

ARTIGO

<https://doi.org/10.1038/s41467-021-26906-4> **ARTIGO**

Encontrar um significado positivo nas memórias de eventos negativos atualiza a memória de forma adaptativa

Megan E. Speer , Sandra Ibrahim², Daniela Schiller ^{3,4} e Mauricio R. Delgado  ^{2y}

Encontrar um significado positivo em memórias negativas do passado está associado à melhoria da saúde mental. No entanto, ainda não está claro se isso leva a atualizações na própria representação da memória. Como a memória pode ser lábil após a recuperação, isso deixa potencial para modificação sempre que for reativada. Através de quatro experimentos, mostramos que a reinterpretação positiva das memórias negativas as atualiza de forma adaptativa, levando ao ressurgimento da positividade na recuperação futura. Focar nos aspectos positivos após a recordação negativa leva ao aumento da emoção positiva e a mudanças no conteúdo da memória durante a recordação uma semana depois, permanecendo mesmo depois de dois meses. Consistente com um relato de reconsolidação induzida por reativação, a atualização da memória ocorre somente após um lembrete e vinte e quatro horas, mas não após um atraso de uma hora. A fMRI multi-sessão mostrou que as atualizações adaptativas são refletidas na maior dissimilaridade dos padrões do hipocampo e do estriado ventral entre as recuperações. Esta pesquisa destaca os mecanismos pelos quais a atualização de memórias desadaptativas ocorre através de uma estratégia focada na emoção positiva.

¹Departamento de Psicologia, Columbia University, Nova York, NY, EUA. ²Departamento de Psicologia, Rutgers University, Newark, NJ, EUA. ³Departamento de Psiquiatria, Icahn School of Medicine at Mount Sinai, Nova York, NY, EUA. ⁴Departamento de Neurociências e Friedman Brain Institute, Icahn School of Medicine em Mount Sinai, Nova York, NY, EUA. *✉*e-mail: speer.meg.e@gmail.com; delgado@psicologia.rutgers.edu

experiências negativas podem reativar as mesmas experiências dolorosas. Todos nós temos memórias que podem ser lembradas com uma sensação de perda ou de decepção de um fracasso esmagador¹. Isto pode ser inadequado quando ruminamos sobre a situação – uma característica fundamental da depressão e dos distúrbios relacionados com o stress². Memórias autobiográficas negativas de alto significado e excitação pessoal podem induzir uma sensação mais forte de reviver o evento real, contribuindo para a retenção de tais memórias e exacerbando a sintomatologia clínica³. Uma maneira potencial de alterar a forma como nos sentimos em relação às adversidades do passado é encontrar nelas um significado positivo. Encontrar formas mais adaptativas de reformular eventos negativos é fundamental para as técnicas terapêuticas e está ligado a menos sintomas depressivos, emotividade mais positiva⁴ e recuperação mais rápida do estresse⁵.

No entanto, uma questão crítica é se focar nos aspectos positivos de eventos negativos passados realmente altera a própria representação da memória.

A memória é reconstruída no momento da recuperação⁶, deixando potencial para modificação quando é reativada, permitindo que novas informações atualizem as antigas por meio da atualização induzida pela reativação, como o processo de reconsolidação⁷. De fato, a atualização bem-sucedida da memória condicionada do medo foi observada em roedores e humanos, com evidências semelhantes para a memória processual e episódica. No entanto, não está claro se o enfrentamento focado na emoção positiva pode atualizar com sucesso memórias autobiográficas negativas que recordamos naturalmente na vida cotidiana. É concebível que focar no lado positivo (por exemplo, aprender melhores habilidades de estudo) de uma memória negativa do passado (por exemplo, ser reprovado em um exame) possa levar à atualização e ao ressurgimento da positividade na próxima vez que a memória for recuperada, diminuindo, por sua vez, o experiência de emoção negativa em lembranças futuras, que também pode ser observável em sua representação neural ao longo do tempo. Isso pode envolver sistemas neurais associados à atualização do conteúdo e afetos associados a uma memória, como o hipocampo, que medeia a reintegração neural de eventos episódicos que levam à lembrança bem-sucedida¹², e o estriado ventral (VS) e o córtex pré-frontal ventromedial (VMPFC) - circuitos relacionados à recompensa associados ao valor subjetivo e à positividade da lembrança¹³. Assim, a presente investigação questionou se a descoberta de significado positivo pode atualizar memórias autobiográficas negativas com conteúdo positivo, alterando subsequentemente a forma como nos sentimos (emoção induzida durante a recordação), o que lembramos (conteúdo) e como a memória é representada no cérebro ao longo do tempo.

Neste trabalho, mostramos evidências comportamentais e neurais convergentes em quatro experimentos que focam nos aspectos positivos de eventos negativos passados atualizam a memória de forma adaptativa,

levando a emoções positivas aprimoradas e conteúdo de memória em recuperação futura. As atualizações adaptativas da memória são duradouras, permanecendo mesmo após dois meses, e podem ocorrer por meio de um processo de reconsolidação induzido por reativação. Usando fMRI multi-sessão, isso se reflete ainda em maior dissimilaridade do hipocampo e do estriado entre as recuperações. Esta investigação destaca os mecanismos pelos quais ocorre a atualização de memórias desadaptativas através de uma estratégia focada na emoção positiva, que pode promover o bem-estar e a resiliência às adversidades.

Resultados

A descoberta de significado positivo leva ao aumento da emoção positiva na recuperação futura. No Experimento 1, 102 indivíduos saudáveis (35 homens; Mage = 20,3; DP = 2,9) primeiro reativaram 12 memórias autobiográficas negativas escrevendo uma descrição e fazendo uma classificação de sentimento emocional (Como isso faz você se sentir no momento presente? 11 -escala de pontos: \bar{y} 5 = extremamente negativo, 5 = extremamente positivo). Os participantes foram então divididos em 4 grupos e tiveram que elaborar os aspectos de cada memória que consideraram mais positivos (grupo Positivo; n = 26; por exemplo, descrever algo que você aprendeu, algo positivo que ocorreu por causa disso, ou como o evento é significativo para você), negativo (Grupo Negativo; n = 25; ex., descreva o que torna essa memória negativa ou algo negativo que ocorreu por causa disso), ou neutro (Grupo Neutro; n = 25; ex., descreva a data e o local). Um quarto grupo não deu mais detalhes e, em vez disso, realizou uma tarefa de percepção espacial focando se uma seta estava apontando para a esquerda ou para a direita (grupo Distração; n = 26). Para testar as mudanças ao longo do tempo, os participantes relembrou, escreveram descrições e avaliaram essas mesmas memórias novamente 1 semana depois (Fig. 1). Repetimos as mesmas instruções de recuperação da Recall 1 (por exemplo, "recuperar a memória naturalmente") para garantir consistência. Este experimento (e todos os outros relatados aqui) recebeu aprovação ética do Rutgers Institutional Review Board (IRB) para Proteção de Seres Humanos.

Nossa hipótese é que apenas o grupo Positivo apresentaria sentimentos positivos aprimorados e a maior mudança no conteúdo da memória na recuperação futura, dada a ligação entre o enfrentamento focado na emoção positiva e menos sintomas depressivos, emocionalidade mais positiva⁴ e recuperação mais rápida do estresse⁵. O conteúdo incluiu positividade do evento (ou seja, linguagem e tom) e dissimilaridade no conteúdo (ou seja, mudança nos detalhes do evento) nas recuperações com base em dois avaliadores independentes que eram cegos para a atribuição de grupo (escalas de 10 pontos, α Cronbach = 89,6%) .

É importante ressaltar que incluímos em nossas análises apenas memórias que foram relatadas como sendo a mesma memória em todas as recuperações, para descartar

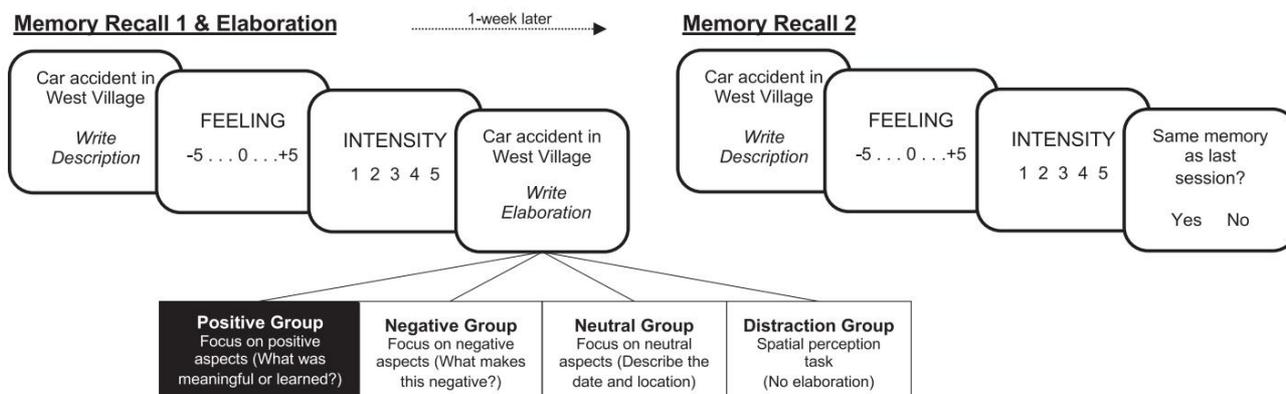


Figura 1 Cronograma do experimento 1. Os participantes primeiro escreveram e avaliaram emocionalmente 12 memórias autobiográficas negativas. Dependendo da atribuição aleatória do grupo, eles focaram nos aspectos positivos (grupo Positivo), negativos (grupo Negativo) ou neutros de cada memória (grupo Neutro), ou realizaram uma tarefa de percepção espacial (grupo Distração). Para examinar a mudança de memória, os participantes retornaram uma semana depois para escrever e avaliar emocionalmente suas memórias novamente.

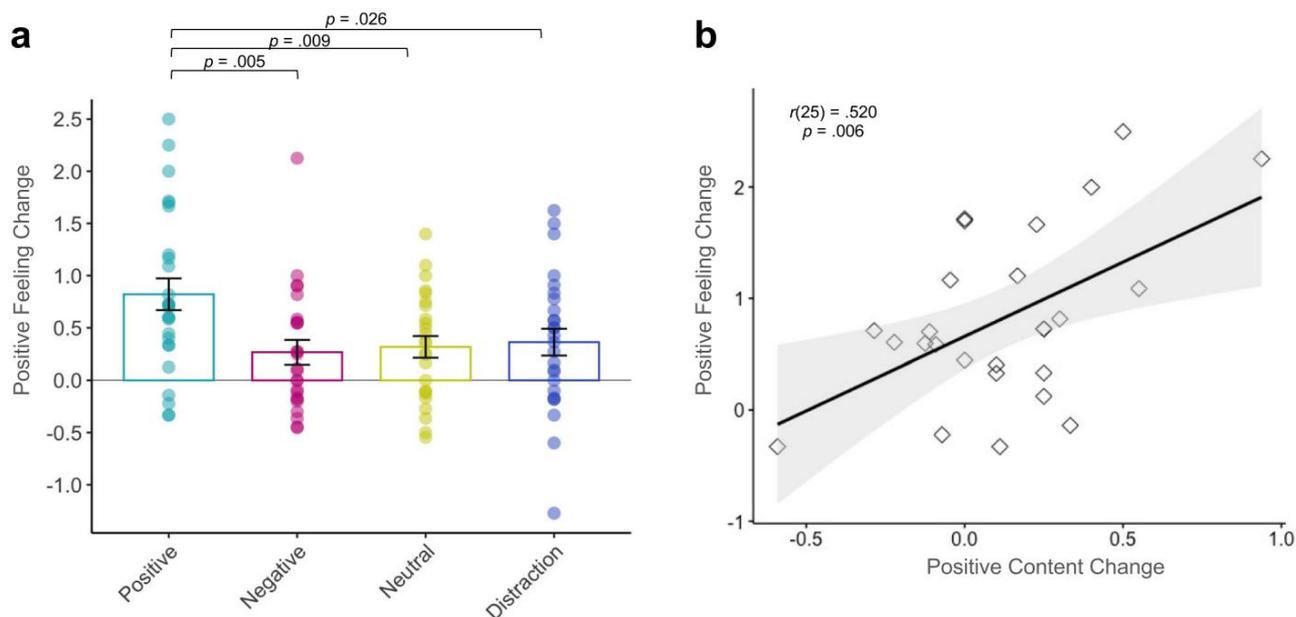


Fig. 2 Mudança de emoção positiva entre grupos. Experimento 1: a O grupo Positivo ($n = 26$) apresentou o maior aumento na emoção positiva entre as sessões, em comparação com os grupos Negativo ($n = 25$), Neutro ($n = 25$) e Distração ($n = 26$). As análises foram testes t bicaudais. Os pontos sobrepostos representam participantes individuais. As barras mostram valores médios por grupo; barras de erro = \pm SEM. b Dentro do grupo Positivo ($n = 26$), a emoção positiva acompanhou mudanças no conteúdo positivo ao longo do tempo. A faixa sombreada representa o intervalo de confiança de 95% na linha de regressão de melhor ajuste. Os dados de origem são fornecidos como um arquivo de dados de origem.

a possibilidade de que a mudança de memória seja devido à recuperação de uma memória diferente no futuro.

Examinamos primeiro a eficácia da nossa estratégia de regulação de interesse – descoberta de significado positivo – que era de fato mais positiva e significativa em conteúdo do que elaborações negativas ou neutras (ver Informações Suplementares). Nossa hipótese principal era que encontrar um significado positivo provocaria a maior mudança no sentimento entre as recuperações. Uma ANOVA unidirecional para mudança de sentimento (Recall2 – Recall1) por grupo revelou um efeito principal significativo do grupo, $F_{3,98} = 4,08$, $p = 0,009$, $\eta^2 = 0,111$. Testes t post hoc mostraram que o grupo Positivo teve o maior aumento na emoção positiva na recuperação futura em comparação com todos os outros grupos (Negativo: $t_{49} = 2,87$, $p = 0,005$, $d = 0,81$; Neutro: $t_{49} = 2,72$, $p = 0,009$, $d = 0,76$; Distração: $t_{50} = 2,30$, $p = 0,026$, $d = 0,64$), enquanto os demais grupos não diferiram entre si (todos $p > 0,58$; Figura 2a).

Também testamos se a mudança no conteúdo entre as recuperações foi mais pronunciada no grupo Positivo. A ANOVA unidirecional para mudança no conteúdo positivo (Recall2 – Recall1) estava na direção esperada, mas não alcançou significância ($F_{3,98} = 2,02$, $p = 0,116$, $\eta^2 = 0,058$) e para dissimilaridade de conteúdo não foi significativa ($F_{3,98} = 1,53$, $p = 0,326$, $\eta^2 = 0,035$). Dada a nossa hipótese específica em relação à descoberta de significado positivo, realizamos correlações entre essas variáveis apenas dentro do grupo Positivo. Um maior aumento no sentimento positivo entre as recuperações foi associado tanto a maiores aumentos no conteúdo positivo da memória ($r_{25} = 0,520$, $p = 0,006$; Fig. 2b) quanto à dissimilaridade no conteúdo da memória ($r_{25} = 0,434$, $p = 0,027$). As correlações do sentimento positivo com o conteúdo positivo e a dissimilaridade não foram significativas no Negativo ($r_{23} = 0,054$, $p = 0,799$; $r_{23} = \dot{y}0,258$, $p = 0,213$), Neutro ($r_{23} = 0,281$, $p = 0,174$; $r_{23} = \dot{y}0,298$, $p = 0,148$) e grupos Distração ($r_{24} = \dot{y}0,010$, $p = 0,962$; $r_{24} = 0,153$, $p = 0,456$).

Uma diferença potencial entre as três condições de elaboração é que a descoberta de significado positivo pode inspirar o pensamento orientado para o futuro, tal como pensar sobre como um evento negativo passado beneficiou um evento futuro, enquanto o negativo e

condições neutras podem apenas inspirar pensamentos associados ao próprio evento negativo. Para testar se esta possibilidade poderia explicar as nossas descobertas, dois codificadores independentes avaliaram se as elaborações escritas incluíam consequências futuras do evento.

Esta análise não revelou diferença entre o percentual de elaborações voltadas para o futuro geradas pelos grupos Positivo (31,2%, DP = 0,136) e Negativo (28,6%, DP = 0,111; $t_{49} = 0,73$, $p = 0,466$, $d = 0,21$). Ambos os grupos geraram mais elaborações orientadas para o futuro do que o grupo Neutro, que apenas descreveu a data e o local durante a elaboração (3,1%, DP = 0,06; Positivo vs.

Neutro: $t_{49} = 9,45$, $p < 0,001$, $d = 2,67$; Negativo vs. Neutro: $t_{48} = 10,12$, $p < 0,001$, $d = 2,86$). É importante ressaltar que, dentro do grupo Positivo, as elaborações orientadas para o futuro não foram correlacionadas com mudança de sentimento positivo ($r_{24} = -0,11$, $p = 0,569$) ou mudança de conteúdo positivo ($r_{24} = 0,028$, $p = 0,891$), sugerindo que o foco em resultados futuros fez não impulsiona nossas mudanças observadas na memória ao longo do tempo.

As mudanças na emoção e no conteúdo da memória são duradouras.

O Experimento 1 mostrou que a descoberta de significado positivo levou a um aumento na emoção positiva, que rastreou o aumento do conteúdo da memória positiva na recuperação futura. O Experimento 2 teve como objetivo replicar esta descoberta em uma amostra maior e, mais importante, investigou a longevidade do efeito ao longo de 2 meses. Uma mudança fundamental no desenho experimental testou a estratégia de descoberta de significado positivo contra a lembrança natural – uma condição para controlar o ensaio da memória sem a intenção de modificação. Noventa e um indivíduos saudáveis (39 homens; Mage = 20,9; DP = 3,89) participaram de um estudo longitudinal de 3 sessões. O projeto incluiu a primeira e a segunda sessões com 1 semana de intervalo (Mdias = 7,70, DP = 2,31) e uma terceira sessão 2 meses depois (Mdias = 54,5, DP = 6,10; Figura 3a). Os participantes escreveram cerca de 10 memórias negativas seguidas por um período de elaboração escrita para encontrar significado positivo (grupo Positivo; $n = 46$) ou lembrança natural (grupo Controle; $n = 45$).

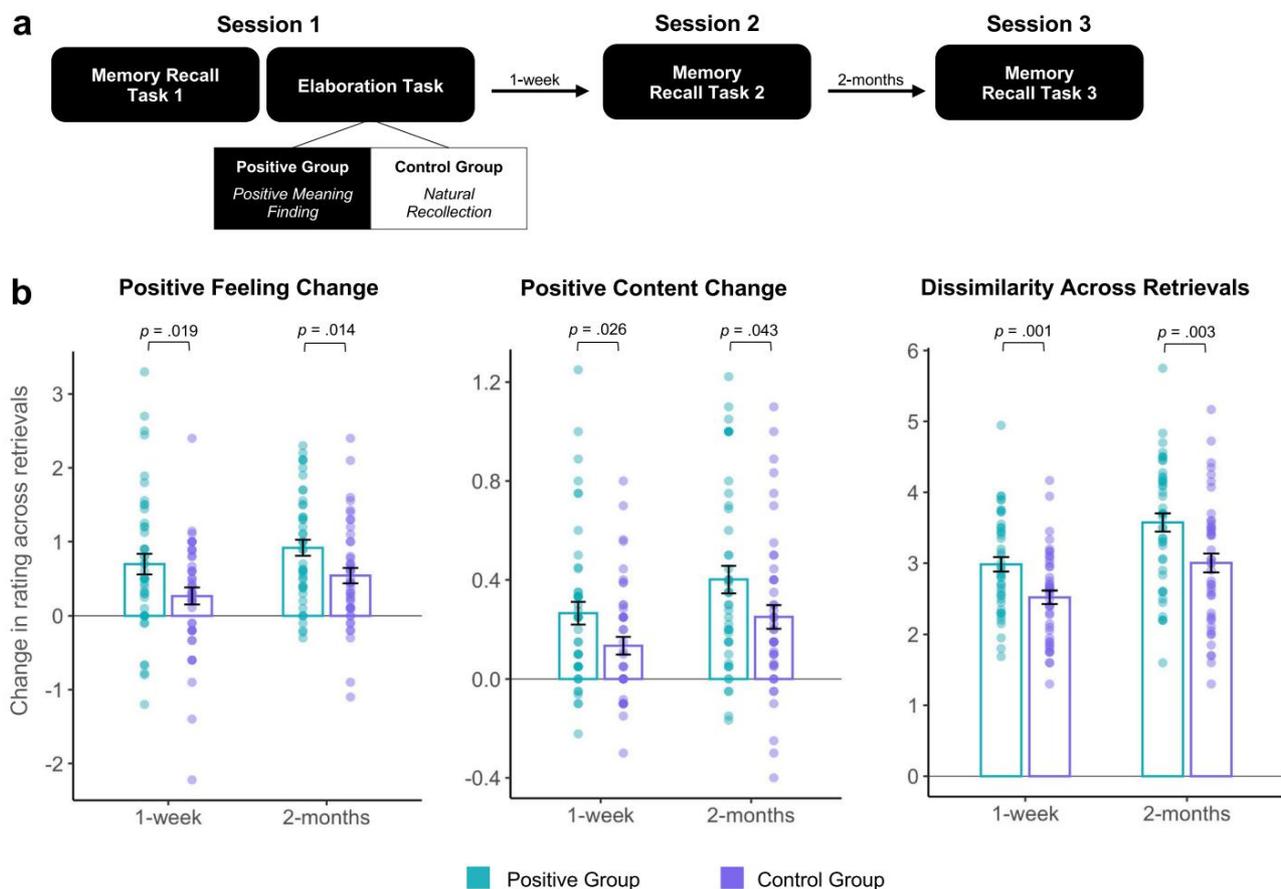


Fig. 3 Mudança de memória ao longo de 2 meses. Experimento 2: uma Linha do Tempo; b O grupo Positivo ($n = 46$) exibiu maior emoção positiva, conteúdo positivo e mais conteúdo diferente, tanto 1 semana como 2 meses depois, em relação ao grupo Controle (lembança natural; $n = 45$). As análises foram testes t bicaudais. Os pontos sobrepostos representam participantes individuais. As barras mostram valores médios por grupo e condição; barras de erro = \pm SEM. Os dados de origem são fornecidos como um arquivo de dados de origem.

Examinamos as mudanças nas classificações de sentimentos e no conteúdo da memória (positividade, dissimilaridade) ao longo do tempo (1 semana, 2 meses) por ANOVAs de grupo (Positivo, Controle), que produziram efeitos principais significativos do tempo ($F_{1,178} = 11,82$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,023$; $F_{1,178} = 7,28$, $p = 0,008$, $\eta^2 = 0,037$; $F_{1,178} = 21,31$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,098$) e grupo ($F_{1,178} = 4,43$, $p = 0,037$, $\eta^2 = 0,061$; $F_{1,178} = 9,10$, $p = 0,003$, $\eta^2 = 0,047$; $F_{1,178} = 19,83$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,091$), mas sem interações ($p = 0,824$; $p = 0,840$; $p = 0,644$). Houve um aumento em todas as três variáveis após 1 semana e 2 meses, independentemente do grupo, refletindo potencialmente o desaparecimento dos sentimentos negativos que ocorre naturalmente com o tempo¹⁴. Consistente com nossa hipótese principal, o grupo Positivo teve um aumento maior na emoção positiva, conteúdo positivo e dissimilaridade nos detalhes dos eventos do que o grupo Controle em ambas as semanas ($t_{89} = 2,39$, $p = 0,019$, $d = 0,50$; $t_{89} = 2,26$, $p = 0,026$, $d = 0,48$; $t_{89} = 3,33$, $p = 0,001$, $d = 0,70$) e atrasos de 2 meses ($t_{89} = 2,50$, $p = 0,014$, $d = 0,53$; $t_{89} = 2,06$, $p = 0,043$, $d = 0,43$; $t_{89} = 3,07$, $p = 0,003$, $d = 0,64$; Figura 3b). Estes resultados demonstram que a descoberta de significado positivo tem um efeito duradouro, alterando o conteúdo da memória e a emoção suscitada na recuperação futura.

À luz destes resultados, uma questão chave é: de que forma particular a descoberta positiva de significado altera o conteúdo das memórias? Para caracterizar a natureza precisa da atualização de conteúdo, quantificamos quantos detalhes de eventos em lembranças futuras eram a) da lembrança inicial, b) integrados no período de elaboração, ou c) eram novos detalhes relacionados sobre o evento (com base nas classificações de 2 codificadores independentes). Os participantes relataram em média 4,74 detalhes por memória ($DP = 1,36$ intervalo = 2,3–9,0) durante a Recordação 1, sem diferença

entre grupos ($t_{89} = 0,568$, $p = 0,572$, $d = 0,12$). No grupo Positivo, a maioria dos detalhes da Recordação 1 foram preservados ao longo do tempo (1 semana: 74,6%; 2 meses: 72,9%), o que foi semelhante ao grupo Controle (1 semana: 82,6%; 2 meses: 80,3%). Os grupos não diferiram no número de detalhes que recordaram por memória após 1 semana ($M_{\text{Positivo}} = 4,19$, $DP = 1,37$; $M_{\text{Controle}} = 3,50$, $DP = 2,58$; $t_{89} = 1,58$, $p = 0,117$, $d = 0,331$) ou 2 meses ($M_{\text{Positivo}} = 4,01$, $DP = 1,22$; $M_{\text{Controle}} = 4,04$, $DP = 1,10$; $t_{89} = \eta_{0,11}$, $p = 0,912$, $d = 0,023$). As lembranças futuras do grupo Positivo incluíram cerca de 10,2% de sua elaboração positiva em 1 semana e 10,5% em 2 meses ($t_{45} = 4,77$, $p < 0,001$; $t_{45} = 5,27$, $p < 0,001$). Suas lembranças futuras também incluíram 12,2% e 14,1% de novos detalhes positivos relacionados em 1 semana e 2 meses, respectivamente, o que foi significativamente maior do que o grupo Controle (1 semana: 8,1%, $t_{89} = 2,63$, $p = 0,01$, $d = 0,55$; 2 meses: 10,2%, $t_{89} = 2,29$, $p = 0,025$, $d = 0,48$; porcentagem de novos detalhes corresponde ao número de novos detalhes dividido pelo número total de detalhes durante a recuperação). Os grupos não diferiram no número de novos detalhes negativos presentes em 1 semana ($M_{\text{Positivo}} = 10,9\%$, $M_{\text{Controle}} = 8,3\%$; $t_{89} = 1,74$, $p = 0,085$, $d = 0,37$) ou 2 meses ($M_{\text{Positivo}} = 10,7\%$, $M_{\text{Controle}} = 8,8\%$; $t_{89} = 1,42$, $p = 0,16$, $d = 0,30$). Dado que o grupo Positivo incorporou aspectos de sua elaboração positiva e mais novos detalhes positivos do que o grupo Controle, uma porcentagem menor de suas lembranças futuras incluiu detalhes iniciais da Recordação 1 (1 semana: $M_{\text{Positivo}} = 66,7\%$, $M_{\text{Controle}} = 79,8\%$; $t_{89} = \eta_{3,75}$, $p = 0,003$, $d = 0,788$; 2 meses: $M_{\text{Positivo}} = 64,7\%$, $M_{\text{Controle}} = 78,4\%$; $t_{89} = \eta_{4,00}$, $p = 0,0001$, $d = 0,841$). Juntas, essas descobertas sugerem que a descoberta de significado positivo leva a lembranças futuras com componentes tanto do

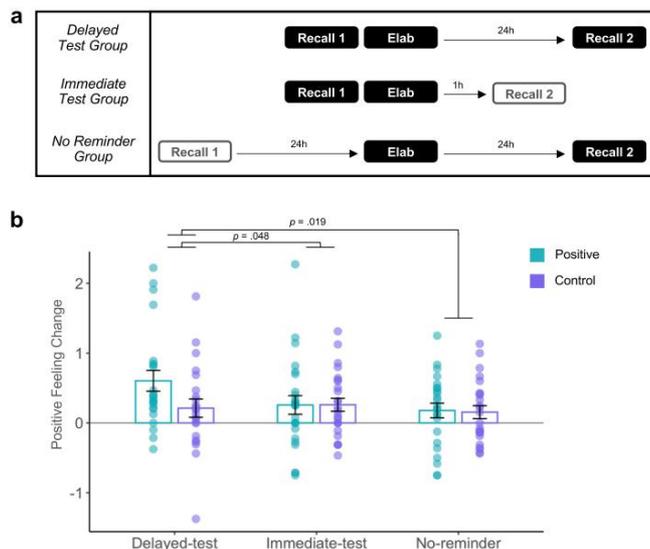


Fig. 4 A descoberta de significado positivo aproveita mecanismos de atualização de reconsolidação. Experimento 3: uma Linha do Tempo; A Recall 1 serve como reativação, a Elaboração é a manipulação e a Recall 2 é o teste de memória futuro. b) Apenas o grupo de teste retardado ($n = 23$) – indivíduos que foram submetidos à manipulação positiva após a reativação e foram testados 24 horas depois – mostrou um aumento na emoção positiva para testes positivos, mas não de controle, em recuperação futura, consistente com a atualização via reconsolidação. Os grupos de comparação foram o grupo teste imediato ($n = 25$) e o grupo sem lembrete ($n = 24$).

As análises foram testes t bicaudais. Os pontos sobrepostos representam participantes individuais. As barras mostram valores médios por grupo e condição; barras de erro = \pm SEM. Os dados de origem são fornecidos como um arquivo de dados de origem.

a recordação inicial e a elaboração positiva, dando suporte a um relato de atualização da memória.

A atualização adaptativa aproveita mecanismos de reconsolidação de memória. Quais são os mecanismos pelos quais a elaboração positiva de uma memória negativa leva a mudanças benéficas?

Uma hipótese intrigante é que a atualização da memória aproveita um processo de reconsolidação induzido pela reativação. Em um paradigma típico de reconsolidação, a memória é reativada e então ocorre uma intervenção durante a janela de reconsolidação (ocorrendo aproximadamente 10 minutos depois e até 6 horas após a reativação)^{7,9}. Um teste de memória para determinar se a memória foi modificada ocorre após um atraso – normalmente 24 horas – para dar tempo para a memória se reestabilizar. O Experimento 3 segue esse paradigma, pelo qual os indivíduos reativam memórias negativas durante a Recordação 1 (via recordação mental; 14 s) seguida pela manipulação durante a Elaboração (ou seja, descoberta de significado positivo; 20 s). Mudanças nas memórias (ou seja, mudança de sentimento) são testadas após um atraso de 24 horas (grupo Teste Atrasado; Fig. 4a).

Além disso, como a reconsolidação é um processo dependente do tempo, as atualizações de memória só devem ser observáveis a) se as memórias forem reativadas antes da manipulação e b) após o término da reconsolidação (após um atraso), mas não imediatamente após a manipulação. Assim, um grupo controle foi submetido à manipulação 24 horas após a reativação da memória, ou seja, fora da janela de atualização de aproximadamente 6 horas, e foi testado após um atraso de 24 horas (grupo Sem Lembrete). Outro grupo controle foi submetido à manipulação imediatamente após a reativação da memória, ou seja, dentro da janela de atualização de aproximadamente 6 horas, mas foi testado logo após a manipulação (grupo Teste Imediato; Fig. 4a). Em todos os grupos, metade das memórias foram recordadas naturalmente como controle para comparação. Previmos que apenas os indivíduos que reativaram suas memórias imediatamente antes da manipulação positiva (dentro da janela de atualização) e foram testados após um atraso de 24 horas.

(Grupo de Teste Atrasado) deve mostrar evidências de uma atualização na memória (conforme indexado pela mudança de sentimento). É importante ressaltar que, como se propõe que a janela de atualização comece pelo menos 10 minutos (e até 6 horas) após a reativação¹⁵, a manipulação positiva (Elaboração) ocorre 10 minutos após a reativação (Recall 1) nos dois grupos onde a atualização deve ocorrer dentro janela de atualização (grupos Teste Imediato e Teste Atrasado).

Setenta e dois indivíduos saudáveis (29 homens; Mage = 22,3; DP = 6,54) foram distribuídos aleatoriamente em três grupos experimentais: Teste Tardio ($n = 23$), Teste Imediato ($n = 25$) e Sem Lembrete ($n = 24$). Ao verificar as diferenças de memória basal, descobrimos que o grupo Sem Lembrete teve classificações de sentimento basal significativamente maiores do que o grupo de teste Imediato ($t_{47} = 2,81$, $p = 0,007$, $d = 0,80$), enquanto nenhum dos grupos diferiu do grupo de teste Atrasado. ($t_{45} = 1,30$, $p = 0,201$, $d = 0,38$; $t_{46} = 1,52$, $p = 0,137$, $d = 0,43$). Portanto, controlamos as classificações de sentimento de base em nossas análises (ver Informações Suplementares para análises de todas as classificações de base). Uma condição (positiva, controle) por grupo (Teste Atrasado, Teste Imediato, Sem Lembrete) ANOVA para mudança de sentimento, controlando as classificações de sentimento iniciais, revelou um efeito principal significativo da condição ($F_{1,137} = 5,32$, $p = 0,023$, $\eta^2 = 0,03$) e grupo ($F_{2,137} = 3,43$, $p = 0,035$, $\eta^2 = 0,04$), mas sem interação ($F_{1,137} = 1,81$, $p = 0,181$, $\eta^2 = 0,02$). O grupo Teste Atrasado teve um aumento significativamente maior na emoção positiva para testes positivos em relação aos testes de controle em comparação com o Teste Imediato ($t_{45} = 2,44$, $p = 0,019$, $d = 0,74$) e Sem Lembrete ($t_{44} = 2,03$, $p = 0,048$, $d = 0,66$), que não apresentaram tais alterações e também não diferiram entre si ($t_{46} = 0,291$, $p = 0,772$, $d = 0,055$; Figura 4b).

Embora todos os três grupos tenham passado por um lembrete e uma elaboração positiva, apenas um grupo (Teste Tardio) evidenciou atualização de memória. Esta descoberta é consistente com um processo de reconsolidação induzido por reativação de que apenas um breve lembrete seguido de elaboração (dentro da janela de atualização de aproximadamente 6 horas) e teste após um atraso levaria a alterações na memória de longo prazo, em vez de explicações alternativas, como um alteração da memória de curto prazo ou quando a elaboração está temporalmente distante do lembrete, o que não afetaria o processo de reconsolidação limitado no tempo. Estes resultados mostram que as modificações da memória através da descoberta positiva de significado não reflectem simplesmente a recordação da última sessão de elaboração na recuperação futura - caso contrário, todos os 3 grupos teriam mostrado tais mudanças - mas em vez disso a memória é atualizada de forma adaptativa com conteúdo positivo, tendo um efeito duradouro sobre a memória. lembrança futura.

A descoberta de significado positivo leva a mudanças na representação neural da memória ao longo do tempo. Como próximo passo, exploramos se as atualizações benéficas da memória também seriam observáveis nas recuperações no cérebro. Nossa hipótese é que a atualização adaptativa pode se refletir em uma maior dissimilaridade neural ligada à mudança emocional ao longo do tempo em regiões previamente associadas ao processamento de memória e afeto positivo (hipocampo, corpo estriado, VMPCF). Para testar isso, o Experimento 4 seguiu uma versão modificada do grupo de teste retardado do Experimento 3, incluindo o atraso de 10 minutos entre a recordação e a elaboração.

Trinta e dois participantes (12 homens; Mage = 22,8; DP = 4,67) foram submetidos a dois exames de ressonância magnética funcional com intervalo de 24 horas. Durante a varredura nº 1, os participantes relembrou mentalmente 32 memórias negativas e fizeram avaliações emocionais (Recordação 1). Depois (tarefa de elaboração), eles relembrou memórias naturalmente (16 tentativas de controle) ou usaram a descoberta de significado positivo (16 tentativas positivas). Para examinar as mudanças ao longo do tempo, eles retornaram 24 horas depois (varredura # 2) para recordar e avaliar emocionalmente as mesmas 32 memórias novamente (Recordação 2, Fig. 5a). Eles também retornaram para uma sessão de acompanhamento comportamental de dois meses para examinar as alterações na memória de longo prazo.

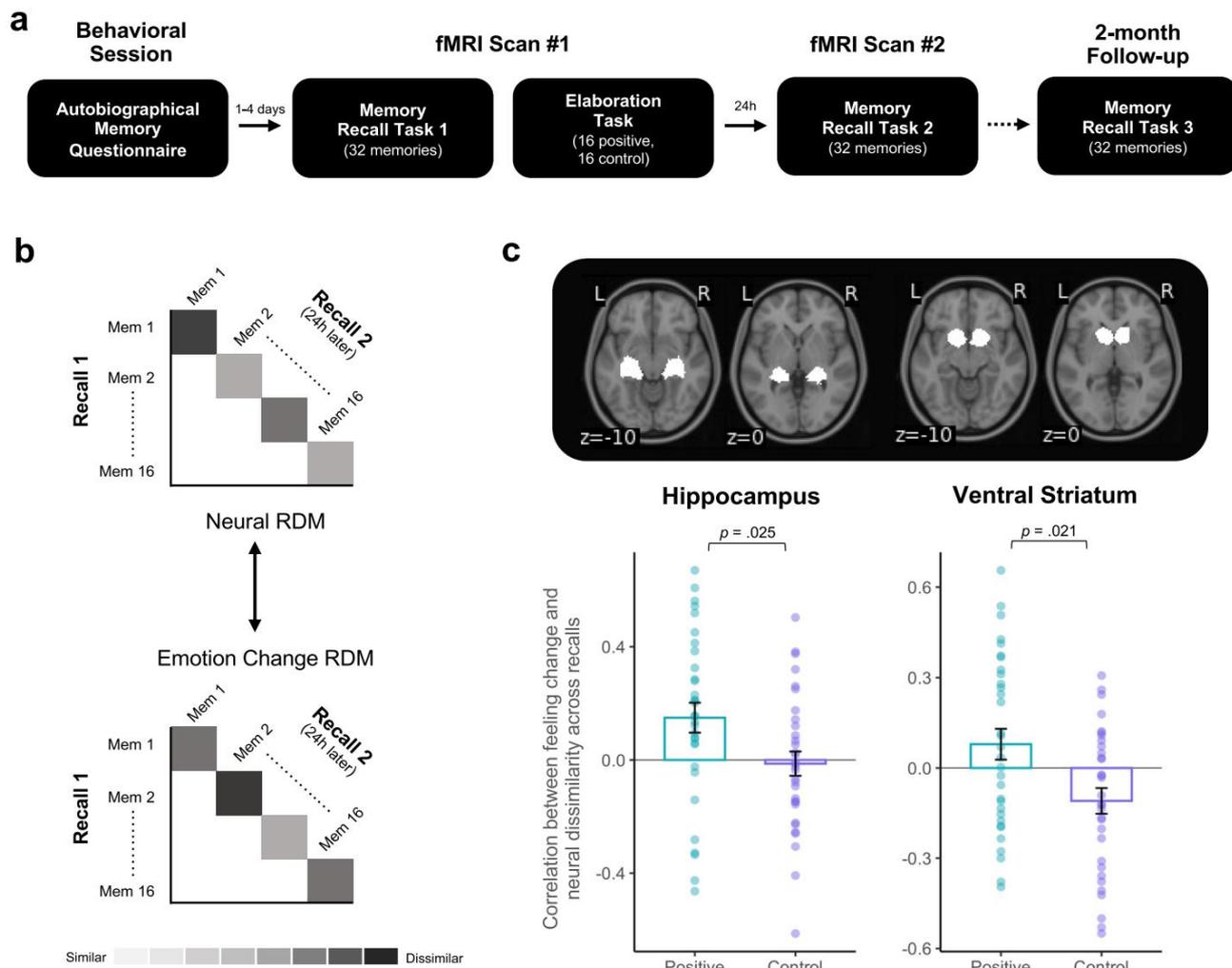


Figura 5 Dissimilaridade de padrões neurais entre recuperações. Experimento 4: uma Linha do Tempo; b Cada RDM neural foi correlacionado com seu RDM de mudança emocional correspondente nas recuperações para cada condição (positivo, controle). c Observamos maior dissimilaridade do hipocampo e do padrão VS entre as recuperações em função do aumento da positividade para memórias que sofreram elaboração positiva em relação à recordação natural. As análises foram testes de permutação de sinais de uma amostra (5.000 iterações) sobre a diferença nos valores de rho do lanceiro entre as condições. Os pontos sobrepostos representam participantes individuais. As barras mostram valores médios por condição entre os participantes ($n = 32$); barras de erro = \pm SEM. Os dados de origem são fornecidos como um arquivo de dados de origem.

Como mostrado nos Experimentos 1–3, também aqui as memórias reinterpretadas positivamente provocaram maior emoção positiva do que as memórias recordadas naturalmente após um atraso de 24 horas ($t_{31} = 5,13$, $p < 0,001$, $d = 0,91$) e 2 meses depois ($n = 18$; $t_{17} = 3,23$, $p = 0,005$, $d = 0,76$). Nossa hipótese principal era que memórias reinterpretadas positivamente (isto é, ensaios positivos) teriam maior dissimilaridade em seus padrões de ativação neural entre recuperações em função do aumento da positividade em comparação com memórias lembradas naturalmente (isto é, ensaios de controle). Raciocinamos que os aumentos de dissimilaridade neural Recall1-Recall2 na emoção positiva seriam mais significativos do que a comparação apenas entre condições positivas e de controle, uma vez que nem todas as memórias mudarão necessariamente após usar a descoberta de significado positivo e aquelas que mudam, mudam em graus variados. Informações para análises exploratórias que examinam a dissimilaridade neural geral e ROIs exploratórias, por exemplo, amígdala).

Testamos isso usando análise de similaridade representacional (RSA) em ROIs a priori (hipocampo, VS, VMPFC). Selecionamos o hipocampo devido ao seu papel na recuperação da memória e os ROIs relacionados à recompensa (VS e VMPFC) devido às suas ligações com o valor subjetivo e a positividade da lembrança. Primeiro calculamos um GLM modelando cada memória como um único regressor para cada período de recuperação

(Recall 1, Recall 2) e participante separadamente. Em seguida, extraímos padrões de ativação multivariados de cada ROI, definidos por um parcelamento de neurosintetizador, para cada condição (positiva, controle) durante cada recuperação (Recall 1, Recall 2). Em seguida, calculamos a distância de correlação entre recuperações para uma memória específica e usamos esses valores para criar matrizes de dissimilaridade representacional (RDMs) para cada condição. Criamos RDMs semelhantes para mudança de emoção entre recuperações e correlacionamos o RDM neural com o RDM de mudança de emoção correspondente para cada condição e cada participante. Em seguida, comparamos as correlações médias entre as condições (positivas, controle) no nível do grupo, executando um teste de permutação de sinal de uma amostra (5.000 iterações) na diferença nos valores rho entre as condições usando a caixa de ferramentas ntools python. Consistente com nossa previsão, esta análise revelou maior dissimilaridade neural entre recuperações em função do aumento da positividade no positivo em relação à condição de controle, tanto no hipocampo ($t_{31} = 2,36$, $p = 0,025$, $d = 0,42$) quanto no VS ($t_{31} = 2,42$, $p = 0,021$, $d = 0,43$, Fig. 5b, c), mas não o VMPFC.

Além de nossa análise principal, também realizamos análises de todo o cérebro, contrastando ensaios positivos e de controle durante cada tarefa. Durante a tarefa de Elaboração, a descoberta de significado positivo (em relação a

lembrança natural) produziu atividade consistente com estudos anteriores examinando reavaliação positiva em particular (estriado ventral, caudado e vmPFC) e reinterpretação cognitiva de forma mais geral (VLPFC, DLPFC e DMPFC; Figura Complementar 2). Curiosamente, observamos ativação semelhante durante o Recall 2 para testes positivos em relação aos testes de controle ao rastrear aumentos na positividade tentativa por tentativa, sugerindo que memórias atualizadas podem reativar alguns dos mesmos circuitos corticostriatais que foram previamente ativados durante elaboração positiva. (Consulte Informações Suplementares para análises de todo o cérebro de ensaios positivos de controle durante a tarefa de Elaboração, Recall 1, Recall 2, Recall 2 modulados parametricamente por sentimento positivo, regressão paramétrica da atividade neural durante a elaboração positiva que rastreia a dissimilaridade de padrões entre recuperações e correlações entre a atividade durante a elaboração e a mudança futura de sentimento).

Discussão

Esta pesquisa testou uma estratégia potencial para atualizar de forma adaptativa memórias autobiográficas negativas com conteúdo positivo: encontrar nelas um significado positivo. Em quatro experimentos, encontramos evidências convergentes de que a descoberta de significado positivo levou ao aumento da emoção positiva e do conteúdo positivo na recuperação futura. Notavelmente, replicamos essas descobertas quatro vezes em diferentes contextos experimentais. Nossos resultados foram consistentes, independentemente de as pessoas pensarem ou escreverem sobre suas memórias, usarem a descoberta de significado positivo isoladamente ou em conjunto com a recordação natural, com alterações na memória pós-recuperação após períodos mais curtos (24 horas, 1 semana) e mais longos. atrasos (2 meses), destacando a durabilidade e longevidade do efeito. É importante ressaltar que examinamos como a elaboração positiva de memórias negativas leva à modificação da memória, descobrindo que isso pode alavancar mecanismos de reconsolidação induzidos pela reativação, já que a atualização ocorreu somente após um lembrete e um atraso de 24 horas. Essa atualização adaptativa da memória refletiu-se ainda numa maior dissimilaridade do hipocampo e do estriado entre as recuperações, sugerindo que a descoberta de significado positivo muda a forma como nos sentimos, o que lembramos e como a memória é representada no cérebro ao longo do tempo.

Essas descobertas juntam-se a uma literatura crescente sobre atualização de memória induzida por reativação^{8,9,21,22}. Aqui, a introdução de novas informações relevantes (isto é, reinterpretação positiva) após a reativação de uma memória existente levou a uma integração da reinterpretação positiva no traço de memória negativo, modificando assim recordações futuras de uma forma benéfica. Esta conceituação difere de mecanismos alternativos que também poderiam levar a alterações futuras na memória, como a recuperação simultânea ou competitiva de memórias duais²³, o que não foi apoiado pelos nossos dados (ver Exp 3).

Ou seja, as atualizações só foram observáveis após um lembrete prévio durante a janela de reconsolidação (manipulação ocorrendo aproximadamente 10 minutos a 6 horas após a reativação) e um teste de memória após um atraso suficiente (24 horas depois). É importante ressaltar que assumimos que existem mecanismos semelhantes entre os estudos, uma vez que todos os outros paradigmas espelhavam uma versão do grupo de teste retardado na Exp 3. Evidências semelhantes de atualização foram observadas em vários domínios de memória. Por exemplo, na memória associativa, a extinção após a reativação de memórias de medo condicionadas pode reduzir a excitação fisiológica na recuperação futura em humanos²⁴ e o comportamento de congelamento em roedores²¹ através de um processo de reconsolidação; na memória processual, uma nova lista de palavras ou sequência metodológica pode interferir em algo previamente aprendido;^{25,26} e na memória episódica, ouvir as lembranças dos outros ou ver as fotografias dos outros pode colorir a própria memória para o mesmo evento^{22, 27,28}.

Isto pode ocorrer mesmo quando a nova informação está incorreta (por exemplo, efeito de desinformação)²⁹ ou é uma reconceitualização do que poderia (ver Informações Suplementares), ecoando pesquisas anteriores que ligam a depressão

foram e não o que foram (por exemplo, pensamento contrafactual)³⁰. Nossos resultados expandem esta literatura para eventos naturalistas do passado pessoal. Em vez de fornecer informações intervenientes externas para atualização, os indivíduos as geraram internamente por conta própria, refletindo as estratégias regulatórias que usamos naturalmente para lidar com as adversidades da vida cotidiana.

Um aspecto inovador da presente investigação é examinar a regulação cognitiva como uma ferramenta para a atualização da memória, para além do seu conhecido papel na mudança do nosso estado emocional atual. Décadas de pesquisa destacam a regulação cognitiva como sendo altamente eficaz na redução de sentimentos negativos associados a um evento adverso, mudando a forma como pensamos sobre ele^{4,19,31}. Investigações longitudinais começaram a sugerir a ideia de que a regulação poderia ter um impacto duradouro na emoção e na memória, por exemplo, mostrando que o treino repetido de regulação pode levar a uma redução persistente na reatividade negativa aos mesmos estímulos ao longo do tempo^{32,33}. No entanto, estes estudos utilizaram principalmente estímulos não naturalistas (por exemplo, imagens IAPS ou representações de vídeo) que são menos relevantes e podem depender menos de sistemas de memória do que quando se pensa sobre o próprio passado histórico³⁴. Estudos que examinaram a interação entre regulação cognitiva e memória autobiográfica encontraram reduções semelhantes em sentimentos negativos que refletem a regulação de experiências contínuas, mas focadas apenas em efeitos imediatos ou de curto prazo (até 30 minutos depois)^{35–38}. O facto de encontrar um significado positivo em acontecimentos negativos passados poder mudar tanto a forma como nos sentimos como o que recordamos no futuro fornece provas do papel multifacetado e do impacto duradouro das estratégias de regulação cognitiva no bem-estar psicológico.

Uma vantagem do enfrentamento focado na emoção positiva é que ele é diferente de outras estratégias de regulação emocional (por exemplo, distanciamento), uma vez que não apenas amortece a emoção negativa. Também aumenta a emoção positiva, levando a uma maior mudança emocional geral, que se reflete em relatos subjetivos, na fisiologia³⁹ e nas respostas neurais diferenciais ligadas à recompensa (estriado, vmPFC)²⁰, além das regiões reguladoras cognitivas¹⁹. Além disso, as memórias negativas podem ser especialmente propícias à atualização após o uso do enfrentamento focado na emoção positiva, porque uma perspectiva positiva pode desencadear um erro de previsão. Os sinais de erro de previsão alimentam o aprendizado e são necessários para a consolidação das informações adquiridas em um traço de memória e posterior atualização após novo aprendizado^{7,40}. Embora o nosso estudo não tenha sido concebido para testar diretamente os erros de previsão, outros o fizeram⁴¹, e os nossos resultados são consistentes com este relato.

Nossas descobertas da RSA fornecem evidências de que pensar positivamente sobre memórias negativas pode levar a padrões de ativação mais diferentes na recuperação, em função do aumento da positividade em regiões críticas para o processamento da memória e do afeto positivo. O hipocampo contribui amplamente para a codificação e recuperação, exibindo ainda padrões multivariados estáveis através de reativações semelhantes e mediando a reintegração episódica que leva à lembrança bem-sucedida. É importante ressaltar que detalhes episódicos específicos são distinguíveis através de padrões multivariados dentro do hipocampo, ajustando-se à nossa observação de que a lembrança natural tinha um padrão hipocampal semelhante, enquanto a descoberta de significado positivo tinha maior dissimilaridade de padrões que rastreava aumentos na positividade ao longo do tempo. A variabilidade do padrão no VS ligada ao aumento da positividade é consistente com o seu papel proeminente no processamento de recompensas e nos estados motivacionais¹⁷. Como nosso projeto de fMRI incluía lembranças mentais em vez de escritas, pesquisas futuras poderiam procurar caracterizar os sistemas neurais que apoiam a mudança emocional versus a mudança de conteúdo nas memórias atualizadas.

Existem limitações nesta pesquisa que merecem discussão. Em primeiro lugar, esta estratégia pode não funcionar para todos, uma vez que os indivíduos variam na sua capacidade de regulação cognitiva. Por exemplo, a anedonia foi associada a uma atualização de memória menos bem-sucedida

sintomatologia à dificuldade de recordação positiva³. Em segundo lugar, pode haver características na própria memória que a tornem menos suscetível a modificações. Memórias com alta excitação emocional, valência negativa e/ou vivacidade, como memórias de eventos traumáticos, podem ser mais difíceis de atualizar. Terceiro, utilizamos uma escala de classificação que abrange um continuum de sentimento negativo a sentimento positivo, mas os paradigmas futuros podem querer separar as mudanças na emoção positiva e na emoção negativa separadamente. Isto seria particularmente importante para testes dentro de um paradigma de reconstrução, uma vez que tais estudos visavam principalmente emoções negativas. Quarto, outras estratégias que provocam emoções positivas também podem atualizar a memória? Em uma coorte separada, descobrimos que uma estratégia alternativa - receber uma recompensa monetária extrínseca após a reativação - que aumenta de forma semelhante a emoção positiva, mas é irrelevante para a memória alvo, foi menos eficaz para atualização (ver Informações Suplementares), sugerindo que a relevância e contexto significativo da estratégia de atualização pode ser importante. Pesquisas futuras poderiam explorar as características precisas (por exemplo, relevância) e condições de contorno (por exemplo, duração) de manipulações que levam a uma atualização eficaz da memória.

O desejo de mudar a forma como nos lembramos do nosso passado não é novo. Encontrar maneiras de diminuir o impacto deletério das memórias autobiográficas negativas há muito tempo chama a atenção dos pesquisadores e é um objetivo proeminente em contextos terapêuticos⁴³. A presente pesquisa destacou uma dessas estratégias. Não apenas as pessoas já utilizam descobertas de significado positivo em suas vidas diárias³⁹, mas também não pede aos indivíduos que esqueçam aspectos de sua memória ou alterem sua memória com informações artificiais, conferindo-lhe alta validade ecológica. Em quatro experiências, focar nos aspectos positivos das adversidades passadas levou a mudanças benéficas na memória de longo prazo, captando assim como a memória é naturalmente transformada na vida cotidiana quando escolhemos olhar para o lado positivo.

Métodos

Experimento 1

Participantes. Os participantes deste estudo de 2 dias incluíram 131 jovens adultos saudáveis que foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos experimentais (Negativo = 33, Positivo = 33, Neutro = 33, Distração = 32). As exclusões incluíram não retorno para a segunda sessão (N = 4), problemas de computador (N = 1), aqueles que não recordaram memórias negativas específicas (N = 12) ou tinham menos de 50% de memórias que atendiam aos critérios (N = 12; consulte a Tabela Suplementar 1 para obter detalhes sobre exclusões por grupo). A amostra final incluiu 102 participantes (média de 35; idade média = 20,3; DP = 2,9; 16,7% asiáticos, 22,5% negros, 23,5% hispânicos, 2,0% das ilhas do Pacífico, 41,2% brancos, 2,0% mais de uma raça) em toda a faixa negativa. (N = 25; 9 homens), Grupos Positivo (N = 26; 8 homens), Neutro (N = 25; 8 homens) e Distração (N = 26; 10 homens). Realizamos uma análise de poder usando G*Power para determinar o tamanho da amostra. Previmos um tamanho de efeito médio como uma estimativa conservadora baseada em paradigmas semelhantes⁴⁴, que rendeu uma amostra-alvo de 100 participantes (25 por grupo; poder de 80%). Os participantes deram consentimento informado de acordo com o Rutgers Institutional Review Board (IRB) para Proteção de Seres Humanos e receberam crédito parcial do curso e compensação monetária pela participação.

Design experimental

Dia 1: Recuperação da memória 1 e elaboração.

Os participantes primeiro preencheram questionários perguntando sobre seus sintomas depressivos e de ansiedade (Questionário de Sintomas de Humor e Ansiedade, MASHQ)⁴⁵, sua capacidade de saborear emoções positivas na vida diária (Perfil de Regulação Emocional Revisado; ERP-R)⁴⁶, estratégias de enfrentamento sociais e positivas (COPE Inventário)⁴⁷, uso de reavaliação e supressão cognitiva (Questionário de Regulação Emocional; ERQ)⁴, resiliência de traços (Escala de Resiliência Connor-Davidson; CD-RISC)⁴⁸ e estresse de vida recente (Escala de Estresse Percebido; PSS)⁴⁹.

Os próximos participantes receberam uma lista de 30 dicas de eventos de vida (por exemplo, férias em família) e indicou quais pistas desencadearam uma memória negativa específica. Eles então realizaram uma tarefa de coleta e elaboração de memória (software Eprime 2.0) usando 12 pistas de eventos selecionadas aleatoriamente dessa lista. Em cada tentativa desta tarefa, eles viram uma pista de evento (por exemplo, Testemunhando um acidente) e escreveram de 3 a 5 frases descrevendo o que aconteceu naquela memória, seguidas de classificações emocionais para sentimentos (Como isso faz você se sentir no momento presente? Escala de 11 pontos: 5 = extremamente negativo, 0 = neutro, 5 = extremamente positivo), intensidade (Quão intensa emocionalmente é esta memória? Escala de 5 pontos: 1 = nada intenso, 5 = extremamente intenso), vivacidade (Quão claramente você pode ver essa memória em seu

mente? Escala de 5 pontos: 1 = não vívido; 5 = extremamente vívido) e idade da memória (há quanto tempo isso ocorreu?).

Depois, eles escreveram 3 a 5 frases adicionais elaborando a memória.

Dependendo da atribuição do grupo, eles focaram nos aspectos positivos (grupo Positivo), nos aspectos negativos (grupo Negativo) ou nos aspectos neutros (grupo Neutro) da memória. O grupo de distração não elaborou e, em vez disso, realizou uma tarefa de percepção espacial por 30 segundos após a recuperação da memória e avaliações. Isso envolvia ver uma seta e responder se ela apontava para a esquerda ou para a direita. Esta tarefa foi utilizada como condição de controle em estudos anteriores de regulação emocional³⁸. Imediatamente antes e após a tarefa de recordação 1 e elaboração, os participantes avaliaram seu estado de humor atual por meio do Cronograma Afetivo Positivo e Negativo (PANAS)⁵⁰.

Dia 2: Recuperação da memória 2.

Os participantes retornaram uma semana depois para um teste de recordação de memória de acompanhamento para as mesmas 12 memórias. Eles forneceram uma descrição escrita (3–5 frases) e avaliaram emocionalmente (sentimento, intensidade) cada memória novamente. Também lhes foi perguntado se recordavam a mesma memória da última sessão, para que pudéssemos garantir que a alteração da memória não se devia à recordação de uma memória diferente no futuro. Tal como no Dia 1, os participantes avaliaram o seu estado de humor atual através do PANAS antes e depois da tarefa de recordação 2.

Análise de dados. Para avaliar a mudança na emoção antes e depois da tarefa de elaboração, criamos pontuações de diferença entre as sessões para sentimento (recordação 2 – recordação 1). Para testar as diferenças de grupo na mudança emocional, realizamos ANOVAs unilaterais examinando a mudança de sentimento por um grupo.

Também analisamos descrições de memória escritas em busca de mudanças no conteúdo ao longo do tempo. Dois avaliadores independentes fizeram classificações subjetivas de positividade (1 = nada; 10 = extremamente) das descrições de todas as três tarefas, grau de semelhança no conteúdo entre as recuperações (1 = extremamente diferente; 10 = extremamente semelhante) e classificações de significância para escrita elaborações (Quão significativo ou significativo é isso? 1 = nada; 10 = extremamente). A confiabilidade interavaliadores foi alta (alfa de Cronbach = 89,6%). Em seguida, calculamos uma pontuação de diferença para positividade entre as sessões (membrança 2 – recordação 1) e realizamos ANOVAs unilaterais para mudança na positividade por grupo. Dentro do grupo Positivo, realizamos adicionalmente correlações entre mudança de sentimento e a) mudanças no conteúdo positivo entre as recuperações e b) similaridade no conteúdo entre as sessões de recuperação.

Critérios de exclusão e análise de dados comuns a todos os experimentos. Em paradigmas com lembrança escrita (Experimento 1–2), primeiro verificamos que os participantes seguiram as instruções fazendo com que dois avaliadores independentes lessem as descrições escritas das tarefas de Recordação 1, Elaboração e Recordação 2 (ou 3) (N = 12 exclusões por não seguir instruções na Exp 1). As memórias foram excluídas da análise se fossem (a) gerais em vez de específicas, (b) não negativas durante a tarefa de recordação 1, ou (c) se os participantes não seguiram as instruções durante a tarefa de elaboração (21,2% das memórias excluídas). Em todos os paradigmas, os participantes foram solicitados a relatar se recordavam a mesma memória/evento durante os períodos de recuperação. Incluímos apenas memórias que eram consistentes entre as recuperações nas análises para descartar a possibilidade de que as alterações observadas fossem devidas a uma memória diferente sendo recuperada no futuro. Os participantes que não possuíam pelo menos 50% de memórias que atendiam aos critérios foram excluídos da análise (N = 12 no Exp 1; ver Suplemento para contagens de todas as exclusões em cada Experimento). Acompanhamos os efeitos significativos com testes t post-hoc. Todos os testes foram bicaudais e tiveram um nível alfa de 0,05. Em todos os experimentos, coletamos dados utilizando o software Eprime 2.0 e analisamos dados comportamentais utilizando R (versão 3.6).

Experimento 2

Participantes. Cento e vinte jovens adultos saudáveis participaram deste estudo longitudinal on-line de 3 sessões e foram distribuídos aleatoriamente em 2 grupos (Positivo = 65; Controle = 63). As exclusões incluíram falha em completar a segunda (N = 20) ou terceira sessão (N = 11) ou mau desempenho nas tarefas de recuperação de memória (não recordou memórias negativas específicas, N = 2; dificuldade em usar a descoberta de significado positivo, N = 4). A amostra final incluiu 91 participantes (39 homens; idade média = 20,9; DP = 3,89) nos grupos Positivo (N = 46; 20 homens) e Controle (N = 45; 19 homens). Usando G*Power, nosso tamanho de amostra alvo foi calculado em 90 participantes (45 por grupo) com base em uma análise de poder esperando um tamanho de efeito pequeno (para detectar diferenças no conteúdo da memória escrita, conforme indicado no Experimento 1; poder de 80%). Os participantes foram recrutados on-line no grupo de disciplinas de psicologia da Rutgers University e deram consentimento informado de acordo com o Rutgers Institutional Review Board (IRB) para Proteção de Seres Humanos. Eles receberam crédito parcial do curso e/ou compensação monetária pela participação. Não coletamos dados de raça/etnia para esta amostra.

Design experimental. Este estudo espelhou o Experimento 1, mas foi modificado para incluir uma 3ª sessão (2 meses depois) e teve apenas dois grupos (Positivo, Controle).

Todas as sessões foram realizadas on-line usando pesquisas Qualtrics. Na sessão 1, os participantes primeiro preencheram questionários perguntando sobre dados demográficos, emoções, humor e sintomas clínicos – o mesmo que no Experimento 1.

Os participantes receberam então uma lista de pistas de acontecimentos comuns da vida (por exemplo, férias em família) para ajudá-los a desencadear 10 memórias autobiográficas negativas diferentes e específicas do seu passado. Para cada memória eles forneceram uma frase-chave específica para ser usada em sessões futuras, uma descrição de 3 a 5 frases da memória e classificações de

sentimento, intensidade, vivacidade, significado, proximidade social, frequência de recordação e data da memória. Depois eles elaboraram mais sobre as mesmas memórias.

Dependendo da atribuição aleatória do grupo, eles escreveram 3 a 5 frases adicionais focando no aspecto positivo da memória (grupo Positivo) ou recordaram-na naturalmente novamente (grupo de controle).

A sessão 2 ocorreu 1 semana depois (Médias = 7,70, DP = 2,31) e a sessão 3 ocorreu 2 meses depois (Médias = 54,5, DP = 6,10). Nas sessões 2 e 3, os participantes viram as mesmas 10 frases-chave, descreveram cada memória em 3 a 5 frases e fizeram classificações de memória (sentimento, intensidade, vivacidade, significado e proximidade social). Na sessão 3, também perguntamos até que ponto os participantes falaram (pessoalmente, por mensagem de texto/ telefone ou nas redes sociais), pensaram, focaram nos aspectos positivos e focaram nos aspectos negativos de suas memórias dos últimos 2 meses.

Análise de dados. Os procedimentos de análise de dados refletiram os do Estudo 1 com algumas modificações. Além das pontuações de diferença após 1 semana (Recall 2 – Recall 1), calculamos uma pontuação de diferença adicional para cada variável dependente em 2 meses em relação à primeira sessão (Recall 3 – Recall 1). Examinamos os efeitos das classificações de memória e do conteúdo ao longo do tempo (1 semana, 2 meses) por ANOVAs de grupo (Positivas, Controle) para cada variável dependente. O conteúdo da memória foi julgado por dois avaliadores independentes com base nas mesmas características de positividade e dissimilaridade. A confiabilidade interavaliadores foi alta (alfa de Cronbach = 94,9%).

Experimento 3

Participantes. Cento e quatro jovens adultos saudáveis participaram deste estudo de múltiplas sessões e foram distribuídos aleatoriamente em 3 grupos experimentais (teste imediato = 35, teste tardio = 35, sem lembrete = 34). As exclusões incluíram não retorno para a segunda ou terceira sessão (N = 11, N = 1; devido ao clima adverso), problemas de computador (N = 3) e mau desempenho nas tarefas de recuperação de memória (não recordou memórias negativas específicas, N = 4; lembrado <50% das memórias do Dia 1, N = 6; dificuldade em encontrar significado positivo, N = 7). A amostra final incluiu 72 participantes (29 homens; idade média = 22,3; DP = 6,54; 6,4% asiáticos, 31,9% negros, 26,4% hispânicos, 23,7% brancos) no teste Imediato (N = 25; 10 homens). Atrasado -teste (N = 23; 10 homens) e grupos Sem lembrete (N = 24; 9 homens). Usamos G*Power para determinar o tamanho da amostra. Esperávamos um tamanho de efeito grande (com base nos resultados do Experimento 1 para mudança de emoção entre grupos), que rendeu um tamanho de amostra alvo de 75 participantes (25 por grupo; 80% de poder). Os participantes deram consentimento informado de acordo com o Rutgers Institutional Review Board (IRB) para Proteção de Seres Humanos e receberam crédito parcial do curso pela participação.

Design experimental

Dia 1: Questionário de memória autobiográfica.

Esta sessão seguiu o mesmo paradigma da Experiência 1–2, mas com algumas modificações. O AMQ incluiu 68 pistas de eventos negativos (por exemplo, testemunhar um acidente). Para cada sugestão, eles pensaram em uma memória negativa, escreveram uma breve descrição (1–2 frases), forneceram uma data e fizeram avaliações subjetivas de sentimento, intensidade emocional, vivacidade, significado e proximidade social. É importante ressaltar que os participantes também criaram uma frase-chave exclusiva (5 a 10 palavras) para cada memória, para facilitar a lembrança em recuperações futuras. O experimentador selecionou aleatoriamente 32 memórias do AMQ de cada participante que foram consideradas negativas e ocorreram em local e horário específicos (critério mínimo de inclusão). As memórias foram então combinadas em classificações de sentimento e intensidade e cada par foi atribuído aleatoriamente à condição positiva ou de controle para garantir que as memórias fossem semelhantes em cada condição no início do estudo.

Dia 2–3: Recuperação da memória 1, elaboração e recuperação da memória 2.

Todos os três grupos de participantes recuperaram 32 memórias negativas por meio de recordação mental como meio de reativação (tarefa de recordação 1). Em cada tentativa, eles viram uma frase-chave única por 14 segundos, pressionaram botões indicando a duração da recordação e fizeram avaliações de sentimento e intensidade emocional.

Posteriormente realizaram uma tarefa de elaboração que incluiu a manipulação positiva.

Em cada tentativa, eles viram as mesmas frases-chave exclusivas novamente por 20 segundos. Eles foram solicitados a encontrar um significado positivo na memória negativa para metade das memórias (16 tentativas positivas) e a recordar naturalmente a outra metade (16 tentativas de controle). Após um teste positivo, foi perguntado: Você conseguiu pensar em algo positivo associado a essa memória? (Sim não). Após um teste de controle, foi perguntado a eles: Você pensou na memória especificada? (Sim não). Houve 2 blocos positivos e 2 blocos de controle com 8 tentativas cada. Os blocos foram apresentados em ordem contrabalançada entre os participantes. Dois grupos (teste imediato e teste retardado) reativaram as memórias antes da manipulação da elaboração positiva (durante a janela de reconsolidação). O terceiro grupo (Sem Lembrete) não reativou as memórias imediatamente antes, mas houve um atraso de 24 horas entre a reativação e a elaboração.

Para avaliar as mudanças na memória, todos os participantes voltaram a recordar as mesmas 32 memórias novamente através da recordação mental e fizeram avaliações subjetivas de emoções (tarefa de recordação 2). Em cada tentativa, eles também foram questionados se recordavam a mesma memória da sessão anterior. Dois grupos (teste atrasado e sem lembrete) retornaram para recall 2 após um atraso de 24 horas, enquanto o terceiro grupo (teste imediato) retornou após um atraso de apenas 1 hora (durante a janela de atualização de reconsolidação).

Análise de dados. Para avaliar a mudança na emoção antes e depois da tarefa de elaboração, criamos pontuações de diferença (lembração 2 – recordação 1) entre as sessões para classificações de sentimento para cada condição (positiva, controle) separadamente. Em seguida, realizamos uma condição (2: positivo, controle) por grupo (3: teste retardado, teste imediato, sem lembrete) ANOVA para mudança de sentimento.

Experiência 4

Participantes. Quarenta adultos jovens saudáveis participaram deste estudo de fMRI de múltiplas sessões. As exclusões incluíram baixo desempenho nas tarefas de recuperação de memória (dificuldade em usar a descoberta de significado positivo, N = 4; lembrar menos de 50% das memórias entre as sessões, N = 1) e movimento > 3 mm em qualquer direção (N = 3). A amostra final incluiu 32 participantes (12 homens; Mage = 22,8; DP = 4,67; 37,5% Asiáticos, 21,9% Negros, 18,8% Hispânicos, 34,4% Brancos). Nosso tamanho de amostra alvo foi de 35 participantes com base em estudos anteriores de fMRI usando análises multivariadas semelhantes e dados comportamentais do Experimento 3. Os participantes deram consentimento informado de acordo com o Rutgers Institutional Review Board (IRB) para Proteção de Seres Humanos e receberam dinheiro remuneração pela participação.

Design experimental. Este foi um estudo de 4 sessões que ocorreu ao longo de 2 meses. Incluiu uma sessão comportamental inicial, duas sessões de fMRI e um acompanhamento comportamental de 2 meses. Ele refletiu o paradigma do grupo de teste retardado no Experimento 3.

Sessão comportamental.

Na primeira sessão, os participantes preencheram os mesmos questionários (sobre emoção e sintomatologia clínica) e AMQ descritos no Experimento 3. O mesmo procedimento foi usado para selecionar 32 memórias no total (16 positivas, 16 controles).

Varredura 1: Recuperação de memória 1 e elaboração positiva.

Na segunda sessão (1 a 4 dias depois), os participantes completaram duas tarefas enquanto eram submetidos à ressonância magnética funcional. Eles primeiro realizaram uma tarefa de recordação de memória na qual recordaram mentalmente 32 memórias negativas (Recordação 1). Eles viram uma frase-chave única por 14 segundos, pensaram na memória e pressionaram botões indicando a duração da recuperação. Após um pequeno atraso (2 a 4 s), eles fizeram avaliações de sentimento e intensidade emocional (limite de tempo irrestrito), seguido por um ITI de 6 a 10 s.

Após a Recordação 1, os participantes realizaram uma tarefa de Elaboração de Memória que incluía manipulação positiva. Em cada tentativa, eles viram uma das 32 frases-chave exclusivas novamente por 20 segundos. Foi-lhes pedido que elaborassem positivamente (isto é, encontrassem um significado positivo) metade deles (16 ensaios positivos) e que recordassem naturalmente a outra metade (16 ensaios de controle). Eles pressionaram botões para indicar a duração da recordação ou elaboração, seguida por um atraso de 2 a 4 segundos. Após um teste positivo, foi perguntado: Você conseguiu pensar em algo positivo associado a essa memória? (Sim não). Após um teste de controle, foi perguntado a eles: Você pensou na memória especificada? (Sim/Não; limite de tempo irrestrito para avaliações). Um ITI de 6 a 10 s separou uma tentativa da seguinte. Houve 2 blocos positivos e 2 blocos de controle com 8 tentativas cada. Os blocos foram apresentados em ordem contrabalançada entre os participantes.

No final da Varredura 1, os participantes forneceram relatórios subjetivos de seu desempenho geral na tarefa, como seu sucesso no uso da descoberta de significado positivo e da recordação natural (ambas as escalas de 7 pontos: 1 = nada bem sucedido; 7 = extremamente bem sucedido), e quão difícil foi alternar entre estratégias (escala de 7 pontos: 1 = nada difícil; 7 = extremamente difícil).

Varredura 2: Recuperação de memória 2.

Na terceira sessão (1 dia depois), os participantes foram submetidos à segunda varredura e realizaram a mesma tarefa de recordação de memória (recordação 2; recordação de 14 s seguida de avaliações emocionais). É importante ressaltar que ao final de cada tentativa eles relataram se era a mesma memória da sessão anterior (Sim/Não). Esta segunda sessão de fMRI permitiu-nos medir mudanças na emoção e na representação neural das memórias desde antes (Recall 1) até depois da elaboração positiva (Recall 2).

Acompanhamento comportamental de dois meses.

Na quarta sessão (2 meses depois), os participantes realizaram novamente a mesma tarefa de recordação de memória (recordação 3; recordação de 14 s seguida de classificações de emoção). Isto permitiu-nos testar mudanças mais duradouras nas memórias ao longo do tempo e serviu para replicar o nosso estudo comportamental longitudinal (Experiência 2).

Aquisição e pré-processamento de dados de fMRI. Coletamos dados de neuroimagem usando um scanner 3 T Siemens Magnetom Trio. Adquirimos imagens estruturais usando uma sequência MP-RAGE ponderada em T1 em 176 cortes sagitais de 1 mm (matriz 256x256, FOV = 256 mm) e imagens funcionais em 35 cortes oblíquo-axiais contíguos (voxels 3x3x3mm) paralelos ao plano AC-PC com uma sequência EPI gradiente-eco de disparo único (TR = 2 s, TE = 25 ms, FOV = 192, ângulo de inversão 90, largura de banda = 2232 Hz/Px, espaçamento de eco = 0,51).

As imagens foram pré-processadas usando SPM 12. Corrigimos o movimento de cada série temporal para seu primeiro volume e, em seguida, realizamos a correção espacial para minimizar distorções geométricas devido a artefatos de suscetibilidade. Nós co-registramos o funcional médio

imagem para a varredura anatômica, normalizou a anatômica usando o modelo de segmentação unificado⁵² e, em seguida, cortou novamente os dados funcionais para o espaço estereotáxico padrão do Montreal Neurological Institute (MNI). Em seguida, aplicamos suavização espacial usando um kernel gaussiano de 5 mm FWHM.

Para minimizar o impacto do movimento da cabeça, aplicamos pré-processamento adicional etapas usando FSL 6.0. Especificamente, detectamos picos de movimento usando a ferramenta FSL `fsl_motion_outliers`. Esta ferramenta avalia picos de movimento com duas métricas: (1) diferença de intensidade quadrática média (RMS) de cada volume em relação ao volume de referência desde o primeiro ponto de tempo; e (2) deslocamentos quadro a quadro, que são a alteração média RMS nos parâmetros de rotação/translação em relação ao volume de referência. Rotulamos os volumes como picos usando um limite de boxplot (percentil 75 mais 1,5 vezes o intervalo interquartil) para valores métricos dentro de uma execução e, em seguida, removemos esses picos por meio de regressão^{53,54}. Em todos os participantes, isto removeu 10% dos volumes (intervalo: 3,3 a 19,5%). Em seguida, extraímos material cerebral das imagens funcionais e normalizamos todo o conjunto de dados 4D usando um único fator de escala (escala de intensidade média). Para remover o desvio de baixa frequência no sinal de RM, aplicamos um filtro temporal passa-alta (corte de 100 s).

Análise de dados de fMRI. Os dados funcionais foram analisados usando um modelo linear geral de efeitos aleatórios (GLM) de todo o cérebro em FSL. Os regressores foram convolvidos com uma função canônica de resposta hemodinâmica gama dupla e 24 regressores para parâmetros de movimento foram incluídos no modelo. Os 24 regressores relacionados ao movimento incluíram os 6 parâmetros de realinhamento de movimento (3 orientações, 3 rotações) e suas derivadas, e cada um dos quadrados desses regressores (por exemplo, 53). Para corrigir comparações múltiplas, utilizamos um teste de permutação não paramétrico (5.000 iterações) para obter um $\alpha < 0,05$. Os testes de permutação fornecem resultados semelhantes à correção FWE padrão baseada na teoria de campos aleatórios⁵⁵. Realizamos contrastes de testes positivos em relação aos testes de controle durante a tarefa de Elaboração, Recall 1, Recall 2, Recall 2 modulados parametricamente por sentimento positivo e uma regressão paramétrica da atividade neural durante a elaboração positiva que rastreia a dissimilaridade de padrões entre recuperações (Ver Informações Suplementares).

Análise de similaridade representacional (RSA). Realizamos análises de similaridade representacional (RSA) para examinar a similaridade de padrões neurais entre as duas sessões de recuperação (Recall 1 e Recall 2) em função da condição (positiva, controle). A RSA requer a construção de matrizes de dissimilaridade representacional (RDMs), que resumem as dissimilaridades pareadas entre os estímulos⁵⁶. No nosso caso, estávamos interessados em comparar padrões neurais no Recall 1 com a Recall 2 em ROIs previamente implicados na memória e no afeto positivo (hipocampo, corpo estriado ventral, VMPFC)^{13,17,18,42,57}.

Para conduzir o RSA, primeiro calculamos um GLM modelando cada memória como um único regressor para cada período de recordação (Recall 1, Recall 2) e participante separadamente. Os pressionamentos de botão dos participantes durante o início da tarefa definidos e durações de lembrança (ver Informações Suplementares para detalhes de RT). Em seguida, extraímos o padrão neural multivariado em cada ROI (ou seja, estimativas de parâmetros) para cada memória em ambas as tarefas de recuperação para cada participante. Esta análise incluiu apenas memórias que atendiam aos critérios (conforme descrito na seção de critérios de exclusão e comuns a todos os experimentos; 23,1% dos ensaios foram excluídos). Após, calculamos a distância de correlação entre os dois padrões neurais de atividade para Recall 1 e Recall 2 da mesma memória em uma determinada ROI, que compôs o RDM para o espaço cerebral. Em seguida, construímos um RDM semelhante para o espaço de recursos, que incluía os valores de mudança de emoção correspondentes para cada comparação entre pares. Para testar nossa hipótese de que a descoberta de significado positivo leva a uma maior dissimilaridade neural (do que a recordação natural) nas sessões de recuperação, calculamos os RDMs separadamente para ensaios positivos e de controle. Em seguida, calculamos a correlação de Spearman ρ entre RDMs para espaço cerebral (em um ROI específico) com RDMs para espaço de recursos (mudança na classificação de sentimento entre recuperações) para cada participante e para cada condição, separadamente. Finalmente, comparamos os coeficientes de correlação médios entre as condições (no nível do grupo) usando um teste de permutação de sinal de uma amostra (5.000 iterações) sobre a diferença nos valores ρ entre as condições usando a caixa de ferramentas `nltools` python 3. Optamos por aplicar um kernel de suavização de 5 mm aos nossos dados porque nossos ROIs eram suficientemente grandes para que a suavização pudesse melhorar a relação sinal-ruído.

Resumo do relatório. Mais informações sobre o desenho da pesquisa estão disponíveis no Nature Research Reporting Summary vinculado a este artigo.

Disponibilidade de dados

Os dados comportamentais que apoiam as conclusões destes estudos estão disponíveis na OSF (<https://osf.io/jtgfk/>). Não podemos compartilhar o conteúdo da memória escrita porque inclui informações identificáveis. Os dados de origem são fornecidos com este artigo.

Disponibilidade do código O

código que suporta as conclusões destes estudos está disponível no OSF (<https://osf.io/jtgfk/>).

Recebido: 25 de agosto de 2020; Aceito: 21 de outubro de 2021;

Published online: 15 November 2021

Referências 1.

- Bower, GH Humor e memória. *Sou. Psicol.* 36, 129–148 (1981).
- Associação Psiquiátrica Americana. Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais. (2013).
- Young, K., Bellgowan, P., Bodurka, J. & Drevets, W. Comportamental e correlatos neurofisiológicos de déficits de memória autobiográfica em pacientes com depressão e indivíduos com alto risco de depressão. *JAMA Psiquiatria* 1–10. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2013.1189> (2013).
- Gross, J. & John, O. Diferenças individuais na regulação de duas emoções processos: implicações para afeto, relacionamentos e bem-estar. *J. Pers. Soc. Psicol.* 85, 348–362 (2003).
- Tugade, MM e Fredrickson, BL Indivíduos resilientes usam emoções positivas para se recuperar de experiências emocionais negativas. *J. Pers. Soc. Psicol.* 86, 320–333 (2004).
- Tulving, E. Memória episódica: da mente ao cérebro. *Anu. Rev. Psicol.* 53, 1–25 (2002).
- Elsley, JWB, Van Ast, VA & Kindt, M. Reconsolidação da memória humana: uma estrutura orientadora e revisão crítica das evidências. *Psicol. Touro.* 144, 797–848 (2018).
- Agren, T. Reconsolidação humana: Uma reativação e atualização. *Cérebro Res. Touro.* 105, 70–82 (2014).
- Lee, JLC, Nader, K. & Schiller, D. Uma atualização sobre reconsolidação de memória atualizando. *Tendências Cog. Ciência.* xx, 1–15 (2017).
- Paulus, DJ, Kamboj, SK, Das, RK & Saladin, ME Perspectivas de tratamentos focados na reconsolidação do uso de substâncias e transtornos relacionados à ansiedade. *Curr. Opinião. Psicol.* 30, 80–86 (2019).
- Scully, ID, Napper, LE & Hupbach, A. A reativação desencadeia alterações na memória episódica? Uma meta-análise. *Neurobiol. Aprender. Mem.* 142, 99–107 (2016).
- Staresina, BP, Henson, RNA, Kriegeskorte, N. & Alink, A. Reintegração episódica no lobo temporal medial. *J. Neurosci.* 32, 18150–18156 (2012).
- Speer, M., Bhanji, J. & Delgado, M. Saboreando o passado: memórias positivas evocam representações de valor no estriado. *Neurônio* 84, 847–856 (2014).
- Ritchie, TD et al. Uma perspectiva pancultural sobre o viés do desvanecimento do afeto na memória autobiográfica. *Memória* 23, 278–290 (2015).
- Monfils, M.-H., Cowansage, KK, Klann, E. & LeDoux, JE Extinction-limite de reconsolidação: chave para a atenuação persistente das memórias de medo. *Ciência.* 324, 951–955 (2009).
- Xue, G. et al. Uma maior similaridade de padrões neurais entre as repetições está associada a uma melhor memória. *Ciência.* 330, 97–101 (2010).
- Haber, SN & Knutson, B. O circuito de recompensa: ligando a anatomia dos primatas e a imagem humana. *Neuropsicofarmacologia* 35, 4–26 (2010).
- Delgado, MR, Nystrom, LE, Fissell, C., Noll, DC & Fiez, JA Rastreado as respostas hemodinâmicas à recompensa e punição no corpo estriado. *J. Neurofisiol.* 84, 3072–3077 (2000).
- Buhle, JT et al. Reavaliação cognitiva da emoção: uma meta-análise de estudos de neuroimagem humana. *Cerebe. Córtex* 24, 2981–2990 (2014).
- Dore, BP et al. Encontrar um significado positivo em experiências negativas envolve as regiões de recompensa ventral estriatal e ventromedial pré-frontal. *J. Cogn. Neurosci.* <https://doi.org/10.1162/jocn.2016>.
- Nader, K., Schafe, GE & Le Doux, JE As memórias de medo requerem síntese de proteínas na amígdala para reconsolidação após a recuperação. *Natureza* 406, 722–726 (2000).
- St Jacques, PL, Olm, C. & Schacter, DL Mecanismos neurais de atualização induzida por reativação que melhoram e distorcem a memória. *Processo. Nacional. Acad. Ciência. VOCÊ.* SA 110, 19671–19678 (2013).
- Moscovitch, M. et al. Neuroanatomia funcional da memória episódica, semântica e espacial remota: um relato unificado baseado na teoria de múltiplos traços. *J. Anat.* 207, 35–66 (2005).
- Schiller, D. et al. Prevenir o retorno do medo em humanos usando mecanismos de atualização de reconsolidação. *Natureza* 463, 49–54 (2010).
- Hupbach, A., Gomez, R., Hardt, O. & Nadel, L. Reconsolidação de memórias episódicas: um lembrete sutil desencadeia a integração de novas informações. *Aprender. Mem.* 14, 47–53 (2007).
- Walker, MP, Brakefield, T., Hobson, JA & Stickgold, R. Estágios dissociáveis de consolidação e reconsolidação da memória humana. *Natureza* 425, 616–620 (2003).
- Coman, A., Manier, D. & Hirst, W. Esquecendo o inesquecível através da conversa. *Psicol. Ciência.* 20, 627–633 (2009).
- Coman, A., Momennejad, I., Drach, RD, Geana, A. & Bassett, DS Convergência mnemônica nas redes sociais: As propriedades emergentes da cognição a nível coletivo. *Processo. Nacional. Acad. Ciência.* 113, 8171–8176 (2016).
- Loftus, EF & Palmer, JC Reconstrução da destruição de automóveis: um exemplo da interação entre linguagem e memória. *J. Aprendizagem Verbal. Comportamento Verbal.* 13, 585–589 (1974).
- Brigard, F., Hanna, E., St Jacques, PL & Schacter, DL Como pensar sobre o que poderia ter sido afeta a forma como nos sentimos sobre o que foi. *Cog. Emoção.* 9931, 1–14 (2018).

31. Ochsner, KN, Silvers, JA & Buhle, JT Estudos de imagem funcional da regulação emocional: uma revisão sintética e um modelo em evolução do controle cognitivo da emoção. *Ann. NY Acad. Ciênc.* 1251, E1–E24 (2012).
32. Denny, BT & Ochsner, KN Efeitos comportamentais do treinamento longitudinal em reavaliação cognitiva. *Emoção* 14, 425–433 (2014).
33. Parikh, N., McGovern, B. & LaBar, KS O distanciamento espacial reduz a excitação emocional a memórias reativadas. *Psicon. Touro. Rev.* 26, 1967–1973 (2019).
34. Samide, R. & Ritchey, M. Reformulando o passado: papel dos processos de memória na regulação emocional. *Cog. Lâ. Res.* <https://doi.org/10.1007/s10608-020-10166-5> (2020).
35. Holland, AC, Addis, DR & Kensinger, EA Os correlatos neurais da construção e elaboração da memória autobiográfica específica versus geral. *Neuropsicologia* 49, 3164–3177 (2012).
36. Alisha, A. & Holland, C. Os efeitos comportamentais e neurais da regulação emocional na recuperação da memória autobiográfica. (2012).
37. Holland, AC & Kensinger, EA Os correlatos neurais da reavaliação cognitiva durante a recordação da memória autobiográfica emocional. *J. Cogn. Neurosci.* 1–22 (2012).
38. Kross, E., Davidson, M., Weber, J. & Ochsner, K. Lidando com emoções passadas: as bases neurais da regulação do afeto associado a memórias autobiográficas negativas. *Biol. Psiquiatria* 65, 361–366 (2009).
39. Shiota, MN & Levenson, RW Abaixo o volume ou altere o canal? Efeitos emocionais da reavaliação desapegada versus reavaliação positiva. *J. Pers. Soc. Psicol.* 103, 416–429 (2012).
40. Sevenster, D., Beckers, T. & Kindt, M. O erro de previsão rege a amnésia induzida farmacologicamente pelo medo aprendido. *Ciência.* 339, 830–833 (2013).
41. Sinclair, AH & Barense, MD Surpresa e desestabilização: erro de previsão aciona referências de atualização de memória episódica. *Aprender. Mem.* 23, 2013 (2018).
42. Chadwick, MJ, Hassabis, D., Weiskopf, N. & Maguire, EA Decodificação traços individuais de memória episódica no hipocampo humano. *Curr. Biol.* 20, 544–547 (2010).
43. Lane, RD, Ryan, L., Nadel, L. & Greenberg, L. Reconsolidação de memória, excitação emocional e o processo de mudança na psicoterapia: novos insights da ciência do cérebro. *Comporte-se. Ciência do Cérebro.* 38, 1–64 (2015).
44. Holland, AC & Kensinger, EA Uma investigação de fMRI da reavaliação cognitiva de memórias negativas. *Neuropsicologia* 1–12, <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.02.012> (2013).
45. Watson, D. et al. Testando um modelo tripartido: I. Avaliar a validade convergente e discriminante de escalas de sintomas de ansiedade e depressão. *J. Anormal. Psicol.* 104, 3–14 (1995).
46. Nelis, D., Quoidbach, J., Hansenne, M. & Mikolajczak, M. Medição diferenças individuais na regulação emocional: O perfil de regulação emocional revisado (ERP-R). *Psicol. Bélgica.* 51, 49 (2011).
47. Carver, Inventário CS COPE. Banco de dados de instrumentos de medição para ciências sociais (2013).
48. Connor, KM & Davidson, JRT Desenvolvimento de uma nova escala de resiliência: a escala de resiliência Connor-Davidson (CD-RISC). *Depress. Ansiedade* 18, 76–82 (2003).
49. Cohen, S., Karmarck, T. & Mermelstein, R. Uma medida global de estresse percebido. *J. Saúde Soc. Comporte-se.* 24, 385–396 (1983).
50. Watson, D., Clark, LA & Tellegen, A. Desenvolvimento e validação de medidas breves de afeto positivo e negativo: as escalas PANAS. *J. Pers. Soc. Psicol.* 54, 1063–1070 (1988).
51. Andersson, JLR, Hutton, C., Ashburner, J., Turner, R. & Friston, K. Modelagem de deformações geométricas em séries temporais EPI. *Neuroimagem* 13, 903–919 (2001).
52. Ashburner, J. & Friston, KJ Segmentação unificada. *Neuroimagem* 26, 839–851 (2005).
53. Satterthwaite, TD et al. Uma estrutura aprimorada para regressão confusa e filtragem para controle de artefatos de movimento no pré-processamento de dados de conectividade funcional em estado de repouso. *Neuroimagem* 64, 240–256 (2013).
54. Power, JD, Schlaggar, BL & Petersen, SE Progresso recente e questões pendentes na correção de movimento em fMRI em estado de repouso. *Neuroimagem* 105, 536–551 (2015).
55. Nichols, TE & Holmes, AP Testes de permutação não paramétrica para neuroimagem funcional: uma cartilha com exemplos. *Zumbir. Mapa cerebral.* 15, 1–25 (2002).
56. Kriegeskorte, N., Mur, M. & Bandettini, P. Análise de similaridade representacional – conectando os ramos da neurociência de sistemas. *Front. Syst. Neurosci.* 2, 1–28 (2008).
57. Dickerson, BC & Eichenbaum, H. O sistema de memória episódica: neurocircuitos e distúrbios. *Neuropsicofarmacologia* 35, 86–104 (2010).
58. Dimsdale-Zucker, H. & Ranganath, C. Capítulo 27 - Representacional análises de similaridade: um guia prático para aplicações funcionais de ressonância magnética. no *Manual de Neurociência Comportamental* 509–525 (2018).

Agradecimentos Os autores

gostariam de agradecer a Fernanda Bonda, Shawn Fagan, Bernadette Garcia, Vivien Garcia, Madhuri Kashyap e Daniella Mendez pela assistência na pesquisa, e a Luke Chang pela assistência nas análises de neuroimagem. Esta pesquisa foi apoiada pelo Instituto Nacional sobre Abuso de Drogas (DA027764) e pela Fundação McKnight para MRD e um Prêmio de Dissertação APF FJ McGuigan para MES

Contribuições dos autores MES e

MRD desenvolveram o conceito do estudo. MES, DS e MRD contribuíram para o desenho do estudo. MES e SI coletaram dados. MES analisou os dados sob a direção de DS e MRDMES redigiu o manuscrito. DS e MRD forneceram feedback crítico e aprovaram a versão final do artigo.

Interesses conflitantes Os autores declaram não haver interesses conflitantes.

Informações adicionais Informações

complementares A versão online contém material suplementar disponível em <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26906-4>.

Correspondências e solicitações de materiais devem ser endereçadas a Megan E. Speer ou Mauricio R. Delgado.

Informações sobre revisão por pares A Nature Communications agradece a Felipe De Brigard e ao(s) outro(s) revisor(es) anônimo(s) por sua contribuição para a revisão por pares deste trabalho. Os relatórios dos revisores pares estão disponíveis.

Reimpressões e informações sobre permissão estão disponíveis em <http://www.nature.com/reprints>

Nota do editor A Springer Nature permanece neutra em relação a reivindicações jurisdicionais em mapas publicados e afilições institucionais.



Acesso aberto Este artigo está licenciado sob uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0, que permite o uso, compartilhamento, adaptação, distribuição

e reprodução em qualquer meio ou formato, desde que você dê o devido crédito ao(s) autor(es) original(is) e à fonte, forneça um link para a licença Creative Commons e indique se foram feitas alterações. As imagens ou outros materiais de terceiros neste artigo estão incluídos na licença Creative Commons do artigo, salvo indicação em contrário na linha de crédito do material. Se o material não estiver incluído na licença Creative Commons do artigo e o uso pretendido não for permitido por regulamentação legal ou exceder o uso permitido, você precisará obter permissão diretamente do detentor dos direitos autorais. Para visualizar uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© O(s) Autor(es) 2021