量显示“标准化训练有效”的随机对照试验，其结论需要在纳入损伤作为核心因变量的前提下重新评估。这是本文向运动科学方法论提出的一个可被检验的挑战。

四、这个被排除的东西叫什么——以及为什么要给它一个名字

前三章的论证已经完成了两件事：展示了身体如何在每一次训练中对外部指令做出裁定（第二章），追溯了这个裁定是如何被运动科学的标准化范式系统性地排除在解释框架之外的（第三章）。现在，如果本文要做的仅仅是说“运动科学忽略了个体差异”——那它不需要写两万字，因为运动科学已经用了半个世纪来说同一句话。本文要说的比这更进一层：运动科学忽略的，不是个体差异本身（它每天都在测量差异），而是在个体差异被测量、被分类、被放入误差方差的整个操作链条之下，那个让所有差异得以发生的、始终在运转却从未被正面命名的裁定过程。给这个过程一个名字，不是修辞——是将它从那些描述了它的不同侧面的既有框架中分离出来，让它成为一个可以被独立追问、独立检验的对象。

预测性编码精准地描述了大脑如何推断身体状态。自由能原理将这一推断机制形式化为一个可以写出方程的最优化过程。在Friston的框架中，大脑持续生成对即将到来的感官输入的预测，并根据预测误差不断更新内部模型——行为在这个框架中就是主动的预测误差最小化：“推断即行为，行为即推断。”从这个角度看，李四在第七次深蹲时用意志力强行按压腰部的警告信号，可以被描述为一种精度加权的调整：他的大脑赋予了“这应该是一次与前几周相同的训练”这个先验预测极高的精度，同时将来自腰椎的伤害性信号的精度压到了极低。他继续完成了这一组。预测误差没有消除——它只是没有被允许去更新行为。在自由能原理的数学语言中，这是系统通过对感官信号精度（precision）的下行调控，来维持当前内部模型的完整性的一个标准操作。

这个描述是精确的。但它漏掉了一样东西。在自由能原理的框架中，“推断即行为，行为即推断”——主体与世界的边界在形式化中被动态消解了，关于“最终决定权”的问题在这个框架内部没有理论位置。问题不在于这个框架错了——它在它自己的层次上是正确的。问题在于：当身体在组织层面已经启动了微损伤级联、释放了炎症因子、下调了肌梭敏化阈值——而这一切在意识强行完成深蹲时仍在沉默地发生——这些事件恰好构成了自由能原理那套描述语言所描述的“博弈过程”的生理后果。前者描述了博弈的规则，后者追问：博弈结束之后，谁的生理账单决定了最终的结算？

具身生成论比预测性编码更接近这个问题。Maturana和Varela的自创生理论有一条核心命题：系统的结构决定了一切——环境扰动只能“触发”系统以自身的结构去变化，而不能“规定”变化的内容。“被触发的不是系统，而是系统自身的结构变化。”从这个角度看，李四的腰主导策略是他身体的“结构”的一部分——他的身体只能以这条策略去承接深蹲负荷，因为他在过去二十年中沉积下来的神经肌肉通路已经将这个策略固化为一种默认的结构状态。教练的计划是一个“扰动”，这个扰动在李四的结构中触发的变化，不是臀大肌的激活，而是腰椎的屈曲代偿。具身生成论可以准确地解释为什么“同一个计划触发了不同的内部事件”：因为两个人的结构不同。

但具身生成论有一个关键的沉默。它将系统与环境的互动理论化为一个持续的“结构耦合”过程——这个过程在概念上是平滑的、非冲突的。系统永远只能以自己的结构去遭遇扰动；扰动不“规

定”系统，系统不“反抗”扰动——它只是以自己的结构去变化。在这个框架中，“冲突”没有独立的概念位置。但在训练现场，冲突恰恰是核心：教练的外部指令不是Maturana意义上的“扰动”——它是一个带着社会权力和制度压力的要求。“完成这一组”不是环境的风吹过系统；它是一个来自外部的“应该”，这个“应该”强行要求身体执行与它自身结构计算结果不符的动作。当身体的结构计算出“余裕不足”时，它面对的不仅仅是另一种可能的动作方案——它面对的是一个具有制度权力的否定。教练说：继续。训练者用意志力把身体的信号压下去。身体在事后以损伤结算。

这不是“结构耦合”。这是在结构耦合失败时发生的事——当系统按照自身结构计算出的结果被外部要求强行否定时所发生的事。具身生成论可以为“结构耦合”提供一套完整的描述语言，但它没有为“耦合失败后的冲突裁决”预留概念空间。而冲突裁决——在训练现场每天发生的、身体的结构计算与外部指令的要求之间的冲撞——正是本文要命名的那个东西的发生学产地。本文的概念不是从既有理论的演绎中推导出来的；它是从这一个具体的、反复发生的冲突场景中被逼出来的。身体的裁定不是在“结构耦合”顺利进行时显现的——恰恰相反，它是在结构耦合失败、外部指令强行要求继续时，以最清晰的方式显现的：身体用自己的组织损伤，对那个外部指令做出了不可上诉的判决。

这就是本文的核心术语所要指认的那个东西。它不是预测性编码的“精度加权”——精度加权是它使用的工具之一。它不是具身生成论的“结构决定”——结构决定是它的本体论前提。它不是疼痛科学的“保护性输出”——保护性输出是它的一个后果。它是在所有这些机制都运转完之后，当意识与外部指令站在同一侧、强行按压身体的计算结果时，身体在生理层面做出的那个最终裁定——这个裁定不会被意识撤回，不会被外部指令撤销，不会因为意志力的干预而消失。它可以被延迟支付，但永远不会被豁免。它是终审判决。

在训练这件事上，这个裁定就是身体对这个外部指令的最终回答。教练可以问——“你能完成这一组吗？”运动科学可以用模型去预测——“概率上看，你可以。”训练者可以用意志力去驱动——“我要完成。”但最终回答“是”或“否”的，并且以组织损伤或力量适应来为这个回答签名盖章的——只有身体。在这个意义上，身体在训练中拥有最终的决定权。这个权力不是任何人“赋予”它的。它是结构性的：只要训练需要被身体来执行，身体就永远是那个最终决定执行结果的行为体。外部指令可以要求某种结果，但它无法保证它要求的结果就是身体执行后产生的结果。在这个裂缝中，身体的裁定权就发生了。

给它一个名字，是因为在此之前，运动科学没有一个术语去指认这个特定的东西——不是“个体差异”（差异是它的后果），不是“基因多态性”（基因是它的约束条件之一），不是“恢复状态”（恢复状态是它此刻的决策参数之一）。这些东西都是可见的变量，可以被测量、被统计、被纳入多元回归方程。而裁定本身——那个在所有这些变量都被测量之后仍然无法被外部指令所规定的最终决断——是不可见的。但它是真实的。它的真实性不依赖于它是否能被现有的测量工具所捕获；它的真实性体现在它的后果上——当李四在第七周因腰椎间盘突出退出实验时，他的身体状况就是他的身体在过去七周里每一次深蹲时做出的那一系列裁定的最终结算。那张账单，是以损伤的形式被支付的。

这个裁定，本文称之为主权性适应。它的确切含义在本章结束时应当已经获得了足够的内涵：它是身体在遭遇外部强加的训练指令时，基于自身的全部历史（沉积的动作策略、既往的损伤-修复循环、长期形成的神经肌肉优先通路）和全部当下状态（此刻的体液环境、疲劳程度、组织水合状态、

下行调控的基线强度），对该指令所触发的内部事件的性质做出的一个决定——这个决定可以在意识之下完成，可以在意志力的强行按压中被延迟表达，但不会被任何外部权威所撤销。它的存在论地位是：它是训练这件事上最高的终审权。

五、反身性自检：这个概念是否不可还原？

在完成核心命名之后，本文必须进行一次严格的反身性自检。一个新提出的概念最隐蔽的陷阱，不是被正面驳倒，而是被证明可以用既有概念的组合无损重述——在这种情况下，它不是一个新发现，而只是一次成功的重命名。本章将主权性适应放在四位最具威胁的“最近邻”面前：预测性编码/自由能原理、具身生成论的结构决定、疼痛科学的保护性输出框架、以及Kiely的生物复杂性理论。对每一位，本章追问同一个问题：你的框架里，有没有哪一部分是主权性适应所必须覆盖、而你却覆盖不了的？如果没有，那么主权性适应就是你的重述，应当被撤销。

5.1 与预测性编码/自由能原理的区分

预测性编码描述的是大脑如何通过预测误差最小化来推断身体状态并组织行为。在Friston的自由能原理中，这一过程被形式化为一个统一的理论框架：所有生物系统都通过最小化自由能——即最小化感官惊奇——来维持自身与环境的动态平衡。“推断即行为，行为即推断。”精度加权是这个框架中一个关键机制：大脑可以通过调节对不同感官信号的置信度（precision），来决定哪些信号被允许去更新内部模型和驱动行为。

在这个框架中，李四在第七次深蹲时用意志力继续完成动作，可以被描述为一次精度调控：他的大脑赋予了“训练在正常进行”这一先验预测极高的精度，同时将来自腰椎的伤害性预测误差的精度压至极低。他继续完成了这一组。他的行为没有被伤害性信号所改变——因为那些信号的精度被压到不足以驱动行为更新的阈值以下。自由能原理可以对这一过程提供一个完整的、数学上可形式化的描述。

但主权性适应追问的不是“博弈是如何进行的”——自由能原理已经回答了这个问题。它追问的是：“博弈结束之后，谁的生理账单决定了最终的结算？”自由能原理的“推断即行为”在形式上消解了这个问题——在它的框架中，没有独立于推断过程的“账单”。但在生理层面，那个账单是存在的。当李四的意识用精度加权将伤害性信号压过阈值时，他的大脑确实“推断”了这不是一次威胁——但他的椎间盘纤维环并不知道这个推断。纤维环上的微损伤级联、局部炎症因子的释放、肌梭敏化的持续进展——这些外周事件并不会因为大脑下调了它们所对应的感官信号的精度而停止发生。它们会继续累积。三天后，在下一次训练时，同样的外部负荷会在已被敏化的组织上产生比上一次更大的实际应力；而下行抑制系统在持续高压下可能出现受体敏感性下降，压制能力减弱。最终，在一次看起来并不比之前更重的训练中，腰椎间盘突出发生。

自由能原理可以做什么？它可以在突出发生之后，描述大脑如何突然上调了来自腰椎的伤害性信号的精度——因为此时预测误差已经大到无法被任何先验预测所压制。但它在突出发生之前所做的所有精度调控——那些让李四“成功”完成了前六周训练的精度调控——无法阻止外周组织层面正在沉默地累积的那笔债务。这笔债务是主权性适应要指认的东西：它不是预测误差，不是精度加权，不是

自由能最小化的任何一项函数输出。它是身体在意识强行按压预测误差时，仍然在以沉默的方式行使的裁定——并且这个裁定在组织层面已经落地，只是意识尚未收到账单。

二者的区分可以在一个关键问题上被精确地界定：自由能原理回答的是“系统如何推断”——这是一个机制问题。主权性适应回答的是“当推断被意志力强行按压时，最终决定生理后果的裁判者是谁”——这是一个裁决权问题。前者描述的是内部的博弈规则，后者指认的是博弈终局的胜负由谁来结算。自由能原理可以告诉你博弈过程是否收敛；它不能告诉你收敛失败时，是谁来支付代价。

5.2 与具身生成论的区分

具身生成论的自创生理论有一个根本命题：系统的结构决定了它如何遭遇扰动。Maturana的名言——“被触发的不是系统，而是系统自身的结构变化”——将环境扰动从“原因”降格为“触发条件”，将系统的结构从“中介”提升为“决定者”。在这个框架中，李四的腰主导策略是一种结构状态，教练的外部指令是一类扰动，而他在深蹲中实际发生的内部事件——腰椎代偿性屈曲、纤维环微损伤——是他的结构被这个扰动所触发出来的自身变化。具身生成论可以干净地解释为什么同一份计划在李四和张三的身体中生成了不同的事件：因为他们的结构不同。

但具身生成论在描述系统与环境的互动时，使用了一个关键隐喻：结构耦合。系统与环境的互动是一个持续的、平滑的、以保存自创生组织为前提的耦合过程。系统永远只能以自己的结构去遭遇扰动，扰动只能触发结构允许范围内的变化——结构耦合的描述精确地捕捉了“平滑”的那一面。然而，在训练现场，系统与环境的互动经常并不平滑。当教练的外部指令强行要求李四执行与他的腰主导结构不符的“标准深蹲”时，这不是一个中性的扰动——它是一个带着制度权力的、不可拒绝的要求。李四的身体按照自身的结构，将这次深蹲“生成”为腰椎代偿事件——但教练、运动科学、甚至李四自己的意识都不接受这个生成结果。他们要求另一种结果：臀大肌主导的、安全的、符合教科书标准的结果。外部指令想要规定的，是身体内部的生成过程——这是自创生系统与外部要求之间最根本的冲突，而不是耦合。

具身生成论可以为“结构耦合”提供一套完整的理论语言，但它没有为“耦合失败后的冲突”预留概念空间。Maturana的理论告诉我们：系统不能被外部指令所规定。但它没有告诉我们：当外部指令强行要求系统做它结构上无法做的事时，系统是如何“拒绝”的？它不是简单地不变化——它在压力下产生了一种特定的变化（腰椎代偿），这种变化在短期内满足了外部指令（杠铃被举起来了），却在长期内以组织损伤结算。这不是结构耦合，这是结构屈服——系统在被外部指令逼到超出自身结构容许范围时，以一种延迟计息的方式“屈服”了，而利息最终以损伤的形式被身体收回。

主权性适应要在具身生成论之上增加的那一笔，就是“冲突裁决”。具身生成论正确地说了“结构决定一切”，但它只说了结构耦合的那一半。它没有说：当外部指令不服结构决定的结果、强行要求另一种结果时，系统到底服从了谁。主权性适应的回答是：最终服从的还是系统自身——不是它意识上的“意志”，而是它在组织层面沉默地做出的不可上诉的裁定。意识可以用意志力让系统暂时表现出“服从”的样子，但系统的组织结构没有被骗过去。它仍然按照自己的规则，对这一次过度负荷给出了自己的判决——以损伤。

5.3 与疼痛科学保护性输出框架的区分

近二十年的疼痛科学已经发展出一套强有力的理论框架：疼痛不是外周伤害性信号的被动登记，而是大脑基于全部生物-心理-社会历史、对“组织是否面临威胁”所做的一次保护性推断输出。在这个框架中，组织损伤可以没有疼痛（如下行抑制足够强时），疼痛也可以没有组织损伤（如中枢敏化状态下）。保护性输出的核心洞见是：疼痛是大脑的“判决”——但这个判决是基于推断的，可以被下行调控、被情境因素、被信念预期系统性地调高或调低。

主权性适应与保护性输出之间有明显的家族相似——两者都涉及身体对“威胁”的评估，两者都承认意识之下因素的决定性作用。但两者之间存在一个关键的分离点。保护性输出回答的问题是：“大脑如何推断威胁，并据此生成保护性行为或疼痛体验？”它是一个关于信号处理、推断机制和行为输出的理论。主权性适应回答的是一个不同的问题：“当外部指令强行要求大脑压制保护性输出时，那个被压制的输出所试图保护的组织——它怎么样了？”

这是一个保护性输出框架在概念上无法直接回答的问题。保护性输出描述了“大脑如何输出保护”——当这个输出被意志力强行压制时，保护性输出框架会说：下行抑制暂时压低了疼痛的意识通道，但保护性输出的神经标签（neuromatrix）可能仍然在皮层下水平上处于激活状态。这是一个描述。主权性适应要追问的是：在皮层下神经标签持续激活的同时，外周组织层面正在发生什么？纤维环的微损伤在累积吗？炎症因子在释放吗？肌梭的敏化阈值在下移吗？如果这些组织层面的变化确实正在发生——而且它们是在大脑的“保护性输出”被意志力强行压制的情况下发生的——那么“大脑的判决”与“组织的判决”就在这一刻分离了。大脑（在意识可读的层面上）说：可以继续。组织（在沉默的生化级联中）说：不。而后者的判决，最终以延迟的方式——在第七周的椎间盘突出中——结算了自己。

这就是主权性适应要指认的分离线。保护性输出是大脑的推断——它是一个基于全部可用信息的最佳猜测，但它仍然是一个可以被意识、压力、信念和情境因素所调制的推断。主权性适应指认的，是独立于这个推断过程的另一层东西：无论大脑的推断是什么，组织本身对负荷的实际生理反应（微损伤、炎症、基质降解）已经在发生，并且这些反应的累积后果最终将以某种方式被登记——这个后果不依赖于大脑的推断是否准确、是否被压制、是否被延迟体验。在最极端的情况下，当大脑的推断与组织的实际承受能力发生严重背离时，主权性适应意味着：组织的裁定会赢。不是因为它更“强”，而是因为它是最终承重的那一个。

这二者的关系，可以用这样一句话来概括：保护性输出描述了身体如何对一次外部指令做出“推断”；主权性适应追问的是——当这个“推断”被强行修改时，那个被修改之前的“推断”所试图保护的组织的命运，最终由谁来结算。

5.4 与Kiely生物复杂性理论的区分

John Kiely大概是运动科学内部最接近将本论证推进到逻辑终点的学者。他对传统训练分期理论进行了系统批判，其核心主张是：标准化周期模型假定了一个不存在的“平均运动员”，忽视了个体间和个体内变异的实质性。在Kiely看来，每个运动员的适应轨迹都是独特的、非线性的、不可被标准模型充分预测的；训练科学应该从“剂量-反应”思维转向以个体生物复杂性为基础的非线性动态系统模型。

本文从Kiely的工作中受益良多。但本文与他的分歧在于一个关键命题上。Kiely的诊断是：“模型不够复杂”——线性模型不足以捕捉非线性动态，所以需要更复杂的模型。他的解决方向是更好、更个体化的动态系统建模。本文的立场与此不同。问题的根源，不在于模型是否足够复杂到能捕捉个体变异的全部复杂性。问题的根源在于：即便最复杂的个体化模型——假设有一天我们真的能为每个运动员建立一个全参数的“数字孪生”——它依然只能预测身体“会怎么做”，而不能替代身体去做那个裁定。

这个区别不仅仅是哲学上的精细区分。它有一个实操后果。如果一个教练相信“更复杂的模型可以解决个体差异问题”，他会做什么？他会把更多的变量输入模型，期待模型给出更好的预测，然后——在模型预测“可以做”的时候——更坚信地要求运动员去执行那组训练。他的训练指令，从一个未经过计算的意见，升级成了一个经过复杂模型背书的要求。“科学说你可以。”——这是模型可以说的最强的一句话。但如果身体说“不”——并且身体的“不”不是在模型能够测量的那些变量上体现的，而是在模型恰好没有纳入的那个维度上（内部信号的生成与裁决）体现的——那么模型的技术升级并没有让运动员更安全。它只是让教练在忽视身体的裁定时，有了更“科学”的理由。

这就是为什么需要将“裁定权”作为一个独立的命题从“预测”中分离出来。Kiely的工作致力于提高预测的精确度——它的贡献是实实在在的。但预测不能替代裁定。一个预测准确率高达90%的模型，在另外10%的情况下仍然会给出错误的建议——而身体的裁定恰恰就是在模型失效的那一刻显现的。在那10%的情况下，当模型说“可以”而身体说“不”时，教练听从了模型的预测，运动员用损伤为模型的错误买单。这不是模型不够好的问题——这是裁定的归属问题。好的模型可以降低错误预测的概率，但它不能消灭错误预测的可能性。而只要有错误预测的可能性，就永远存在着模型与身体裁定之间发生冲突的场景。在那个场景中，谁拥有最终决定权？本文的回答是：身体。这不是因为身体比模型更聪明——而是因为身体是最终承重的那一个。这不能被还原为“我们需要更好的模型”。它是一个独立的、关于权力归属的命题。

六、退后一步：这个判断能否被检验？

如果身体在每一次训练中都做出了一个不可被意识或外部指令撤销的内部裁定，并且这个裁定决定了此次训练在身体内部生成什么事件——那么，这个判断本身能否被实证检验？如果不能，它就不是一个学术命题，而是一句哲学断言。本章旨在说明：它可以被检验——而且可以在当前运动科学实验室的标准装备条件下被检验。它所需要的，不是新的硬件，而是一种新的研究设计逻辑：不再把身体的内部裁定当作被控制变量排除在外的噪声，而是把它作为自变量放到实验设计的前台上。

6.1 动作策略：身体的裁定在力学上的署名

主权性适应不是不可观测的。身体在每一次训练中的动作策略——它组织起来的肌肉激活序列和力学传导路径——是它的裁定在力学层面的一个可观测署名。这个署名不完全等同于裁定本身，但它是裁定在动作层面留下的最直接的外部痕迹。

本文据此提出一条可被现有技术实现的实证路径。假设研究者想要检验“标准化深蹲训练计划的损伤风险”。在旧范式里，研究者会招募一组受试者，设定相同的训练计划，在实验前后测量各项指

标，并在过程中记录损伤。数据分析的重点是：损伤率与外部负荷参数（如绝对重量、急性-慢性负荷比）之间的统计关联。

在新范式下，研究者在同样的基础条件中引入一个关键动作：在实验前对所有受试者的深蹲动作进行策略识别。策略识别不将人群分为固定的“类型”——“髋策略型”与“腰策略型”的标签在表达上便利，但容易滑向分类学的惯性，把人钉死在静态类型里。真正的做法是测量一组连续变量：臀大肌与竖脊肌的激活时序差、髋伸力矩与腰伸力矩的贡献比、以及腰椎在各阶段相对于骨盆的屈伸幅度。这些连续变量的组合，在具体的一次深蹲中，不是一个人的“身份”，而是他的全部运动史和此刻的神经肌肉状态在这一刻的实时表达。它们就是身体的裁定在这一次深蹲中留下的署名。

实验的核心假设有三层。第一层：在外部训练负荷相同的情况下，基线阶段髋-腰力矩贡献比的个体差异将显著预测实验期间的损伤发生率——那些髋贡献比低（即腰椎承担不成比例伸力矩）的个体，下背损伤风险更高。这一层假设的验证，将证明此前被归因为“随机个体差异”的方差中，有相当大一部分可以被一个在实验前即可测量的身体策略变量所捕获。第二层：在实验过程中，每次训练前的动作策略会随着恢复状态发生细微波动——这种波动的程度本身可能是损伤风险的独立预测因子。第三层：在控制动作策略和外部训练负荷之后，急性-慢性负荷比的预测效力将显著下降或消失。如果这第三层假设成立，它将成为对标准化范式的一次直接挑战：所谓“负荷比预测损伤”的效力，可能只是对“动作策略偏离”的滞后代理——身体在每一次新训练时如何承接负荷，而不是过去四周的平均负荷比，才是决定损伤风险的最直接的因素。

6.2 内感受校准度：身体的语言与意识的翻译

动作策略捕捉的是身体的裁定在力学层面的署名。但主权性适应还有一个维度——身体做出的裁定，有多少能被训练者的意识准确地接收到？内感受能力——个体对来自身体内部的信号（心跳、呼吸、肌肉张力、关节位置）的觉察与解释能力——是连接身体的裁定与意识的翻译官。

近年来运动科学和内感受研究的交叉工作提示：个体在觉察内部生理信号方面存在显著差异，而这种差异与运动表现和损伤风险相关。本文将这些实证线索整合进主权性适应的框架，提出一个额外的假设：内感受校准度是对损伤风险的独立保护因子。具体而言，当两个运动员拥有相似的腰主导动作策略（因而在生物力学层面面临相似的损伤风险）时，内感受校准度高的运动员可能更早地觉察到内部警告信号——不一定是以“疼痛”的形式，而是以“说不清的别扭感”或“今天不想做这个重量”的形式——从而通过自主降低训练强度来避免损伤。内感受校准度低的运动员，则可能直到损伤发生时，都无法将身体早已发出的警告翻译为可被意识辨识的信号。

这里需要与前文关于下行抑制的讨论整合。下行抑制可以暂时压过伤害性信号的意识通达，让训练者在意志力的推动下完成这一组。但这种压制是有生理代价的——被压制的信号以局部炎症和中枢敏化的形式被延迟息。内感受校准度高的人，可能不是“下行抑制能力弱”的人；他们可能是对“被压制的信号留下的次级痕迹”——如训练后持续良久的不安感、睡眠质量的细微变化、下一次训练前异常的低预期——更敏感的人。这些人用自己的内感受敏锐度，逼着自己读到了身体用间接语言写的裁定书。

这一变量可以与动作策略分型共同进入实验设计，形成一条可被实证检验的因果链：动作策略（身体的裁定在力学层面的署名）→ 内部事件定性（可恢复刺激 vs. 累积损伤）→ 内感受校准度（裁

定书有多少被翻译为意识可读的信号) → 损伤发生。如果这条因果链得到验证, 主权性适应将从哲学命题转化为一个拥有多层次实证支撑的研究范式。

6.3 证伪条件

本文的核心论证——在外部训练指令与最终训练效果之间, 存在着一个由身体的全部历史和全部当下状态共同裁定的内部生成过程——若要被推翻, 需同时满足两个条件。其一, 在控制动作策略(以髋-腰力矩贡献比的连续测量为指标)后, 不同策略特征与相同外部训练负荷下的损伤发生率无显著关联——这将意味着身体在力学层面的裁定不构成独立的损伤风险因子。其二, 内感受校准度在控制动作策略后对损伤发生率无独立预测效力——这将意味着身体裁定被意识读取的程度, 不构成独立的保护或风险因子。若这两项同时成立, 则本文所主张的核心机制——身体的内部裁定独立于外部计划参数, 对训练效果和损伤风险构成实质性中介——将需要被放弃。这一证伪条件在当前运动科学实验室的标准装备条件下即可被检验。

检验的唯一前提, 是这个领域愿意换一种方式问问题。不是继续在个体差异被装入误差方差的前提下问“为什么同一份训练产生不同结果”, 而是把个体在动作策略和内感受能力上的差异拿到自变量一侧来, 把它当作需要被解释的系统变异而非需要被控制的噪声。这不是一个技术问题——是一个统计哲学问题。

七、反驳与回应：两个必须被正面对待的挑战

本文至此已对运动科学的标准化范式提出了系统挑战。但任何推进都必须直面最强的反驳。本章正面回应两个最具威胁的质疑：一是标准化训练在宏观统计上仍然有效, 这与身体的裁定权是否矛盾；二是训练者可以用意志力强行“否决”身体发出的信号——在这种情况下, 裁定权究竟在谁手中。

7.1 统计有效性问题：为什么标准化训练仍然“有效”？

这个反驳在第三章末尾已被预先回应, 但值得在此处集中处理。一位捍卫标准化范式的学者可以合理地问：如果身体真的在每次训练中都独立行使不可被外部控制的裁定权, 为何标准化训练在群体层面仍然能产生可预测的适应曲线？本文的回答在两个层面上展开。

第一层面：统计规律性的来源, 不是“刺激的同质性”, 而是“初始条件的聚集效应”。在任何一個训练研究中, 受试者的招募条件本身就已经做了一次隐性筛选：健康、无近期损伤、年龄在某个窄区间内、训练经验处于某个限定水平。这些条件将受试者在生命史中沉积下来的动作策略差异压缩到了一个相对窄的范围内。在初始条件足够相似的情况下, 同一份外部指令所触发的内部事件虽然仍有差异, 但这个差异在这些特定条件下还未大到足以在群体统计中完全掩盖趋势。均值在正态分布中显现出了规律性——这是统计事实, 不是身体的“服从”。当把受试者范围拓展到更异质的群体(不同年龄、不同损伤史、不同运动背景)时, 标准化训练的群体效应就会显著衰减——这个现象在运动科学中被称为“个体差异的调节效应”, 实质上就是身体裁定权在统计层面的表达。

第二层面：统计规律性中被系统性地排除的, 恰恰是最关键的负向结果——损伤。在绝大多数训练研究中, “因伤退出”被视为缺失数据被剔除, 而非被当作因变量来分析。当李四在第七周因腰椎

间盘突出退出实验时，他不会出现在最终的“适应曲线”上。他在退出前六周的数据可能会被纳入分析——那六周里他的深蹲成绩毫无提升。数据分析时，他的“无反应”会被当作个体差异中的低反应者处理，他的“退出”会被当作不良事件从纵向比较中移除。最终的群体适应曲线，因此是经过幸存者偏差过滤后的曲线。它不是“标准化训练对一群人的效果”——它是“标准化训练对那些恰好能够在这份计划下存活下来的人的效果”。

由此可以导出一个方法论层面的质疑：如果将“因伤退出”作为核心因变量纳入分析（而非作为缺失数据剔除），那么大量显示“标准化训练有效”的随机对照试验，其结论是否需要重估？这一质问不需要等待新数据来回答——它需要的只是对现有研究数据的重新分析。如果一项原始研究记录了所有退出案例及退出原因，那么将这些“因伤退出”的案例从“缺失数据”重新编码为“负面结果”，再纳入主要分析，图像可能发生显著变化。本文不假设重新分析的结果一定是什么——那需要实证数据来回答。本文只是指出：在当前的范式默认设置下，这个问题甚至还没有被系统地提出。

7.2 意志的override问题：当意识强行按压身体

第二个反驳更棘手。训练者可以用意志力强行“否决”身体的信号，继续完成导致损伤的动作。如果身体拥有“不可撤销的裁定权”，为什么它会被意志力或社会压力所压倒？一个奥运举重运动员在比赛中腰椎已发出明确警告信号，仍然可以凭借意志力和竞赛冲动完成试举——然后因腰椎损伤被抬下赛场。在这一刻，裁定权究竟在谁手中？

本文的回答是：在那一刻，裁定权仍然在身体手中。意志力所做的事情，不是“撤销身体的裁定”，而是“在意识层面暂时压过身体裁定向意识发出的警告信号”。二者的区别不是修辞上的滑溜，而是生理学上的严格区分。为了说清这一点，需要引入下行抑制的生理学机制。

高强度下行抑制的核心通路——从中脑导水管周围灰质到延髓头端腹内侧区再到脊髓背角——可以在意识之下直接抑制伤害性信号的上传。这个抑制作用是真实的、可被实验验证的：它可以在脊髓层面就将伤害性传入信号的强度衰减到无法触发皮层疼痛表征的阈值以下。在这种情况下，训练者真诚地感觉“没有特别的不适”——这是他意识层面的真实体验，因为信号确实没有被允许到达产生意识体验的皮层区域。

但下行抑制对脊髓背角的调控，与对外周组织已经启动的微损伤级联，是两个独立的生理过程。下行抑制可以关掉疼痛的意识通道，但它关不掉纤维环微损伤发生后局部释放的白细胞介素和肿瘤坏死因子；关不掉这些炎症介质对周围神经末梢的持续敏化；关不掉肌梭在局部炎症环境中阈值的逐步下移；关不掉皮质醇受体在持续高水平应激下的敏感性下调。这些外周事件在下行抑制的“屏蔽”之下，继续以沉默的方式发生着。它们在累积。它们在下一次训练时——在同样被意志力驱动的另一次深蹲中——会让相同的外部负荷产生比上一次更大的实际组织应力，因为被敏化的组织在更低的阈值上就已经开始发出警告信号。如果下行抑制在这下一次训练中仍然足够强——它通常会足够强，因为运动员在赛季期压力下皮质醇水平持续偏高，下行抑制基线也会相应提高——信号再次被压过。如此循环。

这个循环的终点，是组织损伤超出了下行抑制能够覆盖的范围。当纤维环的撕裂达到一定尺度，当局部炎症的强度超出了下行抑制的最大调控能力，伤害性信号以压倒性的强度冲入皮层——疼痛在

那一瞬间“突然”爆发了。但这不是“突然”。它的生理条件在之前无数次被意志力强行压过的训练中，已经沉默地积累了几周甚至几个月。意识只是刚好在那一刻才收到了账单。

这就是为什么意志力永远只能压制信号，而无法撤销裁定。身体的裁定在组织层面完成的动作——微损伤的启动、炎症级联的触发、基质降解的开始——一旦发生，就没有逆行键。意志力可以做的事情，是让意识暂时不知道这件事已经发生了。但不知道不等于没发生。而那些已经在组织层面发生的生理事件，将在未来的某个时刻以某种方式被结算。意志可以对抗裁定——但意志永远不能撤销裁定。裁定在这里的确切意义，就是“终审”——身体是终审法院。教练、科学、训练者自身的意志，每一个都可以上诉，都可以提交动议，都可以在审判过程中发表意见。但宣判之后，没有更高一级的法院可以推翻它。

这不是对意志力的轻蔑，而是对意志力边界的界定。在训练现场，训练者的一个重要能力，恰恰不是“用意志力强行按压身体的裁定”，而是学会识别身体何时已经做出了裁定，并在这个裁定面前做出回应——是停下来，还是调整策略，还是寻求技术干预来解决那个让身体投反对票的结构性问题。这种能力，就是第六章所讨论的内感受校准度的核心。它不是意志的对立面，而是意志的盟友——一个懂得阅读身体裁定书的意志，比一个只会以强行按压来应对一切的意志，在长期的运动生涯中要强大得多。

八、结语：回到那两个人的深蹲架前

让我们回到开头。张三和李四，八周，同一份训练计划。运动科学用一张变量清单解释他们的差异——基因、营养、恢复、心理状态。那张清单不是解释，它是一堵用术语砌成的墙，挡住了身体沉默的裁定。

张三在周五下午做完第五组深蹲，把杠铃放回深蹲架。他的身体刚刚做出了一次裁定：基于他十七岁在篮球场上奠定的髋主导策略，基于他本周充足的睡眠与营养，基于他未被长年训练成听不见内部信号的内感受历史——这份训练计划，在今天的这一次执行中，被生成了一次可恢复的挑战。李四在同一时刻放下杠铃。他的身体已经做出了完全不同的裁定：基于他多年久坐固化的腰主导策略，基于他过去七十二小时累积的隐性疲劳，基于他从小在被要求“坚持”中学会的滤除内部警告信号——同一份计划，已经被他的身体生成为一次累积性损伤的开始。

运动科学会怎么记录这个周五下午？它会记：刺激相同，个体反应差异显著。它不会记：对于张三和李四而言，他们在那八周里所经历的训练，从一开始就不是同一件事。

从来就没有同一个刺激。从来就没有同一种训练。这个结论不是对运动科学的否定——它是运动科学向自己提出的一个更高的要求。运动科学在半个世纪里发展出了一套精密的外部量化装置，可以在杠铃上读到精确到公斤的数字，可以在血液里读到精确到纳摩尔的激素浓度，可以在肌电图里读到精确到毫秒的激活时序。这些都是真实的——它们真实地捕捉到了身体在运动中的某些侧面。但它们没有捕捉到的，是身体在每一次与外部计划接触时，在所有这些侧面之下，用自己的全部历史和全部当下状态做出裁定的那个动作。这个裁定在被测量之前就已经落地了。它在教练写下训练计划的那一刻就开始酝酿，在训练者的双手握住杠铃的那一刻做出判决，在训练者的意识还在犹豫“今天状态好像不太好但应该没什么事”时就已经完成了定性。外部测量装置读到的是什么？读到的是这个裁定产

生之后留下的表面痕迹——杠铃的速度曲线、血乳酸的浓度、肌电的振幅。这些痕迹是真实的，但它们是结果，不是原因。它们是被身体裁定过后的剩余，而不是裁定本身。

承认这一点不会让运动科学变得“不科学”——它只会让运动科学变得更诚实。而诚实的起点，是从下一组深蹲开始，在写下训练计划之前，先对自己说一句：这个计划是我提出的。但在这个人的身体里，这个计划会变成什么样的事件——可恢复的挑战，还是累积性损伤的开始——这件事，最终不是由我来决定的。

证伪条件

本文的核心论证——在外部训练指令与最终训练效果之间，存在着一个由身体的全部历史和全部当下状态共同裁定的内部生成过程——若要被推翻，需同时满足两个条件：（1）在控制动作策略（以髋-腰力矩贡献比的连续测量为指标）后，不同策略特征与相同外部训练负荷下的损伤发生率无显著关联——这将意味着身体在力学层面的裁定不构成独立的损伤风险因子；（2）且内感受校准度在控制动作策略后对损伤发生率无独立预测效力——这将意味着身体裁定被意识读取的程度，不构成独立的保护或风险因子。若这两项同时成立，则本文所主张的核心机制——身体的内部裁定独立于外部计划参数，对训练效果和损伤风险构成实质性中介——将需要被放弃。这一证伪条件在当前运动科学实验室的标准装备条件下即可被检验。检验的唯一前提是，这个领域愿意换一种方式问问题——不是继续问“为什么同一份训练产生不同结果”，而是问：这份训练计划，在这个人的身体里，被他的全部历史和全部当下状态，生成了什么事件。

参考文献

-
- Barrett, L. F. (2017). *How emotions are made: The secret life of the brain*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Clark, A. (2013). Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, 36(3), 181–204.
- Davids, K., Button, C., & Bennett, S. (2008). Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach. *Human Kinetics*.
- Friston, K. (2010). The free-energy principle: A unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience*, 11(2), 127–138.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin.
- Herbert, B. M., Ulbrich, P., & Schandry, R. (2007). Interoceptive sensitivity and physical effort: Implications for the self-control of physical load. *International Journal of Psychophysiology*, 65(2), 76–83.
- Hodges, P. W., & Moseley, G. L. (2003). Pain and motor control of the lumbopelvic region: Effect and possible mechanisms. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(4), 361–370.
- Kiely, J. (2012). Periodization paradigms in the 21st century: Evidence-led or tradition-driven? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(3), 242–250.
- Kiely, J. (2018). Periodization theory: Confronting an inconvenient truth. *Sports Medicine*, 48(4), 753–764.
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1987). *The tree of knowledge: The biological roots of human understanding*. Shambhala.
- McGill, S. M. (2007). *Low back disorders: Evidence-based prevention and rehabilitation* (2nd ed.). Human Kinetics.
- Melzack, R., & Wall, P. D. (1965). Pain mechanisms: A new theory. *Science*, 150(3699), 971–979.

Pollatos, O., Kirsch, W., & Schandry, R. (2005). On the relationship between interoceptive awareness, emotional experience, and brain processes. *Cognitive Brain Research*, 25(3), 948–962.

van Dieën, J. H., Selen, L. P. J., & Cholewicki, J. (2003). Trunk muscle activation in low-back pain patients: An analysis of the literature. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(4), 333–351.

Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. MIT Press.