



## Treino Imaginativo: a imaginação como estratégia inovadora de aprendizagem de ações motoras

*Imaginative training: imaginations as an innovative strategy for learning motor action*

---

Patricia Silva de Camargo<sup>1</sup> & André Frazão Helene<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo (IPUSP), São Paulo, SP, Brasil;

<sup>2</sup>Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo (IBUSP), São Paulo, SP, Brasil.

### Correspondência

Laboratório de Ciência da Cognição, Rua do Matão, trav. 14, n.101, sala 211, Cidade Universitária, São Paulo, SP - Brasil. CEP 05508-090

+55 (11) 3091-9911 [patriciascamargo@usp.br](mailto:patriciascamargo@usp.br)

### Como Citar Esse Documento

de Camargo, P. S. & Helene, A. F. (2024) Treino Imaginativo: a imaginação como estratégia inovadora de aprendizagem de ações motoras. *Revista Neurociências e Comportamento*. v.2, 77-108. DOI: 10.5281/zenodo.10815639

### Apoio Financeiro

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de financiamento 001 e do Centro de Pesquisa, Inovação e Difusão em Neuromatemática - CEPID NeuroMat (2013/07699-0, FAPESP).

**Contribuição dos Autores:** PSC e AHF contribuíram de maneira iguais para a escrita e revisão final do manuscrito.

**Declaração de Conflitos:** Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## RESUMO

Embora seja amplamente utilizado no treinamento esportivo e na clínica, além de abordagens experimentais, o treinamento imaginativo carece de formalizações contínuas que permitam uma compreensão mais ampla de sua extensão. Nesse contexto, o treinamento motor imaginativo corresponde a um tipo de prática mental que opera na aprendizagem motora por meio da representação mental de uma ação sem efetivamente executá-la, levando a um aprimoramento das habilidades motoras por meio da geração de aspectos visuais e cinestésicos do movimento. Este treinamento pode utilizar aspectos internos e externos, além de estratégias voltadas para a imaginação em “primeira pessoa” ou sensação cinestésica, com a visualização do movimento através da própria visão e perspectiva de “terceira pessoa”, vinculada à imagem visual das cenas, fora do indivíduo. De forma sintética, é possível compreender a importância da semelhança da atividade das experiências imaginárias face às experiências reais, olhando para os desempenhos, para a atividade neuronal e para as alterações fisiológicas dela resultantes. Nesta revisão, pretendemos abordar essas questões.

**Palavras-Chave:** *Treino imaginativo, imagética, simulação mental, aprendizagem implícita.*

O uso de estratégias de aquisição de ações motoras por treino imaginativo é um tema abordado pela literatura de esportes, da música e da reabilitação motora, além de procedimentos experimentais, no entanto, seu uso carece de fundamentação teórica em publicações em revistas científicas nacionais, o que pretendemos tratar no presente artigo.

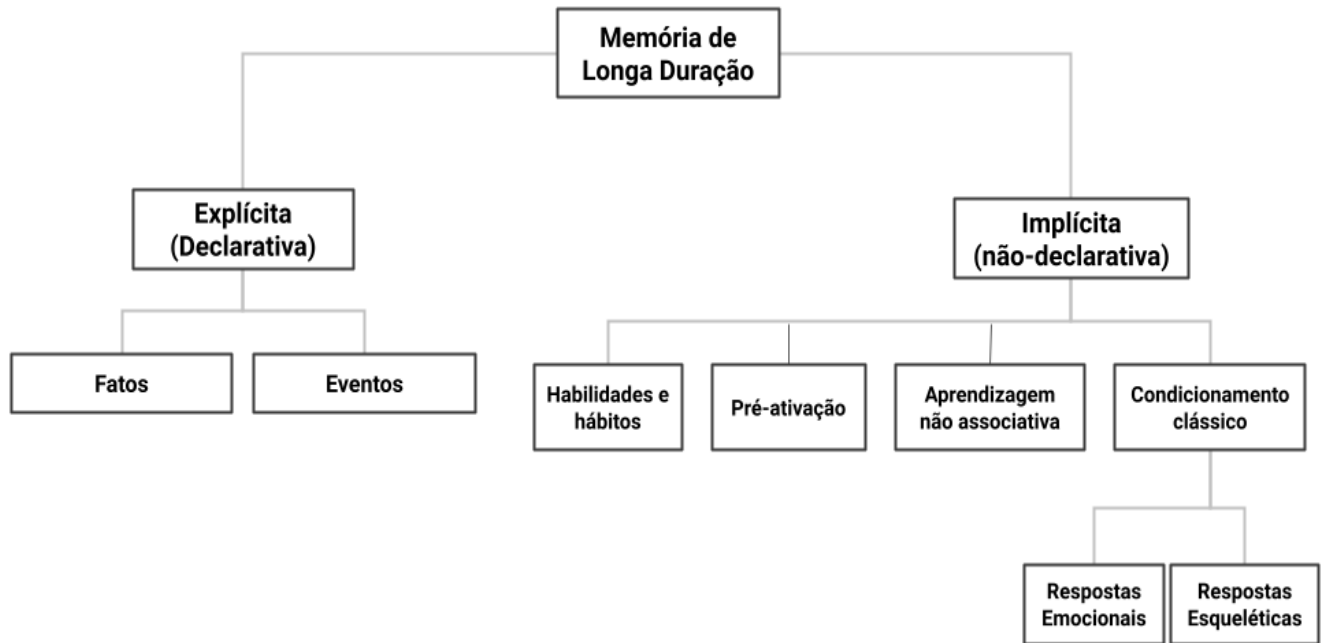
Memória pode ser definida como a capacidade do sistema nervoso em armazenar informações, acessíveis e/ou recuperáveis, consciente ou automaticamente, para um determinado uso no futuro. O processo pelo qual se dá a aquisição dessas informações é conhecido como aprendizagem e pode ser entendida como uma manifestação dos processos neurobiológicos e neuropsicológicos da formação da memória (Kandel e Squire, 2000). De forma esquemática é possível organizar os processos de formação de memória em fases, a primeira envolve a codificação e aquisição, seguindo-se uma fase de retenção e uma terceira de consolidação (Lent, 2010). Assim, tratar de formação de memórias, estabelecida nos processos de aprendizado, envolve tratar de como os processos de codificação/aquisição, retenção e consolidação se dão e, para evidenciar a importância do treino imaginativo de tarefas motoras, se deve tratar de como isso pode ocorrer para diferentes tipos de memória (Kandel e Squire, 2000; Lent 2010).

Aqui vale tratar de maneira específica sobre os aspectos referentes àquelas memórias de longa duração e seus subcomponentes, entendidos como de natureza explícita e implícita (figura 1). A memória explícita (ou declarativa) é responsável pela aquisição, retenção, consolidação e recuperação/evocação de informações que podem ser acessíveis de maneira verbal e consciente, tais como fatos, eventos e nomes, como proposto por Squire e Zola-Morgan (1991). Essa forma de memória é amplamente estudada e, geralmente, testada em experimentos de memória de palavras ou objetos (Schacter et al., 1993) e estão relacionadas à atividade neural em regiões do cérebro como o hipocampo e o córtex pré-frontal (Davachi, 2006). Um fato importante sobre a

memória explícita envolve a possibilidade de aquisição dessa modalidade de memória após apenas uma experiência com a informação a ser lembrada. Também é importante mencionar a relação entre o sistema operacional e a memória explícita, expressa por Baddeley (2000) em seu modelo de memória operacional por meio do constructo teórico de um “buffer episódico”. A possibilidade de adquirir uma memória explícita a partir de uma única experiência e por meio do sistema de memória operacional são aspectos importantes para a descrição de memórias explícitas, pois tanto parece haver um forte componente “*top-down*” para sua aquisição, como parece haver o envolvimento de processos que permitam a formação de alterações duradouras no sistema a partir de uma experiência única com um fato ou evento que será recordado. Parte importante dessas questões envolvem o hipocampo. A própria descrição do sistema de memória explícita remonta à descrição feita por Scoville e Milner (1957) de lesões no hipocampo que resultavam em uma forma de amnésia anterógrada que tornaram o paciente Henry Gustav Molaiso (H.M.) incapaz de formar novas memórias explícitas, como resultado de uma lesão bilateral do córtex temporal medial envolvendo também o hipocampo. De fato, como descrito posteriormente o hipocampo é crucial para memórias a longo prazo (Eichenbaum, 2013a; Squire e Zola-Morgan, 1998; Eichenbaum, 2013b). Parte importante do papel hipocampal está associada à grande plasticidade neuronal, como a presença de processos de LTP (potenciação de longa duração), no qual a força de uma sinapse aumenta após estímulos repetidos (Bliss e Lomo, 1973). Assim, tanto os aspectos “*top-down*” quanto o arquivamento de experiências a partir de uma única experiência parecem compatíveis com o que se encontra nas áreas associadas às memórias explícitas.

**Figura 1**

*Subcomponentes da memória de longa duração.*



Já a memória implícita (ou não-declarativa) é responsável pela aquisição e armazenamento de habilidades e comportamentos, como a aprendizagem motora, a discriminação sensorial e o condicionamento clássico (Schacter et al., 1993). Em geral se aceita que a memória implícita independe de articulação consciente para seu aprendizado ou para sua recuperação, e que poderia ser avaliada apenas por meio da observação do desempenho das tarefas específicas treinadas (Schacter et al., 1993). Isso impediria que aquisições de memória implícitas possam se dar por meio de processos “*top-down*”. No entanto, como demonstrado por vários autores (Paivio, 1971; Finks et al., 1989; Helene e Xavier, 2006), memórias implícitas podem ser adquiridas por meio de ensaios de simulação mental sem a realização da tarefa *per se*, por meio de articulação atencional. Essas evidências são importantes para o debate acerca de como se dá a aquisição de memórias

implícitas. Mais ainda, permite abrir uma questão importante sobre como é possível aprimorar experiências de aprendizado em condições em que o desempenho seja diretamente atrelado aos ganhos de memórias implícitas, como se dá em condições de treinamento imaginativo.

Dessa forma, apesar de parecer clara a distinção do que se poderia esperar dos processos de aquisição de memórias explícitas e implícitas por meio de um treino imaginativo, com claro desfavorecimento da aquisição de memórias implícitas por essa modalidade de treino, há evidências que apontam em outra direção (ver adiante). Apesar da proposta de que apenas memórias explícitas sejam naturalmente relacionadas aos processos de aquisição “*top-down*”, enquanto memórias implícitas em tese deveriam ser adquiridas apenas por meio “*bottom-up*”, parece haver evidências em grande quantidade de que essa possibilidade exista. Essa distinção, aqui apresentada em bases teóricas, é também bastante familiar à forma como tratamos o aprendizado ou treinamento de cada um destes tipos de memória. Assim, é comum que se estabeleça a noção de que apenas se pode aprender, por exemplo, a tocar piano, tocando piano. Portanto, parece importante tratarmos das formas de aquisição de memórias implícitas por treinamento imaginativo.

Este artigo trata especificamente de uma revisão teórica sobre como se dá a aprendizagem motora por meio do treino imaginativo, seus diferentes tipos e aplicações clínicas e funcionais.

### ***Aprendizagem motora por meio de treino imaginativo***

Uma das formas como se expressam tarefas de memória implícita é nas execuções motoras, que experimentalmente podem ser estudadas no aprendizado de sequência de movimentos. O aprendizado implícito de ações motoras encadeadas em uma sequência, e guiadas por um estímulo sensorial, envolvem uma rede de áreas motoras corticais e subcorticais interconectadas: especialmente as áreas pré-motora, motora e motora suplementar do córtex frontal; os gânglios da

base e o cerebelo (Jeannerod, 2001; Hardwick, 2018). Já no controle voluntário destas ações é esperado que haja também o envolvimento das áreas pré-frontais do córtex (Hardwick, 2018), exercendo um controle sobre a função executiva e a intencionalidade dos movimentos que requerem antecipação e predição de movimentos (Leisman et al., 2016).

Nesse sentido a teoria da simulação mental indica que os processos cognitivo-motores, como a imagética motora e a observação da ação compartilham as mesmas ativações que a execução motora de fato (Jeannerod, 2001) e as regiões motoras são ativadas durante a imaginação motora e a representação cognitiva do movimento (Munzert et al., 2009). Há muitas técnicas eficazes e amplamente estudadas capazes de estimular a aprendizagem implícita por treino imaginativo por meio de imagens mentais (Pearson et al., 2015). As imagens mentais ocorrem quando a informação perceptiva é acessada da memória, dando origem à experiência de “ver com os olhos da mente”, por exemplo, levando o indivíduo a reexperimentar uma versão do estímulo original ou alguma nova combinação de estímulos, contrastando com a percepção que ocorre quando a informação é registrada diretamente dos sentidos (Kosslyn et al., 2001).

Sendo assim, as imagens mentais não precisam resultar da lembrança de objetos ou eventos previamente percebidos; também podem ser criadas combinando e modificando as informações perceptivas armazenadas de novas maneiras. Nem sempre precisam ser voluntárias; eventos externos ou associações internas também podem desencadear uma imagem mental, mesmo que a pessoa não queira vivenciar a imagem naquele momento (Pearson et al., 2015; Pearson e Westbrook, 2015). Assim, a similaridade subjetiva de ver e imaginar sugere que a percepção e a imaginação apresentam representações internas comuns, além de possuir mecanismos de processamento semelhantes (Ishai et al., 2000), como a interação entre padrões visuais imaginados

e observados simultaneamente para melhorar o desempenho sensorial em uma tarefa de detecção (Ishai e Sagi, 1995).

Muitos estudos demonstraram que as imagens mentais podem funcionar de forma semelhante à percepção. Por exemplo, imaginar linhas orientadas pode induzir um efeito de orientação espacial (Mohr et al., 2011) e imaginar um estímulo em movimento pode levar a um efeito de movimento em um estímulo perceptivo subsequente, semelhante com a percepção real (Winawer et al., 2010). A vivacidade e a força sensorial das imagens mentais desempenham um papel notório em quase todas as funções cognitivas que abrangem formas de simulação sensorial (Keogh e Pearson, 2017). Evidências sugerem que as imagens mentais visuais são utilizadas durante a manutenção da memória operacional visual (Keogh e Pearson, 2014), ao relembrar eventos passados ou pensar no futuro (Byrne et al., 2007), em tomada de decisões morais (Gaesser e Schacter, 2014) e na compreensão da linguagem (Bergen et al., 2007). Já em distúrbios psiquiátricos e neurológicos, a vivacidade e a força das imagens mentais são mais acentuadas (Shine et al., 2015; Matthews et al., 2013).

Ademais, as imagens mentais também podem substituir os estímulos perceptivos durante vários tipos de aprendizagem, como na aprendizagem perceptiva em uma tarefa de detecção ou discriminação (Tartaglia et al., 2009) ou no condicionamento clássico com imagens mentais formadas voluntariamente ao invés de estímulos perceptivos (Lewis et al., 2013), demonstrando uma generalização da imagem que foi imaginada com o conteúdo perceptivo.

### **Avaliação da capacidade e qualidade imaginativa e o desempenho adquirido**

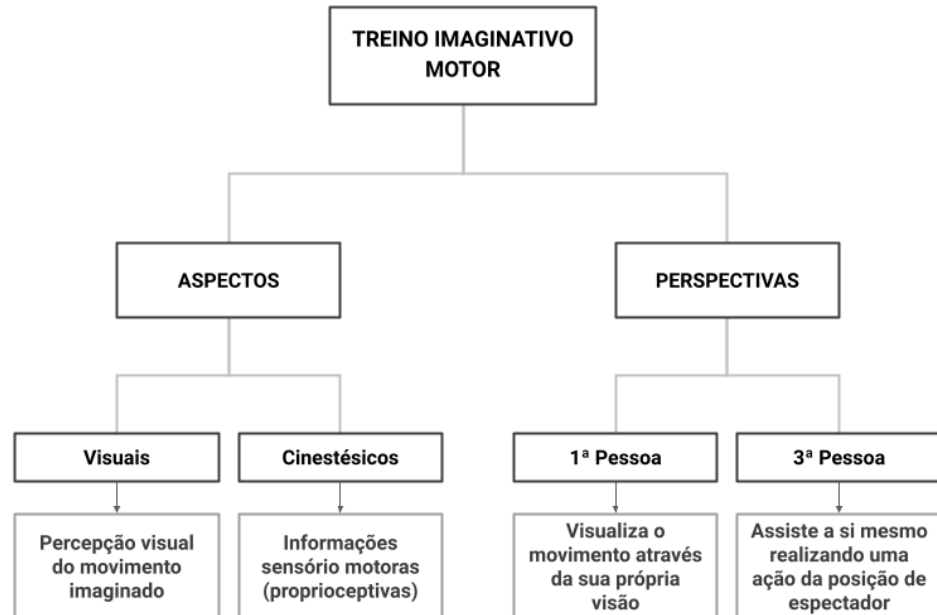
Ao estudar o fenômeno da imagética é importante estabelecer uma avaliação da capacidade de imaginação do indivíduo. Técnicas distintas são utilizadas para essa avaliação, como entrevistas pessoais e auto-relatos, cronometria mental, técnicas de neuroimagem e neurofisiológicas (Collet



et al., 2011). Os questionários de imagética para avaliar a facilidade de geração ou a vivacidade das imagens são amplamente utilizados, no entanto, acredita-se que essas classificações sejam influenciadas pelo conteúdo específico que está sendo visualizado, bem como pelas diferentes características das imagens, já que o conteúdo das imagens reflete o que o indivíduo está imaginando (Williams et al., 2012). Geralmente os trabalhos na área baseiam-se em dois aspectos da imagética, a imagética visual e a cinestésica (Williams et al., 2015) e, ao avaliar a capacidade de imaginação de um indivíduo, é necessário estabelecer a capacidade de criar imagens de diferentes conteúdos e até que ponto se pode imaginar o conteúdo usando diferentes características (Williams, 2019) (figura 2). A capacidade de imaginação, mesmo sendo variável entre os indivíduos, pode ser aprimorada e refinada, todavia, depende da capacidade em criar e controlar uma representação precisa do movimento (Williams, 2019).

**Figura 2**

Esquemática do treino imaginativo motor



*Nota:* O treinamento imaginativo motor apresenta aspectos visuais e cinestésicos do movimento, sem a execução de fato do movimento, podendo ser adotado em duas perspectivas: em primeira pessoa e em terceira pessoa.

Em relação ao desempenho adquirido com a prática imaginativa, de acordo com Pavão e colaboradores (2016), grandes mudanças no desempenho podem ser induzidas pela conjunção entre previsibilidade da sequência e a prática da mesma. Por exemplo, em um estudo clássico de Baddeley e colaboradores (1975) observou-se que o desempenho de indivíduos submetidos a treinamento verbal ou imaginativo em tarefas de aprendizado de sequências, com melhores resultados naqueles que usaram treinamento imaginativo. Além disso, o treinamento imaginativo no aprendizado de sequências parece ser mais efetivo em tarefas que envolvem habilidades motoras (Sobierajewicz, 2016).

## *Modalidades de treinamento imaginativo*

### **Treino Imaginativo Visual**

A maior parte da literatura sobre as imagens mentais se fundamenta na hipótese de que a imaginação voluntária é baseada em combinações de informações recuperadas da memória previamente armazenadas. O modelo simples de imagens voluntárias proposto é o de hierarquia visual reversa, um modelo geral “*top-down*” de imagens mentais voluntárias (Dijkstra et al., 2017) que se iniciariam no alto da hierarquia de processamento cortical frontal desencadeando uma cascata de eventos neurais para a parte posterior, que recupera informações armazenadas ou memórias de regiões mais posteriores, como as áreas temporais mediais, e representações sensoriais e espaciais do conteúdo de imagens são formadas (Kim et al., 2013). Dessa forma, a representação “solicitada” envolvendo movimento e localização espacial envolveria secundariamente outras áreas, como as temporais médias e parietais (Pearson, 2019).

Apesar da formação ou manipulação de uma imagem mental envolver áreas frontais, a atividade nessas áreas parece independente do conteúdo das imagens, sugerindo que elas desempenham um papel organizacional ou executivo na coordenação de áreas espaciais e sensoriais, mas não de conter representações imagéticas *per se* (Schlegel, et al., 2013; Ishai et al., 2000; Pearson, 2019). Outras áreas também parecem estar envolvidas nestas imaginações visuais, como o hipocampo, na formação de imagens complexas ou espacialmente distribuídas embora o seu papel exato na imaginação permaneça indefinido (Hassabis et al., 2007).

O córtex visual primário tem sido amplamente estudado, especialmente a área V1, quando se fala em imagens mentais. O conteúdo das imagens mentais pode ser decodificado apenas a partir de áreas visuais primárias, incluindo V1 e V2, uma vez que há similaridade nos padrões de atividade gerados pelas imagens mentais e na percepção visual, indicando haver ativação dos

mesmos recursos visuais (Albers et al., 2013; Naselaris et al., 2015; Pearson et al., 2015). Isso é corroborado pelas evidências obtidas em estudos de ajuste de modelos retinotópicos, em que aqueles gerados na decodificação das imagens mentais eram não apenas compatíveis com aqueles gerados durante a apresentação reais de imagens (Thirion et al., 2006), como também permitiam identificar e reconstruir imagens mentais de estímulos (Slotnick et al., 2005).

Também a sensibilidade para orientação perceptiva e localização no espaço visual parece estar associada à anatomia de V1 e a precisão das imagens mentais de orientação espacial e localização no campo receptivo ao tamanho de V1 (Song et al., 2015; Bergmann et al., 2015). Neste sentido, as imagens mentais visuais parecem ter seus próprios limites de capacidade com reduções na força da imagem, vivacidade e precisão, e esses limites, provavelmente, se devem à capacidade do indivíduo, ou à falta dela, de criar representações mentais precisas no córtex visual primário (Keogh e Pearson, 2017).

Em relação às representações baseadas em imagens mentais, as imagens mentais visuais atendem a três critérios básicos: as representações mentais são semelhantes a imagens reais, na medida que são representadas em áreas cerebrais organizadas retinotopicamente; as representações mentais diferem das entradas perceptivas simultâneas; e as representações mentais desempenham um papel funcional na execução de tarefas inteligentes (Kosslyn et al., 1995; Slotnick et al., 2005). Assim, ao se guiar pelas representações mentais visuais, os humanos tendem a fazer com que os processos cognitivos se direcionem a um propósito, como quando utilizam-se de imagens mentais visuais para o raciocínio sobre o espaço ou conceitos abstratos (Kunda, 2018).

### **Treino Imaginativo Auditivo**

As imagens mentais auditivas são denominadas como o processo pelo qual o indivíduo gera e processa imagens mentais na ausência de percepção sonora podendo ser tão vívidas quanto

à experiência real da audição e tão precisas quanto às representações que surgem diretamente da entrada sensorial (Lima et al., 2015; Janata, 2012). A imagética auditiva é a persistência introspectiva de uma experiência auditiva, incluindo uma experiência construída a partir de componentes extraídos da memória de longo prazo, na ausência de instigação sensorial direta dessa experiência (Intons-Peterson, 2014). As imagens mentais auditivas incluem domínios que não são necessariamente auditivos, mas que pode ser vivenciado na modalidade auditiva, por exemplo, a linguagem e a música podem ser representadas na forma de escrita visual e na forma auditiva, já as imagens da fala ou da música podem incluir informações motoras relevantes para a articulação ou para o desempenho (Hubbard, 2010).

Alguns trabalhos envolvendo essa modalidade de treino se concentram nos estudos da facilitação dos processos cognitivos e motores associados à atividade e desempenho musical. As regiões do cérebro envolvidas durante a imagética auditiva incluem: córtex parietal, córtex motor, córtex pré-motor, giro temporal superior, giro frontal inferior e área motora suplementar (McNorgan, 2012). Essas imagens parecem se basear na maioria das estruturas neurais ativadas durante a percepção auditiva (Kosslyn et al., 2001), sendo cruciais para a discriminação do tom durante a percepção de um estímulo auditório desempenhando um papel semelhante durante a imaginação (Zatorre e Halpern, 1993). Durante este tipo de imaginação ocorre a ativação do córtex temporal superior e inferior direito, áreas envolvidas no armazenamento e interpretação de sons não-verbais, e também dos hemisfério direito, lobo frontal e giro temporal superior, essenciais para a percepção auditiva de uma imagem auditiva de uma melodia (Halpern, 1999). O córtex parietal superior está associado à manipulação de eventos auditivos imaginários, como quando a tarefa exige que os participantes invertam mentalmente as notas de uma melodia (Zatorre et al., 2010). Por fim, a área motora suplementar é ativada, independente se a melodia é recuperada ou ensaiada

(Kosslyn et al., 2001), e juntamente com o córtex pré-motor parecem estar envolvidos na geração de imagens auditivas implicando numa ligação entre os processos sensório-motores e imagéticos (Herholz et al., 2012). Além de apresentar vínculos entre imagens auditivas, processamento de informações vocais ouvidas e imagens visuais (Lima et al., 2015).

Em relação a imaginação musical, a imagética auditiva afeta o toque dos dedos de forma semelhante à música percebida e induz uma diminuição do tempo que o indivíduo leva para imaginar, além de pistas auditivas que aumentam a vivacidade do treino imaginativo motor (Repp, 2001; Heremans et al., 2009). Além disso, as habilidades motoras e a capacidade de antecipação de imagética musical parecem estar relacionadas (Keller e Appel, 2010) sugerindo uma interação entre processamento motor e musical que se estende a estímulos ou ações imaginadas (Schaefer, 2014).

### **Treino Imaginativo Motor**

O treino imaginativo motor corresponde a um tipo de prática mental que atua na tarefa em si e no aprendizado motor, ou seja, refere-se à representação mental de uma ação sem a execução real da mesma levando a uma melhora de habilidades motoras em consequência da geração de aspectos visuais e cinestésicos do movimento. (Schuster et al., 2011; Madan e Singhal, 2012). Este treino se vale de aspectos visuais (externos) e cinestésicos (internos), e pode-se usar duas perspectivas ao imaginar: perspectiva em “primeira pessoa” que está relacionada à visão da pessoa sobre o conteúdo das imagens ou à sua sensação cinestésica (visualiza o movimento através de sua própria visão) e perspectiva em “terceira pessoa” está relacionada a imagem visual de cenas fora da pessoa (assiste a si mesmo realizando uma ação da posição de espectador) (Abbruzzese et al., 2015).

As áreas do córtex sensório-motor e as áreas responsáveis pelo controle do movimento são ativadas durante este treino promovendo uma reorganização cortical e recuperação motora (Kosslyn et al., 2001). De fato, as ações executadas e as imaginadas compartilham as mesmas estruturas neurais que recrutam regiões cerebrais sobrepostas, como o córtex pré-motor, cíngulo anterior, lobo parietal inferior e cerebelo (Decety, 1996a). Ao se imaginar fazendo um determinado movimento, as áreas cerebrais relevantes serão ativadas ocorrendo a construção de associações entre os processos implementados facilitando o desempenho motor (Maring, 1990).

No quesito comportamental, a execução e o treino imaginativo motor apresentam semelhanças como a isocronia mental, em que o tempo necessário para completar um movimento imaginado se assemelha ao tempo necessário para a execução real (Papaxanthis et al., 2002); as frequências cardíaca e respiratória que se elevam tanto durante a execução quanto imaginação do movimento (Decety et al., 1993); e os efeitos de menor intensidade após a ação motora no treino imaginativo motor quando comparado a execução real (Driskell et al., 1994). Assim, sugere-se que a execução motora e o treino imaginativo são conduzidos pelos mecanismos básicos da “hipótese da simulação” (Jeannerod, 2001).

O córtex motor é ativado durante a execução de uma tarefa motora, o que ocorre também durante a observação da ação realizada por um outro indivíduo consistente com a existência de neurônios-espelho no cérebro humano (Rizzolatti et al., 1996; Fadiga et al., 1995). O sistema de neurônios-espelho compreende áreas cerebrais do lobo parietal, córtex pré-motor, parte caudal do giro frontal inferior, ínsula e córtex frontal medial anterior (Cattaneo e Rizzolatti, 2009), apresentando um papel importante no aprendizado por imitação e na aquisição da linguagem, além de estarem envolvidos diretamente nas imagens motoras, consistente com a ideia de que os indivíduos transformam as imagens ao imaginar o que veriam se os objetos fosse manipulados de

uma maneira específica (Rizzolatti et al., 2001). Assim, a observação da ação motora é baseada no princípio de que a imitação do movimento implica em observação motora, imagética motora e execução dos movimentos, facilitando a aprendizagem motora (Abbruzzese et al., 2015; Mattar e Gribble, 2005). De modo geral, as imagens motoras oriundas do treino imaginativo podem alterar a ação neuronal nas áreas sensório-motoras de maneira comparável àquela observada em um movimento executado (Leisman et al., 2016).

A atividade cerebral durante o treino imaginativo motor é comparável à ativação durante a execução do movimento em si fazendo com que o córtex motor primário seja ativado de maneira semelhante aos movimentos reais e imaginários, bem como as áreas pré-motora dorsal, parietal superior e sulco intraparietal (Hollinger et al., 1999; Filimon et al., 2007). Essa ativação faz parte da representação motora ligada à intenção e preparação do movimento podendo ser consciente e/ou inconsciente de acordo com as circunstâncias envolvidas (Leisman et al., 2016).

Em relação aos processos de aprendizagem motora, o treinamento imaginativo motor induz melhorias no desempenho motor frente a uma tarefa motora pré-determinada (Abbruzzese et al., 2015; Wohldmann et al., 2007) e aprimora o desempenho de movimentos repetitivos comparados a prática motora isolada (Avanzino et al., 2009). Por exemplo, em uma tarefa de oposição de dedos, o desempenho motor é superior em condições de treino imaginativo e ocorre uma equivalência na aquisição implícita proporcionada por imaginar e executar a tarefa frente a estímulos apresentados em uma sequência aleatória ou repetitiva (Helene, 2006). Este tipo de treinamento envolve a memória operacional e o controle atencional levando a uma aquisição de habilidades implícitas a partir de um treino de sequências (Sobierajewicz, 2016), e tornando a atenção construída a partir da memória um fator facilitador e integrador de novas aquisições implícitas (Helene e Xavier, 2003).



## APLICAÇÕES CLÍNICAS E FUNCIONAIS DO TREINO IMAGINATIVO

As imagens mentais apresentam um mecanismo cognitivo que desempenha um papel fundamental na psicopatologia de determinados transtornos psicológicos e neurológicos, podendo ser utilizado como uma ferramenta no tratamento clínico dos mesmos. Um grande exemplo é acerca das imagens mentais intrusivas que causam sofrimento ao indivíduo e são encontradas em uma variedade de transtornos mentais, como o transtorno de estresse pós-traumático (TEPT), o transtorno bipolar, a ansiedade, a esquizofrenia e a depressão (Holmes e Mathews, 2010; Brewin et al., 2010). O TEPT se desenvolve após um evento psicologicamente traumático sendo caracterizado pela recorrência desse evento por meio de memórias e sonhos indesejados fornecendo imagens mentais visuais e auditivas clinicamente relevantes, que podem ser passageiras ou não (Brewin, 2014). Contrastando com o transtorno bipolar que gera imagens voltadas para o futuro e “*flash forward*” para um ato suicida (Hales et al., 2011), e com a dificuldade em imaginar um futuro de maneira positiva na depressão (Blackwell et al., 2015).

Há evidências de que as imagens mentais provocam emoções mais fortes quando comparadas ao processamento verbal do mesmo conteúdo, sendo consistentes com a descoberta de que as memórias emocionais tem mais características sensório-perceptivas do que as memórias sem conteúdo afetivo, por exemplo durante uma crise de ansiedade (Arntz et al., 2005), e são classificadas como mais “reais” pelos indivíduos durante as alucinações na esquizofrenia tendo impacto no comportamento e emoções dos mesmos (Mathews et al., 2013).

Técnicas terapêuticas focadas no treinamento imaginativo são abordadas em alguns tratamentos, como a Terapia Cognitivo-Comportamental (TCC) que inclui uma exposição imaginativa levando o paciente a imaginar repetidamente um objeto ou um contexto temido até que seu nível de ansiedade desapareça, por exemplo, ao induzir uma redução dos sintomas de

TEPT e fobia social diminuindo a frequência da imaginação intrusiva associada (Foa et al., 1980; Gene-Cos, 2006). Uma outra abordagem da TCC é a reescrita de imagens visando transformar o conteúdo das imagens mentais, como a imaginação de uma situação negativa sendo alterada para uma imagem nova e mais adaptativa (Holmes et al., 2007).

Outras técnicas de treinamento imaginativo podem ser aplicadas como ferramentas terapêuticas na reabilitação da função motora após distúrbio motor e/ou neurológico, como a doença de Parkinson e o acidente vascular cerebral (Pearson et al., 2015; Cho et al., 2012). Numa simulação mental, por exemplo, quando se imagina repetidamente um evento futuro em uma tarefa motora, a probabilidade de ocorrência do evento aumenta influenciando diretamente a execução motora, com consequente aprendizagem e plasticidade cerebral (Decety, 1996b). Este comportamento é muito útil também na área esportiva e musical, já que o desempenho motor de excelência é almejado tanto pelos atletas quanto pelos músicos (Pearson et al., 2015).

A capacidade de imaginar movimentos é substancialmente preservada na doença de Parkinson (DP), principalmente nos estágios iniciais e intermediários da doença. Várias abordagens diferentes são utilizadas para testar a capacidade imaginativa incluindo a influência do tratamento farmacológico na vivacidade do treino imaginativo motor (Abbruzzese et al., 2015). Pessoas acometidas pela DP são capazes de imaginar de maneira semelhante aos adultos mais velhos quando estão sob o efeito ou não da medicação anti-Parkinson (Peterson et al., 2012), e as habilidades de imagética motora cinestésica são preservadas podendo ser melhoradas pelo treinamento imaginativo motor (Maillet et al., 2014). O uso e a implementação do treino imaginativo motor combinado à prática física como parte de protocolos de reabilitação neurofuncional conseguem reduzir um dos principais sintomas da DP, a bradicinesia, a causadora da lentidão na execução de movimentos voluntários (Tamir et al., 2007).

Na área esportiva, as diferentes perspectivas de treino imaginativo podem melhorar o desempenho motor sendo a perspectiva em primeira pessoa considerada mais eficaz na precisão do desempenho motor, enquanto a perspectiva em terceira pessoa é mais eficaz no aprendizado de uma tarefa, além de aumentar a velocidade do movimento (White e Hardy, 1995). Evidências sugerem a preferência dos atletas de esportes mais complexos em realizar o treino imaginativo em terceira pessoa (Hardy e Callow, 1999; Yu et al., 2016), além da quantidade de prática mental realizada estar diretamente relacionada ao padrão de competitividade, tornando a percepção do atleta em relação ao treino imaginativo um fator de crescimento de desempenho, nível de concentração e engajamento (Cumming e Hall, 2002).

Já que a prática mental e a prática física produzem mudanças semelhantes na resposta neural, músicos habilidosos variam significativamente sua capacidade de imaginar resultados sensoriais e as ações associadas à sua habilidade (Brown e Palmer, 2012). Por exemplo, durante treino imaginativo de uma sequência motora ocorre uma importante ativação neural do córtex frontal proporcionando melhorias comportamentais semelhantes à prática física da mesma sequência motora (Jackson et al., 2003). Enquanto os pianistas aprendem uma determinada música, as informações auditivas ou motoras estão ausentes ou alteradas no treino imaginativo auditivo ou motor, e as diferenças individuais da capacidade de imaginação modulam a memória deles para a música (Brown e Palmer, 2012).

Por envolver processos semelhantes aos da percepção auditiva, as imagens mentais auditivas induzem os músicos a realizar julgamentos semelhantes sobre os mesmos sons quando percebidos e quando imaginados, sendo que os julgamentos de sons familiares imaginados refletem as características perceptivas desses sons (Hubbard, 2010; Brown e Palmer, 2013). Sons percebidos ou imaginados e imagens mentais auditivas para melodias familiares implicam em

redes neurais parcialmente sobrepostas, envolvendo o córtex auditivo secundário (Bunzeck et al., 2005; Halpern, 1999), o que é capaz de fazer com que o treino imaginativo auditivo auxilie a aprendizagem sensório-motora ao recrutar processos cognitivos semelhantes aos da percepção dos resultados auditivos de tarefas sensório-motoras, como a performance musical (Brown e Palmer, 2013).

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De maneira sucinta, parece ser possível assumir que o treino imaginativo leva a uma estimulação e manutenção de certo grau de atividade cortical e excitabilidade corticoespinal, além da indução do processo de neuroplasticidade, tanto em pessoas saudáveis quanto em pessoas com distúrbios neurológicos e lesões nervosas central ou periférica (Fadiga et.al., 1998; Abbruzzese et.al., 1999; Bonnet et al., 1997). O treino imaginativo se mostra como uma estratégia capaz de influenciar de maneira benéfica e sem custo às atividades rotineiras de pessoas saudáveis e/ou acometidas por algum tipo de distúrbio, seja de caráter psicológico ou neurológico, além de influenciar diretamente atletas e músicos a alcançarem uma performance de excelência em suas respectivas áreas profissionais. Por fim, este tipo de abordagem terapêutica imaginativa possui um vasto potencial de expansão de protocolos de treinamento como uma estratégia de saúde pública, não só na área de neuroreabilitação, mas também atuando no envelhecimento da população.

## REFERÊNCIAS

Abbruzzese, G., Assini, A., Buccolieri, A., Marchese, R., Trompetto, C. (1999). Changes of intracortical inhibition during motor imagery in human subjects. *Neurosci. Letters*, 263(2–3), 113–116. [https://doi.org/10.1016/s0304-3940\(99\)00120-2](https://doi.org/10.1016/s0304-3940(99)00120-2)

Abbruzzese, G., Avanzino, L., Marchese, R., Pelosin, E. (2015). Action observation and motor imagery: Innovative cognitive tools in the rehabilitation of Parkinson's disease. *Parkinson's Dis.*, 2015, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2015/124214>

Albers, A.M., Kok, P., Toni, I., Dijkerman, H.C., de Lange, F.P. (2013). Shared representations for working memory and mental imagery in early visual cortex. *Curr. Biol.*, 23(15), 1427–1431. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.05.065>

Arntz, A., de Groot, C., Kindt, M. (2005). Emotional memory is perceptual. *J. Behav. Ther. Exp. Psychiatry*, 36(1), 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2004.11.003>

Avanzino, L., Giannini, A., Tacchino, A., Pelosin, E., Ruggeri, P., et al. (2009). Motor imagery influences the execution of repetitive finger opposition movements. *Neurosci. Letters*, 466(1), 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.09.036>

Baddeley, A.D., Thomson, N., Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *J. Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 575–589. [https://doi.org/10.1016/s0022-5371\(75\)80045-4](https://doi.org/10.1016/s0022-5371(75)80045-4)

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends Cogn. Sci.*, 4(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01538-2)

Bergen, B.K., Lindsay, S., Matlock, T., Narayanan, S. (2007). Spatial and linguistic aspects of visual imagery in sentence comprehension. *Cogn. Sci.*, 31(5), 733–764. <https://doi.org/10.1080/03640210701530748>

Bergmann, J., Genç, E., Kohler, A., Singer, W., Pearson, J. (2015). Smaller primary visual cortex is associated with stronger, but less precise mental imagery. *Cereb. Cortex*, 26(9), 3838–3850. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv186>

Blackwell, S.E., Browning, M., Mathews, A., Pictet, A., Welch, J., et al. (2015). Positive imagery-based cognitive bias modification as a web-based treatment tool for depressed adults. *Clinical Psychol. Sci.*, 3(1), 91–111. <https://doi.org/10.1177/2167702614560746>

Bliss, T.V.P., & Lømo, T. (1973). Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *J. Physiol.*, 232(2), 331–356. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1973.sp010273>

Bonnet, M., Decety, J., Jeannerod, M., Requin, J. (1997). Mental simulation of an action modulates the excitability of spinal reflex pathways in man. *Cogn. Brain Res.*, 5(3), 221–228. [https://doi.org/10.1016/s0926-6410\(96\)00072-9](https://doi.org/10.1016/s0926-6410(96)00072-9)

Brewin, C.R. (2014). Episodic memory, perceptual memory, and their interaction: Foundations for a theory of posttraumatic stress disorder. *Psychol. Bull.*, 140(1), 69–97. <https://doi.org/10.1037/a0033722>

Brewin, C.R., Gregory, J.D., Lipton, M., Burgess, N. (2010). Intrusive images in psychological disorders: Characteristics, neural mechanisms, and treatment implications. *Psychol. Rev.*, 117(1), 210–232. <https://doi.org/10.1037/a0018113>

Brown, R.M., & Palmer, C. (2012). Auditory–motor learning influences auditory memory for music. *Mem. Cogn.*, 40(4), 567–578. <https://doi.org/10.3758/s13421-011-0177-x>

Brown, R.M., & Palmer, C. (2013). Auditory and motor imagery modulate learning in music performance. *Front. Hum. Neurosci.*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00320>

Bunzeck, N., Wuestenberg, T., Lutz, K., Heinze, H.J., Jancke, L. (2005). Scanning silence: Mental imagery of complex sounds. *NeuroImage*, 26(4), 1119–1127. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.03.013>

Byrne, P., Becker, S., Burgess, N. (2007). Remembering the past and imagining the future: A neural model of spatial memory and imagery. *Psychol. Rev.*, 114(2), 340–375. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.114.2.340>

Cattaneo, L., & Rizzolatti, G. (2009). The mirror neuron system. *Arch. Neurol.*, 66(5). <https://doi.org/10.1001/archneurol.2009.41>

Cho, H., Kim, J., Lee, G.C. (2012). Effects of motor imagery training on balance and gait abilities in post-stroke patients: A randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.*, 27(8), 675–680. <https://doi.org/10.1177/0269215512464702>

Collet, C., Guillot, A., Lebon, F., MacIntyre, T., Moran, A. (2011). Measuring motor imagery using psychometric, behavioral, and psychophysiological tools. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 39(2), 85–92. <https://doi.org/10.1097/jes.0b013e31820ac5e0>

Cumming, J., & Hall, C. (2002). Deliberate imagery practice: The development of imagery skills in competitive athletes. *J. Sports Sci.*, 20(2), 137–145. <https://doi.org/10.1080/026404102317200846>

Davachi, L. (2006). Item, context and relational episodic encoding in humans. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 16(6), 693–700. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2006.10.012>

Decety, J. (1996a). Do imagined and executed actions share the same neural substrate? *Cogn. Brain Res.*, 3(2), 87–93. [https://doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)00033-x](https://doi.org/10.1016/0926-6410(95)00033-x)

Decety, J. (1996b). The neurophysiological basis of motor imagery. *Behav. Brain Res.*, 77(1–2), 45–52. [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(95\)00225-1](https://doi.org/10.1016/0166-4328(95)00225-1)

Decety, J., Jeannerod, M., Durozard, D., Baverel, G. (1993). Central activation of autonomic effectors during mental simulation of motor actions in man. *J. Physiol.*, 461(1), 549–563. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1993.sp019528>

Dijkstra, N., Zeidman, P., Ondobaka, S., van Gerven, M.A.J., Friston, K. (2017). Distinct top-down and bottom-up brain connectivity during visual perception and imagery. *Sci. Rep.*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05888-8>

Driskell, J.E., Copper, C., Moran, A. (1994). Does mental practice enhance performance? *J. Appl. Psychol.*, 79(4), 481–492. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.79.4.481>

Eichenbaum, H. (2013a). Memory on time. *Trends Cogn. Sci.*, 17(2), 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.12.007>

Eichenbaum, H. (2013b). Hippocampus: Remembering the choices. *Neuron*, 77(6), 999–

1001. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.02.034>

Fadiga, L., Buccino, G., Craighero, L., Fogassi, L., Gallese, V., et al. (1998). Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: A magnetic stimulation study. *Neuropsychologia*, *37*(2), 147–158. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(98\)00089-x](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(98)00089-x)

Fadiga, L., Fogassi, L., Pavesi, G., Rizzolatti, G. (1995). Motor facilitation during action observation: A magnetic stimulation study. *J. Neurophysiol.*, *73*(6), 2608–2611. <https://doi.org/10.1152/jn.1995.73.6.2608>

Filimon, F., Nelson, J.D., Hagler, D.J., Sereno, M.I. (2007). Human cortical representations for reaching: Mirror neurons for execution, observation, and imagery. *NeuroImage*, *37*(4), 1315–1328. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.06.008>

Finks, R.A., Pinker, S., Farah, M.J. (1989). Reinterpreting visual patterns in mental imagery. *Cogn. Sci.*, *13*(1), 51–78. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1301\\_2](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1301_2)

Foa, E.B., Steketee, G., Turner, R.M., Fischer, S.C. (1980). Effects of imaginal exposure to feared disasters in obsessive-compulsive checkers. *Behav. Res. Ther.*, *18*(5), 449–455. [https://doi.org/10.1016/0005-7967\(80\)90010-8](https://doi.org/10.1016/0005-7967(80)90010-8)

Gaesser, B., & Schacter, D.L. (2014). Episodic simulation and episodic memory can increase intentions to help others. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, *111*(12), 4415–4420. <https://doi.org/10.1073/pnas.1402461111>

Gene-Cos, N. (2006). Post-Traumatic Stress Disorder: The Management of PTSD in Adults and Children in Primary and Secondary Care. National Collaborating Centre for Mental Health. London & Leicester: Gaskell & The British Psychological Society, 2005, pp.168 ISBN: 190467125. *Psychiatr. Bull*, *30*(9), 357–357. <https://doi.org/10.1192/pb.30.9.357-a>

Hales, S.A., Deeprose, C., Goodwin, G.M., Holmes, E.A. (2011). Cognitions in bipolar affective disorder and unipolar depression: Imagining suicide. *Bipolar Disord.*, *13*(7-8), 651–661. <https://doi.org/10.1111/j.1399-5618.2011.00954.x>

Halpern, A.R. (1999). When that tune runs through your head: A PET investigation of auditory imagery for familiar melodies. *Cereb. Cortex*, *9*(7), 697–704.



<https://doi.org/10.1093/cercor/9.7.697>

Hardwick, R.M., Caspers, S., Eickhoff, S.B., Swinnen, S.P. (2018). Neural correlates of action: Comparing meta-analyses of imagery, observation, and execution. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 94, 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.08.003>

Hardy, L., & Callow, N. (1999). Efficacy of external and internal visual imagery perspectives for the enhancement of performance on tasks in which form is important. *J. Sport Exerc. Psychol.*, 21(2), 95–112. <https://doi.org/10.1123/jsep.21.2.95>

Hassabis, D., Kumaran, D., Maguire, E.A. (2007). Using imagination to understand the neural basis of episodic memory. *J. Neurosci.*, 27(52), 14365–14374. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.4549-07.2007>

Helene, A.F. (2006). *Aquisição e uso de memória implícita* [Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA)]. <http://dx.doi.org/10.11606/t.41.2006.tde-23082007-152334>

Helene, A.F., & Xavier, G.F. (2003). A construção da atenção a partir da memória. *Rev. Bras. Psiquiatr.*, 25(suppl 2), 12–20. <https://doi.org/10.1590/s1516-44462003000600004>

Helene, A.F., & Xavier, G.F. (2006). Working memory and acquisition of implicit knowledge by imagery training, without actual task performance. *Neuroscience*, 139(1), 401–413. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.12.008>

Heremans, E., Helsen, W.F., De Poel, H.J., Alaerts, K., Meyns, P., et al. (2009). Facilitation of motor imagery through movement-related cueing. *Brain Res.*, 1278, 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.04.041>

Herholz, S.C., Halpern, A.R., Zatorre, R.J. (2012). Neuronal correlates of perception, imagery, and memory for familiar tunes. *J. Cogn. Neurosci.*, 24(6), 1382–1397. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_00216](https://doi.org/10.1162/jocn_a_00216)

Höllinger, P., Beisteiner, R., Lang, W., Lindinger, G., Berthoz, A. (1999). Mental representations of movements. Brain potentials associated with imagination of eye movements. *Clin. Neurophysiol.*, 110(5), 799–805. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(98\)00042-x](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(98)00042-x)

Holmes, E.A., Arntz, A., Smucker, M.R. (2007). Imagery rescripting in cognitive behaviour therapy: Images, treatment techniques and outcomes. *J. Behav. Ther. Exp. Psychiatry*, 38(4), 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2007.10.007>

Holmes, E.A., & Mathews, A. (2010). Mental imagery in emotion and emotional disorders. *Clin. Psychol. Rev.*, 30(3), 349–362. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2010.01.001>

Hubbard, T.L. (2010). Auditory imagery: Empirical findings. *Psychol. Bull.*, 136(2), 302–329. <https://doi.org/10.1037/a0018436>

Intons-Peterson, M.J. (2014). Auditory imagery. *Psychol. Press*. <http://dx.doi.org/10.4324/9781315807621>

Ishai, A., & Sagi, D. (1995). Common mechanisms of visual imagery and perception. *Science*, 268(5218), 1772–1774. <https://doi.org/10.1126/science.7792605>

Ishai, A., Ungerleider, L.G., Haxby, J.V. (2000). Distributed neural systems for the generation of visual images. *Neuron*, 28(3), 979–990. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(00\)00168-9](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(00)00168-9)

Jackson, P.L., Lafleur, M.F., Malouin, F., Richards, C.L., Doyon, J. (2003). Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. *NeuroImage*, 20(2), 1171–1180. [https://doi.org/10.1016/s1053-8119\(03\)00369-0](https://doi.org/10.1016/s1053-8119(03)00369-0)

Janata, P. (2012). Acuity of mental representations of pitch. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1252(1), 214–221. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06441.x>

Jeannerod, M. (2001). Neural simulation of action: A unifying mechanism for motor cognition. *NeuroImage*, 14(1), S103–S109. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0832>

Kandel, E.R., & Squire, L.R. (2000). Neuroscience: Breaking down scientific barriers to the study of brain and mind. *Science*, 290(5494), 1113–1120. <https://doi.org/10.1126/science.290.5494.1113>

Keller, P.E., & Appel, M. (2010). Individual differences, auditory imagery, and the coordination of body movements and sounds in musical ensembles. *Music Percept.*, 28(1), 27–46.

<https://doi.org/10.1525/mp.2010.28.1.27>

Keogh, R., & Pearson, J. (2014). The sensory strength of voluntary visual imagery predicts visual working memory capacity. *J. Vis.*, *14*(12), 7–7. <https://doi.org/10.1167/14.12.7>

Keogh, R., & Pearson, J. (2017). The perceptual and phenomenal capacity of mental imagery. *Cognition*, *162*, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.02.004>

Kim, S., Borst, G., Thompson, W.L., Hopkins, R.O., Kosslyn, S.M., et al. (2013). Sparing of spatial mental imagery in patients with hippocampal lesions. *Learn. Mem.*, *20*(11), 657–663. <https://doi.org/10.1101/lm.031633.113>

Kosslyn, S.M., Ganis, G., Thompson, W.L. (2001). Neural foundations of imagery. *Nat. Rev. Neurosci.*, *2*(9), 635–642. <https://doi.org/10.1038/35090055>

Kosslyn, S.M., Thompson, W.L., Klm, I.J., Alpert, N.M. (1995). Topographical representations of mental images in primary visual cortex. *Nature*, *378*(6556), 496–498. <https://doi.org/10.1038/378496a0>

Kunda, M. (2018). Visual mental imagery: A view from artificial intelligence. *Cortex*, *105*, 155–172. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.01.022>

Leisman, G., Moustafa, A., Shafir, T. (2016). Thinking, walking, talking: Integratory motor and cognitive brain function. *Front. Public Health*, *4*. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00094>

Lent, R. (2010). *Cem bilhoes de neurônios: Conceitos fundamentais de neurociência* (2nd ed.). Atheneu.

Lewis, D.E., O'Reilly, M.J., Khuu, S.K., Pearson, J. (2013). Conditioning the mind's eye. *Clin. Psychol. Sci.*, *1*(4), 390–400. <https://doi.org/10.1177/2167702613484716>

Lima, C.F., Lavan, N., Evans, S., Agnew, Z., Halpern, A.R., et al. (2015). Feel the noise: Relating individual differences in auditory imagery to the structure and function of sensorimotor systems. *Cereb. Cortex*, *25*(11), 4638–4650. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv134>

Madan, C.R., & Singhal, A. (2012). Motor imagery and higher-level cognition: Four hurdles before research can sprint forward. *Cogn. Process.*, *13*(3), 211–229.

<https://doi.org/10.1007/s10339-012-0438-z>

Maillet, A., Thobois, S., Fraix, V., Redouté, J., Le Bars, D., et al. (2014). Neural substrates of levodopa-responsive gait disorders and freezing in advanced Parkinson's disease: A kinesthetic imagery approach. *Hum. Brain Mapp.*, *36*(3), 959–980. <https://doi.org/10.1002/hbm.22679>

Maring, J.R. (1990). Effects of mental practice on rate of skill acquisition. *Phys. Ther.*, *70*(3), 165–172. <https://doi.org/10.1093/ptj/70.3.165>

Mathews, A., Ridgeway, V., Holmes, E.A. (2013). Feels like the real thing: Imagery is both more realistic and emotional than verbal thought. *Cogn. Emot.*, *27*(2), 217–229. <https://doi.org/10.1080/02699931.2012.698252>

Mattar, A.A.G., & Gribble, P.L. (2005). Motor learning by observing. *Neuron*, *46*(1), 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.02.009>

Matthews, N.L., Collins, K.P., Thakkar, K.N., Park, S. (2013). Visuospatial imagery and working memory in schizophrenia. *Cogn. Neuropsychiatry*, *19*(1), 17–35. <https://doi.org/10.1080/13546805.2013.779577>

McNorgan, C. (2012). A meta-analytic review of multisensory imagery identifies the neural correlates of modality-specific and modality-general imagery. *Front. Hum. Neurosci.*, *6*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00285>

Mohr, H.M., Linder, N.S., Dennis, H., Sireteanu, R. (2011). Orientation-Specific aftereffects to mentally generated lines. *Perception*, *40*(3), 272–290. <https://doi.org/10.1068/p6781>

Munzert, J., Lorey, B., Zentgraf, K. (2009). Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Res. Rev.*, *60*(2), 306–326. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.12.024>

Naselaris, T., Olman, C.A., Stansbury, D.E., Ugurbil, K., Gallant, J.L. (2015). A voxel-wise encoding model for early visual areas decodes mental images of remembered scenes. *NeuroImage*, *105*, 215–228. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.10.018>

Paivio, A. (1971). Imagery and deep structure in the recall of English nominalizations. *J.*

*Verbal Learn. Verbal Behav.*, 10(1), 1–12. [https://doi.org/10.1016/s0022-5371\(71\)80086-5](https://doi.org/10.1016/s0022-5371(71)80086-5)

Papaxanthis, C., Pozzo, T., Skoura, X., Schieppati, M. (2002). Does order and timing in performance of imagined and actual movements affect the motor imagery process? The duration of walking and writing task. *Behav. Brain Res.*, 134(1–2), 209–215. [https://doi.org/10.1016/s0166-4328\(02\)00030-x](https://doi.org/10.1016/s0166-4328(02)00030-x)

Pavão, R., Saviotto, J.P., Sato, J.R., Xavier, G.F., Helene, A.F. (2016). On sequence learning models: Open-loop control not strictly guided by Hick's law. *Sci. Rep.*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/srep23018>

Pearson, J. (2019). The human imagination: The cognitive neuroscience of visual mental imagery. *Nat. Rev. Neurosci.*, 20(10), 624–634. <https://doi.org/10.1038/s41583-019-0202-9>

Pearson, J., Naselaris, T., Holmes, E.A., Kosslyn, S.M. (2015). Mental imagery: Functional mechanisms and clinical applications. *Trends Cogn. Sci.*, 19(10), 590–602. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.08.003>

Pearson, J., & Westbrook, F. (2015). Phantom perception: Voluntary and involuntary nonretinal vision. *Trends Cogn. Sci.*, 19(5), 278–284. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.03.004>

Peterson, D.S., Pickett, K.A., Earhart, G.M. (2012). Effects of Levodopa on vividness of motor imagery in Parkinson disease. *J. Parkinson's Dis.*, 2(2), 127–133. <https://doi.org/10.3233/jpd-2012-12077>

Repp, B.H. (2001). Effects of music perception and imagery on sensorimotor synchronization with complex timing patterns. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 930(1), 409–411. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb05754.x>

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Matelli, M., Bettinardi, V., Paulesu, E., et al. (1996). Localization of grasp representations in humans by PET: 1. Observation versus execution. *Exp. Brain Res.*, 111(2). <https://doi.org/10.1007/bf00227301>

Rizzolatti, G., Fogassi, L., Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nat. Rev. Neurosci.*, 2(9), 661–670. <https://doi.org/10.1038/35090060>

Schacter, D.L., Chiu, C.yP., Ochsner, K.N. (1993). Implicit memory: A selective review. *Ann. Rev. Neurosci.*, 16(1), 159–182. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.16.030193.001111>

Schaefer, R.S. (2014). Images of time: Temporal aspects of auditory and movement imagination. *Front. Psychol.*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00877>

Schlegel, A., Kohler, P.J., Fogelson, S.V., Alexander, P., Konuthula, D., et al. (2013). Network structure and dynamics of the mental workspace. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 110(40), 16277–16282. <https://doi.org/10.1073/pnas.1311149110>

Schuster, C., Hilfiker, R., Amft, O., Scheidhauer, A., Andrews, B., et al. (2011). Best practice for motor imagery: A systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. *BMC Med.*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/1741-7015-9-75>

Scoville, W.B., & Milner, B. (1957). LOSS OF RECENT MEMORY AFTER BILATERAL HIPPOCAMPAL LESIONS. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 20(1), 11–21. <https://doi.org/10.1136/jnmp.20.1.11>

Shine, J.M., Keogh, R., O’Callaghan, C., Muller, A.J., Lewis, S.J.G., et al. (2015). Imagine that: Elevated sensory strength of mental imagery in individuals with Parkinson’s disease and visual hallucinations. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B., Biol. Sci.*, 282(1798), 20142047. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2047>

Slotnick, S.D., Thompson, W.L., Kosslyn, S.M. (2005). Visual mental imagery induces retinotopically organized activation of early visual areas. *Cereb. Cortex*, 15(10), 1570–1583. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhi035>

Sobierajewicz, J., Przekoracka-Krawczyk, A., Jaśkowski, W., Verwey, W.B., van der Lubbe, R. (2016). The influence of motor imagery on the learning of a fine hand motor skill. *Exp. Brain Res.*, 235(1), 305–320. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4794-2>

Song, C., Schwarzkopf, D.S., Kanai, R., Rees, G. (2015). Neural population tuning links visual cortical anatomy to human visual perception. *Neuron*, 85(3), 641–656. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.12.041>

Squire, L.R., & Zola, S.M. (1998). Episodic memory, semantic memory, and amnesia.

*Hippocampus*, 8(3), 205–211. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-1063\(1998\)8:3<205::aid-hipo3>3.0.co;2-i](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-1063(1998)8:3<205::aid-hipo3>3.0.co;2-i)

Squire, L.R., & Zola-Morgan, S. (1991). The medial temporal lobe memory system. *Science*, 253(5026), 1380–1386. <https://doi.org/10.1126/science.1896849>

Tamir, R., Dickstein, R., Huberman, M. (2007). Integration of motor imagery and physical practice in group treatment applied to subjects with Parkinson's disease. *Neurorehabilitation Neural Repair*, 21(1), 68–75. <https://doi.org/10.1177/1545968306292608>

Tartaglia, E.M., Bamert, L., Mast, F.W., Herzog, M.H. (2009). Human perceptual learning by mental imagery. *Curr. Biol.*, 19(24), 2081–2085. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.10.060>

Thirion, B., Duchesnay, E., Hubbard, E., Dubois, J., Poline, J.B., et al. (2006). Inverse retinotopy: Inferring the visual content of images from brain activation patterns. *NeuroImage*, 33(4), 1104–1116. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.06.062>

White, A., & Hardy, L. (1995). Use of different imagery perspectives on the learning and performance of different motor skills. *Br. J. Psychol.*, 86(2), 169–180. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1995.tb02554.x>

Williams, S.E. (2019). Comparing movement imagery and action observation as techniques to increase imagery ability. *Psychol. Sport Exerc.*, 44, 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.05.005>

Williams, S.E., Cumming, J., Ntoumanis, N., Nordin-Bates, S.M., Ramsey, R., et al. (2012). Further validation and development of the movement imagery questionnaire. *J. Sport Exerc. Psychol.*, 34(5), 621–646. <https://doi.org/10.1123/jsep.34.5.621>

Williams, S.E., Guillot, A., Di Rienzo, F., Cumming, J. (2015). Comparing self-report and mental chronometry measures of motor imagery ability. *E. J. Sport Sci.*, 15(8), 703–711. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1051133>

Winawer, J., Huk, A.C., Boroditsky, L. (2010). A motion aftereffect from visual imagery of motion. *Cognition*, 114(2), 276–284. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.09.010>

Wohldmann, E.L., Healy, A.F., Bourne, L.E. (2007). Pushing the limits of imagination: Mental practice for learning sequences. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.*, 33(1), 254–261. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.1.254>

Yu, Q.H., Fu, A.S.N., Kho, A., Li, J., Sun, X.H., et al. (2016). Imagery perspective among young athletes: Differentiation between external and internal visual imagery. *J. Sport Health Sci.*, 5(2), 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.12.008>

Zatorre, R.J., & Halpern, A.R. (1993). Effect of unilateral temporal-lobe excision on perception and imagery of songs. *Neuropsychologia*, 31(3), 221–232. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(93\)90086-f](https://doi.org/10.1016/0028-3932(93)90086-f)

Zatorre, R.J., Halpern, A.R., Bouffard, M. (2010). Mental reversal of imagined melodies: A role for the posterior parietal cortex. *J. Cogn. Neurosci.*, 22(4), 775–789. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21239>