



Acesso público do HHS

Autor do manuscrito

Psychol Sci. Manuscrito do autor; disponível em PMC 2016, 1º de abril.

Publicado em formato final editado como:

Psychol Sci. 2015 abril; 26(4): 433–443. doi:10.1177/0956797614567339.

Quando o funcionamento cognitivo atinge o pico? A ascensão e queda assíncronas de diferentes habilidades cognitivas ao longo da vida.

Joshua K. Hartshorne e

Departamento de Psicologia, Universidade de Harvard

Laura T. Germine

Departamento de Psicologia, Universidade de Harvard e Centro de Pesquisa Genética Humana,
Hospital Geral de Massachusetts

Joshua K. Hartshorne: jharts@mit.edu; Laura T. Germine: lgermine@fas.harvard.edu

Resumo

Compreender como e quando a mudança cognitiva ocorre ao longo da vida é um pré-requisito para a compreensão do desenvolvimento normal e anormal e do envelhecimento. A maioria dos estudos sobre mudança cognitiva é limitada, no entanto, em sua capacidade de detectar mudanças sutis, mas teoricamente informativas ao longo da vida, pois dependem da comparação de amplas faixas etárias ou de amostragem esparsa em toda a faixa etária. Aqui, apresentamos evidências convergentes de 48.537 participantes da Web e uma análise abrangente de dados normativos de testes padronizados de QI e memória. Nossos resultados revelam considerável heterogeneidade em quando as habilidades cognitivas atingem o pico: algumas habilidades atingem o pico e começam a declinar por volta da formatura do ensino médio; algumas habilidades atingem o platô no início da idade adulta, começando a declinar na faixa dos 30 anos; outras ainda não atingem o pico até os 40 anos ou mais tarde. Essas descobertas motivam uma teoria matizada de maturação e declínio relacionado à idade, onde múltiplos fatores dissociáveis afetam diferencialmente diferentes domínios da cognição.

Os primeiros testes de QI agrupavam todas as pessoas com mais de 16 anos na categoria homogênea de "adultos" (Matarazzo, 1972). Embora se reconheça hoje que as mudanças cognitivas ocorrem mais tarde na vida, muitos pesquisadores e leigos compartilham a intuição de que existe uma ampla faixa etária, pós-desenvolvimento, mas pré-senescência, na qual a capacidade cognitiva dos indivíduos se mantém estável (nem melhorando nem diminuindo) – uma intuição que se reflete em estudos de função cognitiva baseados em "adultos típicos" (geralmente de 18 a 35 anos).

No entanto, sabe-se há muito tempo que essa intuição não pode estar totalmente correta: medidas de inteligência fluida (por exemplo, memória de curto prazo) atingem o pico no início da idade adulta, enquanto medidas de inteligência cristalizada (por exemplo, vocabulário) atingem o pico na meia-idade (Bayley, 1970; Doppelt & Wallace, 1955; Fox & Birren, 1949; Sorenson, 1933; Shakow & Goldman, 1938). Mesmo isso pode ser simplista demais: evidências recentes mostram que, enquanto a memória de curto prazo para nomes e rostos invertidos atinge o pico por volta dos 22 anos, nem a memória de curto prazo para rostos nem a memória de quantidade

Correspondências e solicitações de materiais devem ser endereçadas a JKH (jkhartshorne@gmail.com).

Contribuições dos autores. Os experimentos foram planejados por JKH e LTG. Os dados dos Experimentos 2 e 3 foram coletados por LTG, com os dados restantes adquiridos por JKH. As análises foram discutidas por ambos os autores e realizadas por JKH. JKH liderou a preparação do manuscrito.

Informações sobre os autores. Os dados brutos estão disponíveis junto aos autores. Os autores não têm interesses financeiros conflitantes.

A discriminação atinge o pico até por volta dos 30 anos, um fato difícil de assimilar na dicotomia inteligência fluida/cristalizada (Germine, Duchaine e Nakayama, 2011; Halberda, Ly, Wilmer, Naiman e Germine, 2012). Se a memória facial e a discriminação quantitativa são exceções à regra fluida/cristalizada ou representam padrões mais sistemáticos e até então desconhecidos de diferença relacionada à idade é uma questão em aberto.

Comparar a idade de pico de desempenho entre domínios cognitivos tem diversas utilidades. Se a idade de pico de desempenho for de fato muito mais variável do que a distinção entre inteligência fluida/cristalizada implica, isso sugere que o construto de inteligência fluida/cristalizada precisa ser revisado (cf. Hampshire, Highfield, Parkin & Owen, 2012). De forma mais geral, idades de pico de desempenho distintas para duas tarefas sugerem mecanismos subjacentes distintos. Delinear a idade de pico de desempenho também informa a metodologia de pesquisa: o uso generalizado de estudantes universitários como controles para estudos de desenvolvimento ou envelhecimento pode não ser apropriado para funções que ainda estão amadurecendo aos 18 anos ou que já apresentam evidências de declínio relacionado à idade. Por fim, compreender a dinâmica da mudança cognitiva relacionada à idade pode levar a intervenções educacionais e métodos mais otimizados para identificar e abordar o declínio cognitivo relacionado à idade e a qualidade de vida entre os idosos da população.

Apesar do crescente interesse em identificar e compreender as diferenças na idade de pico de desempenho, houve pouco progresso na determinação de quais idades de pico de desempenho são confiavelmente diferentes umas das outras (cf. Ardila, 2007; Doppelt & Wallace, 1955; Halberda et al., 2012; Kaufman, 2001; Lee, Gorsuch, Saklofske & Patterson, 2008; Murre, Janssen, Rouw, & Meeter, 2013; Salthouse, 2003; Wisdom, Mignogna & Collins, 2012; mas veja Germine et al., 2011). Duas dificuldades principais incluem a falta de acesso a conjuntos de dados de escala suficiente e a falta de métodos estatisticamente sólidos para comparar quantitativamente as idades de pico de desempenho.

A seguir, abordamos ambas as questões. Utilizamos técnicas modernas de análise estatística para comparar a idade de pico de desempenho em trinta tarefas cognitivas diferentes. Para atingir um tamanho amostral suficiente, apresentamos tanto novas reanálises de dados normativos de testes padronizados quanto novas amostras massivas baseadas na web. Encontramos resultados semelhantes em todos os conjuntos de dados, reforçando a confiança na validade e confiabilidade dos resultados.

Observe que, diferentemente de muitos estudos sobre o ciclo de vida que empregam a análise fatorial para controlar ruído aleatório e outros fatores incômodos, adotamos a abordagem mais comumente usada em psicologia do desenvolvimento e neurociência cognitiva: empregamos tarefas bem compreendidas, escolhidas propositalmente porque se espera que se dissociem. Isso nos permite tratar a variância não compartilhada entre tarefas como potenciais fontes de sinal, em vez de ruído, com as diferenças devido ao ruído aleatório sendo abordadas por nossas amostras muito grandes. Essa foi a abordagem preferida, dadas nossas hipóteses específicas sobre a potencial especificidade de domínio em idades de pico de desempenho (cf. Wilmer et al., 2012).

Exp. 1: Reanálise de Testes Padronizados

Para examinar o grau de heterogeneidade na idade de pico de desempenho, analisamos dados normativos estratificados demograficamente publicados de duas baterias de testes padronizados: WAIS-III, um teste de inteligência amplamente utilizado que consiste em 15 subtestes que exploram uma variedade de habilidades mentais,

e WMS-III, consistindo em 16 subtestes que exploram diferentes aspectos da memória de curto e longo prazo (Wechsler, 1997).

Método

Os testes são descritos na Tabela 1. Observe que substituímos os nomes de tarefas não intuitivos “busca de símbolos”, “memória lógica”, “associações verbais pareadas” e “controle mental” pelos termos mais descritivos “busca visual”, “histórias”, “pares de palavras” e “listas invertidas”.¹ A amostra WAIS-III consistiu em 2.450 americanos saudáveis, cognitivamente intactos, recrutados em locais geograficamente diversos, com idades entre 16 e 89 anos (200 participantes em cada uma das seguintes faixas etárias: 16 a 17, 18 a 19, 20 a 24, 25 a 29, 30 a 34, 35 a 44, 45 a 54, 55 a 64, 65 a 69, 70 a 74, 75 a 79; 150 pessoas de 80 a 84 anos; 100 pessoas de 85 a 89 anos). A amostra do WMS-III consistiu exatamente de metade em cada idade.

Resultados

Geramos estimativas bootstrapped para o desempenho na idade de pico (cf. Germine et al., 2011) com base nas normas relatadas pelo WAIS-III e WMS-III. Os manuais WAIS III e WMS III fornecem uma aproximação refinada da distribuição normal das pontuações para cada faixa etária (as pontuações “escalonadas”). Em seguida, usamos essas distribuições para extrair amostras de N_g de cada faixa etária, onde N_g é o número de participantes usado para gerar normas para essa faixa etária. As pontuações escalonadas reamostradas foram então convertidas de volta para pontuações brutas usando dados normativos específicos da idade, e a faixa etária com a pontuação mais alta foi identificada. Esse procedimento foi repetido 2.500 vezes para cada tarefa a fim de fornecer a distribuição no desempenho na idade de pico usada para análise e para a Figura 1.

Intuitivamente, a largura da distribuição retornada reflete a faixa etária em que os participantes estão próximos do pico de desempenho. Se a curva de longevidade atingir um pico acentuado, a maioria das idades de pico de desempenho bootstrapped se enquadrará em uma janela estreita (assumindo poder estatístico suficiente). Se os indivíduos permanecerem no pico em uma ampla faixa etária, as idades de pico de desempenho bootstrapped se enquadrarão em uma janela igualmente ampla.

Comparamos as idades de pico de desempenho realizando testes t com as médias e os erros-padrão gerados pelo nosso método bootstrapping (todas as comparações pareadas são apresentadas nas Tabelas S1 a S3 dos Materiais Suplementares disponíveis online). Um resultado significativo indica que as duas distribuições são substancialmente não sobrepostas.²

Observamos o padrão relatado anteriormente de picos mais precoces para a inteligência fluida do que para a inteligência cristalizada (Baltes, 1987; Cattell, 1971). O padrão de diferenças relacionadas à idade

¹O WMS-III inclui vários métodos de pontuação. Utilizamos o método “primário”, com as seguintes exceções. Para “pares de palavras”, consideramos apenas a primeira apresentação da primeira lista de palavras. A pontuação dos testes de memória de longo prazo em termos da proporção de todos os itens evocados produziu resultados idênticos aos da tarefa de memória de curto prazo; portanto, adotamos o método alternativo de pontuar a proporção de itens evocados a partir apenas daqueles evocados corretamente durante o teste de curto prazo. Como não há normas para este último método de pontuação para o teste de “histórias”, a versão de longo prazo do teste de “histórias” foi excluída. Analisamos a amplitude espacial para frente e para trás separadamente (infelizmente, a amplitude de dígitos não foi decomposta de forma semelhante em pontuações para frente e para trás). Por fim, incluímos o teste de reconhecimento “secundário” para “reprodução visual”. Houve um teste de reconhecimento “secundário” semelhante para os pares de palavras, mas como todas as faixas etárias estavam no teto, a análise não é informativa.

²Observe que seria necessário um método de comparação mais sofisticado para distinguir uma distribuição com pico acentuado de uma distribuição ampla com a mesma média. Como vimos poucas evidências claras para tais situações em nossos dados, utilizamos o teste t, mais conhecido.

Pesquisadores futuros devem ter essa possibilidade em mente e usar métodos alternativos para comparar distribuições, se necessário.

para tarefas representativas de pico inicial e tardio são mostradas na Figura 2. Em particular, as cinco tarefas que invocam conhecimento aprendido (vocabulário, informação, compreensão, aritmética, semelhanças) atingiram o pico significativamente mais tarde do que quase todas as outras tarefas ($p < .05$; ver Dados Suplementares).

No entanto, o padrão de resultados foi mais complicado do que essa dicotomia sugere.

Entre as tarefas com pico inicial, listas invertidas e amplitude espacial regressiva atingiram o pico significativamente mais tarde do que pares de palavras e histórias ($p < 0,05$), mas antes do que vocabulário, informação e compreensão. A amplitude espacial regressiva também atingiu o pico mais cedo do que aritmética e similaridades ($p < 0,05$). Nenhuma outra diferença foi significativa, embora alguns dos padrões qualitativos coincidiram com os observados em trabalhos anteriores (Germine et al., 2011; Logie & Maylor, 2009).

Experimentos 2 e 3

O Experimento 1 sugeriu alguma heterogeneidade no desempenho na idade de pico em tarefas de inteligência fluida, mas as faixas etárias amplas e granulares nos dados normativos limitaram a capacidade de identificar diferenças sutis entre as tarefas. Nos Experimentos 2 e 3, utilizamos métodos baseados na web para coletar amostras muito grandes em cinco tarefas cognitivas específicas, permitindo uma análise mais refinada. Concentramo-nos na codificação de símbolos de dígitos, na amplitude de dígitos e no vocabulário, que no Experimento 1 atingiram o pico (respectivamente) no final da adolescência, no início dos vinte anos e por volta dos 50 anos. A comparação dessas três tarefas é de particular interesse à luz do debate de longa data sobre o papel central da memória de trabalho na inteligência fluida (cf. Nisbett, Aronson, Blair, Dickens, Flynn, Halpern e Turkheimer, 2012).

A heterogeneidade na idade de pico de desempenho pode ser ainda maior se olharmos além da faixa relativamente estreita de tarefas de inteligência e memória utilizadas até agora, para outras áreas do comportamento, como cognição social, percepção e processamento linguístico. Como um primeiro passo nessa direção, no Experimento 3, investigamos um teste amplamente utilizado de percepção de emoções (Baron-Cohen, Wheelwright & Hill, 2001).

Método

Participantes — Os participantes do Experimento 2 ($N=10.394$, 10–69 anos) e do Experimento 3 ($N=11.532$; 10–71 anos) eram visitantes do TestMyBrain.org, que participaram dos experimentos para contribuir com a pesquisa científica e em troca de feedback relacionado ao desempenho.³ Continuamos a coleta de dados para cada experimento por aproximadamente um ano, o suficiente para obter cerca de 10.000 participantes, permitindo uma análise detalhada da idade de pico de desempenho.

Métodos baseados na Web permitem o recrutamento e teste rápido de amostras muito grandes.

Comparações sistemáticas entre dados coletados em laboratório e amostras baseadas na Web demonstraram que os dados da Web podem ser tão confiáveis quanto os dados coletados em laboratório e/ou usando

³Seguindo a prática comum, excluímos participantes que usaram um dispositivo diferente de um laptop ou desktop, repetiram o experimento, relataram problemas visuais ou psiquiátricos ou indicaram que tinham dificuldades técnicas. Essas exclusões foram decididas antes da coleta de dados. As faixas etárias foram escolhidas de forma que houvesse pelo menos 30 indivíduos em cada idade. Como resultado, no Experimento 2, excluímos 16 indivíduos com menos de 10 anos e 74 com mais de 69 anos. No Experimento 3, excluímos 138 indivíduos com menos de 11 anos ou mais de 67 anos. Descobrimos que esse ponto de corte atingiu um equilíbrio aceitável entre minimizar o ruído e fornecer uma faixa etária o mais ampla possível.

métodos tradicionais (Germine, Nakayama, Duchaine, Chabris, Chatterjee & Wilmer, 2012; Meyerson & Tryon, 2003).

Materiais e Procedimentos — O Experimento 2 consistiu em testes de codificação de símbolos de dígitos, memória de trabalho visual, memória de trabalho verbal (amplitude de dígitos para a frente) e vocabulário. A codificação de símbolos de dígitos (também conhecida como substituição dígito-símbolo) e a amplitude de dígitos para a frente foram adaptadas do WAIS-III (ver Tabela 1). A tarefa de memória de trabalho visual foi adaptada de um paradigma padrão de detecção de mudanças para testar a memória de trabalho visual (Phillips, 1974): em cada um dos 42 testes, os participantes visualizaram uma matriz de 4 formas novas não nomeáveis. Após um breve período de retenção, eles determinaram se uma única forma de sonda era um membro do conjunto de memória. O teste de vocabulário de múltipla escolha, com 20 questões, foi modelado no teste WORDSUM da General Social Surveys (Smith, Marsden & Hout, 2013). O Experimento 3 consistiu em uma série de imagens de rostos recortadas de forma que apenas a região dos olhos ficasse visível; o participante seleciona a palavra emocional mais apropriada de uma lista (para o método completo, consulte Baron-Cohen et al., 2001).

Análise — Estimativas e erros-padrão para a idade de pico de desempenho foram calculados usando um procedimento de reamostragem bootstrap idêntico ao descrito no Experimento 1, mas aplicado a dados brutos de desempenho. Para atenuar o ruído, as médias de cada idade foram suavizadas usando uma janela móvel de três anos antes da identificação da idade de pico de desempenho em cada amostra. Outros métodos de atenuação de ruído fornecem resultados semelhantes. No Experimento 2, a idade de pico de desempenho foi comparada entre as tarefas com testes *t* pareados. Dados intraparticipantes não estavam disponíveis no Experimento 3.

Resultados

Os resultados do Experimento 2 (Figuras 3A e 3C) mostram a mesma ordenação na idade de pico de desempenho dos resultados dos testes padronizados: as duas tarefas de memória de trabalho atingiram o pico por volta dos 30 anos, significativamente mais tarde do que a velocidade de processamento ($p < .01$) e significativamente antes do vocabulário ($p < .0001$) (para obter detalhes adicionais, consulte os materiais suplementares on-line). Esses resultados são consistentes com modelos nos quais a memória de trabalho se distingue de outras tarefas que exigem inteligência fluida (cf. Nisbett et al., 2012). Embora o pico de desempenho da memória de trabalho verbal tenha sido posterior ao da memória de trabalho visual, a diferença não foi significativa ($t < 1$).

Os resultados da tarefa de percepção de emoções (Experimento 3; Figuras 3B e 3C) revelam um pico significativamente posterior ao pico de qualquer uma das tarefas de memória de trabalho ($p < 0,05$) e uma tendência a atingir o pico mais cedo do que o desempenho de vocabulário ($t(41595,1) = 1,8, p = 0,07$). O pico na capacidade de reconhecimento de emoções também foi muito mais amplo do que os picos de qualquer uma das outras tarefas, refletindo um longo período de relativa estabilidade no desempenho entre as idades de 40 e 60 anos.

Dada a recente preocupação sobre a replicabilidade das descobertas na pesquisa psicológica (Hartshorne & Schachner, 2012; Open Science Collaboration, 2012), tentamos confirmar um subconjunto das descobertas acima com conjuntos de dados separados. 12.073 participantes com idades entre 10 e

⁴Nota: os graus de liberdade foram estimados usando a equação de Welch-Satterthwaite para corrigir variâncias desiguais

Participantes de 66 anos realizaram uma tarefa separada de extensão de dígitos (idêntica à do Experimento 2), e 8.300 participantes de 15 a 73 anos realizaram uma ligeira variação da tarefa de memória de trabalho visual do Experimento 2, em um site diferente (GamesWithWords.org). As estimativas de pico de idade resultantes (Figura 3C) não foram significativamente diferentes das do Experimento 2 (extensão de dígitos: $t(54006,2) < 1$; memória de trabalho visual: $t(55612,0) < 1$).

Experimento 4: Efeitos de coorte

Os experimentos 2–3 revelam o mesmo padrão geral das amostras de norma Wechsler estratificadas demograficamente, com o desempenho de codificação de dígitos e símbolos atingindo o pico primeiro, seguido pela memória de trabalho e, finalmente, pelo vocabulário. Assim, os diferentes resultados para essas tarefas não podem ser explicados por diferenças entre os testes online e presenciais, nem por efeitos de coorte (ver discussão adicional em materiais suplementares online). Isso fornece evidências adicionais de que os métodos de teste online e os procedimentos tradicionais de teste fornecem resultados semelhantes (cf. Germine et al., 2012; Meyerson & Tryon, 2003).

Curiosamente, no entanto, a idade de pico de desempenho do vocabulário foi posterior nos dados baseados na Web (~65) do que no WAIS-III (~50). Isso pode sugerir fatores de confusão em um ou ambos os conjuntos de dados. Alternativamente, isso pode refletir diferenças de coorte: os dados de Wechsler foram coletados há duas décadas. Com o aumento da proporção de adultos engajados em carreiras cognitivamente exigentes, pode ser que as idades de pico de desempenho sejam mais tardias na amostra mais recente da Web, especialmente para vocabulário. Isso pode estar relacionado ao Efeito Flynn: o QI tem aumentado de forma constante nos tempos modernos, possivelmente devido ao aumento do tempo dedicado à atividade mental (Flynn, 1997). Testamos essa hipótese no Experimento 4.

Método

Reanalisamos os resultados publicados para 26.850 participantes testados entre 1974 e 2012 com um vocabulário de 10 perguntas incluído como parte das Pesquisas Sociais Gerais (Smith et al., 2013). Para acompanhar as mudanças ao longo do tempo, dividimos o conjunto de dados por ano de teste em três períodos com números aproximadamente equivalentes de participantes: 1974–1987 (N = 9.155, 5.200 mulheres), 1988–1997 (N=8.440, 4.811 mulheres), 1998–2012 (N=9.255, 5.191 mulheres).

Resultados

Primeiramente, confirmamos que o conjunto de dados era suficiente em tamanho e sensibilidade para detectar as diferenças de coorte de interesse. Em particular, constatamos que o conjunto de dados replicou o Efeito Flynn padrão, com pontuações de vocabulário aumentando significativamente entre os períodos ($t(26.848) < 0,001$, Figura 4E).

Em consonância com nossa observação anterior de um pico posterior no conjunto de dados mais recente, a análise das diferenças de desempenho relacionadas à idade para os três períodos mostrou picos visivelmente posteriores a cada período (Figura 4 A-C). Acompanhamos essa observação qualitativa com estimativas quantitativas da idade de pico de desempenho, seguindo o método descrito para os Experimentos 2 e 3. Essas análises também mostraram picos posteriores para amostras mais recentes (Figura 4 D). A regressão linear mostra que isso representa um aumento médio anual na idade de pico de desempenho de 0,90 anos, um resultado que tendeu à significância ($p = 0,078$).⁵ Combinando esse conjunto de dados com os dados de vocabulário do WAIS-III (coletados em 1995) e do Exp. 2 (coletados

2010) resultou num aumento anual estimado na idade de pico de desempenho de 0,96 anos, um resultado que atingiu significância ($p=0,0003$).⁶

Portanto, é provável que as idades mais tardias de pico de desempenho em nossos dados em relação aos dados de Wechsler sejam, pelo menos em parte, devidas a diferenças geracionais, com picos posteriores observados em gerações mais recentes, pelo menos em termos de vocabulário.

Discussão Geral

O presente estudo demonstra que as mudanças na capacidade cognitiva relacionadas à idade são consideravelmente mais heterogêneas e complexas do que a distinção entre inteligência fluida/cristalizada sugere.

Acima, mostramos evidências de pelo menos 3–4 padrões distintos.

Esses resultados foram confiáveis em todas as amostras: replicamos diretamente os achados de memória de trabalho visual e verbal do Exp. 2 e obtivemos resultados convergentes para diversas tarefas, tanto em amostras baseadas na web quanto em amostras tradicionais. Além disso, essa convergência descarta um papel significativo para vários possíveis fatores de confusão nos dados baseados na web, como adultos mais velhos terem menos experiência com computadores ou representatividade diferencial em diferentes idades; tais fatores de confusão teriam resultado em diferenças entre os dados baseados na web e os dados.

dados demograficamente estratificados, em papel e lápis.⁷ Essa convergência contribui para o crescente corpo de trabalho que indica que os dados baseados na Web são altamente confiáveis (por exemplo, Germine et al., 2012).

Uma possível preocupação com dados transversais é que eles podem estar sujeitos a efeitos de coorte.

Nossos resultados no Experimento 2 são consistentes com a possibilidade de que pessoas nascidas em 1945 tenham vocabulários excepcionalmente extensos, pessoas nascidas em 1980 tenham memória de trabalho excepcionalmente boa e pessoas nascidas em 1990 tenham velocidade de processamento excepcionalmente rápida. Tais preocupações podem ser atenuadas pela convergência de resultados de conjuntos de dados transversais coletados em momentos diferentes (Schaie, 2005). Aqui, comparamos resultados derivados de dados transversais da Web com resultados derivados de dados transversais do WAIS-III e do WMS-III coletados 20 anos antes.

Assim, se os resultados do Exp. 2 e suas replicações fossem impulsionados por efeitos de coorte, todos os picos nesses estudos transversais anteriores deveriam ter ocorrido 20 anos antes. Em vez disso, a amplitude de dígitos e a codificação de dígitos e símbolos apresentaram idades de pico de desempenho semelhantes em todos os conjuntos de dados.

Uma diferença foi observada entre as amostras baseadas na web e as tradicionais: idade de pico de desempenho mais precoce para o vocabulário nestas últimas. É improvável que isso esteja relacionado ao método de teste, visto que também aparece em um estudo de longo prazo com papel e lápis (Exp. 4). Esta nova descoberta também pode explicar um enigma atual na literatura: embora o vocabulário médio de adultos e crianças tenha aumentado nos últimos anos, o aumento foi muito maior para

⁵ Dado o pequeno número de pontos de dados (3 épocas), avaliamos a significância usando um teste de permutação. A distribuição dos coeficientes de regressão sob a hipótese nula (nenhum efeito da época na idade de pico de desempenho) foi avaliada por meio de 2.500 amostras de permutação. Em cada amostra, os participantes foram aleatoriamente realocados para a época, com a restrição de que o número de participantes de cada idade em cada época permanecesse consistente. A idade de pico de desempenho foi avaliada para cada época, e o coeficiente de regressão foi medido. O valor de p é o número de tais coeficientes pelo menos tão grande quanto o coeficiente real (0,897), incluindo o próprio coeficiente real. Convertimos esse valor de p unilateral em um valor de p bilateral dobrando o valor de p unilateral.

⁶ Como não foi possível usar bootstrapping – esta análise envolveu três testes de vocabulário diferentes – usamos uma regressão linear padrão.

⁷ Observe aqui e abaixo que, embora tenhamos encontrado resultados convergentes para amplitude de dígitos, codificação dígito-símbolo e vocabulário, tal convergência pode não se generalizar para memória de trabalho visual e percepção de emoções. Conclusões sobre estas últimas tarefas devem ser mais provisórias.

adultos do que crianças, fato apenas parcialmente explicado pelo aumento do ensino superior (Flynn, 2010). Nossos dados oferecem uma explicação: a aprendizagem de vocabulário continua até a idade adulta, possivelmente devido a fatores ambientais (por exemplo, exposição contínua a novas palavras). É possível obter algum ganho explorando se outras tarefas mostram mudanças geracionais semelhantes.

Nossas descobertas têm implicações práticas e teóricas. Do ponto de vista prático, não só não existe uma idade em que os humanos atinjam o pico de desempenho em todas as tarefas cognitivas, como também pode não haver uma idade em que os humanos atinjam o pico na *maioria* das tarefas cognitivas.

Estudos que comparam jovens ou idosos a "adultos normais" devem selecionar cuidadosamente a população "normal". Por exemplo, comparar calouros universitários com pessoas de 65 anos em reconhecimento de emoções não resultaria em nenhuma diferença, levando à conclusão errônea de que não há mudança relacionada à idade (Figura 3B). Isso pode explicar por que os estudos diferem quanto à demonstração ou não de declínio relacionado à idade em aspectos da percepção social (Moran, 2013). Fundamentalmente, esses estudos comparam diferentes faixas etárias. Da mesma forma, os clínicos que tentam determinar se um indivíduo apresenta sinais precoces de declínio anormal devem considerar tanto o tipo de tarefa cognitiva quanto a idade do indivíduo.

Do ponto de vista teórico, as complexidades descritas acima fornecem um conjunto rico e desafiador de fenômenos para teorias de desenvolvimento, maturação e envelhecimento. Embora a heterogeneidade nas curvas de tempo de vida resulte de diferenças na maturação biológica e no envelhecimento dos substratos neurais subjacentes (Greenwood, 2007; Paus, 2005), isso não pode facilmente explicar tarefas que mostram melhora contínua após o início da idade adulta. Salthouse (2003, 2004) sugere que essas são precisamente as tarefas que dependem da experiência, que necessariamente aumenta com a idade. No entanto, isso por si só não explica por que a memória de trabalho visual, que mostra efeitos mínimos da prática e da experiência (Eng, Chen & Jiang, 2005), atinge o pico mais tarde do que a codificação de dígitos e símbolos, nem por que o reconhecimento de emoções atinge o pico antes do vocabulário. Alguma compreensão desse problema pode ser obtida por meio de uma melhor compreensão das diferenças nos problemas de aprendizagem apresentados por tarefas dependentes da experiência. Por exemplo, enquanto o tamanho do vocabulário depende fortemente do encontro com as palavras em questão, a amplitude dos dígitos depende fortemente de estratégias explícitas que devem ser aprendidas (Gathercole, Adams e Hitch, 1994). Outro fator importante que determina quando o desempenho começa a declinar devido ao envelhecimento é o grau em que diferentes tarefas permitem estratégias compensatórias (Greenwood, 2007).

É importante ressaltar que os dados e o método atuais fornecem novas e poderosas restrições às teorias da cognição. Pesquisadores nas literaturas sobre envelhecimento e inteligência têm empregado a análise fatorial com mais frequência. A análise fatorial apresenta vantagens analíticas e conceituais, pois tenta modelar diretamente fatores subjacentes compartilhados entre tarefas, abstraindo fatores incômodos, como estratégias específicas para cada tarefa. Embora influentes e informativos, os estudos de análise fatorial deixaram inúmeras questões sem resposta, em parte porque esses estudos não concordam sobre o número ou a natureza dos fatores dissociáveis relevantes para o envelhecimento (Ghisletta, Rabbit, Lunn & Lindenberger, 2012; Goh, An, & Resnick, 2012; Tucker-Drob, 2011). O poder pode ser um problema: cada participante deve completar uma grande bateria de tarefas, dificultando a coleta de grandes amostras (ver Hampshire et al., 2012; Johnson, Logie, & Brockmole, 2010).

Além disso, ao focar em amplos conjuntos de variância compartilhada entre tarefas, a análise fatorial pode perder diferenças menores, mas teoricamente relevantes (ver Wilmer et al., 2012).

Assim, o método acima – que se baseia em metodologias mais comuns em psicologia do desenvolvimento e neurociência cognitiva – fornece uma nova ferramenta valiosa, onde tarefas cuidadosamente selecionadas são comparadas diretamente. O ruído é controlado pelo tamanho da amostra, e potenciais fatores incômodos, como estratégias de tarefas cientificamente desinteressantes, podem ser testados experimentalmente pela comparação de variantes da mesma tarefa. As análises da idade do pico de desempenho permitem comparar diretamente os resultados de diferentes tarefas medidas em diferentes escalas e realizadas por diferentes participantes. Esses conjuntos de dados são agora cada vez mais fáceis de obter por meio de testes baseados na web (por exemplo, Germine et al. 2010; Germine et al., 2011; Halberda et al., 2012; Hartshorne, 2008; Hampshire et al., 2012; Johnson et al., 2010; Logie & Maylor, 2009; Maylor & Logie, 2010).

Material suplementar

Consulte a versão web no PubMed Central para obter material suplementar.

Agradecimentos

Agradecimentos a Timothy O'Donnell e Tim Brady pela ajuda com as análises, a Jeremy Wilmer, Manizeh Khan, Ken Nakayama, Lucia Garrido, Erich Eich e três revisores anônimos pelos comentários, e a NDSEG, NIH NRSA (JKH) e NSF GRFP, NIH NRSA (LTG).

Referências

- Ardila A. O envelhecimento normal aumenta a heterogeneidade cognitiva: Análise da dispersão nas pontuações da WAIS-III ao longo da idade. *Arquivos de Neuropsicologia Clínica*. 2007; 22:1003–1011. [PubMed: 17904332]
- Baltes PB. Proposições teóricas da psicologia do desenvolvimento ao longo da vida: Sobre a dinâmica entre crescimento e declínio. *Psicologia do Desenvolvimento*. 1987; 23:611–626.
- Baron-Cohen S, Wheelwright S, Hill J. Versão revisada do teste 'Lendo a mente nos olhos': Uma Estudo com adultos normais e adultos com Síndrome de Asperger ou autismo de alto funcionamento. *Revista de Psicologia e Psiquiatria Infantil*. 2001; 42:241–252. [PubMed: 11280420]
- Bayley, N. Desenvolvimento das habilidades mentais. Em: Mussen, PH., editor. *Manual de Psicologia Infantil de Carmichael*. 3. Vol. 1. Nova Iorque: Wiley; 1970. p. 1163-1209.
- Cattell, RB. *Habilidades: Sua Estrutura, Crescimento e Ação*. Boston: Houghton Mifflin; 1971.
- Doppelt JE, Wallace WL. Padronização da escala de inteligência Wechsler para adultos para idosos. *Revista de psicologia anormal*. 1955; 51:312–330. [PubMed: 13263050]
- Eng HY, Chen D, Jian Y. Memória de trabalho visual para estímulos visuais simples e complexos. *Boletim e revisão psiconômica*. 2005; 12:1127–1133. [PubMed: 16615339]
- Flynn, J. *O que é inteligência?*. Cambridge University Press; Cambridge, Reino Unido: 2007.
- Flynn J. Problemas com ganhos de QI: A enorme lacuna de vocabulário. *Revista de Avaliação Psicoeducacional*. 2010; 28(5):412–433. 10.1177/0734282910373342
- Fox C, Birren JE. Alguns fatores que afetam o tamanho do vocabulário na maturidade tardia: idade, educação e tempo de institucionalização. *Journal of Gerontology*. 1949; 4(1):19–26. [PubMed: 18125187]
- Gathercole SE, Adams AM, Hitch GJ. Crianças pequenas ensaiam? Uma análise das diferenças individuais. *Memória e Cognição*. 1994; 22(2):201–207. [PubMed: 8035696]
- Germine L, Nakayama K, Duchaine BC, Chabris CF, Chatterjee G, Wilmer JB. A web é tão boa quanto o laboratório? Desempenho comparável da web e do laboratório em experimentos cognitivos/perceptuais. *Boletim e revisão psiconômica*. 2012. 10.1177/0734282912202969

- Germine LT, Duchaine B, Nakayama K. Onde o desenvolvimento cognitivo e o envelhecimento se encontram: a capacidade de aprendizagem facial atinge o pico após os 30 anos. *Cognição*. 2011; 118:201–210.10.1016/j.cognition.2010.11.002 [PubMed: 21130422]
- Ghisletta P, Rabbit P, Lunn M, Lindenberger U. Dois terços das mudanças relacionadas à idade na inteligência fluida e cristalizada, na velocidade perceptiva e na memória na idade adulta são compartilhadas. *Inteligência*. 2012; 40:260–68.
- Goh JO, An Y, Resnick SM. Trajetórias diferenciais de mudanças relacionadas à idade em componentes dos processos executivos e de memória. *Psicologia e Envelhecimento*. 2012; 27(3):707–719. [PubMed: 22201331]
- Greenwood PM. Plasticidade funcional no envelhecimento cognitivo: revisão e hipótese. *Neuropsicologia*. 2007; 21(6):657–673. [PubMed: 17983277]
- Halberda J, Ly R, Wilmer JB, Naiman Daniel Q, Germine L. Noção de número ao longo da vida como revelado por uma amostra massiva baseada na internet. *Anais da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos da América*. 2012; 109:11116–11120.10.1073/pnas.1200196109 [PubMed: 22733748]
- Hampshire A, Highfield RR, Parkin BL, Owen AM. Fracionando a Inteligência Humana. *Neuron*. 2012; 76:1225–1237.10.1016/j.neuron.2012.06.022 [PubMed: 23259956]
- Hartshorne JK. Capacidade de memória de trabalho visual e interferência proativa. *PLoS ONE*. 2008; 3(7)
- Hartshorne JK, Schachner A. Rastreamento de replicabilidade como método de avaliação aberta pós-publicação. *Fronteiras em Neurociência Computacional*. 2012; 6:8.10.3389/fncom.2012.00008 [PubMed: 22403538]
- Johnson W, Logie RH, Brockmole JR. Tarefas de memória de trabalho diferem na estrutura fatorial entre coortes etárias: implicações para a desdiferenciação. *Inteligência*. 2010; 38:513–528.10.1016/j.intell.2010.06.005
- Kaufman AS. QIs WAIS-III, teoria de Horn e mudanças geracionais do início da vida adulta à velhice. *Inteligência*. 2001; 29:131–167.10.1016/S0160-2896(00)00046-5
- Lee HF, Gorsuch RL, Saklofske DH, Patterson DA. Diferenças cognitivas para idades de 16 a 89 anos (WAIS-III canadense). *Revista de Avaliação Psicoeducacional*. 2008; 26:382–394.
- Logie RH, Maylor EA. Um estudo na internet sobre memória prospectiva na vida adulta. *Psicologia e Envelhecimento*. 2009; 24:767–774.10.1037/a0015479 [PubMed: 19739935]
- Matarazzo, JD. Medição e avaliação da inteligência adulta por Wechsler. Baltimore, MD: The Williams & Wilkins Company; 1972.
- Meyerson P, Tryon WW. Validando a pesquisa na Internet: Um teste de equivalência psicométrica de Amostras online e presenciais. *Métodos, Instrumentos e Computadores de Pesquisa Comportamental*. 2003; 35:614–620.
- Moran JM. Desenvolvimento ao longo da vida: Os efeitos do envelhecimento típico na teoria da mente. *Pesquisa Comportamental do Cérebro*. 2013; 237:32–40.
- Murre JMJ, Janssen SMJ, Rouw R, Meeter M. A ascensão e queda da memória imediata e tardia para informações verbais e visoespaciais do final da infância ao final da idade adulta. *Acta Psychologica*. 2013; 142:96–107.10.1016/j.actpsy.2012.10.005 [PubMed: 23261419]
- Nisbett RE, Aronson J, Blair C, Dickens W, Flynn J, Halpern DF, Turkheimer E. *Inteligência: Novas descobertas e desenvolvimentos teóricos*. Psicólogo Americano. 2012; 67(2):130–159. [PubMed: 22233090]
- Colaboração em Ciência Aberta. Um esforço colaborativo, aberto e em larga escala para estimar a reprodutibilidade da ciência psicológica. *Perspectivas sobre a Ciência Psicológica*. 2012; 7(6):657–660.
- Paus T. Mapeando a maturação cerebral e o desenvolvimento cognitivo durante a adolescência. *TENDÊNCIAS em Ciências Cognitivas*. 2005; 9(2):60–68. [PubMed: 15668098]
- Salthouse TA. Memória e envelhecimento dos 18 aos 80 anos. *Doença de Alzheimer e Distúrbios Associados*. 2003; 17(3):162–167. [PubMed: 14512830]
- Salthouse TA. O que e quando do envelhecimento cognitivo. *Direções Atuais em Ciência Psicológica*. 2004; 13:140–144.
- Schaie, KW. *Influências do desenvolvimento na inteligência adulta: O Estudo Longitudinal de Seattle*. Novo Iorque: Oxford University Press; 2005.

- Shakow D, Goldman R. O efeito da idade na pontuação do vocabulário Stanford-Binet em adultos. *Revista de Psicologia Educacional*. 1938; 29:241–256.
- Smith, TW.; Marsden, PV.; Hout, M. *Pesquisas sociais gerais, 1972–2012: Código cumulativo*. Centro Nacional de Pesquisa de Opinião; Chicago, IL: 2013.
- Sorenson H. Capacidade mental em uma ampla faixa etária adulta. *Revista de Psicologia Aplicada*. 1933; 17:729–741.
- Tucker-Drob EM. Mudanças globais e específicas de domínio na cognição ao longo da vida adulta. *Psicologia do Desenvolvimento*. 2011; 47:331–343. [PubMed: 21244145]
- Wechsler, D. *Manual Técnico WAIS-III, WMS-III*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation; 1997.
- Wilmer J, Germine L, Chabris C, Chatterjee G, Gerbasi M, Nakayama K. Capturando habilidades específicas como uma janela para a individualidade humana: o exemplo do reconhecimento facial. *Neuropsicologia Cognitiva*. 2012; 29(5–6):360–392. [PubMed: 23428079]
- Wisdom NM, Mignogna J, Collins RL. Variabilidade no subteste da Escala de Inteligência de Wechsler para Adultos-IV Desempenho ao longo da idade. *Arquivos de neuropsicologia clínica: o periódico oficial da Academia Nacional de Neuropsicólogos*. 2012; 27:389–397.10.1093/arclin/acs041 [PubMed: 22512934]

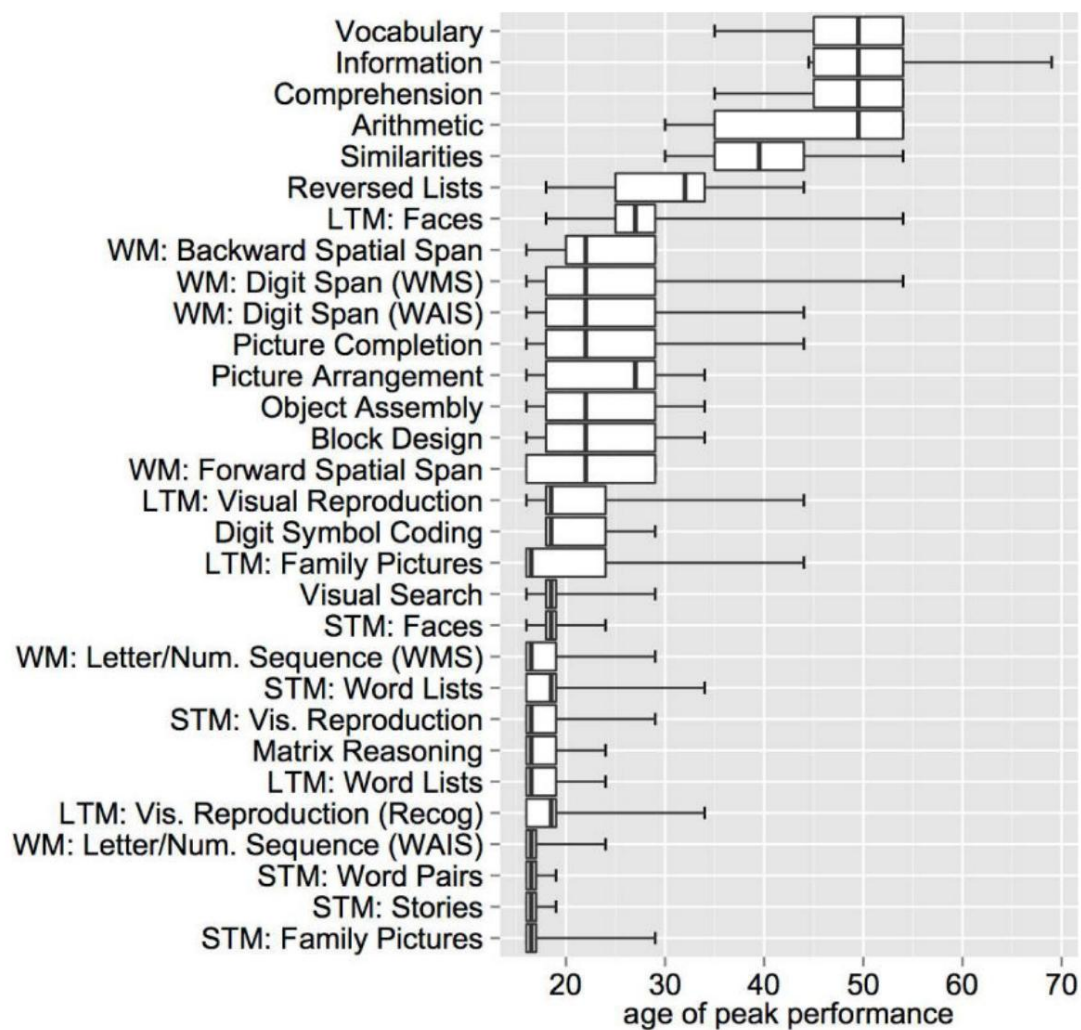


Figura 1. Idade de pico de desempenho bootstrapped para tarefas WAIS-III e WMS-III (Exp. 1)

Estão representadas as medianas (linha central), os intervalos interquartis (caixas) e os intervalos de confiança de 95% (bigodes). WM = Memória de Trabalho (teste imediato após cada tentativa); STM = Memória de Curto Prazo (teste logo após a apresentação do estímulo); LTM = Memória de Longo Prazo (teste 20 a 30 minutos após a apresentação do estímulo).

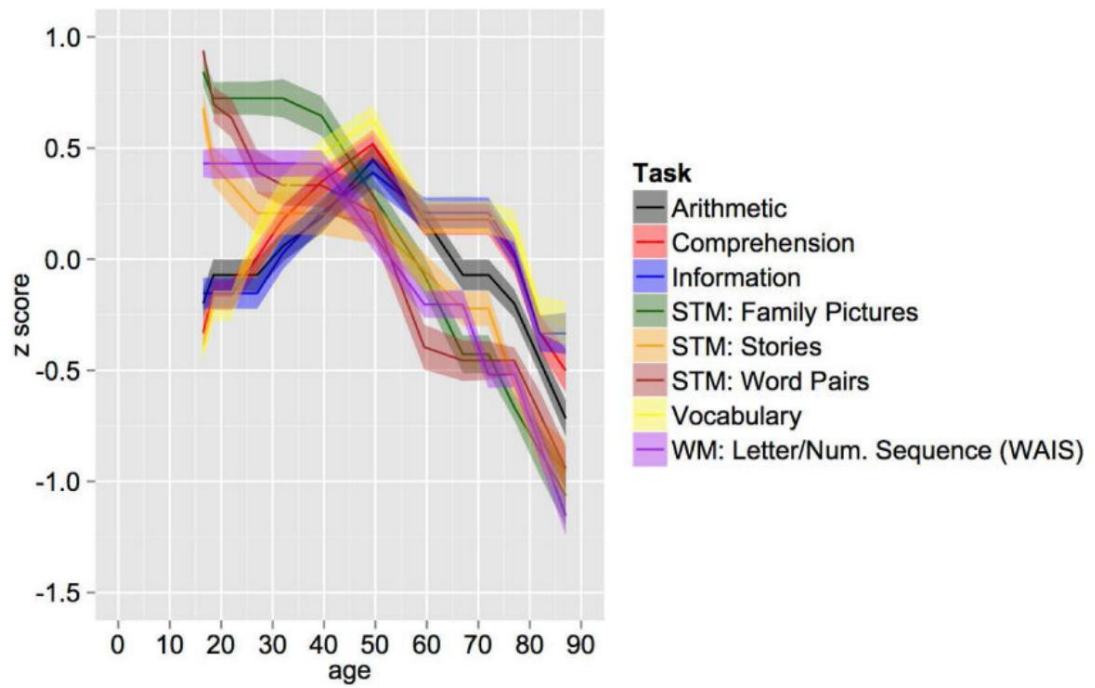


Figura 2.

Curvas de tempo de vida para tarefas representativas de pico inicial e tardio de WAIS-III e WMS-III (Exp. 1). As áreas sombreadas representam erros-padrão.

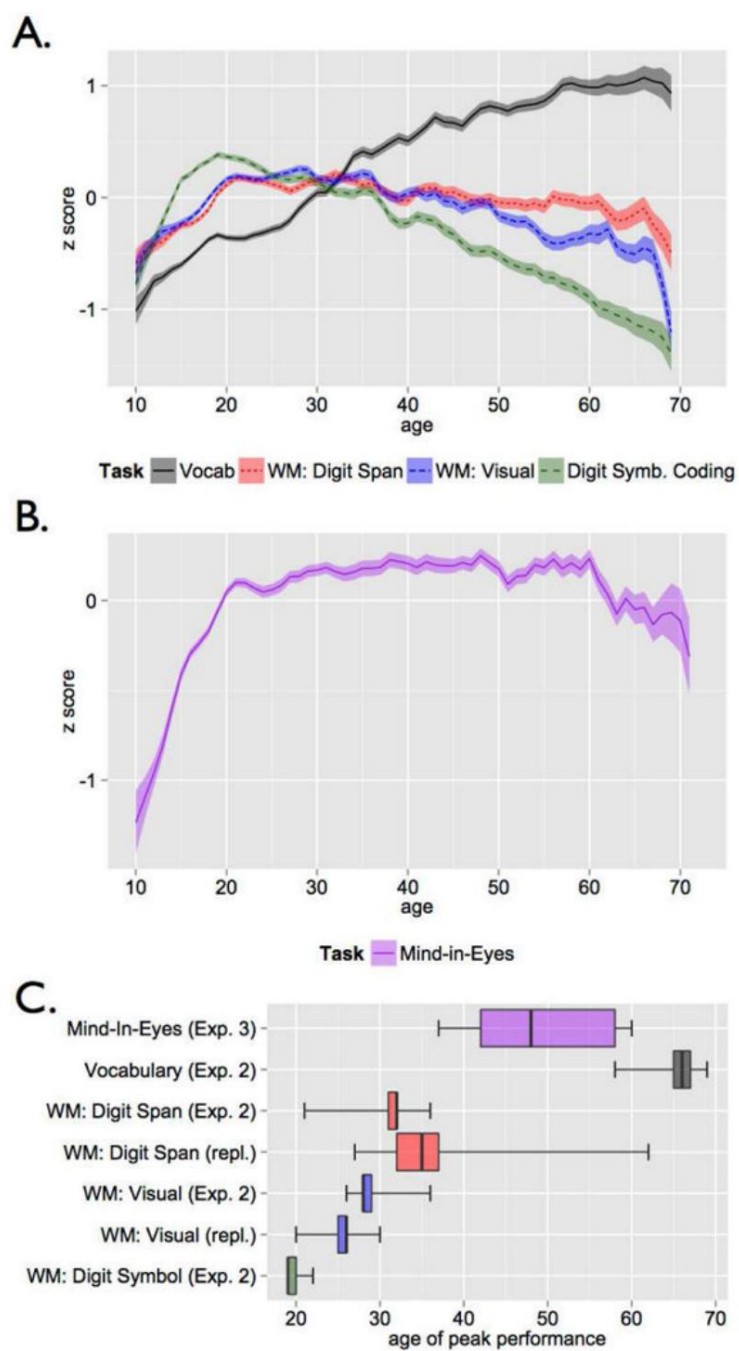


Figura 3. Resultados das Exps. 2 e 3

Painel A: Desempenho médio com pontuação z para cada tarefa no Exp. 2. As regiões sombreadas representam SEs.

Painel B: Desempenho médio com pontuação z no Exp. 3. **Painel C:** Idade de pico de desempenho

bootstrapped para Exps. 1–2, mais replicações.

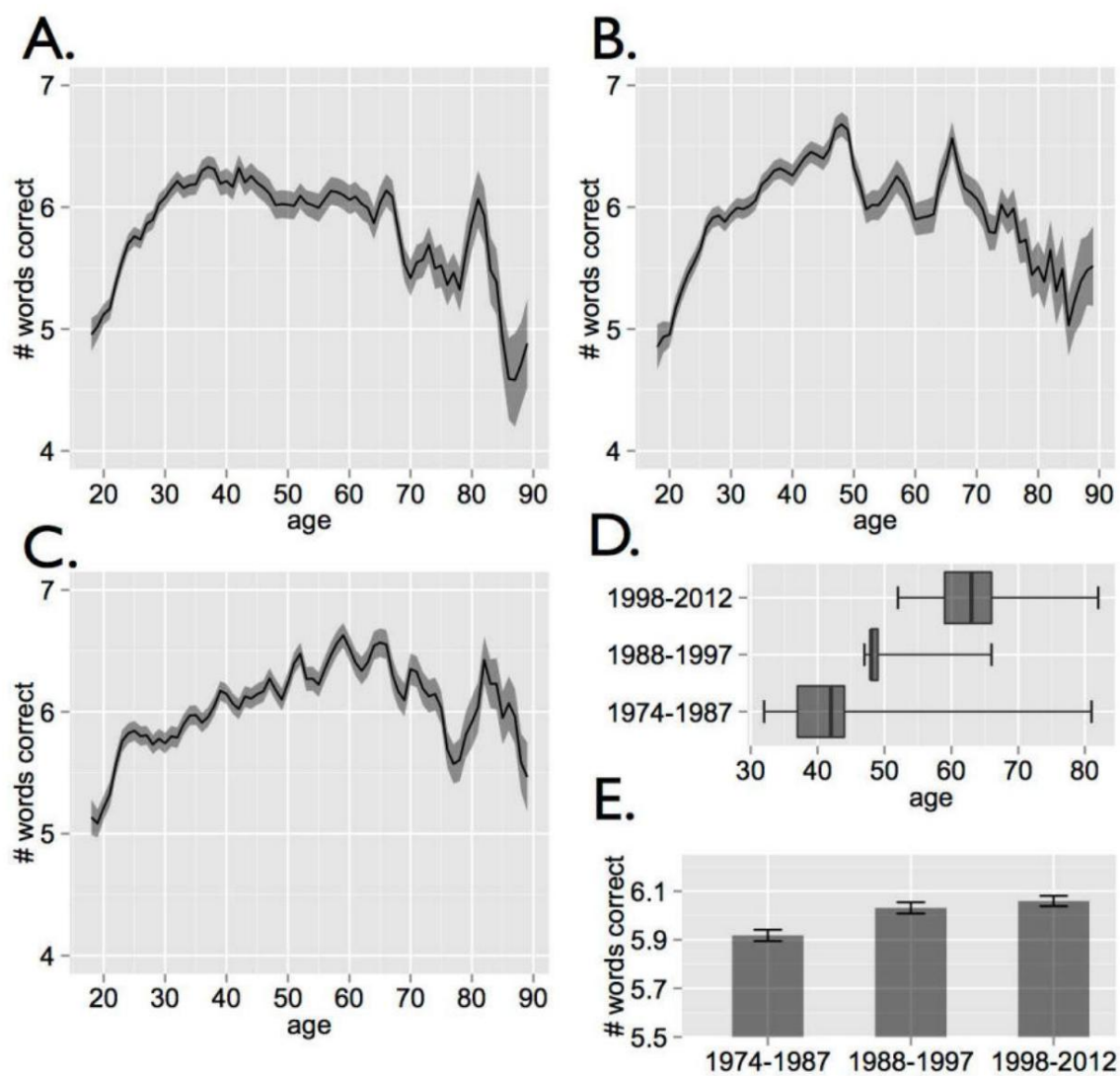


Figura 4.

Curvas de tempo de vida para o vocabulário dos participantes testados em 1974-1987 (Painel A), 1988-1997 (Painel B) e 1998-2012 (Painel C). A idade estimada para o pico de desempenho é mostrada no Painel D, e a pontuação média para cada coorte é mostrada no Painel E.

Tabela 1

Nomes e descrições das tarefas WAIS-III e WMS-III.

<u>Nome da tarefa</u>	<u>Descrição</u>
Vocabulário	Forneça definições para palavras
Informação	Responda a perguntas de conhecimentos gerais
Sistema de compreensão?)	Explique por que as coisas acontecem (ex: por que temos liberdade condicional
Aritmética	Responder a problemas aritméticos
Semelhanças	De que maneira pares de itens são semelhantes (ex: garfo, colher)?
Listas invertidas	Produzir listas memorizadas (ex: alfabeto) para frente e para trás o mais rápido possível
Extensão espacial regressiva	Toque em um conjunto de cubos na ordem inversa do experimentador
Intervalo de dígitos	Repetir listas de dígitos, na mesma ordem ou em ordem inversa. Esta tarefa aparece tanto no WAIS quanto no WMS.
Conclusão de imagem	Encontre a parte que falta em cada imagem.
Arranjo de imagens	Organize as imagens em sequência para contar uma história coerente
Montagem de objetos	Montar quebra-cabeças
Projeto de bloco	Recrie padrões geométricos representados visualmente usando blocos.
Extensão espacial para a frente	Toque em um conjunto de cubos na mesma ordem que o experimentador.
Codificação de símbolos de dígitos	Os dígitos 1 a 3 são pareados com um símbolo. Dada a lista de símbolos, anote o dígito correspondente o mais rápido possível.
Busca visual	Uma tarefa de busca visual acelerada
Sequência de letras/números:	lista de números e letras intercalados. Repita de memória os números em ordem crescente e, em seguida, as letras em ordem crescente. ordem alfabética. Esta tarefa foi incluída tanto no WAIS quanto no WMS
Raciocínio Matricial	Uma variante das Matrizes Progressivas de Raven
Rostos*	Expostos a rostos por 2 segundos cada. Em seguida, discrimine-os de rostos novos
Histórias*	Duas histórias, lidas pelo examinador. Em seguida, reconte as histórias
Pares de palavras*	Aprenda listas de pares de palavras. Durante o teste, uma palavra é fornecida e a outra deve ser lembrada.
Fotos de família*	Expostos a cenas de atividades familiares. Solicitados a lembrar quais personagens estavam em cena, onde estavam posicionados e o que estavam fazendo.
Listas de palavras*	Uma lista de 12 palavras é apresentada. É solicitado que você as recite em qualquer ordem.
Reprodução visual*	Exposto a um desenho geométrico por 10 segundos. Solicitado a reproduzir.

* Essas tarefas estão disponíveis em variantes de memória de curto prazo (STM) e memória de longo prazo (LTM). Os participantes foram testados imediatamente após a exposição ao conjunto de estímulos (STM) e novamente mais tarde na sessão (LTM).