



MESTRADO PROFISSIONAL ENSINO EM SAÚDE

RANDAL POMPEU PONTE

**EFEITO DE TESTES CUMULATIVOS NA APRENDIZAGEM DE
NEUROANATOMIA**

FORTALEZA

2017

RANDAL POMPEU PONTE

EFEITO DE TESTES CUMULATIVOS NA APRENDIZAGEM DE NEUROANATOMIA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino em Saúde do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de concentração: Metodologias Ativas para o ensino em saúde.

Orientadora: Profa. Dra. Lia Lira Olivier Sanders

FORTALEZA

2017

Ficha Catalográfica elaborada por Dayane Paula Ferreira Mota – Bibliotecária – CRB-3/1310

P813e Ponte, Randal Pompeu.
Efeito de testes cumulativos na aprendizagem de neuroanatomia
/ Randal Pompeu Ponte. – 2017.
52 f. ; il. color.

Dissertação (Mestrado) – Centro Universitário Christus -
Unichristus, Mestrado Profissional em Ensino em Saúde, Fortaleza,
2017.

Orientação: Prof. Dr^a. Lia Lira Olivier Sanders.

Área de concentração: Metodologias Ativas para o Ensino em
Saúde.

1. Anatomia humana. 2. Retrieval based-learning. 3. Aplicação
móvel em anatomia. 4. Brain anatomy. 5. Ensino em Saúde. I. Título.

CDD 611.8

RANDAL POMPEU PONTE

EFEITO DE TESTES CUMULATIVOS NA APRENDIZAGEM DE NEUROANATOMIA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino em Saúde do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de concentração: Metodologias Ativas para o ensino em saúde.

Orientadora: Profa. Dra. Lia Lira Olivier Sanders

Aprovada em: 20/12/2017

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Lia Lira Olivier Sanders
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Dr. Alan Marcos Neves da Silva
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Dr. José Ricardo Sousa Ayres de Moura
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcos Kubrusly
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

À minha família.

AGRADECIMENTOS

À Dra. Lia Lira Olivier Sanders, Professora Doutora do Centro Universitário Christus.

Ao Dr. Alan Marcos Neves da Silva, Professor Doutor do Centro Universitário Christus.

Ao Dr. José Ricardo Ayres de Moura, Professor Doutor da Universidade Federal do Ceará.

Ao Dr. Edgar Marçal de Barros Filho, Professor Adjunto do Instituto UFC Virtual e Coordenador do Laboratório de Inovação Tecnológica – LIT - Unichristus.

Ao Dr. Antônio Miguel Furtado Leitão, Coordenador Adjunto do Curso de Medicina do Centro Universitário Christus e Professor da Universidade Federal do Ceará.

Ao Prof. Dr. Marcus Kubrusly, Pró-Reitor de Pesquisa e Extensão e Coordenador do Mestrado Profissional em Educação em Saúde do Centro Universitário Christus.

À Dra. Cláudia Oliveira, Professora Doutora e Coordenadora do Mestrado Profissional em Educação em Saúde do Centro Universitário Christus.

À Equipe de colaboradores da Coordenação do Mestrado em Educação em Saúde e do Laboratório de Inovação Tecnológica – LIT do Centro Universitário Christus.

Aos professores das diversas disciplinas do Mestrado em Educação em Saúde do Centro Universitário Christus.

Aos alunos dos cursos de Graduação em Odontologia e Enfermagem do Departamento de Morfologia da Universidade Federal do Ceará.

Aos alunos do curso de Medicina do Centro Universitário Christus, em especial, os acadêmicos Luan Victor Almeida Lima e Morgana.

Ao Dr. José de Carvalho Rocha, Magnífico Reitor do Centro Universitário Christus.

“Buscar e aprender, na realidade, não são
mais que recordar”. *Platão*

RESUMO

EFEITO DE TESTES CUMULATIVOS NA APRENDIZAGEM DE NEUROANATOMIA. PONTE, R.P. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional Ensino em Saúde. Fortaleza: Centro Universitário Christus, 2017.

Testes têm sido compreendidos como meros instrumentos para avaliar a aprendizagem (ROEDIGER; HENRY; JEFFREY 2006). Uma sólida pesquisa demonstra, no entanto, que o ensino baseado em evocação do conhecimento promove uma aprendizagem eficaz a longo prazo, gerando conhecimento robusto, durável e transferível a novos contextos (CARPENTER, 2012; KARPICKE, 2012). O elemento-chave para a aprendizagem parece ser o engajamento do estudante em práticas ativas de evocação do conhecimento (KARPICKE *et al.*, 2014). Mudar o sentido do teste de uma mera avaliação para um instrumento de aprendizagem possibilita o desenvolvimento de ferramentas, como aplicações móveis e até mesmo jogos que facilitem a aprendizagem. Com foco nas metodologias ativas de ensino em saúde, o presente trabalho experimenta métodos de aprendizagem baseados em testes cumulativos, realizados durante o período letivo da disciplina de Neuroanatomia em instituições de ensino superior. É composto de três estudos independentes. No primeiro estudo, prospectivo, comparamos o efeito de testes cumulativos ao do estudo repetido em sala de aula. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as estratégias; os testes cumulativos não demonstraram inferioridade em relação ao estudo repetido. No segundo estudo, retrospectivo, avaliamos a eficácia de uma estratégia de ensino baseada na evocação dos conteúdos lecionados durante as aulas práticas de neuroanatomia. Os resultados revelaram o impacto positivo da abordagem na retenção do conhecimento a longo prazo. No terceiro estudo, desenvolvemos e avaliamos um aplicativo para dispositivos móveis com testes cumulativos de neuroanatomia para uso em tablets e smartphones. O Brain Anatomy App apresenta imagens reais de encéfalos humanos nas quais o estudante identifica cada um dos vários acidentes anatômicos. A aplicação recebeu boa avaliação de usabilidade (*System Usability Scale*, BROOKE *et al.*, 1986) e utilidade para o estudo de Neuroanatomia por parte dos estudantes. Uma importante característica dos estudos aqui descritos é o fato de terem ocorrido em sala de aula e laboratórios, durante o período letivo regular das disciplinas. Essas condições elevam nossos resultados a patamares de contextualização e realidade incontestáveis.

Palavras-chave: Anatomia Humana. Retrieval Based-Learning. Aplicação móvel em Anatomia. Brain Anatomy. Ensino em Saúde.

ABSTRACT

Key-Words:

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Distribuição dos estudantes por grau de familiaridade com o assunto	19
Figura 2	- Resultado de variação do conhecimento por grupos de estudo	20
Figura 3	- Fluxograma da aprendizagem de neuroanatomia baseada na evocação.....	23
Figura 4	- Desempenho do grupo do método tradicional (A) e do grupo de aprendizagem baseada em evocação (B) em teste 1 e teste 2	25
Figura 5	- A) Tela para teste de identificação. B) Tela com histórico de testes do estudante	27
Figura 6	- Instrumento utilizado para avaliação do Brain Anatomy	29
Figura 7	- Frequência das questões sobre a utilidade da aplicação percebida pelos estudantes	31
Tabela 1	- Resumo de análise sobre a usabilidade da aplicação (N=30)	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PBL	Problem Based Learning
LBL	Ensino baseado em conferências
LIT	Laboratório de Inovações Tecnológicas
IDC	International Data Corporation
SO	Sistemas Operacionais
SUS	System Usability Scale
APP	Aplicativo
CAL	Computer Assisted Learning

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	ESTUDO 1	18
3.1	Métodos	18
3.2	Resultados	19
4	ESTUDO 2	22
4.1	Métodos	22
4.1.1	<i>Procedimento</i>	22
4.1.2	<i>Método tradicional</i>	22
4.1.3	<i>Aprendizagem baseada em evocação</i>	22
4.2	Avaliações	23
4.3	Participantes	23
4.4	Análises estatísticas	24
4.5	Resultados	24
5	ESTUDO 3	26
5.1	Metodologia de avaliação do Brain Anatomy App	27
5.2	Participantes	28
5.3	Instrumentos	28
5.4	Procedimento	30
5.5	Análise dos resultados	30
6	DISCUSSÃO	33
7	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38
	ANEXO A: TERMOS DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ...	41
	ANEXO B: CÓPIAS DE FIGURAS DO ATLAS-TEXTO NETTER DE FACES LATERAL E MEDIAL DO ENCÉFALO HUMANO	42
	ANEXO C: QUESTIONÁRIO SYSTEM USABILITY SCALE COM QUESTÕES ADICIONAIS	43
	ANEXO D: ARTIGO ENCAMINHADO PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA JOURNAL OF BIOLOGICAL EDUCATION	44

1 INTRODUÇÃO

O ensino das ciências da saúde em nível superior, independente da área de atuação ou especialidade, tem sido alvo de diversas tentativas de aprimoramento metodológico. Antigamente focado exclusivamente no método tradicional de aulas expositivas presenciais e demonstrações práticas em laboratórios, o ensino em saúde está mudando. Várias são as inovações neste campo do saber. A de melhor fundamentação teórico-prática e, por isso mesmo, mais empregada nos dias atuais, envolve o Aprendizado Baseado em Problemas (JIN, 2014). Eleito como base metodológica pelas instituições de ensino superior tradicionais e obrigatória para as novas faculdades da área da saúde, o PBL (sigla de Problem Based Learning), como passou a ser conhecido, está hoje inserido, na sua íntegra ou mesclado com o ensino “tradicional”, na quase totalidade das universidades brasileiras. O método mostrou-se tão eficaz, principalmente em comparação ao Ensino Baseado em Conferências - LBL (Sayyah, 2017), que passou a ser exigido dentro da política do Ministério da Educação do Brasil como pressuposto básico para o ensino superior e como modelo educacional.

Com a disseminação do método PBL nas Instituições de Ensino Superior brasileiras, as diversas experiências de sua aplicação começaram a surgir (SONNTAG, 2017). Contextos formados por ambientes e pessoas diferentes geraram resultados específicos em cada curso ou disciplina. As controvérsias orbitavam em torno da exequibilidade do método, considerando peculiaridades de cada faculdade, de sua operacionalização, quando introduzido em instituições com arraigado senso de ensino tradicional, chegando até às dificuldades naturais de avaliação do aprendizado do conteúdo programático de cada disciplina bem como da própria metodologia *per si* (JIN, 2014).

Tradicionalmente, a aprendizagem tem sido considerada como a simples decodificação de novos conhecimentos, enquanto os testes têm sido considerados um mero meio para a avaliação da aprendizagem (ROEDIGER; HENRY; JEFFREY 2006). Uma sólida pesquisa demonstra, no entanto, que o ensino baseado em evocação do conhecimento promove uma aprendizagem eficaz a longo prazo. Este fenômeno foi chamado efeito-teste (Carrier; Pasgler, 1992; Ho *et al.*, 2015; Wheeler

et al., 1992; Chan *et al.*, 2006), ou aprendizagem baseada em recuperação do conhecimento - retrieval-based learning (JEFFREY *et al.*, 2012).

O elemento-chave para promover o aprendizado com significância não é o formato da atividade, mas sim o engajamento em práticas ativas de evocação do conhecimento (KARPICKE *et al.*, 2014). Sempre que recuperamos o conhecimento, incrementamos nossa capacidade de reconstruí-lo no futuro (YONG; LIM, 2016). Quando o aprendizado baseado em evocação é bem sucedido, a representação do conhecimento é aprimorada para o contexto atual. Além disso, estudos subsequentes se tornam mais fáceis porque o contexto atualizado pode ser usado para melhor restringir a busca e focar em uma memória específica (KARPICKE; LEHMAN; AUE, 2014).

A prática de evocação do aprendizado é uma forma de promover o ensino de maneira robusta, durável e transferível a novos contextos (CARPENTER, 2012; KARPICKE, 2012). Significa ter alunos envolvidos com o aprendizado e praticando ativamente a reconstrução do conhecimento (KARPICKE; LEHMAN; AUE, 2014). O desafio geral é desenvolver maneiras de implementar o estudo baseado em aprendizagem nos atuais contextos educativos.

Estudos sugerem que a oportunidade de evocar repetidamente os conteúdos aprendidos, através de **testes cumulativos**, favorece a aprendizagem. (ROEDIGER; KARPICKE, 2006). A realização de testes tem um poderoso efeito positivo na futura retenção do conhecimento. Este fenômeno, conhecido com efeito-teste, tem sido estudado desde 1917 (ROEDIGER; KARPICKE, 2006). As estratégias que produzem aprendizado rápido e benefícios a curto prazo geram uma performance pobre a longo prazo (BJORK *et al.*, 1975, 1988). A realização de testes, por outro lado, introduz um grau desejável de dificuldade no aprendizado (BJORK, *et al.*, 1978). Os testes cumulativos estimulam a multiplicação do número de rotas de recuperação de conhecimento prévio (BJORK *et al.*, 1978).

Mudar o sentido do teste de uma mera avaliação para um instrumento de aprendizagem possibilita o desenvolvimento de ferramentas, como aplicações móveis e até mesmo jogos que facilitem a aprendizagem, dentro e fora da sala de aula. O potencial benefício dos testes cumulativos torna-se mais evidente para o ensino dos conhecimentos básicos.

Em virtude da difícil contextualização, o ensino de áreas básicas, como Anatomia Humana, necessita dos mais variados recursos para a assimilação inicial por parte do aluno. A organização complexa do sistema nervoso traz uma dificuldade adicional para os educadores, que testemunham a dificuldade dos estudantes para dominar sua anatomia (KENNEDY, 2013). Os aplicativos de Anatomia devem ser usados com frequência para melhor desenvolverem a compreensão dos alunos sobre o material do curso (CHAKRABORTY; COOPERSTEIN, 2017).

Estratégias de aprendizagem que empregam um certo nível de esforço cognitivo na fase de aquisição promovem aprendizado mais duradouro a longo prazo (DOBSON, 2017). É necessária, portanto, a introdução de graus variados de dificuldade nos métodos de aprendizagem. Com foco nas metodologias ativas de ensino em saúde, o presente trabalho experimenta métodos de aprendizagem baseados em testes cumulativos, realizados durante o desenvolvimento da disciplina de Anatomia Humana em instituições de ensino superior e culmina no desenvolvimento de uma aplicação móvel (aplicativo) de testes cumulativos de neuroanatomia para dispositivos móveis como smartphones e tablets.

Embora já haja uma grande quantidade de aplicações móveis relevantes para o ensino de Medicina (Briz-Ponce *et al.*, 2016), cresce o uso dos dispositivos móveis nas mais diversas áreas médicas (FULLER; JOYNES, 2015). O paradigma Mobile Learning (ou m-Learning) surgiu a partir da utilização das tecnologias da computação móvel (e.g. smartphones, tablets, redes sem fio) como parte de um modelo de aprendizado integrado (MARÇAL; ANDRADE; RIOS, 2005). Os dispositivos móveis têm sido utilizados pelos médicos para diversos fins, dentre os quais se destaca o uso na educação médica, para o qual foi criado o termo *Mobile Medical Education* (DAVIES *et al.*, 2012).

Esta dissertação é composta por três estudos sobre métodos de aprendizagem baseados em testes cumulativos de neuroanatomia:

- No primeiro estudo, prospectivo, comparamos o efeito de testes cumulativos ao do estudo repetido em sala de aula.

- No segundo estudo, retrospectivo, avaliamos a eficácia de uma estratégia de ensino que se baseia na evocação dos conteúdos de neuroanatomia durante as aulas práticas.
- No terceiro estudo, desenvolvemos e avaliamos uma aplicação móvel com testes cumulativos de neuroanatomia para apoiar a formação de estudantes da área da saúde.

Os estudos aqui apresentados foram devidamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição de ensino superior do Centro Universitário Christus.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficácia e aplicabilidade de testes cumulativos no ensino e aprendizagem de neuroanatomia em cursos da área da saúde.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a eficácia comparativa dos testes cumulativos em relação ao estudo repetido (método de aprendizagem tradicional) no ambiente de sala de aula.
- Avaliar a eficácia de uma estratégia de ensino que se baseia na evocação dos conteúdos de neuroanatomia em sala de aula.
- Desenvolver e avaliar a usabilidade de uma aplicação móvel com testes cumulativos de neuroanatomia.

3 ESTUDO I

Diversos estudos comprovam que a estratégia de testar cumulativamente o conhecimento é superior àquela de estudá-lo repetidas vezes (CARRIER; PASHLER, 1992). Geralmente, os estudos envolvem a memorização de vocábulos, mas práticas de evocação também mostraram-se superiores ao estudo repetido de informações anatômicas (Dobson *et al.*, 2016) mostraram que estratégias de aprendizagem por evocação são superior ao estudo repetido e que o estudo espaçado é superior ao estudo em bloco.

A primeira etapa desta dissertação é um estudo de eficácia comparativa dos testes cumulativos em relação ao estudo repetido (método de aprendizagem tradicional). Testamos a hipótese de que testes cumulativos seriam superiores ao estudo repetido de estruturas anatômicas.

3.1 Métodos

O estudo foi realizado ao longo da disciplina de Fundamentos de Anatomia Humana, ministrada no Departamento de Morfologia da Universidade Federal do Ceará. Um total de 40 alunos de graduação do curso de Odontologia e 40 alunos do curso de Enfermagem da Universidade Federal do Ceará matriculados na disciplina de Fundamentos de Anatomia Humana convidados a participarem do experimento. Todos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

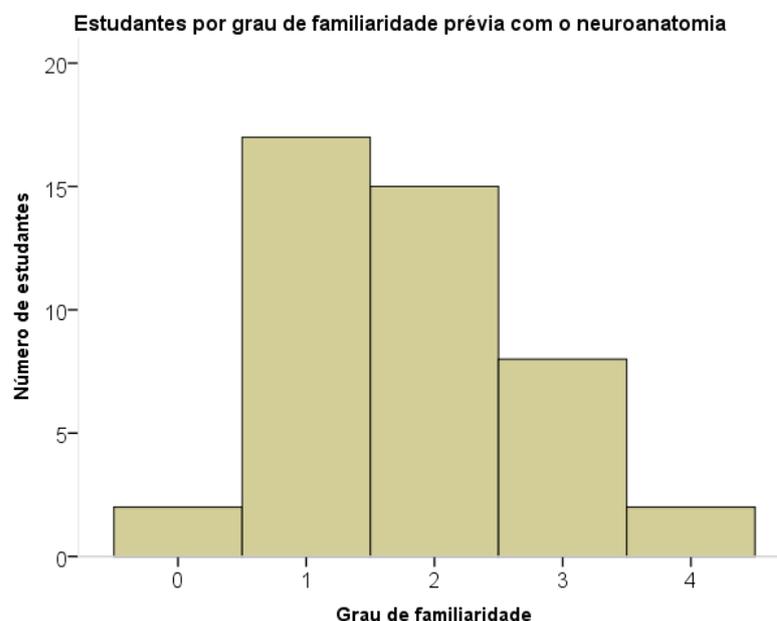
Os estudantes foram divididos em dois grupos: **estudo repetido** e **testes cumulativos**. Ambos os grupos foram inicialmente expostos ao material a ser aprendido, durante uma aula expositiva dialogada com data-show, quando lhes foram apresentadas figuras de encéfalos de atlas de anatomia humana com especificação da localização e nomenclatura de quarenta estruturas e acidentes anatômicos. Uma, duas e quatro semanas após a aula inicial, os estudantes do grupo “estudo repetido” foram solicitados a novamente estudar, durante 30 minutos, as estruturas, por meio de material individual impresso na forma de figuras que mostravam a localização e identificação de cada uma das quarenta estruturas anatômicas anteriormente vistas (o mesmo material a que ambos os grupos haviam sido inicialmente apresentados). Simultaneamente (uma, duas e quatro semanas

após a aula inicial), no mesmo ambiente e com a mesma duração de tempo, os estudantes do grupo “testes cumulativos” foram submetidos a testes em que deveriam preencher as lacunas com os nomes das mesmas quarenta estruturas anatômicas apontadas em iguais figuras.

3.2 Resultados

O estudo foi desenvolvido ao longo de quatro semanas letivas da disciplina de Fundamentos de Anatomia Humana. Propositadamente inserido na rotina de um curso superior, este estudo refletiu todas as características de um contexto e ambiente reais, inclusive voluntarismo, idiosincrasias e absenteísmo. Com tudo isso, dos oitenta alunos inicialmente inscritos, apenas 44 estudantes completaram o estudo: 32 do sexo feminino e 12 do sexo masculino. A proporção entre homens e mulheres não variou significativamente entre os grupos experimentais estudo-estudo (6:20) e teste-teste (6:12, qui-quadrado= 0.564, $P=0.453$, bicaudal). Os estudantes tinham a idade média de 18,93, $DP=1.99$. A proporção de estudantes por grau de familiaridade com o tema está na figura abaixo. Não houve diferença significativa no grau de familiaridade dos estudantes com neuroanatomia entre os grupos experimentais (qui-quadrado= 0.637, $P=0.959$, bicaudal).

Figura 1 – Distribuição dos estudantes por grau de familiaridade com o assunto

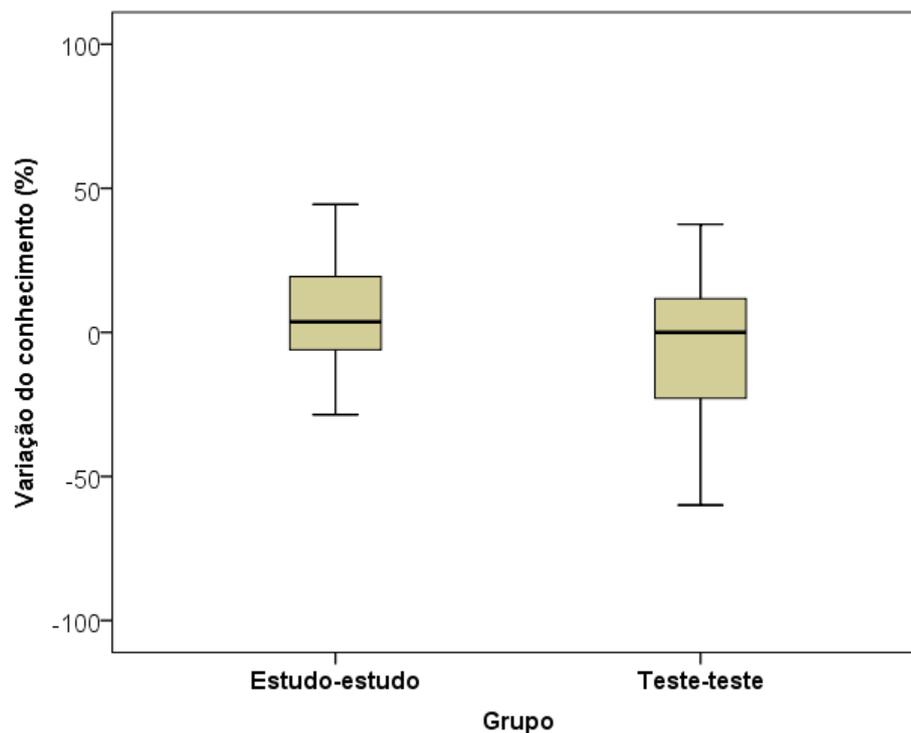


Vinte e seis estudantes eram do grupo estudo-estudo e dezoito eram do grupo teste-teste. Como a performance dos estudantes nos testes não tinha distribuição normal, nós calculamos a variação do conhecimento utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Variação do conhecimento} = \frac{\text{Performance no teste 1} - \text{Performance no teste 2}}{\text{Performance no teste 1}} \times 100$$

T-teste da variação do conhecimento entre os testes 1 e 2 não mostrou diferença estatisticamente significativa entre os grupos estudo-estudo e teste-teste (T= 0.986, P=0.33, bicaudal).

Figura 2 – Resultado de variação do conhecimento por grupos de estudo



Não observamos correlações entre a variação do conhecimento e idade ($r=0.253$, $P=0.97$), nem grau de familiaridade prévia com o tema ($r=0.094$, $P=0.54$).

Analisando cada curso separadamente, o resultado não se alterou (enfermagem: estudo-estudo $M=-0.68$, $DP=25.32$, teste-teste $M=0.85$, $DP=18.76$;

T=0.019, P=0.985; odontologia: estudo-estudo M=5.97, DP=37.93 vs. Teste-teste M=-14.99, DP=35.54, T+1.204, P=0.244).

O tamanho de efeito de Cohen dos testes repetidos sobre a variação do conhecimento foi de 0.31. Considerando esse tamanho de efeito, a significância estatística seria atingida em uma amostra de 78 estudantes ($\beta=0.20$, $\alpha=0.05$, bicaudal) por grupo e 61 estudantes (unicaudal).

4 ESTUDO II

Para alunos da graduação em Medicina, a Unichristus vem aplicando, ao longo dos últimos anos, uma abordagem pedagógica que introduz a evocação (ou recuperação de aprendizagem) nas aulas práticas de neuroanatomia. Esta abordagem estimula os estudantes a ativamente recuperarem o conhecimento anatômico na forma oral e escrita, além de identificarem estruturas em peças anatômicas de cadáveres.

4.1 Métodos

4.1.1 Procedimento

Em nossa Instituição, as aulas de neuroanatomia ocorrem durante o segundo semestre da curso de Medicina. Há uma exposição dialogada presencial de neuroanatomia teórica, seguida de prática no laboratório de anatomia.

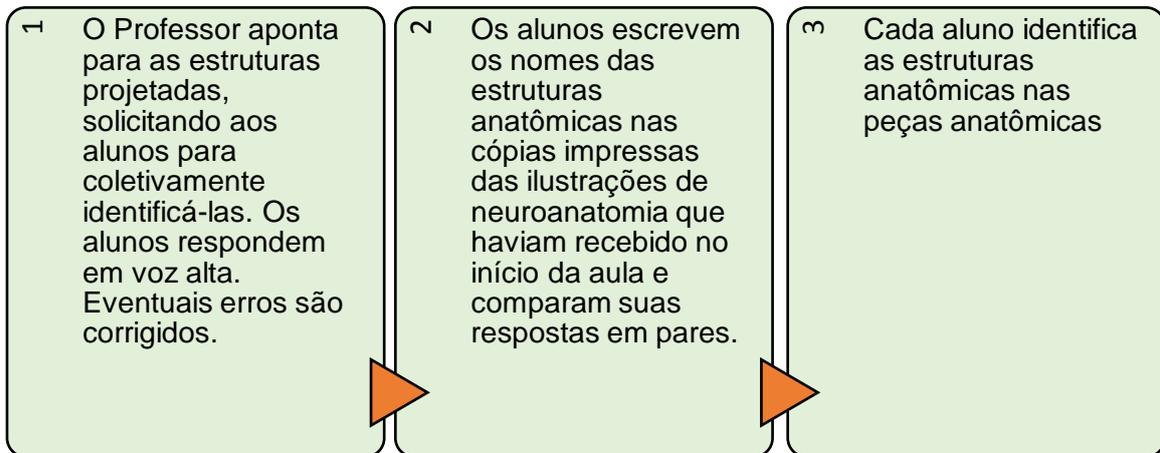
4.1.2 Método tradicional

Até o primeiro semestre de 2014, o professor se valia tão somente de peças anatômicas previamente dissecadas para mostrar aos alunos, no laboratório de anatomia, as estruturas e acidentes anatômicos ali presentes, repetindo-se e quando necessário. Para comparação com o novo método, chamamos esta abordagem de *método tradicional*.

4.1.3 Aprendizagem baseada em evocação

Desde agosto de 2014, temos aplicado a prática de aprendizagem baseada em evocação nas aulas de neuroanatomia. No início da aula prática, os alunos recebem cópias impressas das ilustrações de neuroanatomia que foram mostrados na classe teórica. O docente projeta essas ilustrações em data-show e apresenta as estruturas anatômicas para os alunos. O professor, em seguida, aplica a abordagem baseada em recuperação, que consiste das seguintes etapas sequenciais:

Figura 3 - Fluxograma da aprendizagem de neuroanatomia baseada na evocação.



4.2 Avaliações

Os estudantes foram submetidos a dois testes de neuroanatomia, ao final da primeira e da quarta semana depois da aula prática de anatomia. Cada teste consistiu em 12 perguntas aleatoriamente selecionadas da lista de estruturas de anatomia ensinada. O primeiro teste continha estruturas do telencéfalo e diencefalo; o segundo teste, estruturas do telencéfalo, diencefalo, tronco encefálico, cerebelo e medula espinhal.

4.3 Participantes

Para verificar se a prática de aprendizagem baseada em recuperação melhora o conhecimento de conteúdos de neuroanatomia, nós comparamos o desempenho de 424 alunos expostos ao *método tradicional* (aula teórica + trabalho passivo com material cadavérico), entre 2011 e o primeiro semestre de 2014, *versus* o desempenho de 296 alunos que tiveram a oportunidade de aprender usando a abordagem da *aprendizagem baseada em recuperação* (aula teórica + prática de recuperação), desde o segundo semestre de 2014 até 2016.

4.4 Análises estatísticas

O desempenho dos alunos nos testes não foi normalmente distribuído. Portanto, usamos a estatística não paramétrica (teste de Mann-Whitney two-sample rank-sum test) para testar as diferenças de desempenho entre a aprendizagem passiva e o grupo de aprendizagem baseada em recuperação. Todas as análises foram realizadas utilizando o software SPSS 20,0 (Statistical Package for Social Sciences, <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>). O primeiro e o segundo testes foram os mesmos através de anos, mas o segundo teste trazia um maior número de estruturas do encéfalo. Portanto, o teste 1 e o teste 2 não puderam ser diretamente comparados.

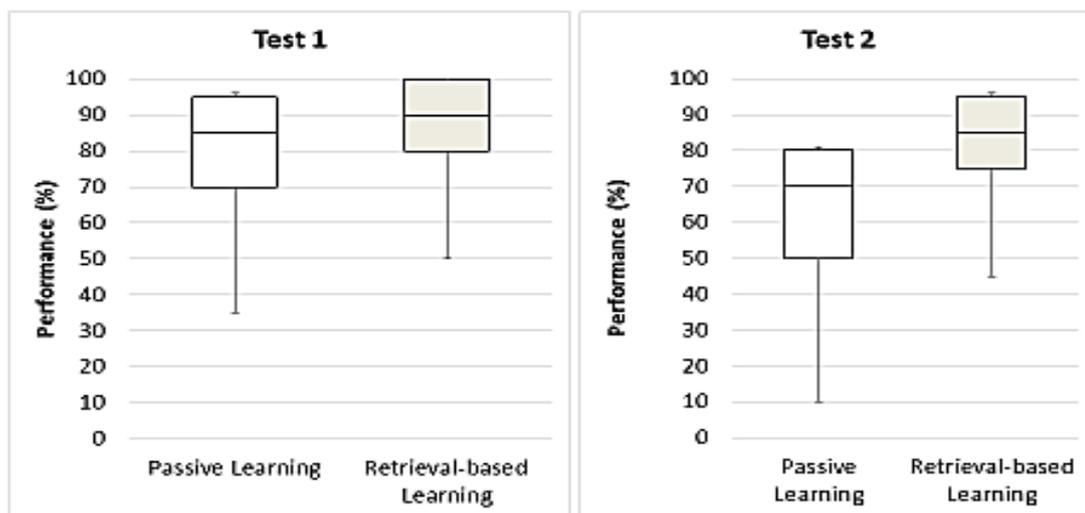
4.5 Resultados

Do total de 720 alunos incluídos no estudo, trezentos eram do sexo masculino e quatrocentos e vinte eram do sexo feminino. Os grupos não diferiram na composição de gênero (chi-square = 0.317, $p = 0.573$). Alunos do método tradicional eram ligeiramente mais velhos (mediana = 20 anos, 25-75% = 19-22) do que os alunos do grupo de aprendizagem baseada em recuperação (20 anos, 25-75% = 19-21, teste de Mann-Whitney U $p = 0,005$). O desempenho de alunos no semestre anterior, tomado como uma medida geral de desempenho acadêmico, foi maior no grupo de aprendizagem baseada em recuperação (mediana = 78.50%, 25-75% = 75.40-81.25% vs 76,00, 25-75% = 72.50-79.25%, teste de Mann-Whitney U $p < 0,0001$). O tamanho do efeito (r) calculado para o teste de Mann-Whitney U ($(r = \frac{z}{\sqrt{N}})$) foi 0.22, que, de acordo com as diretrizes de Cohen para r , é considerado um pequeno efeito (FRITZ; MORRIS; RICHLER, 2012).

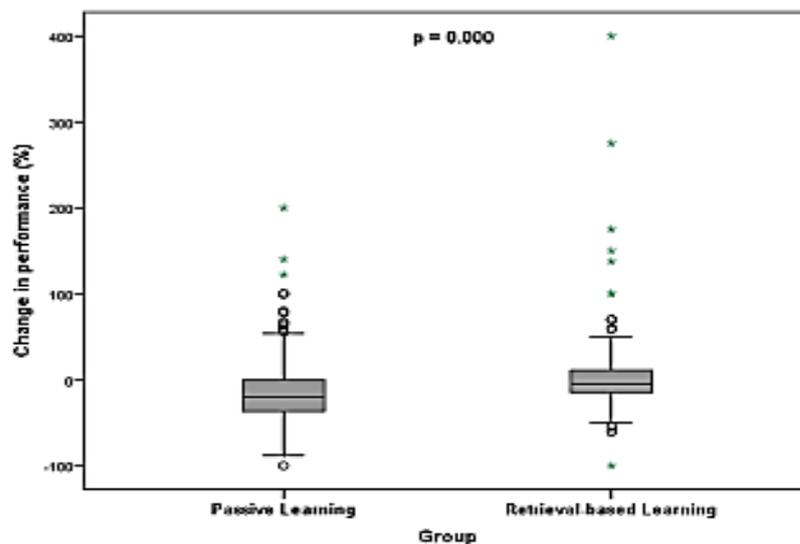
O desempenho dos estudantes (%) no teste 1 e 2 está plotado na Figura 4. O desempenho no teste 1 (uma semana após a aula prática) foi maior no grupo de método tradicional do que no grupo de recuperação de aprendizagem (teste de Mann-Whitney U, $p < 0,0001$, tamanho de efeito = 0,60). O teste 2 (quatro semanas depois da aula) mostrou, no entanto, o padrão oposto: o desempenho dos alunos que aprenderam a usar uma abordagem baseada em evocação foi maior do que os alunos passivamente expostos ao material de aprendizagem (teste de Mann-Whitney U, $p < 0,0001$, tamanho de efeito = 0,75), sugerindo um impacto positivo da

abordagem baseada em recuperação na retenção de longo prazo. Embora o desempenho acadêmico dos alunos do grupo baseado em evocação tenha sido ligeiramente superior do que o que dos alunos do método tradicional, o desempenho acadêmico anterior (tamanho de efeito de 0,22) não conta para o desempenho diferencial no teste 2 (efeito tamanho de 0,75).

Figura 4 - Desempenho do grupo do método tradicional (A) e do grupo de aprendizagem baseada em evocação (B) em teste 1 e teste 2. O enredo de caixa mostra a mediana (linha horizontal central), o meio 50% do resultado dos testes (caixa), a mais alta e mais baixa pontuação (linhas verticais superior e inferior).



Mudança na performance = performance teste 2 – performance teste 1 / performance no teste 1 (Mann-Whitney U-test, $p=0.000$)



5 ESTUDO III

Um importante objetivo deste mestrado profissional foi a criação de uma aplicação móvel para uso sistemático de testes cumulativos como método de aprendizagem de Neuroanatomia. A equipe técnica do Laboratório de Inovações Tecnológicas (LIT) do Centro Universitário Unichristus, sob a coordenação do Prof. Dr. Edgar Marçal, desenvolveu o aplicativo “Brain Anatomy App” para dispositivos móveis (como *smartphones* e *tablets*).

Atualmente, existem dois sistemas operacionais (SO) principais que predominam no mercado de dispositivos móveis. Segundo pesquisa do *International Data Corporation*¹ (IDC) de 2016, o líder é o sistema operacional Android® da Google, com 87,6%, seguido do iOS® da Apple, com 11,7%. Foram desenvolvidas duas versões do Brain Anatomy App, uma para Android® e outra para iOS®. É importante destacar que a implementação, para esses dois sistemas operacionais, envolve distintas ferramentas e linguagens de programação, inclusive, cada versão (Android® e iOS®) tem seu código-fonte próprio.

O Brain Anatomy App apresenta ao estudante imagens reais de encéfalos humanos em diferentes ângulos de visão: lateral, medial, superior e inferior. Cada uma dessas visões corresponde a uma lâmina à qual o aluno pode realizar os testes. Antes de iniciar os testes, o aplicativo apresenta um tutorial sobre como preencher as respostas. Posteriormente, o aluno deve identificar cada um dos vários (até vinte) acidentes anatômicos de cada figura, utilizando-se de teclado em tela e observando a nomina anatômica.

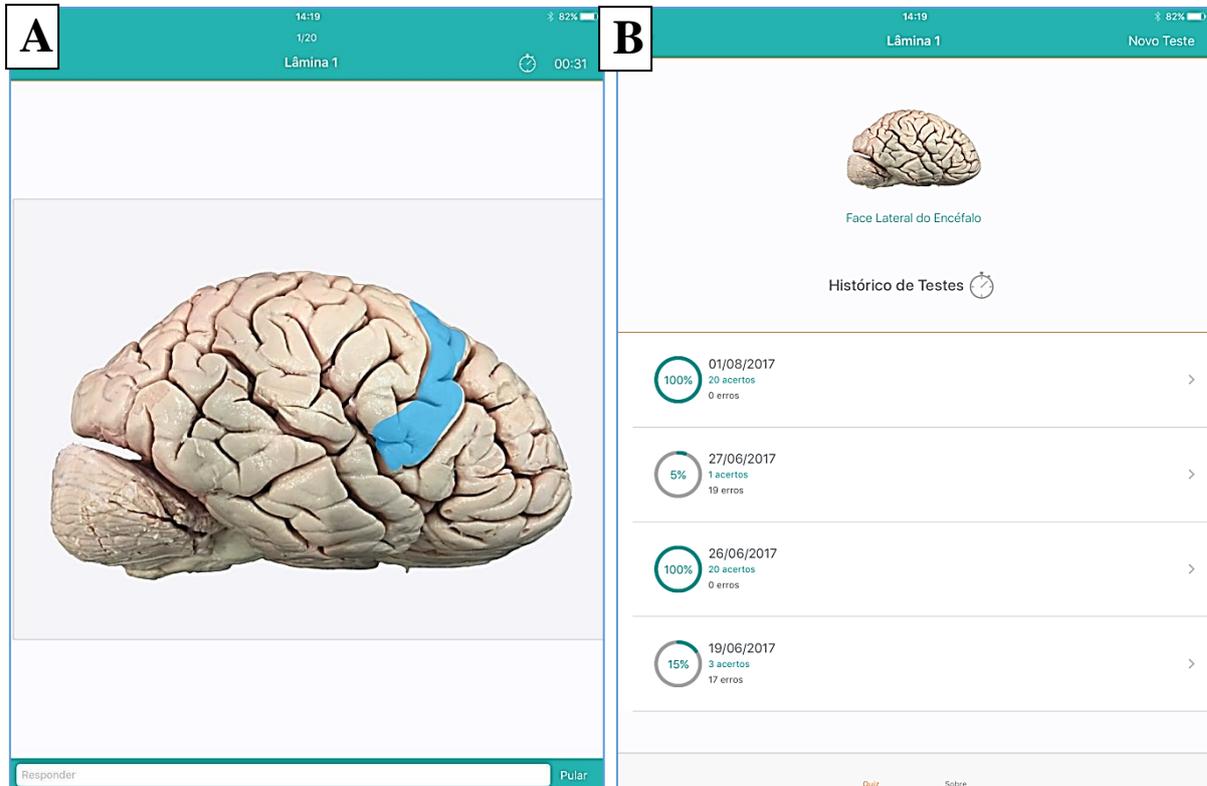
O aplicativo destaca em cores as estruturas anatômicas para a realização dos testes de identificação (ver Figura 5A). A imagem pode ser ampliada (zoom) com o uso dos dedos na tela, para melhorar sua visualização. Para cada estrutura, o estudante tem o tempo de 45 segundos para responder (mostrado no canto direito superior da tela). Ele também tem a opção de não responder (pular), caso não saiba a resposta. Em caso de erro, o Brain Anatomy mostra o nome correto da estrutura anatômica.

À medida que o estudante vai respondendo, o aplicativo vai registrando suas respostas e, ao final, mostra o total de questões corretas e incorretas. A

¹ <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>

sequência em que as estruturas são apresentadas é feita aleatoriamente. Assim, o estudante pode realizar diferentes testes na mesma lâmina sem repetir a ordem das estruturas apresentadas. Nesse sentido, o aplicativo registra a data, a hora e a pontuação que o aluno alcançou em cada teste (ver Figura 5B). Com isso, o aplicativo possibilita que ele acompanhe o seu desempenho ao longo do tempo.

Figura 5 - A) Tela para teste de identificação. B) Tela com histórico de testes do estudante



5.1 Metodologia de Avaliação do Brain Anatomy App

Esta seção descreve como se deu a realização da avaliação do aplicativo, mostrando o perfil dos estudantes que participaram dos testes, os instrumentos utilizados para coletar as opiniões dos participantes, os passos realizados para a execução do procedimento e a análise dos resultados sobre a utilização do aplicativo pelos alunos. O objetivo principal foi avaliar se o Brain Anatomy apresentava um bom nível de usabilidade e se os estudantes o consideraram útil para apoiar o aprendizado de Neuroanatomia.

5.2 Participantes

O aplicativo foi testado por trinta alunos divididos em três grupos diferentes, todos frequentando regularmente disciplinas de cursos de nível superior da área da saúde: dez alunos da disciplina de Fundamentos de Anatomia Humana do primeiro semestre dos cursos de Odontologia e Enfermagem da Universidade Federal do Ceará; dez alunos da tutoria do sétimo semestre do curso de Medicina do Centro Universitário Unichristus e, por fim, outros dez alunos do terceiro trimestre do mesmo curso de Medicina da Unichristus.

5.3 Instrumentos

Para avaliação da aplicação móvel foi desenvolvido um questionário padronizado que tinha como base outros questionários existentes. As 10 primeiras questões foram baseadas no SUS (*System Usability Scale*) (BROOKE *et al.*, 1986). Ele se caracteriza como um método de fácil aplicação para averiguação da usabilidade de sistemas, onde cada questão contém cinco opções de respostas que seguem a escala Likert de 5 pontos (de Discordo Totalmente a Concordo Totalmente). Através do SUS é possível obter informações sobre a facilidade de uso (Usabilidade) e a simplicidade para se aprender a usar a aplicação (Capacidade de Aprendizado). O SUS foi desenvolvido originalmente no idioma inglês, entretanto já foi traduzido para o português (TENÓRIO *et al.*, 2010). Seguem abaixo as 10 primeiras questões do instrumento utilizado para avaliação do Brain Anatomy:

1. Acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.
2. Achei o sistema desnecessariamente complexo.
3. Achei o sistema fácil de usar.
4. Achei que seria necessário o apoio de um técnico para poder usar este sistema.
5. Achei que as funções do sistema estavam bem integradas.
6. Achei este sistema muito inconsistente.
7. Imagino que a maioria das pessoas aprenderiam a usar esse sistema rapidamente.
8. Achei o sistema muito complicado de usar.
9. Senti-me muito confiante ao usar o sistema.

10. Precisei aprender várias coisas antes de continuar usando este sistema.

A outra parte do instrumento de avaliação era voltada para se identificar o nível de utilidade do aplicativo para a aprendizagem de Neuroanatomia percebido pelos estudantes. Eram cinco questões: quatro eram objetivas, com as opções baseadas na escala de Likert de 5 pontos; e, a última era uma questão aberta onde os alunos poderiam fazer comentários sobre o aplicativo testado. São elas:

11. O aplicativo ajudou-me a melhor compreender a neuroanatomia.
12. Com ele, terei mais facilidade em diferenciar os diversos acidentes anatômicos.
13. A minha expectativa é que continuarei a ter dificuldade em aprender neuroanatomia.
14. Entendo que o aplicativo me ajudou a desmistificar o assunto.
15. Faça seus comentários finais sobre o aplicativo.

Figura 6 – Instrumento utilizado para avaliação do Brain Anatomy

APLICATIVO BRAIN ANATOMY

DISPOSITIVO: _____ PLATAFORMA: _____ DATA ___/___/_____

Tabela 5 – Questionário de avaliação de usabilidade (SUS)

	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
1. Acho que gostaria de usar este sistema com frequência.	1	2	3	4	5
2. Achei o sistema desnecessariamente complexo.	1	2	3	4	5
3. Achei o sistema fácil de usar.	1	2	3	4	5
4. Achei que seria necessário o apoio de um técnico para poder usar este sistema.	1	2	3	4	5
5. As funções deste sistema estavam bem integradas.	1	2	3	4	5
6. Achei este sistema muito inconsistente.	1	2	3	4	5
7. Imagino que a maioria das pessoas aprenderiam a usar este sistema rapidamente.	1	2	3	4	5
8. Achei o sistema muito complicado de	1	2	3	4	5
9. Eu me senti muito confiante com o	1	2	3	4	5
10. Eu preciso aprender um monte de coisas antes de continuar usando este sistema.	1	2	3	4	5

SEGUNDA PARTE

11. O aplicativo ajudou-me a melhor compreender a neuroanatomia.
12. Com ele, terei mais facilidade em diferenciar os diversos acidentes anatômicos.
13. A minha expectativa é que continuarei a ter dificuldade em aprender neuroanatomia.
14. Entendo que o aplicativo me ajudou a desmistificar o assunto.
15. Faça seus comentários finais sobre o aplicativo

5.4 Procedimento

Os testes com o Brain Anatomy APP foram realizados no ambiente das próprias turmas, em dias letivos, respeitando seu contexto e condições de estudo. Inicialmente, cada aluno recebeu, sob empréstimo, um dispositivo móvel fornecido aleatoriamente pela equipe de pesquisa. Eram iPhones, iPads (plataformas iOS) e tablets com sistema operacional Android. Todos os dispositivos continham versões idênticas e previamente testadas do aplicativo, com atalho em sua área de trabalho. Após leitura e assinatura dos devidos Termos de Consentimento, os alunos voluntários começaram, simultânea e individualmente, a utilizar o Brain Anatomy.

O tempo para cada resposta foi limitado pelo próprio aplicativo a 45 segundos por estrutura anatômica apontada, culminando com um tempo total de teste da aplicação de aproximadamente 15 minutos ininterruptos. Ao final do teste, o aluno visualizava seu desempenho final (total de erros e acertos).

5.5 Análise dos Resultados

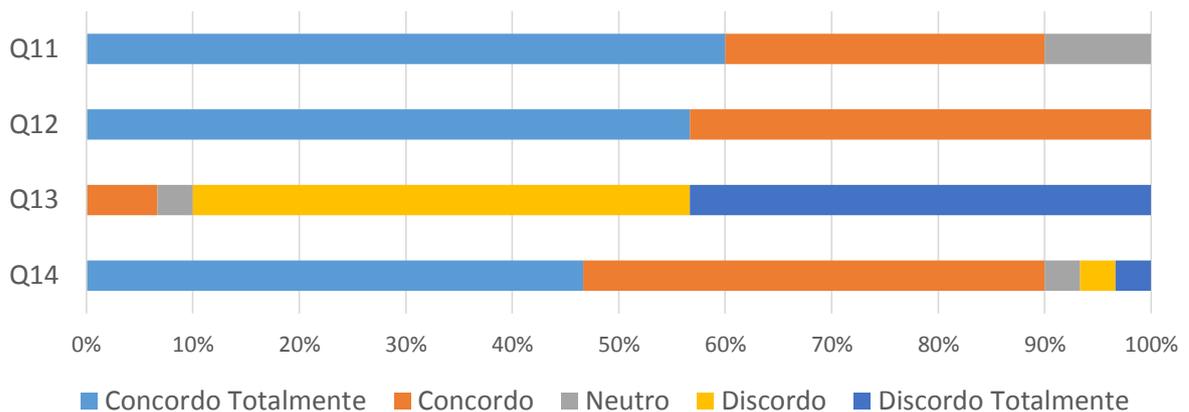
A Tabela 1 apresenta um resumo da análise sobre a parte do questionário que corresponde às questões baseadas na escala SUS. Os resultados demonstram que a aplicação recebeu uma boa avaliação de usabilidade, obtendo escore SUS médio igual a 85,3 (com desvio padrão de 9,2). Além disso, também se pode afirmar, com 95% de confiança, que o escore SUS para essa população está entre 86,3 e 94,9 (com margem de erro igual a 4,3).

Tabela 1 - Resumo da análise sobre a Usabilidade da aplicação (N = 30).

SCORE SUS	Desvio Padrão	Margem de Erro	Intervalo de Confiança
85,3	9,2	3,4	81,9 – 88,7

A avaliação das respostas às questões da segunda parte do questionário, relativas à utilidade do aplicativo percebida pelos participantes, se deu através da análise comparativa dos valores médios para cada questão e da frequência das respostas. O gráfico da Figura 7 mostra a frequência (%) das respostas dos alunos sobre a utilidade da aplicação para a aprendizagem de neuroanatomia.

Pode-se observar que os resultados demonstram que os participantes do estudo concordam que a aplicação testada é útil para formação deles na área de neuroanatomia. Destaca-se a questão 12, onde 100% dos participantes concordam que o aplicativo facilita a percepção das diferenças entre os acidentes anatômicos.

Figura 7 - Frequência das questões sobre a utilidade da aplicação percebida pelos estudantes.

Além das questões objetivas, os participantes puderam escrever sugestões para o aplicativo e indicar os pontos positivos e negativos. As respostas confirmam a boa aceitação da aplicação móvel, ressaltando-se o interesse dos estudantes em continuar utilizando-o e de novas versões com outras partes do corpo humano. A seguir, são apresentadas algumas opiniões coletadas sobre o aplicativo:

“Aplicativo é de fácil utilização e auxilia o aprendizado. O tempo fornecido é suficiente para responder as perguntas. Gostei do aplicativo e pretendo utilizar quando estiver disponível.”

“Muito bom, acho que deveria abordar outras partes do corpo e outros sistemas.”

“O aplicativo é de grande utilidade para os estudantes da área da saúde, visto que traz o conteúdo de uma maneira interativa. Além disso traz as respostas certas logo após a resposta do usuário, ajudando a fixar a resposta correta.”

“Bem acessível, fácil de ser utilizado, didático. Fala a resposta correta quando o aluno erra e comemora quando o aluno acerta. Tem também uma interface acolhedora. É bem promissor para estudar anatomia.”

“Achei o aplicativo muito bom. Entretanto, acho que seria bom aumentar um pouco o tempo de resposta.”

“Aplicativo muito criativo. Melhorar a aparência. Fazer com o restante do corpo. Parabéns.”

“Seria interessante se pudéssemos rotacionar a figura da questão.”

“Achei muito interessante e didático, facilitando o aprendizado até para alunos que não estudaram neuroanatomia ainda. Para engrandecê-lo ainda mais, acredito que seja útil disponibilizar as imagens em 3D.”

6 DISCUSSÃO

A oportunidade de evocar repetidamente os conteúdos aprendidos, através de **testes cumulativos** favorece a futura retenção do conhecimento (ROEDIGER; KARPICKE, 2006). Este fenômeno, conhecido com efeito-teste, tem sido bastante estudado (ROEDIGER; KARPICKE, 2006). Estratégias que produzem aprendizado rápido geram uma performance pobre a longo prazo (BJORK *et al.*, 1978). Já os testes cumulativos introduzem um desejável grau de dificuldade para a aprendizagem (BJORK *et al.*, 1978). Por mais contraditório que possa parecer, a “dificuldade desejada” estimula a multiplicação do número de rotas de recuperação de conhecimento prévio (BJORK *et al.*, 1978). Estratégias de aprendizagem que elevam o nível de esforço cognitivo na fase de aquisição promovem aprendizado mais duradouro a longo prazo (DOBSON, 2017).

Com foco nas metodologias ativas de ensino em saúde, o presente trabalho estudou métodos de aprendizagem de neuroanatomia baseados em testes cumulativos realizados e culminou com o desenvolvimento de uma aplicação móvel (aplicativo) de testes cumulativos de neuroanatomia para dispositivos móveis como smartphones e tablets.

Realizamos três estudos sobre métodos de aprendizagem baseados em testes cumulativos de neuroanatomia. No primeiro estudo, comparamos o efeito de testes cumulativos ao do estudo repetido em sala de aula. No segundo estudo, avaliamos a eficácia de uma estratégia de ensino com evocação dos conteúdos durante as aulas práticas de neuroanatomia. No terceiro estudo, desenvolvemos e avaliamos uma aplicação móvel com testes cumulativos de neuroanatomia para apoiar a formação de estudantes da área da saúde.

Uma peculiaridade dos estudos aqui descritos é o fato de as avaliações dos métodos terem ocorrido sob as condições reais da rotina dos estudantes envolvidos, no ambiente de sala de aula e laboratório de anatomia, durante o período letivo.

O primeiro estudo, acontecido no ano de 2017 na Universidade Federal do Ceará, iniciou com oitenta alunos matriculados na disciplina de Anatomia Humana para os cursos de Odontologia e Enfermagem. Com a falta de alguns

alunos, por motivos particulares, nas diversas etapas do experimentos (realizados durante a aula letiva), apenas 44 alunos concluíram o estudo, diminuindo consideravelmente o tamanho da amostra. A comparação do efeito de testes cumulativos com o estudo repetido em sala de aula não revelou diferença estatisticamente significativa entre as estratégias. O tamanho de efeito de Cohen dos testes repetidos sobre a variação do conhecimento obtida com cada estratégia foi de 0.31. Considerando esse tamanho de efeito, a significância estatística só seria atingida em uma amostra de 78 estudantes por grupo ($\beta=0.20$, $\alpha=0.05$, bicaudal) e 61 por grupo (unicaudal). O nosso resultado difere dos diversos estudos já realizados que mostram uma clara superioridade dos testes cumulativos em relação ao estudo repetido (ROEDIGER; KARPICKE, 2006).

Como já mencionado, o estudo foi realizado em condições reais de sala de aula, diferente do ambiente controlado dos estudos citados, que ocorrem em laboratórios de psicologia, com o estudante individualmente engajado no experimento. Os alunos tiveram trinta minutos para estudar ou fazer os testes (dependendo do grupo a que pertenciam). Não controlamos a parcela de tempo desse período em que os estudantes de fato se engajaram na tarefa proposta. De qualquer forma, os testes cumulativos não demonstraram inferioridade em relação ao estudo repetido, o que nos animou a continuar investigando a estratégia.

Uma outra limitação do estudo 1 foi a artificialidade de se estudar individualmente ou fazer testes individuais no ambiente coletivo da sala de aula. O ideal seria adaptar os testes cumulativos à realização em grupo. A aplicabilidade do método carecia de mais experimentação, em contextos, como no caso, bem próximos da realidade e com maior amostragem.

O segundo estudo, realizado no Centro Universitário Christus, num universo maior de alunos (xx estudantes), por um período mais extenso de tempo, veio, contudo, confirmar a superioridade da aprendizagem por evocação. Avaliamos uma prática de aprendizagem baseada em evocação nas aulas de neuroanatomia que vem sendo aplicada na instituição desde 2014. Durante a aula prática, ao invés de expor passivamente os estudantes às estruturas a serem memorizadas, o professor solicita aos alunos para coletivamente identificá-las, escrever o nome das estruturas, corrigir as respostas em duplas e, finalmente, identifica-las ativamente nas peças anatômicas.

Aulas práticas de anatomia tradicionalmente se dão com a exposição passiva dos alunos às peças anatômicas, com o docente apontando e nomeando as estruturas anatômicas. Percebemos, por outro lado, que a aprendizagem através de testes repetidos e com oportunidades de evocação, difere do habitual ensino de neuroanatomia pois engaja ativamente os alunos através da aprendizagem ativa. Os alunos são estimulados a recuperarem o conhecimento anatômico, sob forma oral e escrita, bem como identificarem as estruturas em peças anatômicas.

Nossos resultados sugerem que a aprendizagem baseada em evocação tem um efeito maior na retenção de longo prazo. Aprendizagem baseada em evocação aprimorou o desempenho dos alunos em testes realizados 4 semanas após a intervenção de aprendizagem. O método tradicional levou o aprendizado a graus mais elevados em testes administrados ao final da primeira semana. Já havia sido anteriormente demonstrado que estudos repetidos produzem benefícios a curto prazo, enquanto que testes repetidos produzem maiores benefícios a longo prazo (ROEDIGER; KARPICKE, 2006; KARPICKE; BAUERNSCHMIDT, 2011). Estudos sobre o efeito dos testes não revelaram diferenças na retenção do conhecimento quando comparados com estudos sob condições de teste imediatos, mas uma vantagem para os testes sob condições de longo prazo (CARPENTER; DELOSH, 2005).

Os testes de avaliação têm sido meramente considerados como uma maneira para avaliar a aprendizagem do aluno. Há, no entanto, evidências convincentes nas ciências cognitivas que esses mesmos testes também produzem efeitos diretos na aprendizagem (KARPICKE, 2012). Embora uma certa flexibilidade seja necessária para traduzir tais estratégias para configurações específicas de aprendizagem, os resultados replicados em ambientes reais, com materiais educacionais reais, fornecem forte apoio aos estudos realizados em laboratórios de aprendizado.

Embora o estudo com cadáveres humanos ainda seja o padrão-ouro para aprendizado de anatomia humana para estudantes de cursos da área da saúde, existem comemorativos de ordem financeira, ética e operacional que o impactam. O surgimento de aplicativos com realidade virtual ou realidade aumentada permite o aprendizado quando em associação com vivências laboratoriais (MORO *et al.*, 2017).

A progressiva implementação dos métodos de aprendizado baseados em computação (Computer-based learning methods) vieram a coincidir com mudanças curriculares e foram cruciais na continuidade das reformas da educação médica, fornecendo novos desafios e oportunidades aos docentes das ciências anatômicas (TRELEASE, 2016).

Ferramentas *e-learning* vêm provendo novas oportunidades aos estudantes de ciências anatômicas em todo o mundo (VAN NULAND *et al.*, 2017). Torna-se cada vez mais aparente que este sucesso se deve não apenas à satisfação e expectativas de seus usuários mas principalmente na sua construção multidimensional e nas perspectivas de integração entre os aplicativos e a realidade.

Já existem evidências suficientes que mostram que o aprendizado assistido pela computação (Computer-assisted learning – CAL) tem lugar assegurado como opção aos métodos tradicionais de ensino anatômico. Os desafios atuais consistem em determinar como usá-lo e como integrá-lo aos currículos atuais. Estudos anteriores como o publicado na *Anatomical Science Education* em 2013 por Mayfield *et al* provam que o uso de i-Pads (e conseqüentemente outros similares – N.A.) traz engajamento dos estudantes, além de atingirem os objetivos de ensino e ainda melhoraram a efetividade e eficiência da educação em dissecação anatômica.

Coincidindo com essa farta literatura, nosso estudo sobre o uso de aplicativos para o aprendizado de acidentes anatômicos em fotografias digitalizadas de encéfalos humanos reais provou a usabilidade do método bem como a satisfação dos usuários-estudantes em fazê-lo. Nossos resultados demonstram que os estudantes concordam que a aplicação testada é útil para sua formação acadêmica na área de Neuroanatomia, o que nos estimula a implementar o método em nossa vivência e a sugeri-lo aos que fazem as instituições de ensino em ciências morfológicas.

7 CONCLUSÃO

Nossos resultados confirmam evidências anteriores mostrando que a prática de estudos baseados em evocação aumenta a memória de aprendizagem a longo prazo. Além disso, mostra que é possível adaptar métodos laboratoriais desenvolvidos para salas de aula. Estratégias que levam os alunos a recuperar a aprendizagem são mais eficazes do que a exposição passiva ao material de sala de aula. Evocação de aprendizagem nas aulas de anatomia é fácil de aplicar e de baixo custo e pode ser implementado em praticamente qualquer cenário educacional. Esperamos que nosso relato de caso inspire educadores para transformar métodos de pesquisa de aprendizagem em prática real de sala de aula.

REFERÊNCIAS

- BJORK, R.A.; GEISELMAN, R.E. Constituent Processes in the Differentiation of Items in Memory. **Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory**, v.4, n.4, p.347-361, 1978.
- BRIZ-PONCE, L. *et al.*, Effects of Mobile Learning in medical Education: A Counterfactual Evaluation. **J. Med Syst.**, v.40, n.6, p.136, 2016.
- BROOKE, J. SUS: a 'quick and dirty' usability scale. In: JORDAN, P.W.; THOMAS, B.; WEERDMEESTER, B.A.; McCLELLAND, J.L. **Usability Evaluation in Industry**. Reino Unido: Redhatch Consulting, 1986, Cap. 21.
- CARPENTER, S.K. Testing Enhances the Transfer of Learning. **Current Directions in Psychological Science**. v.21, n.5, p.279-83, 2012.
- CARPENTER, S.K.; DELOSH, E.L. Application of the testing and spacing effects to name learning. **Applied cognitive psychology**, v.19, n.5, p.619-36, 2005.
- CARRIER, M; PASHLER, H. The influence of retrieval on retention. **Memory & Cognition**, v.20, n.6, p.633-42, 1992.
- CHAN, J.C.K.; McDERMOTT, K.B.; ROEDIGER, H.L. Retrieval-Induced Facilitation: Initially Nontested Material Can Benefit from Prior Testing of Related Material. **Journal of Experimental Psychology: General**, v.135, n.4, p.553-71, 2006.
- DAVIES, B.S.; RAFIQUE, J.; VICENT, T.R. *et al.*, Mobile Medical Education (MoMed) - how mobile information resources contribute to learning for undergraduate clinical students - a mixed methods study. **BMC Medical Education**, v.12, n.1, 2012
- DOBSON, A.J.; CHASTON, J.M.; DOUGLAS, A.E. The Drosophila transcriptional network is structured by microbiota. [BMC Genomics](#), v.17, n.1, p.975, 2016.
- DOBSON, D.; DOBSON, K.S. **Evidence-Based Practice of Cognitive-Behavioral Therapy**, 2.ed. New York, London: The Guilford Press, 2016.
- DOBSON, K.S.; PUSCH, D. Anxiety among adults with a history of childhood adversity: Psychological resilience moderates the indirect effect of emotion dysregulation. **PlumX Metrics**, v.217, p.144-152, 2017.
- FRITZ, C.O.; MORRIS, P.E.; RICHLER, J.J. Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. **Journal of Experimental Psychology. General**, v.141, n.1, p.2-18, 2012.
- FULLER, R.; JOYNES, V. Should mobile learning be compulsory for preparing students for learning in the workplace. **British Journal of Educational Technology**, v.46, n.1, p.153-158, 2015.

HO, A.M.H.; CRITCHLEY, L.A.H.; LEUNG, J.Y.C.; KAN, P.K.Y.; AU, S.S.; NG, S.K.; CHAN, S.K.C. Introducing Final-Year Medical Students to Pocket-Sized Ultrasound Imaging: Teaching transthoracic Echocardiography on a 2-Week Anesthesia Rotation. **Teaching and Learning in Medicine**, v.27, n.3, p.307-13, 2015.

JEFFREY, L.M.; MILNE, J.; SUDDABY, G.; HIGGINS, A. Blended learning: How teachers balance the blend of online and classroom components. **Journal of Information Technology Education: Research**, v. 13, p. 121, 2014.

JUN JIN, B.A.; BRIDGES, S.M. Educational Technologies in Problem-Based Learning in Health Sciences Education: A Systematic Review. **J. Med Internet Res**, v.16, n.12, p.e251, 2014.

KARPICKE, J.D. Retrieval-Based Learning: Active Retrieval Promotes Meaningful Learning. **Current Directions in Psychological Science**, v.21, n.3, p.157-63, 2014.

KARPICKE, J.D.; BAUERNSCHMIDT, A. Spaced Retrieval: absolute spacing enhances learning regardless of relative spacing. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition**, v.37, v.5, p.1250-57, 2011.

KARPICKE, J.D.; BLUNT, J.R.; SMITH, M.A.; KARPICKE, S.S. Retrieval-Based Learning: The Need for Guided Retrieval in Elementary School Children. **Journal of Applied Research in Memory and Cognition**, v.3, n.3, p.198-206, 2012.

KARPICKE, J.D.; LEHMAN, M.; AUE, W.R. **Retrieval-Based Learning**. In: _____. An Episodic Context Account. *Psychology of Learning and Motivation – Advances in Research and Theory*. v.61, 2014, Cap. 7.

KENNEDY, S. Using case studies as a semester-long tool to teach Neuroanatomy and Structure-Function Relationships to Undergraduates. **Journal of Undergraduate Neuroscience Education**, v.12, n.1, p.A18-22, 2013. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3852866&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.

MARÇAL, E.; ANDRADE, R.; RIOS, R. Aprendizagem utilizando dispositivos móveis com sistemas de realidade virtual. **Novas Tecnologias na Educação CINTED-UFRGS**, v.3, n.1, p.1-11, Mai, 2005.

MORO, C.; STROMBERGA, Z.; RAIKOS, A.; STIRLING, A. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. **Anat. Sci, Educ.**, v.10, n.6, p.549-559, 2017.

ROEDIGER, H.L.; KARPICKE, J.D. Test-Enhanced Learning: Taking Memory Tests Improves Long-Term Retention. **Psychological Science**, v.17, n.3, p.249-55, 2006.

SAYYAH, M.; SHIRBANDI, K.; SAKI-MALEHI, A.; RAHIM, F. Use of a problem-based learning teaching model for undergraduate medical and nursing education: a systematic review and meta-analysis. **Adv Med Educ Pract**, v.3, n.8, p.691-700, Oct. 2017.

TENÓRIO, J.M.; COHRS, F.M.; SDEPANIAN, V.L. *et al.* Desenvolvimento e Avaliação de um Protocolo Eletrônico para atendimento e monitoramento do paciente com doença celíaca. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v.17, n.2, p.210-220, 2010.

TRELEASE, R.B. From chalkboard, slides, and paper to e-learning: How computing technologies have transformed anatomical sciences education. **Anatomical Sciences Education** v.9, n.6, p.583-602, Nov./Dec., 2016.

VAN NULAND *et al.*, The Skeletons in Our Closet: E-Learning Tools and What Happens When one side does not fit all. **Anat Sci Educ.**, v.10, n.6, p.570-588, Jun, 2017.

WHEELER, M.A.; ROEDIGER III, H.L. Research Report. **Psychological Science**, v.3, n.4, p.240-45, 1992.

YONG, P.Z.; LIM, S.W.H. Observing the testing effect using courser video-recorded lectures: a preliminary study. **Frontiers in Psychology**, v.6, p.1-5, Jan., 2016.

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, Professor Randal Pompeu Ponte, docente da Faculdade de Medicina Universidade Federal do Ceará, estou desenvolvendo uma pesquisa sobre Metodologias de Ensino em Saúde para fins não relacionados ao conteúdo ministrado. Desse modo, venho solicitar sua colaboração para participar de uma pesquisa preenchendo a denominação das estruturas anatômicas nas figuras anexas.

Esclareço que:

- As informações coletadas no teste somente serão utilizadas para os objetivos da pesquisa.
- Que o Senhor(a) tem liberdade de desistir a qualquer momento de participar da pesquisa, caso sinta constrangimento ou desconforto durante a pesquisa.
- Também esclareço que as informações ficarão em sigilo e que seu anonimato será preservado.
- Em nenhum momento o Senhor(a) terá prejuízo pessoal ou financeiro.
- A pesquisa seguirá os aspectos éticos estabelecidos na Resolução 466/2012 do CNS (Conselho Nacional de Saúde), que define as regras da pesquisa em seres humanos (critérios bioéticos), que são: a beneficência/não maleficência (fazer o bem e evitar o mal), a autonomia (as pessoas devem ter liberdade para tomar suas próprias decisões) e a justiça, que busca (reconhecer que todos são iguais, mas têm necessidades diferentes).

Em caso de esclarecimentos, entrar em contato com:

Pesquisador: Dr. Randal Pompeu (professor). Endereço: Departamento de Morfologia da UFC, Fortaleza – CE.

Caso necessite falar ou dirimir dúvidas sobre qualquer assunto relacionado a seus direitos nesta pesquisa, você deve procurar o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Christus – Unichristus, à Rua João Adolfo Gurgel, 1333, Bairro Cocó. Fortaleza – CE. Telefone: (85) 3265-8100, de segunda a sexta-feira, no horário de 8h às 12h e de 13h às 17h. Este Comitê é formado por um grupo de pessoas que trabalham para garantir que os direitos dos participantes de pesquisas sejam respeitados.

Gostaria de esclarecer que sua participação é muito importante. Esclarecemos ainda que não existem riscos físicos para os participantes. Caso fique constrangido(a) ou se sinta desconfortável em relação a algo que lhe for perguntado, você poderá se recusar a responder, sem nenhum problema.

Dados do respondente/entrevistado(a):

Nome: _____

Telefone para o contato: _____

Consentimento pós-esclarecimento:

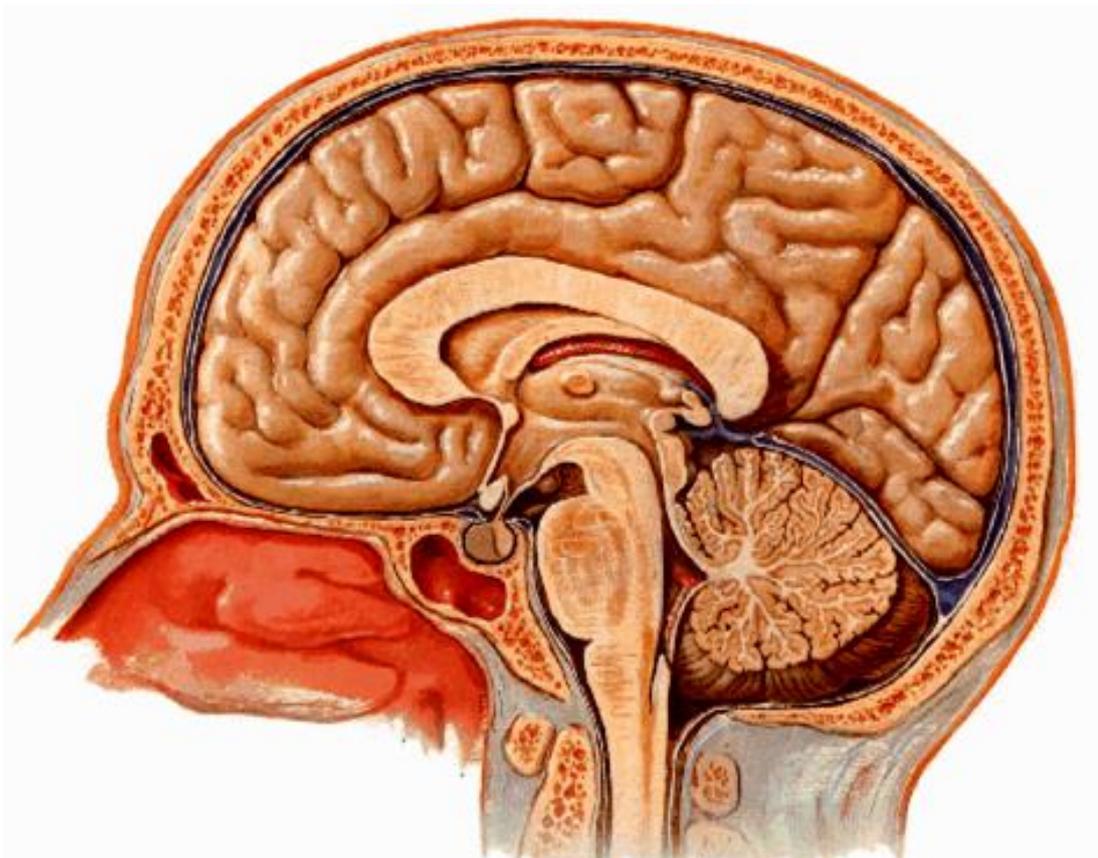
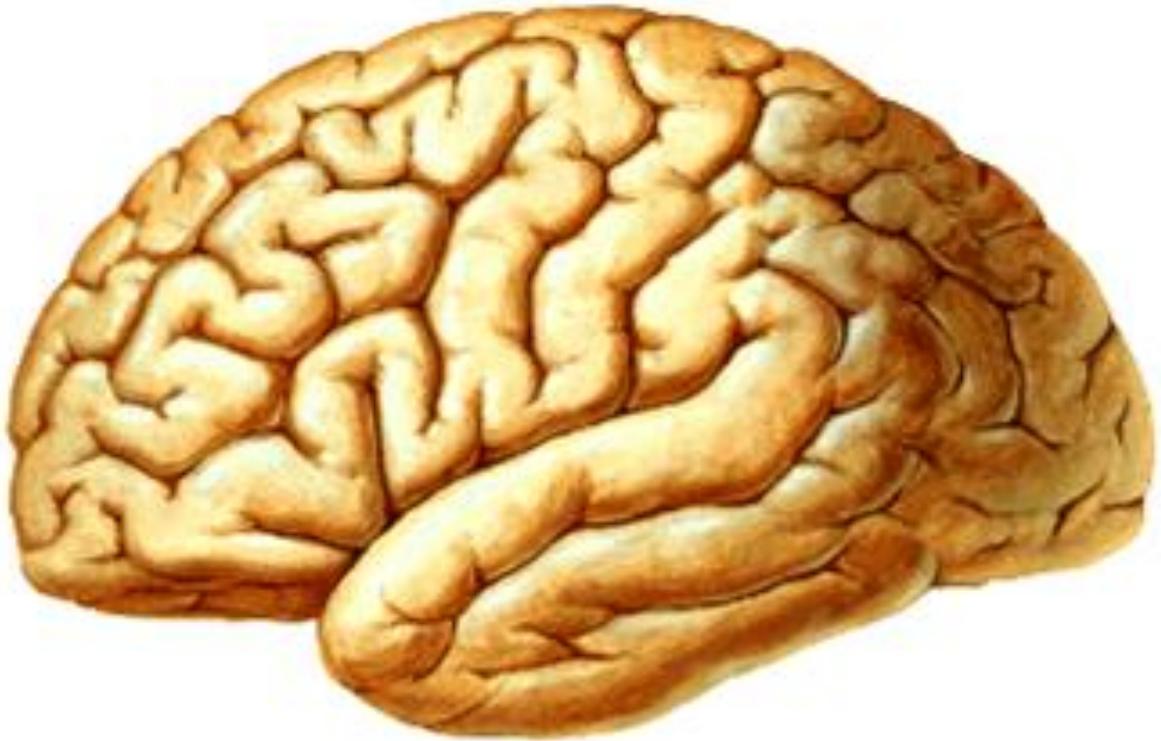
Declaro que, após convenientemente esclarecido(a) pelo pesquisador e ter entendido o que foi me explicado, concordo em participar da pesquisa.

Fortaleza, ____ de _____ de ____

Assinatura do respondente/entrevistado(a)

Assinatura do pesquisador

**ANEXO B – CÓPIAS DE FIGURAS DO ATLAS-TEXTO NETTER DE FACES
LATERAL E MEDIAL DO ENCÉFALO HUMANO**



ANEXO C – QUESTIONÁRIO SYSTEM USABILITY SCALE COM QUESTÕES ADICIONAIS

APLICATIVO BRAIN ANATOMY

DISPOSITIVO: _____ PLATAFORMA: _____ DATA ___/___/_____

Tabela 5 – Questionário de avaliação de usabilidade (SUS)

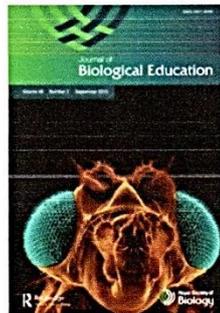
	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
1. Acho que gostaria de usar este sistema com frequência.	1	2	3	4	5
2. Achei o sistema desnecessariamente complexo.	1	2	3	4	5
3. Achei o sistema fácil de usar.	1	2	3	4	5
4. Achei que seria necessário o apoio de um técnico para poder usar este sistema.	1	2	3	4	5
5. As funções deste sistema estavam bem integradas.	1	2	3	4	5
6. Achei este sistema muito inconsistente.	1	2	3	4	5
7. Imagino que a maioria das pessoas aprenderiam a usar este sistema rapidamente.	1	2	3	4	5
8. Achei o sistema muito complicado de	1	2	3	4	5
9. Eu me senti muito confiante com o	1	2	3	4	5
10. Eu preciso aprender um monte de coisas antes de continuar usando este sistema.	1	2	3	4	5

SEGUNDA PARTE

11. O aplicativo ajudou-me a melhor compreender a neuroanatomia.
12. Com ele, terei mais facilidade em diferenciar os diversos acidentes anatômicos.
13. A minha expectativa é que continuarei a ter dificuldade em aprender neuroanatomia.
14. Entendo que o aplicativo me ajudou a desmistificar o assunto.
15. Faça seus comentários finais sobre o aplicativo

**ANEXO D – ARTIGO ENCAMINHADO PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA
JOURNAL OF BIOLOGICAL EDUCATION**

Journal of Biological Education



RETRIEVAL-BASED LEARNING IN NEUROANATOMY CLASSES

Journal:	<i>Journal of Biological Education</i>
Manuscript ID:	Draft
Manuscript Type:	Research
Keywords:	Retrieval-based learning, Anatomy, Neuroanatomy, Active learning, Pedagogical approach

SCHOLARONE™
Manuscripts

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rjbe>

RETRIEVAL-BASED LEARNING IN NEUROANATOMY CLASSES**ABSTRACT**

A solid body of research demonstrates that retrieval practice is a way to promote learning that is robust, durable, and transferable to new contexts. A general challenge is to develop ways to implement retrieval-based learning in educational settings. We developed a pedagogical approach that implements retrieval-based learning in practical neuroanatomy classes, which differs from usual neuroanatomy teaching in that it actively engages students through active learning. It requires students to retrieve anatomical knowledge in oral and written form, as well as to identify structures in cadaveric material. Practical anatomy classes have traditionally relied on students' passive exposure to cadaveric material, with the lecturer pointing to and naming anatomical structures. Since August 2014, we have been applying retrieval practice in neuroanatomy classes, which improved students' performance four weeks after the intervention. Retrieval-based learning is easy to apply and cost-effective. It can be implemented in nearly any educational setting. We hope that our report may inspire educators to adopt retrieval practice approaches and to seek ways to apply methods from learning research in actual classrooms.

INTRODUCTION

Traditionally, learning has been regarded as the encoding of new knowledge, whereas retrieval has been considered a means for assessing learning. A solid body of research demonstrates that retrieval promotes effective long-term learning. This phenomenon has been called testing effect (Carrier and Pashler 1992; Ho et al. 2015; Wheeler, Mark A.; Roediger III 1992; Chan, McDermott, and Roediger 2006), or retrieval-based learning (Jeffrey D. Karpicke et al. 2012).

Every time we retrieve knowledge, we enhance our ability to reconstruct it in the future (Yong and Lim 2016). When retrieval is successful, knowledge representation is updated to include features of the current context. Future retrieval is enhanced because updated context representations can be used to restrict the search set and hone in on a desired target (Jeffrey D. Karpicke, Lehman, and Aue 2014).

Retrieval practice is a way to promote learning that is robust, durable, and transferable to new contexts (S. K. Carpenter 2012; J. D. Karpicke 2012). It involves having learners set aside the material they are learning and practice actively reconstructing it on their own (Jeffrey D. Karpicke, Lehman, and Aue 2014). A general challenge is to develop ways to implement retrieval-based learning in educational settings.

1 Anatomy is the branch of biology that deals with the study of the structure of organisms and their parts. The
2 complex organization of brain systems poses extra difficulty for educators, who testify students' struggle to master the
3 anatomy of the nervous system (Kennedy 2013). We developed a pedagogical approach that implements retrieval-
4 based learning in practical neuroanatomy classes. It requires students to retrieve anatomical knowledge in oral and
5 written form, as well as to identify structures in cadaveric material. Here we describe our retrieval practice in
6 neuroanatomy classes and report the improvement in medical students' retention of neuroanatomy knowledge after
7 we implemented the new teaching method.
8
9
10
11
12

13 **METHODS**

14 **Procedure**

15
16
17 At our institution, neuroanatomy classes occur during the second semester of Medical School. Students have
18 a theoretical neuroanatomy class, followed by practice in the anatomy lab, two weeks later.
19
20
21
22
23

24 ***Traditional method***

25
26
27 Until the first semester of 2014, the lecturer used cadaveric material in the anatomy lab to show students the
28 anatomical structures, repeating if necessary. For comparison with the new method, we call this approach *traditional*
29 *method*.
30
31
32

33 ***Retrieval-based learning***

34
35
36 Since August 2014, we have been applying retrieval practice in neuroanatomy classes. At the beginning of the
37 practical lesson, students are given printed copies of the neuroanatomy illustrations they were shown in the theoretical
38 class. The docent projects these illustrations and presents the anatomical structures to the students. The lecturer then
39 applies the retrieval-based approach, which consists of the following sequential steps:
40
41
42
43
44
45

- 46 1. The lecturer points to the projected structures, requesting students to collectively identify them. Students
47 answer aloud. Eventual errors are corrected.
- 48 2. Students write down the names of anatomical structures on the printed copies of the neuroanatomy
49 illustrations they received at the beginning of the class, and compare their answers in pairs.
- 50 3. Each student identifies the anatomical structures in the cadaveric material.
51
52
53
54
55

56 **Measures**

57
58
59
60

1 Students take two neuroanatomy tests, at one and four weeks after the practical anatomy class. Each test
2 consists of 12 questions randomly selected from the list of anatomy structures taught. The first test comprises
3 structures of the telencephalon and diencephalon; the second test, structures of the telencephalon, diencephalon,
4 brainstem, cerebellum, and medulla.
5
6

7 Participants

8
9
10 To verify whether retrieval practice enhances learning of neuroanatomy content, we compared the
11 performance of 424 students exposed to the *traditional method* (theoretical class + passive work with cadaveric
12 material), from 2011 to the first semester of 2014, with the performance of 296 students who had the opportunity to
13 learn using the *retrieval-based learning* approach (theoretical class + retrieval practice), from the second semester of
14 2014 to 2016.
15
16
17
18
19

20 Statistical Analyses

21
22 Students' test performance was not normally distributed. Therefore, we used non-parametric statistics (Mann-
23 Whitney two-sample rank-sum test) to test for performance differences between the passive learning and the retrieval-
24 based learning group. All analyses were conducted using the software SPSS 20.0 (Statistical Package for Social
25 Sciences, <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>). The first and the second test were the same through
26 years, but the second test comprised structures of more brain structures than the first test. Therefore, test 1 and test 2
27 could not be directly compared.
28
29
30
31
32
33
34
35
36

37 RESULTS

38
39
40 A total of 720 students were included in the study; 300 were male and 420 were female. Groups did not differ
41 in gender composition (chi-square=0.317, p=0.573). Students from the traditional method group were slightly older
42 (median=20 years, 25-75%= 19-22) than students from the retrieval-based learning group (mean: 20 years, 25-75%=
43 19-21, Mann-Whitney U test, p=0.005). Students' performance in the previous semester, taken as a general measure
44 of academic performance, was higher in the retrieval-based learning group (median=78.50%, 25-75%=75.40-81.25%
45 vs. 76.00, 25-75%=72.50-79.25%, Mann-Whitney U test, p<0.0001). The effect size (r) calculated for the Mann-
46 Whitney U-test ($r = \frac{z}{\sqrt{N}}$) was 0.22, which, according to Cohen's guidelines for r , is considered a small effect size (Fritz,
47 Morris, and Richler 2012).
48
49
50
51
52
53
54

55
56 Students' performance (%) on test 1 and 2 is plotted in **figure 1**. Performance on test 1 (one week after the
57 practical lesson) was higher in the traditional method group than in the retrieval-based learning group (Mann-Whitney
58 U test, p<0.0001, effect size=0.60). Test 2 (four weeks after the lesson) showed the opposite pattern: the performance
59
60

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rjbe>

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

of students who learned using a retrieval-based approach was higher than that of students passively exposed to the learning material (Mann-Whitney U test, $p < 0.0001$, effect size = 0.75), suggesting a positive impact of the retrieval-based approach on long-term retention. Although academic performance of students from retrieval-based group was slightly superior than that of students from the traditional method, previous academic performance (effect size of 0.22) does not account for the differential performance on test 2 (effect size of 0.75).

DISCUSSION

Practical anatomy classes have traditionally relied on students' passive exposure to cadaveric material, with the lecturer pointing to and naming anatomical structures. Retrieval-based learning in neuroanatomy classes differs from usual neuroanatomy teaching in that it actively engages students through active learning. Students are requested to retrieve anatomical knowledge in oral and written form, as well as to identify structures in cadaveric material.

Our results suggest that retrieval-based learning has a greater effect on long-term retention. Retrieval-based learning enhanced students' performance on a test 4-weeks after the learning intervention. The traditional method, however, yielded higher grades on a test administered a week later. It has been previously shown that repeated studying produces short-term benefits, whereas repeated testing produces greater benefits on delayed test (Roediger and Karpicke 2006; Jeffrey D. Karpicke and Bauernschmidt 2011). Studies on the testing effect revealed no difference in retention for tested versus studied items under conditions of immediate testing, but an advantage for tested items under conditions of delayed testing (Shana K. Carpenter and DeLosh 2005).

Retrieval has long been regarded as a means for assessing learning. There is now compelling evidence from cognitive sciences that retrieval also produces direct effects on learning (J. D. Karpicke 2012). Although flexibility is required to translate such strategies to specific learning settings, results replicated in real-life settings, with actual educational materials, provide strong support to studies conducted in learning labs.

Educational Implications

Our results confirm previous evidence showing that retrieval practice enhances learning and long-term memory. Moreover, it shows that it is possible to adapt laboratory-developed methods to classrooms. Strategies that lead students to retrieve learning are more effective than passive exposure to classroom material. Retrieval-based learning in anatomy classes is easy to apply and cost-effective. It can be implemented in nearly any educational setting. We hope that our case report may inspire educators to translate methods from learning research into actual classroom practice.

Figure caption

Figure 1. Performance of the Traditional Method group (A) and the Retrieval-based Learning group (B) on test 1 and test 2. The box plot shows the median (central horizontal line), the middle 50% of the test scores (box), the highest and lowest scores (top and bottom vertical lines).

REFERENCES

- Carpenter, S. K. 2012. "Testing Enhances the Transfer of Learning." *Current Directions in Psychological Science* 21 (5): 279–83. doi:10.1177/0963721412452728.
- Carpenter, Shana K., and Edward L. DeLosh. 2005. "Application of the Testing and Spacing Effects to Name Learning." *Applied Cognitive Psychology* 19 (5): 619–36. doi:10.1002/acp.1101.
- Carrier, M., and H Pashler. 1992. "The Influence of Retrieval on Retention." *Memory & Cognition* 20 (6): 633–42. doi:10.3758/BF03202713.
- Chan, Jason C K, Kathleen B McDermott, and Henry L Roediger. 2006. "Retrieval-Induced Facilitation: Initially Nontested Material Can Benefit from Prior Testing of Related Material." *Journal of Experimental Psychology: General* 135 (4): 553–71. doi:10.1037/0096-3445.135.4.553.
- Fritz, Catherine O, Peter E Morris, and Jennifer J Richler. 2012. "Effect Size Estimates: Current Use, Calculations, and Interpretation." *Journal of Experimental Psychology: General* 141 (1): 2–18. doi:10.1037/a0024338.
- Ho, Anthony M-H, Lester A H Critchley, Joseph Y C Leung, Patricia K Y Kan, Sylvia S Au, Siu K Ng, Simon K C Chan, et al. 2015. "Introducing Final-Year Medical Students to Pocket-Sized Ultrasound Imaging: Teaching Transthoracic Echocardiography on a 2-Week Anesthesia Rotation." *Teaching and Learning in Medicine* 27 (3): 307–13. doi:10.1080/10401334.2015.1044657.
- Karpicke, J. D. 2012. "Retrieval-Based Learning: Active Retrieval Promotes Meaningful Learning." *Current Directions in Psychological Science* 21 (3): 157–63. doi:10.1177/0963721412443552.
- Karpicke, Jeffrey D., and Althea Bauernschmidt. 2011. "Spaced Retrieval: Absolute Spacing Enhances Learning regardless of Relative Spacing." *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 37 (5): 1250–57. doi:10.1037/a0023436.
- Karpicke, Jeffrey D., Janell R. Blunt, Megan A. Smith, and Stephanie S. Karpicke. 2012. "Retrieval-Based Learning: The Need for Guided Retrieval in Elementary School Children." *Journal of Applied Research in Memory and Cognition* 3 (3). The Society for Applied Research in Memory and Cognition: 198–206.

doi:10.1016/j.jarmac.2014.07.008.

1
2 Karpicke, Jeffrey D., Melissa Lehman, and William R. Aue. 2014. *Retrieval-Based Learning. An Episodic Context*
3 *Account. Psychology of Learning and Motivation - Advances in Research and Theory*. Vol. 61.

4
5 doi:10.1016/B978-0-12-800283-4.00007-1.

6
7
8
9 Kennedy, Susan. 2013. "Using Case Studies as a Semester-Long Tool to Teach Neuroanatomy and Structure-
10 Function Relationships to Undergraduates." *Journal of Undergraduate Neuroscience Education : JUNE : A*
11 *Publication of FUN, Faculty for Undergraduate Neuroscience* 12 (1): A18-22.

12
13 <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3852866&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.

14
15
16 Roediger, Henry L, and Jeffrey D Karpicke. 2006. "Test-Enhanced Learning: Taking Memory Tests Improves Long-
17 Term Retention." *Psychological Science* 17 (3): 249–55. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x.

18
19
20 Wheeler, Mark A.; Roediger III, Henry L. 1992. "Research Report." *Psychological Science* 3 (4): 240–45.

21
22 doi:<http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01910.x>.

23
24 Yong, Paul Zhihao, and Stephen Wee Hun Lim. 2016. "Observing the Testing Effect Using Coursera Video-Recorded
25 Lectures: A Preliminary Study." *Frontiers in Psychology* 6 (JAN): 1–5. doi:10.3389/fpsyg.2015.02064.

26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

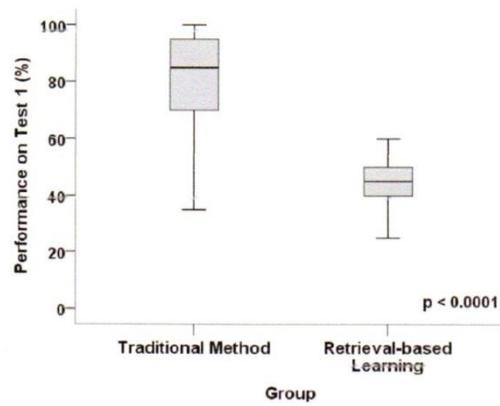


Figure 1. Performance of the Traditional Method group (A) and the Retrieval-based Learning group (B) on test 1 and test 2. The box plot shows the median (central horizontal line), the middle 50% of the test scores (box), the highest and lowest scores (top and bottom vertical lines).

215x279mm (200 x 200 DPI)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

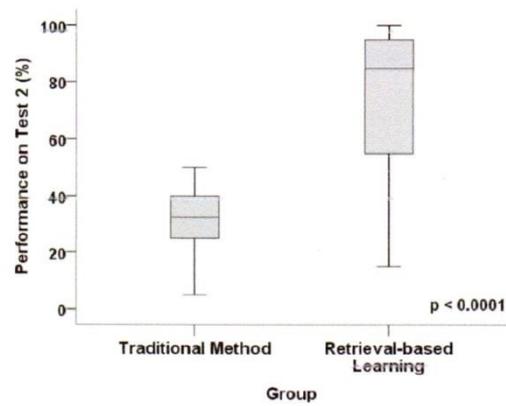


Figure 1. Performance of the Traditional Method group (A) and the Retrieval-based Learning group (B) on test 1 and test 2. The box plot shows the median (central horizontal line), the middle 50% of the test scores (box), the highest and lowest scores (top and bottom vertical lines).

215x279mm (200 x 200 DPI)