

执行功能 (EF)

认知控制、自我调节、创造性、注意、理性、工作记忆、流体智力、抑制性控制、工作关联、心理灵活性

报告人：梁永宁

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annu Rev Psychol*, 64, 135-168. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750

概要ABSTRACT

执行功能（简称为EFs）使概念在心理上的操作成为可能，无论是迎接新奇的、意想不到的挑战，还是抵制诱惑或保持专注，人们在行动前总是需要花费时间思考。核心执行功能包括抑制（反应抑制：自我控制以抵抗诱惑和冲动行为；干扰控制：选择性注意和认知抑制）、工作记忆和认知灵活性（包括创造性思维，即“跳出箱子”，从不同角度看待问题，快速且灵活地适应变化的环境）。我们将讨论上述内容的发展历程和代表性指标。讨论中还将涉及到一些被设法解决的争论（例如：EFs和流体智力的关系、自我调节、操作性注意和努力控制之间的关系；以及工作记忆与抑制和注意之间的关系）。之所以讨论社交、情感和身体健康对认知健康的重要性，是因为压力、睡眠不足、孤独或缺乏锻炼都对健康有害。EFs是可以借由迄今为止尝试的各种方法来训练或通过实践加以改进的。

执行功能初探



执行功能深入



介绍INTRODUCTION

执行功能（EFs;又称执行控制或认知控制）指的是一组自上而下的心理过程，被需要于必须集中和耗费注意力而自动化和依靠本能和直觉是不智的、不便的或者不可能的时候。使用EFs是耗力的，人们更易于做之前就做过的事情而非去改变，人们也更易于向诱惑投降而非去抵制它，相比于去想下一步该怎么做，对人们来说为所应为要显得更为容易。我们普遍认为有三种核心的EFs，即抑制（或称抑制性控制，包括自我控制，与行为抑制有关；包括干扰控制，与选择性注意和认知抑制有关）、工作记忆（WM）、认知灵活性（又称定势转换、心理灵活性或心理定势转换，它与创造力紧密相连）。从这些基础上，更高层次的EFs实现了理性思考、问题解决和计划。对身心健康、学业和生活上取得成功，认知、社交和心理发展这些方面来说，EFs是必不可少的技能。

**Table 1** Executive functions (EFs) are important to just about every aspect of life

Aspects of life	The ways in which EFs are relevant to that aspect of life	References
Mental health	EFs are impaired in many mental disorders, including:	
	- Addictions	Baler & Volkow 2006
	- Attention deficit hyperactivity (ADHD)	Diamond 2005, Lui & Tannock 2007
	- Conduct disorder	Fairchild et al. 2009
	- Depression	Taylor-Tavares et al. 2007
	- Obsessive compulsive disorder (OCD)	Penadés et al. 2007
	- Schizophrenia	Barch 2005
Physical health	Poorer EFs are associated with obesity, overeating, substance abuse, and poor treatment adherence	Crescioni et al. 2011, Miller et al. 2011, Riggs et al. 2010
Quality of life	People with better EFs enjoy a better quality of life	Brown & Landgraf 2010, Davis et al. 2010
School readiness	EFs are more important for school readiness than are IQ or entry-level reading or math	Blair & Razza 2007, Morrison et al. 2010
School success	EFs predict both math and reading competence throughout the school years	Borella et al. 2010, Duncan et al. 2007, Gathercole et al. 2004
Job success	Poor EFs lead to poor productivity and difficulty finding and keeping a job	Bailey 2007
Marital harmony	A partner with poor EFs can be more difficult to get along with, less dependable, and/or more likely to act on impulse	Eakin et al. 2004
Public safety	Poor EFs lead to social problems (including crime, reckless behavior, violence, and emotional outbursts)	Broidy et al. 2003, Denson et al. 2011

抑制性控制INHIBITORY CONTROL

抑制性控制（EFs核心之一）涉及控制一个人的注意、行为、想法、情感，以克服强烈的内在倾向或外在诱惑，来做更合适或更急需的事情。没有抑制性控制，我们可能会被冲动或者老旧的习惯性思维或行动（条件反射）所支配，又或者被环境中的刺激摆布。因此，抑制性控制使我们能够去选择或改变我们的反应或我们的表现，而不是一个不会思考的习惯造物。这并不容易。事实上，我们通常是习惯的生物，我们的行为受到环境刺激的影响远远超我们通常所意识到的，但是拥有抑制性控制的能力创造了改变和选择的可能性。它还可以使我们免受自己的愚弄。

抑制性控制的作用及机制

- 注意力的抑制性控制（感知水平的干扰控制）使我们能够有选择地参加，专注于我们的选择并抑制对其他刺激的注意力。
- 干扰控制的另一个方面是抑制预先存在的心理表征（认知抑制）。
- 自我控制是抑制性控制方面的一个方面，它涉及控制一个人的行为和控制一个人的情绪从而控制一个人的行为。
- 自我控制的另一个方面是，具有做任务时不分心的自制力，完成任务时要排除放弃的诱惑，不转向从事更有趣的其他工作，或者找其他的乐子。

冲动的错误在于无法等待。

Diamond及其同事假设在这种情境下，给予更多的时间会有所帮助，是因为幼儿需要时间来计算答案。Simpson&Riggs假设更多的时间会有所帮助，是因为它允许预能反应（由刺激自动触发）竞争到反应阈值，然后消失，使正确答案能够更容易脱颖而出[做一些比你的先能反应更需要脑力的事情，并且更慢地达到反应阈值（见图1）]。Diamond，Simpson和Riggs联手测试了他们的假设。结果显然支持Simpson和Riggs的被动耗散假说。在延迟期间分心条件下，学龄前儿童能够在no-go试验中拒绝打开盒子。尽管在延迟期间，他们被猜谜游戏所占据而无法计算任何东西，他们还是在这样的试验中表现良好。

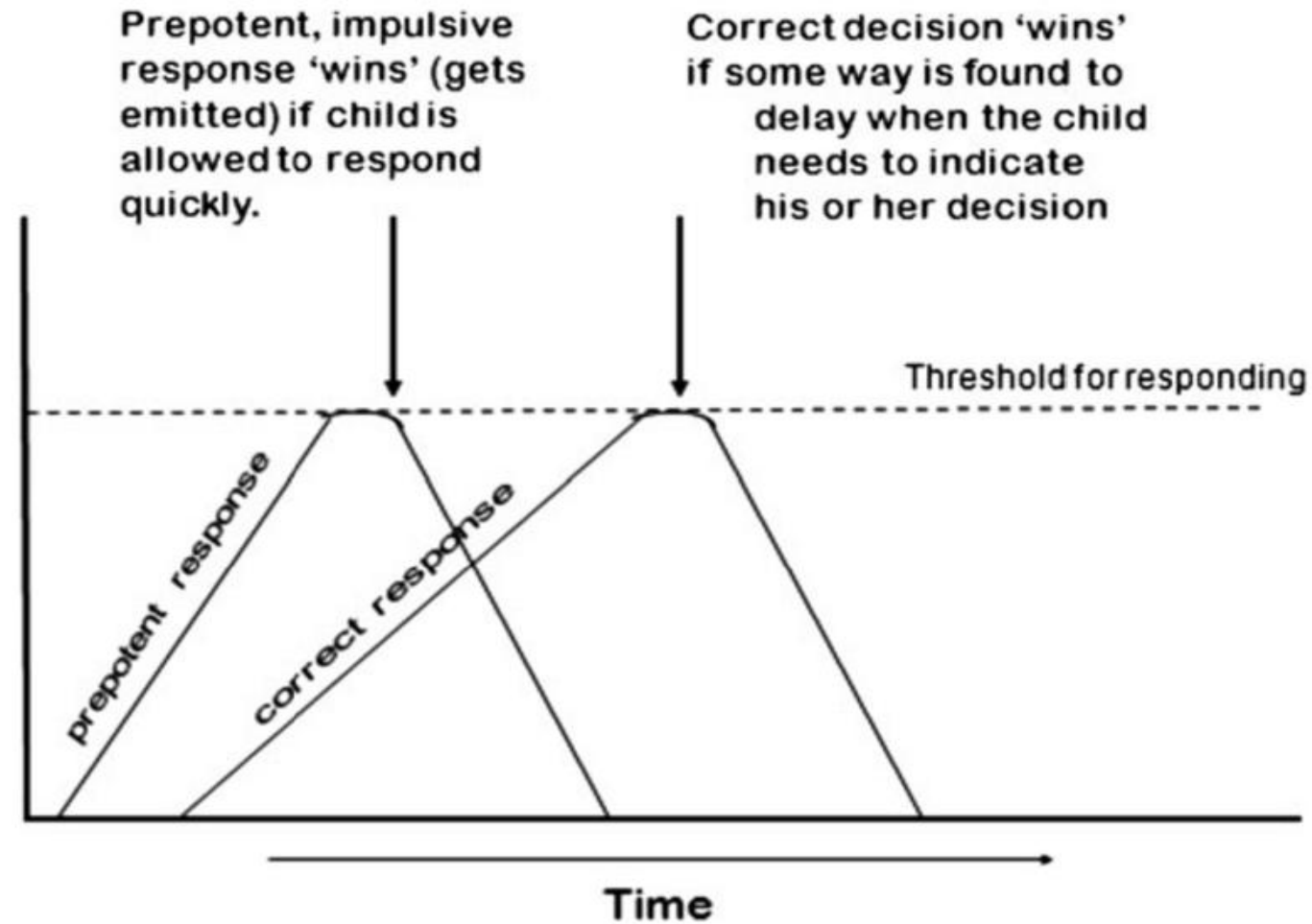


Figure 1

Passive-dissipation model showing how delay can improve performance on inhibitory tasks (from Simpson et al. 2011).

通过排除刺激来避免先效反应

当一个视觉刺激引发不正确的先效反应时，个体可以通过屏蔽视野中的这一刺激来正确执行工作，从而减少或消除对抑制控制的需求。

- 皮亚杰著名的液体体积保存测试
- 婴儿有一种先入为主的倾向，即直接伸手去获得可见的奖励。

用于评估抑制控制的代表性心理任务 TASKS USED TO ASSESS

Stroop task（启动效应任务），

Simon task（西蒙任务），

Flanker task（侧卫任务），

antisaccade tasks（眼动抑制任务），

delay-of-gratification tasks（延迟满足任务），

go/no-go tasks（做不做任务），

stop-signal tasks（停止信号任务）

抑制控制

不同形式的抑制性控制之间的共性和差异性

- 因子分析发现，注意抑制（抵抗干扰的影响）和动作抑制（抑制先兆反应）是密切相关的，并且沿着单一因子下降。

抑制控制的发展

- 对于幼儿来说，抑制性控制有不均匀的难度。
- 依据生命早期的抑制性控制表现似乎可以很好地预测整个生命的结果，包括在成年时期。

工作记忆WORKING MEMORY

另一个核心EF是工作记忆（WM），它涉及将信息牢记在心并在脑海中操作它（或者说，处理不再存在于感知流上的信息）。

WM 依据其内容可以区分为两种类型的：语言 WM 和非语言（视觉空间）WM。

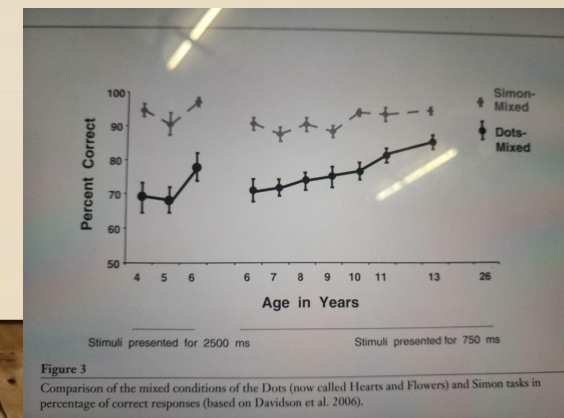
WM对于我们看到看似不相关的事物之间的联系并将元素从一个整体中分离出来的能力来说至关重要，创造力也因此而来，因为创造力涉及以新的方式分解和重组元素。

WM还使我们能够带来概念知识，而不仅仅是感知输入，以此来影响我们的决策，并在制定计划和决策时考虑我们记忆中的过去和未来的希望。

工作记忆与短期记忆

WORKING MEMORY VERSUS SHORT-TERM MEMORY

- WM（将信息牢记在心并操纵它）与短期记忆（仅将信息记在心内）不同。
- WM和短期记忆也显示出不同的发育进展;后者发展得更早
- 通过比较不同年龄的Simon和Dots任务的表现，可以清楚地看到WM与短期记忆相比，至少在4至13岁的儿童和成年人身上有额外耗费



工作记忆与抑制控制的关系

RELATIONS BETWEEN WORKING MEMORY AND INHIBITOR

- 它们通常需要彼此并共同发生。
- 工作记忆支持抑制性控制。
- 抑制性控制支持工作记忆。
- 理顺工作记忆和内部控制，WM或抑制性控制的影响可以最小化或加以约束。
- 成功的抑制性控制是良好的工作记忆的结果，存在争议。
- 工作记忆理论将抑制控制的各个方面统合于工作记忆之下。

工作记忆和选择性，集中注意力

WORKING MEMORY AND SELECTIVE, FOCUSED

专注于在几秒钟内牢记在心的信息，更容易将你的注意力集中在那些心理物体上几秒钟。WM和选择性的，集中的注意力似乎在许多方面是相似的，包括神经基础。支持WM的前额叶 — 顶叶系统，使我们能够有选择地专注于脑海中的信息，排除不相关的想法，与前额叶 — 顶叶系统明显重叠的部分也能帮助我们有选择地关注环境中的刺激，排除不相关的刺激。模拟表明，WM的发展改进可以支持选择性注意力的发展改进。人们更容易注意和回应他们在WM中持有的位置的刺激，如果被迫将注意力从他们试图在WM中保持的位置转移开，他们的记忆准确性就会受到影响。

用于评估工作记忆的代表性心理任务

TASKS USED TO ASSESS WORKING MEMORY

- 数字跨度任务
- Corsi Block是测一种被广泛使用来测量视觉空间WM的测量方式。
- 在Petrides设计的自我排序指向任务中
- 为了研究WM，研究人员经常使用复杂跨度任务，也称为WM span任务，，它们实际上是EF测量，而不是单独的工作记忆子组件的测量。
- N-back任务（也称为AX连续性能任务或AX-CPT）也经常用于评估WM，尽管它们也需要高水平的选择性和持续的关注。

工作记忆的发展

DEVELOPMENT OF WORKING MEMORY

- 将信息牢记在心这一能力很早就出现在心理发展的过程中，即使是婴儿和年幼的孩子也可以在相当长的时间内想两件事。然而，能够牢记许多事情或进行任何类型的心理操作（例如，按大小重新排序物体的心理表征）的发展速度要慢得多，并且显示出长期的发展进展。
- WM在衰老过程中下降。与年轻人相比，幼儿也受到抑制的不成比例的挑战。抑制干扰能力的提高似乎对儿童WM的随年龄变化的相关改善至关重要，正如抑制干扰能力受损可能是老年人WM下降的原因。
- 随着年龄的增长和发育过程中WM的改善，WM的减少也与随着衰老及其早期发育的改善而停止的速度下降高度相关。

认知灵活性COGNITIVE FLEXIBILITY

- 认知灵活性（的第三个核心）建立在另外两个基础上，并且在发展中出现得更早。认知灵活性的一个方面是能够在空间上（例如，"如果我从不同的角度看它，这会是什么样子？"）或人际关系（例如，"让我看看我是否可以从你的角度看到这一点"）改变观点视角。为了改变视角，我们需要抑制（或停用）我们之前的视角，并加载到WM（或激活）一个不同的视角中。正是在这个意义上，认知灵活性需要并建立在抑制控制和WM的基础上。认知灵活性的另一个方面是改变我们对某事的看法（跳出框框思考）。
- 认知灵活性还包括足够的灵活性，以适应变化的需求或优先事项，承认你错了，并利用突然的、意想不到的机会。

用于评估认知灵活性的代表性心理任务

TASKS USED TO ASSESS COGNITIVE FLEXIBILITY

- 利用认知灵活性的一系列任务包括设计流畅性（也称为不寻常的使用任务），口头流畅性和类别（或语义）流畅性。
- 认知灵活性经常被以各种任务切换和设置转移任务来进行研究。其中最古老的是威斯康星州卡片分类任务。
- 刺激是双价的，一个任务的正确响应对另一个任务不正确，但在整个测试过程中只发生一次转换（称为改变维度卡片分类实验，DCCS）。
- 模棱两可的图形，根据您查看线条图的方式，您可能会看到花瓶或两个面的轮廓。

认知灵活性的发展

DEVELOPMENT OF COGNITIVE FLEXIBILITY

- 。
- 改变你的反应位置（切换刺激 - 反应映射，就像在逆转任务上一样）的能力比改变你对刺激的看法或改变你关注的刺激方面的能力更早发展。
- 任务切换能力在儿童发育期间不断提升，而在衰老期间下降。
- 幼儿和老年人倾向于锻炼EF以应对环境需求（被动），而年龄较大的儿童和年轻人往往更有计划和预期性（主动招募）

高阶执行功能：关系推理/逻辑推理/流体智能

A HIGHER-ORDER EXECUTIVE FUNCTION

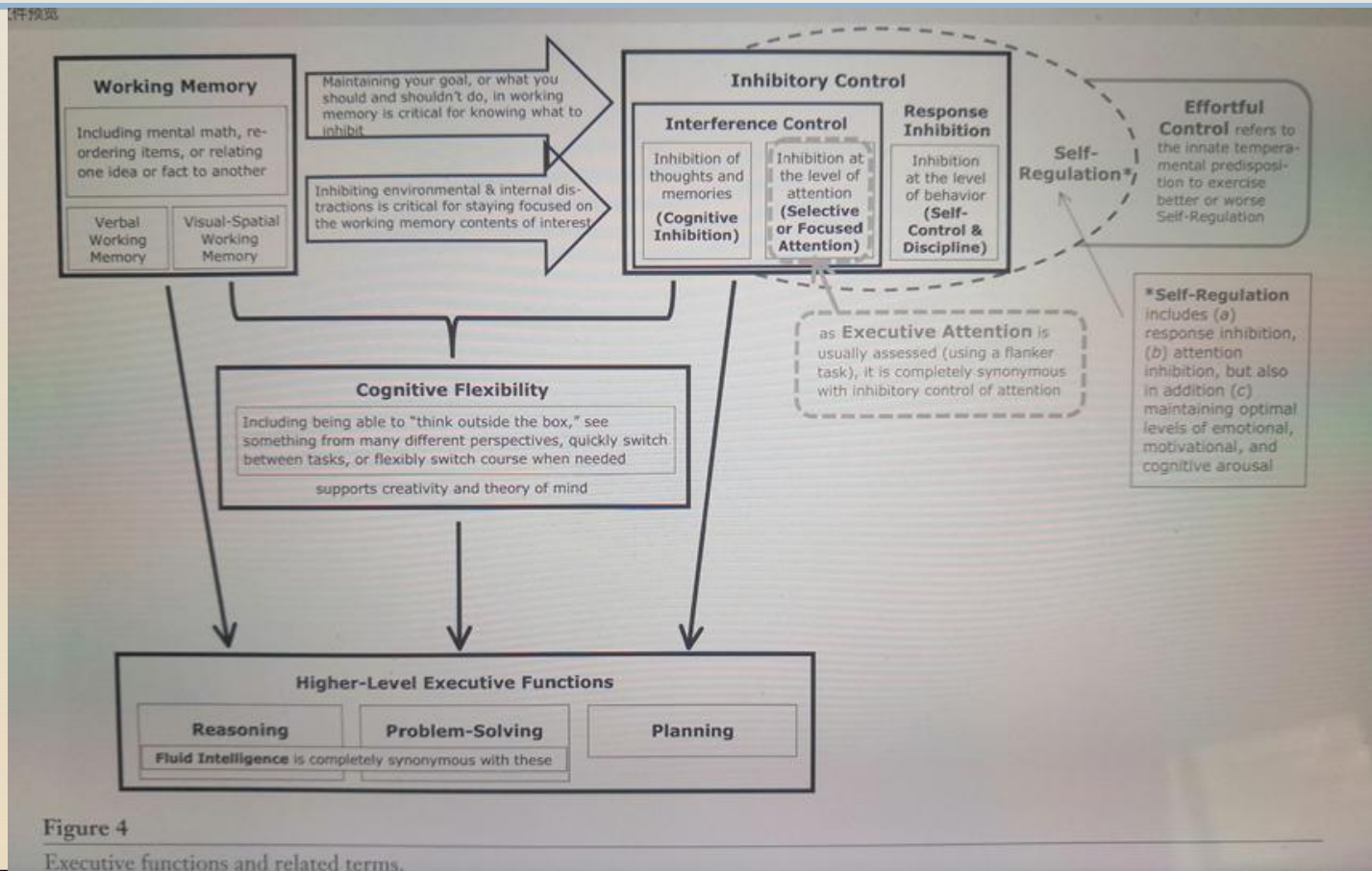


Figure 4

Executive functions and related terms.

高阶执行功能：关系推理/逻辑推理/流体智能

- 流体智能是推理，问题解决和看出物体之间模式或关系的能力。它包括归纳和演绎逻辑推理。它涉及能够弄清楚类比背后的抽象关系。它与EF的推理和解决问题的子组件是同义词（见图4）。那么，流体智力的测量与EF的独立测量高度相关就毫不奇怪了。

执行功能与相关术语之间的差异和相似之处

DIFFERENCES AND SIMILARITIES BETWEEN EXECUTIVE FUNCTIONS AND RELATED TERMS

- 自我调节是指使我们能够保持最佳水平的情绪，动机和认知唤醒的过程。它主要是指控制和调节一个人的情绪，并且与抑制性控制性反应（见图4）有很大的重叠。EF研究人员在历史上更专注于思想，注意力和行动（因此更多地关注外侧前额叶皮层，或称“背侧和腹侧前额叶”）；而自我调节研究人员更关注情绪（因此更多地关注内侧前额叶皮层，特别是眼眶额叶和副交感神经系统）。

-
- EF的研究人员主要将情绪视为需要抑制的问题。自我调节研究人员也认为动机和兴趣的重要性是实现目标的有用情绪反应。从历史上看，自我调节是通过（a）成人对在现实世界（如家庭或学校）中观察到的儿童行为的评定，以及（b）观察儿童在情绪丰富的"火热"情况下或令人沮丧的情况下时必须延迟满足的行为来评估的。从历史上看，EF是直接从儿童的行为中评估的，但是在远离现实世界的任意实验室测试则多数处在相当情绪中立的"冷"情况下。

-
- 努力的控制指的是气质的一个方面。这是一种内在的倾向，即轻松地进行自我调节（例如，很容易放慢或降低自己的声音），甚至可能过于规范（缺乏自发性），而不是发现自我调节困难或不那么自然。它通常通过父母报告进行评估。

-
- 操作注意指的是对注意自上而下的监管。它通常使用选择性关注的措施进行评估，例如侧卫任务。由于过于广泛地使用"操作注意"一词来应用于诸如WM能力和反应抑制或解决反应冲突（如西蒙式任务；在西蒙型任务中）。

-

发挥执行功能或自上而下的控制并不总是有益的

IT IS *NOT* ALWAYS BENEFICIAL TO EXERT EXECUTIVE FUNCTIONS OR TOP-DOWN

- 在学习新东西时，我们需要外侧前额叶皮层（EF s）。当有新事物时，那些招募外侧前额叶皮层的人通常表现最好。然而，在某件事不再是新事物之后，那些表现最好的人通常会招募最少的外侧前额叶皮层。当你真正擅长某件事时，你很少使用自上而下的控制（就像射箭艺术中的禅一样）。事实上，当你真正擅长某件事时，思考你正在做的事情往往会妨碍你表现良好。因此，在训练的早期，破坏外侧前额叶皮层功能会损害任务表现，但在熟悉任务后破坏外侧前额叶功能却可以提高表现。

煤矿中的金丝雀：作为预警系统的执行功能

CANARY IN THE COAL MINE: EXECUTIVE FUNCTIONS AS AN EARLY WARNING

- 如果你的生活中有什么不对劲的地方，EF和前额叶皮层是第一个去承受，并且是遭受不成比例的痛苦。
- 如果我们希望学龄儿童、工人或商人工作能力更强、更善于推理和解决问题，我们就不能忽视他们生活中的压力。

训练和实践改善执行功能

TRAINING AND PRACTICE IMPROVE EXECUTIVE

- Efs是可以被改进。改善儿童**EF**活动的最有力证据存在于C o g M e d 计算机化训练，计算机化和互动游戏的结合，任务切换计算机化培训，跆拳道传统武术当中，以及两个附加的学校课程，包括提升替代思维策略（PATHS）和芝加哥学校准备项目（CSRP）。

无论EF计划或干预如何，一些原则都成立：

A FEW PRINCIPLES HOLD REGARDLESS OF THE EF PROGRAM OR INTERVENTION:

- 在EF上最落后的儿童（包括弱势儿童）从任何EF干预或计划中得到的受益最多。因此，早期的EF训练可以通过减少EF中的社会差异来平衡游戏领域，从而阻止学业成就和健康方面的社会差异。
- EF训练似乎可以迁移，但从计算机化的WMM或推理培训的转移范围非常窄。EF从任务转换、传统武术和学校课程的培训中获得的收益范围更广，也许是因为这些课程更全面地应用了EF。
- EF需求需要不断增加，否则收益会很少。

-
- 反复练习是关键。
 - 实验组和对照组之间的最大差异在最苛刻的EF任务和任务条件下持续存在。通常只有在推动儿童EF技能的极限时，群体差异才会出现。

EFS在生命全程的发展

IMPROVE EXECUTIVE FUNCTIONS

- 在整个生命周期的任何年龄，EF都可以得到改善，甚至包括老年人和婴儿。在通过改善身体素质来改善老年人的EF方面，已经做了很多结果很棒的工作。
- 但是，除了实践量和基线EF之外，还没有人研究过那些从EF培训中受益的人与那些没有从EF培训中受益的人之间的区别。我们对益处是否持续或可能持续多长时间，或者对什么剂量或频率最好仍知之甚少。