



Ordenação temporal e atenção auditiva e sua relação com concentrações de hemoglobina de adolescentes

Temporal ordering and auditory attention related with hemoglobin concentrations in adolescents

Ordenación temporal y atención auditiva y su relación con las concentraciones de hemoglobina en adolescentes

*Elisângela Barros Soares-Mendonça**

*Lilian Ferreira Muniz**

*Mariana de Carvalho Leal***

*Ilma Kruze Grande de Arruda**

*Alcides da Silva Diniz**

Resumo

Introdução: Introdução: A anemia poderá provocar alteração nas habilidades de ordenação temporal, assim como na atenção auditiva, fatores importantes no processo de aprendizado e aquisição da linguagem. **Objetivo:** Avaliar a associação entre as concentrações de hemoglobina, a ordenação temporal e a atenção auditiva em adolescentes. **Método:** Estudos de casos, envolvendo 17 adolescentes com concentrações inadequadas de hemoglobina comparado com grupo controle com 17 escolares com concentrações adequadas de hemoglobina, de 13 a 18 anos e 11 meses de idade, de ambos os sexos, de escolas públicas. Foram analisadas as habilidades auditivas com uso de teste padrão de frequência e P300 de concentrações de hemoglobina, estado nutricional e características socioeconômico-demográficas. **Resultados:** As concentrações inadequadas de hemoglobina não mostraram associação com as habilidades auditivas, quando ajustadas para estado nutricional e características socioeconômico-demográficas. As concentrações

*Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Recife-PE - Brasil.

**Universidade de São Paulo (USP) - São Paulo-SP - Brasil

Conflito de interesses: Não

Contribuição dos autores: EBSM (pesquisador principal) Concepção e desenho do estudo, aquisição de dados e análise, elaboração do artigo, submissão do artigo. LFM (co-orientador) e IKGA aquisição de dados e análise, crítica revisão do artigo, aprovação da versão final do artigo. MCL análise de dados, crítica revisão do artigo, aprovação da versão final do artigo. ASD (supervisor) Concepção e desenho do estudo, análise de dados, crítica revisão do artigo, aprovação da versão final do artigo.

Contato para correspondência: Elisângela Barros Soares-Mendonça. E-mail: ellissoares@outlook.com

Recebido 09/09/2015 Aprovado: 20/01/2016



de hemoglobina situaram-se em patamares que configuram um grau de anemia leve. A habilidade de ordenação temporal apresentou-se mais alterada para os adolescentes com concentração inadequada de hemoglobina. A média de latência do componente P300 nos adolescentes com concentrações inadequadas de hemoglobina foi menor naqueles com maior idade, melhor escolaridade, melhor nível socioeconômico e com registro de repetência. **Conclusão:** A anemia leve não provoca efeitos deletérios nas habilidades de ordenação temporal e atenção auditiva. Investigações com maior número de casos e outros níveis de anemia são recomendáveis para testar essa associação.

Palavras-chave: Eletrofisiologia; Atenção; Nutrição do adolescente; Audição; Hemoglobinas.

Abstract

Introduction: Anemia can cause changes in temporal ordering as well as in auditory attention, important factors in the process of learning process and language acquisition. **Purpose:** To evaluate the association between concentrations of hemoglobin and Temporal Ordering and Auditory Attention in adolescents. **Methods:** Series study, involving 17 adolescents with inadequate hemoglobin concentrations compared with a control group of 17 adolescents with adequate hemoglobin concentrations, aged 13-18 years and 11 months, of both sexes, attending public schools. It was evaluated hearing abilities of use pitch pattern test and P300, hemoglobin concentrations, nutritional status and socioeconomic and demographic characteristics. **Results:** The inadequate hemoglobin concentrations were not associated with auditory skills, when adjusted for nutritional status and socioeconomic and demographic characteristics. The concentrations of hemoglobin were found to be at low levels, considered as mild anemia. Temporal ordering presented were more changed in the adolescents with inadequate hemoglobin concentration. The average latency of the P3 component in adolescents with inadequate hemoglobin levels was lower in those with higher age, higher educational level, higher socioeconomic status and registration of repetition. **Conclusion:** Mild anemia does not cause deleterious effects on abilities of temporal ordering and auditory attention. Investigations with larger numbers of cases and other levels of anemia are recommended to test this association.

Keywords: Electrophysiology; Attention; Adolescent Nutrition; Hearing; Hemoglobins.

Resumen

Introducción: La anemia puede causar alteraciones en las habilidades de organización temporal, así como en la atención auditiva, factores importantes en el proceso de aprendizaje y la adquisición del lenguaje. **Objetivo:** Evaluar la asociación entre las concentraciones de hemoglobina, la ordenación temporal y la atención auditiva en adolescentes. **Método:** Estudio de casos con 17 adolescentes con concentraciones inadecuadas de hemoglobina en comparación con un grupo control de 17 estudiantes con concentraciones adecuadas de hemoglobina, de 13 a 18 años y 11 meses de edad, de ambos sexos, de escuelas públicas. Fueron analizadas las habilidades auditivas con uso de test estándar de frecuencias y P300 de concentraciones de hemoglobina, estado nutricional y características socioeconómico-demográficas. **Resultados:** Las concentraciones de hemoglobina inadecuados no mostraron asociación con las habilidades auditiva, cuando se las ajusta a estado nutricional y características socioeconómicas y demográficas. Las concentraciones de hemoglobina se mantuvieron en niveles que representan un grado de anemia leve. El promedio de latencia del componente P300 en los adolescentes con concentraciones inadecuadas de hemoglobina fue menor en aquellos con mayor edad, mejor educación, mejor nivel socioeconómico y con registro de repetición escolar. **Conclusión:** La anemia leve no causa efectos nocivos en las habilidades de ordenación temporal y atención auditiva. Investigaciones con mayor número de casos y otros niveles de anemia son recomendables para probar esta asociación.

Palabras clave: Electrofisiología; Atención; Nutrición del Adolescente; Audición, Hemoglobinas.

Introdução

A anemia nutricional constitui um problema de saúde pública, podendo ser definida como a condição na qual o conteúdo de hemoglobina (Hb) do sangue está abaixo dos valores considerados normais, sendo a deficiência de ferro a sua causa preponderante, responsável por 90% da etiologia das anemias nutricionais¹.

Os grupos de risco de maior suscetibilidade às anemias nutricionais são formados por mulheres grávidas, crianças menores de dois anos de idade e adolescentes². A deficiência de ferro pode acarretar consequências deletérias para o desenvolvimento cognitivo, no entanto, é difícil quantificar esse papel uma vez que ele é determinado conjuntamente com fatores socioeconômicos e ambientais. Contudo, tem sido descrito que adolescentes com anemia apresentam sonolência no desempenho de suas atividades³, e com isso a sua atenção auditiva (AA) fica prejudicada, visto que ocorre a lentificação do processamento da informação levando ao baixo rendimento.

O processamento auditivo (PA) envolve os fenômenos comportamentais de localização e lateralização sonora, discriminação e reconhecimento de padrões auditivos, aspectos temporais da audição (resolução, mascaramento, integração e ordenação temporal), dentre outros⁴, e quando ocorre um impedimento na habilidade de analisar e/ou interpretar padrões sonoros o distúrbio do processamento auditivo (DPA) está caracterizado.

A avaliação do PA pode ser feita com uso de testes comportamentais e eletrofisiológicos (potenciais evocados auditivos de longa latência), os quais têm se mostrado cada vez mais potentes como método de diagnóstico para os problemas relacionados com o sistema nervoso auditivo central⁵⁻⁷.

A ordenação temporal (OT) envolve a percepção e o processamento de dois ou mais estímulos auditivos. É em função dessa habilidade que um indivíduo é capaz de discriminar a ordem de ocorrência dos sons corretamente e processar os sons da fala, podendo compreendê-la⁹. Estudo mostra que a anemia pode provocar alteração nessa habilidade¹⁰. Essa habilidade pode ser avaliada por meio do uso de um teste auditivo comportamental chamado de teste padrão de frequência (TPF)^{8,11}.

As estruturas envolvidas em testes tonais de padrões auditivos estariam centradas em cada um dos hemisférios, e o corpo caloso seria a estrutura

responsável pela conexão entre eles. O hemisfério direito é ativado para reconhecimento do contorno acústico (entonação, tonicidade e ritmo), e o esquerdo para ordenar a sequência de estímulos e nomear o que foi ouvido⁸, ou seja, ambos os hemisférios cerebrais estão envolvidos na execução deste teste, cada um com uma função diferente, porém trabalhando em conjunto, independente da orelha estimulada.

Outra habilidade em foco nesse artigo e importante para o processamento auditivo é a atenção auditiva (AA), que por sua vez pode ser avaliada pelo potencial evocado auditivo de longa latência chamado de P300.

Esse teste envolve áreas corticais de percepção, atenção e memória auditiva¹². Os seus resultados podem ser avaliados pela latência (tempo decorrido até o aparecimento da resposta) e/ou amplitude (valor obtido medindo o intervalo entre um pico de polaridade positiva e seu pico de polaridade negativa mais próximo). A amplitude parece ser um parâmetro de pouca utilidade, em virtude da sua reduzida estabilidade para a interpretação dos resultados desse potencial¹³, já que possui grande variabilidade na diferenciação de grupos clínicos, por isso a latência tem sido o melhor parâmetro para análise desse tipo de dados¹⁴.

A resposta mais importante do P300, o componente (pico de polaridade positiva) denominado P3, ocorre quando o indivíduo, conscientemente, reconhece a presença de uma mudança no estímulo acústico apresentado que pode ser tone burst ou fala. Para eliciar o P3 é utilizado o *oddball paradigm*, que se caracteriza pela apresentação aleatória de um estímulo, considerado como raro, em meio à apresentação de outro estímulo frequente¹⁵⁻¹⁷.

Esse potencial tem componentes como P1, N1, P2, N2 que antecedem o P3, mas sabe-se que as latências, tanto do componente N2 quanto do P3, variam de acordo com a dificuldade para discriminar um estímulo raro entre os estímulos frequentes¹³⁻¹⁶. Elas estão relacionadas com a atenção, pois a resposta melhora quando o indivíduo encontra-se atento à tarefa de detectar os estímulos alvos (raros)⁵. Percebe-se que não existem estudos analisando a ordenação temporal e a atenção auditiva por meio do TPF e P300 em adolescentes com concentrações de hemoglobina inadequadas.

O objetivo deste estudo foi avaliar as concentrações de Hb e sua associação com a Ordenação Temporal e Atenção Auditiva em adolescentes de

acordo com o estado nutricional e fatores socioeconômicos e demográficos.

Material e Método

Desenho do estudo e casuística

A amostra desse estudo derivou de uma coorte de adolescentes, desenhada para investigar a influência do excesso de peso corporal na ocorrência de dislipidemia iniciada em 2007. Foram encontrados 256 adolescentes, dos quais 26 tinham concentrações inadequadas de hemoglobina.

Dessa amostra realizou-se um estudo do tipo série de casos, envolvendo 17 adolescentes com concentrações inadequadas de hemoglobina, que foram comparados a um grupo controle com 17 escolares com concentrações adequadas de hemoglobina, pareados segundo o sexo e a idade. Foram considerados elegíveis os adolescentes na faixa etária de 13 a 18 anos, de ambos os gêneros, regularmente matriculados em escolas públicas municipais e estaduais, no período de junho de 2011 a setembro de 2012. Aqueles adolescentes que não foram encontrados na unidade escolar por ocasião da coleta de dados, mas que tinham registro do endereço, foram contatados e avaliados nos seus respectivos domicílios.

Foram excluídos os adolescentes que apresentavam doença aguda no dia da coleta de material biológico para exame laboratorial, qualquer deficiência física que comprometesse a avaliação antropométrica. Foram ainda excluídos os que estavam fazendo uso de polivitamínico ou tratamento para anemia nos dois últimos meses prévia à coleta de dados, que tinham conhecimento musical, que apresentavam alteração nos testes audiométricos e de timpanometria, bem como os que apresentassem dificuldade cognitiva que impedisse a compreensão dos testes, a exemplo dos portadores de síndrome de Down, deficiência mental, dentre outras, e ainda estar fazendo uso de medicação neuroléptica.

Foram avaliadas as habilidades auditivas de ordenação temporal e atenção auditiva, as concentrações de Hb, o estado nutricional e as características socioeconômicas e demográficas dos escolares. Um dos adolescentes da série de casos não realizou o exame eletrofisiológico (P300).

Métodos e técnicas de avaliação

Para verificação da audição normal, condição de inclusão no estudo, foi usada audiometria tonal e vocal. Na audiometria tonal, considerou-se como

padrão de normalidade limiares auditivos iguais ou menores do que 20 dB NA para as frequências realizadas (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz), e na audiometria vocal a normalidade considerada foram limiares de reconhecimento de fala (LRF) iguais ou próximos da média aritmética das frequências de 500 a 2000 Hz por orelha (admitindo-se uma variação de 5 dB NA para mais ou para menos).

O referido exame foi feito em uma cabina acústica, com o uso do audiômetro AC 40 [Interacoustics, Kansas City, MI, USA], com fones TDH-39 [Telephonics, Huntington, NY, USA], calibrados de acordo com a norma internacional ISO 8253-1(1989) e a resolução nº 364/09 do Conselho Federal de Fonoaudiologia.

Além da audiometria, para a inclusão dos sujeitos e exclusão de alterações de orelha média, foi usada a imitanciometria. Neste procedimento considerou-se normal apresentar timpanograma Tipo A, com reflexos estapedianos presentes ou parcialmente ausentes. Nesta avaliação, foi utilizado o imitanciômetro modelo AZ 7 [Interacoustic, Kansas City, MI, USA].

Tanto a audiometria quanto a imitanciometria (timpanograma e reflexos) foram realizadas após verificação de ausência de patologia na orelha externa examinada com otoscópio [Welch Allin Inc., Skaneateles Falls, NY, USA] realizada por otorrinolaringologista. Esses procedimentos tiveram duração de dez minutos.

Para avaliar as habilidades auditivas de OT foi usado o mesmo audiômetro já citado, e para a reprodução do TPF foi acoplado a ele um tablet do modelo Ipad 2 [Apple, Cupertino, CA, USA], na intenção de enviar os estímulos sonoros gravados e já acusticamente balanceados pelo fabricante [Auditec Inc., Saint Louis, MI, USA]. Inicialmente, nesta etapa, foi realizado um treinamento para familiarizar o participante com o estímulo acústico, explicando a apresentação dos dois tons (um agudo e um grave), misturados de maneira aleatória. Após a fase de treinamento e com certeza da compreensão por parte do participante, foram apresentados trinta padrões de frequências formados por três tons, sendo dois iguais e um diferente em escuta monoaural (uma orelha por vez). Esse procedimento teve duração de dez minutos. Os dados foram analisados pela média dos valores obtidos na avaliação binaural.

O adolescente foi orientado a identificar os padrões ouvidos utilizando os termos “pi” para o tom agudo e “po” para tom grave, tarefa chamada de imitação. As sequências foram apresentadas em ordem aleatória (agudo/agudo/grave, grave/agudo/agudo, grave/grave/agudo e grave/agudo/agudo) a 50 dB NS de intensidade. Considerou-se inadequado os percentuais abaixo de 83%¹⁸. O resultado da avaliação foi expresso em porcentagem de acertos.

Para avaliação da AA utilizou-se o teste P300, fazendo uso do equipamento chamado *Smart Ep [Intelligent Hearing Systems (IHS), Miami, FL, USA]*, composto de um mediador de sinal (que soma e concede a média das atividades elétricas registradas), um amplificador (incluindo um pré-amplificador), um *notebook* acoplado (para visualização das ondas), além de um gerador de sinal devidamente calibrado pelo fabricante e padronizado para a aquisição e análise do registro.

Os exames foram realizados com os adolescentes deitados em uma maca localizada em uma sala semiescura, usando eletrodos de superfície descartáveis [*Meditrace, São Paulo, SP, Brasil*] fixados à pele com pasta eletrolítica colocada ao centro para melhor condutividade da corrente elétrica e com os fones auditivos de inserção ER-3A [*Acustic Orlandi Indústria, Comércio e Serviços Audiológicos Ltda., Bauru, SP, Brasil*].

Antes da colocação dos eletrodos, foi realizada a limpeza da pele com álcool a 70% e pasta abrasiva [*Nuprep, Aurora, CO, USA*]. A colocação dos eletrodos obedeceu a seguinte sequência: Fpz (frente – terra) para o eletrodo terra, Fz (vértex) para o eletrodo invertido, M1 (mastóide) para o eletrodo de referência na orelha esquerda e M2 (mastóide) para o eletrodo de referência na orelha direita, e os mesmos foram conectados ao pré-amplificador.

O adolescente, após a preparação inicial, foi instruído a permanecer acordado, bem relaxado, para a realização do exame. Antes de iniciar o exame, os fones foram colocados (fone azul na orelha esquerda e fone vermelho na orelha direita).

Para a obtenção da curva de resposta foram apresentados 200 estímulos na intensidade de 70 dBNA (70 decibéis de nível de audição), na frequência de 1000 Hz para os estímulos raros (ERs), e 80 dBNA (80 decibéis de nível de audição) na frequência de 4000 Hz para estímulos frequentes (EFs), e foi utilizado o paradigma oddball, em que 80% eram EFs e 20% ERs. Foi solicitado também que

os adolescentes contassem mentalmente os ERs no conjunto dos estímulos apresentados, levantando o dedo quando o identificasse e relatando ao final do exame a quantidade deles.

O controle dos artefatos foi possível a partir do isolamento acústico da sala onde o exame foi realizado, com a preocupação de manter as luzes fluorescentes desligadas, evitando, assim, qualquer interferência produzida por essa luz elétrica. Outro fator de controle foi a impedância entre o eletrodo e a pele que deveria ser menor que 3000 *ohm*.

Foram utilizados os seguintes parâmetros do equipamento: filtro entre 0,5 e 30 Hz, estímulos monoaural, *tone burst* com plateau de 20 ms (rise/fall de 5 ms), com intervalo entre os estímulos de 1,1 ms, tempo de análise de 500 ms, sensibilidade de 160 microvolts, polaridade alternada, passa alto 30 Hz e filtro passa-baixo de 1 Hz, janela 512 ms. O procedimento teve a duração de 45 minutos, em média, entre a colocação dos eletrodos e a realização do exame propriamente dito.

As latências das ondas P1, N1, P2, N2 e P3 foram marcadas, seguindo o surgimento das ondas, nas polaridades *positiva-negativa-positiva*, respectivamente, quando apareciam, ocorrendo na replicação do traçado “frequente” e “raro” entre 80 e 200 *ms*. A marcação dos traçados foi realizada através do touchpad do próprio *notebook*. Os picos das ondas N2 e P3 foram registrados na memória do aparelho, à medida que apareciam, sendo marcados e monitorados ao longo do exame, seguindo os padrões de normalidade para a latência do componente N2, respostas no intervalo 180 a 250 *ms*, e, para componente P3, entre 220 a 380 *ms*¹⁵, após o consenso de duas fonoaudiólogas.

Após a análise preliminar dos resultados obtidos para os componentes N2 e P3, utilizou-se a média aritmética como referência para análise da atenção auditiva.

A análise das concentrações de Hb no sangue foi realizada com coleta nas próprias escolas ou em visitas domiciliares em 2 ml por punção venosa, depositados em tubos Vacutainer, utilizando como anticoagulante o ácido etileno diamino tetracético (EDTA). As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análises Clínicas e a leitura foi realizada no Analisador Hematológico LH 750 [*Beckman Coulter, Brea, CA, USA*].

A Hb foi medida em gramas por decilitro (g/dL) e foi considerada presença de anemia quando as concentrações estavam abaixo de 12 g/dL para

as adolescentes do sexo feminino não grávidas e adolescentes do sexo masculino de 12 a 14 anos. Nos adolescentes com idade maior que 15 anos, utilizou-se como critério para anemia concentrações de Hb < 13 g/dL¹.

A antropometria foi realizada nas próprias escolas ou em visitas domiciliares com dupla tomada do peso e altura dos adolescentes, sendo utilizada a média dos valores. Foram desprezadas as medidas que apresentaram diferenças superiores a 100g para o peso e 0,5 cm para a altura. O peso corporal foi obtido em balança eletrônica digital [Omron, Kyoto, Japão], com capacidade máxima de 150 Kg e precisão de 100g. Os adolescentes foram pesados descalços, sem objetos nas mãos e nos bolsos e sem adornos na cabeça. A altura foi aferida com o uso do estadiômetro portátil [Altuxata, Belo Horizonte, MG, Brasil], com precisão de 1mm e exatidão de 0,5cm. Os adolescentes foram colocados em posição ereta, descalços, com os membros superiores pendentes ao longo do corpo, os calcanhares, o dorso e a cabeça tocando a parede, e olhando para frente. A aferição das medidas de peso e altura seguiram as recomendações de Lohman et al.¹⁹. Para avaliar o estado nutricional foi utilizado o indicador índice de massa corporal para idade (IMC/I), expresso em valores de escore “z”, segundo recomendações da Organização Mundial da Saúde²⁰.

Os dados socioeconômicos e demográficos foram coletados mediante entrevista. Foram analisados o sexo, a idade, divididas em faixas etárias de 13 anos a 15 anos e 11 meses e de 16 anos a 18 anos e 11 meses, a escolaridade, classificada em Ensino fundamental (6º ano ao 9º ano) e Ensino médio (1º a 3º ano), e a ocorrência de repetência escolar. Para fins de classificação socioeconômica das famílias, utilizaram-se os critérios de Classificação Econômica do Brasil, estabelecidos pela Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa²¹. A categorização adotada foi: classes B2 e C1, que indica renda média familiar nos valores R\$ 2.327,00 e R\$ 1391,00, respectivamente, e classe C2 e D, com renda média familiar nos valores de R\$ 933,00 e R\$ 618,00, respectivamente. Análise dos dados

Os dados foram digitados em dupla entrada aplicado o *Validate*, módulo do Programa Epi-info versão 6.04 (WHO/CDC, Atlanta, GE, USA), para identificar eventuais erros de digitação. A análise estatística foi realizada com o programa *Statistical*

Package for Social Science (SPSS) for Windows versão 13.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA). As variáveis contínuas foram testadas quanto à normalidade da distribuição pelo teste de Kolmogorov Smirnov. As variáveis N2 e P3 e concentrações de Hb apresentaram distribuição normal e foram expressas nas formas de média e desvio padrão. Na comparação entre as proporções utilizou-se o teste de qui quadrado de Pearson. Na descrição das proporções, a distribuição binomial foi aproximada à distribuição normal, pelo intervalo de confiança de 95%. Na comparação entre médias foram aplicados os testes de homogeneidade da variância (teste de Levene) e teste *t de Student* para dados não pareados. Adotou-se o nível de significância de 5% para rejeição de hipótese de nulidade.

Aspectos éticos

O protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (nº 02/2010). Todos os adolescentes que participaram do estudo foram previamente informados dos objetivos da pesquisa, bem como dos métodos a serem adotados, para que, mediante a sua permissão, cada pai ou responsável assinasse um termo de compromisso livre e esclarecido. Todos receberam cópias dos exames realizados e receberam as orientações necessárias a cada caso.

Resultados

A série de casos (n=17 escolares) com concentrações inadequadas de Hb (11,8 ± 0,3 g/dL) e um grupo controle (n=17) com concentrações adequadas de Hb (13,3 ± 0,7 g/dL) (valor de p=0,00). Concernente ao comportamento da habilidade de OT e da AA para os grupos estudados, deve-se destacar que, em termos proporcionais, o percentual de respostas alteradas foi maior no grupo de escolares com concentrações inadequadas de Hb em relação àqueles sem o distúrbio nutricional (Tabela 1). dos foram analisados pela média dos valores obtidos na avaliação binaural.

Tabela 1- Habilidade de ordenação temporal (TPF), e da atenção auditiva (N2 e P3), segundo as concentrações de hemoglobina em adolescentes de 13 a 18 anos de idade.

	Concentrações de hemoglobina (g/dL)						
	Inadequadas ¹			Adequadas			
	n	Média [DP]		n	Média [DP]		
TPF (%RA) ²	10/17	58,8[32,9 - 81,5] ^a		4/17	23,5 [6,8 - 49,9] ^a		0,08 ^b
N ₂	16	263,8 ± 23,4		16	260,4 ± 39,2		0,76
P ₃	16	332,5 ± 30,9		16	342,7 ± 31,4		0,36

¹Hb<12g/dL de 12 a 14 anos e no sexo feminino. A partir de 15 anos, a Hb<13g/dL no sexo masculino (OMS, 2001). ² Teste padrão de frequência e %RA = percentual de respostas com percentuais < 83%.

* valores estatisticamente significantes (p≤ 0,05) – teste t-student para dados não pareados a Intervalo de Confiança 95%. b Teste do χ^2 de Pearson.

n = número de adolescentes que apresentaram teste alterado/número total de participantes; DP = desvio padrão.

O Para a habilidade de ordenação temporal, o número de resultados alterados, ou seja, com média abaixo de 80%, é maior entre os com anemia. O teste estatístico não mostrou diferença estatisticamente significativa na comparação entre os grupos, embora a probabilidade tenha ficado próxima ao limite da significância.

A análise da habilidade de OT, quando analisada segundo as características socioeconômicas e demográficas, e o estado nutricional não mostrou associação significativa entre os escolares que apresentavam ou não o distúrbio nutricional (Tabela 2).

Tabela 2- Ordenação temporal (TPF) segundo as concentrações de hemoglobina ajustadas para o estado nutricional e as características sócioeconômicas e demográficas em adolescentes de 13 a 18 anos de idade.

VARIÁVEIS	Concentrações de hemoglobina (g/dL)							
	Inadequadas ¹				Adequadas			
	TPF				TPF			
	n	RA	%	IC _{95%}	N	RA	%	IC _{95%}
Estado Nutricional²								
Eutrofia	14	10/14	71,4	[41,9–91,6]	13	4/13	30,8	[9,1–61,4]
Excesso de peso	3	0/3	0	[0–70,5]	4	0/4	0	[0–60,2]
Sexo								
Masculino	3	2/3	66,6	[9,4–99,1]	3	1/3	33,3	[0,8–90,6]
Feminino	14	8/14	57,1	[28,9–82,3]	14	11/14	78,6	[49,2–95,3]
Idade (anos)								
13	10	5/10	50	[18,7–81,3]	10	0/10	0	[0–30,8]
16	7	5/7	71,4	[29,0–96,3]	7	4/7	57,1	[18,4–90,1]
Série Escolar*								
Ensino fundamental	8	5/8	62,5	[24,5–91,5]	11	2/11	18,2	[2,3–51,7]
Ensino Médio	8	4/8	50	[15,7–84,3]	6	1/6	16,7	[0,4–64,1]
Repetência								
Sim	10	7/10	70	[34,7–93,3]	7	1/7	14,3	[0,4–57,9]
Não	7	3/7	42,8	[9,9–81,6]	10	3/10	30	[6,7–65,3]
Nível socioeconômico^{3**}								
B ₂ e C ₁	10	8/10	80	[44,4–97,5]	8	0/8	0	[0–36,9]
C ₂ e D	7	5/7	71,4	[29–96,3]	6	2/6	33,3	[4,3–77,7]

¹Hb<12g/dL de 12 a 14 anos e no sexo feminino. A partir de 15 anos, a Hb<13g/dL no sexo masculino (OMS, 2001). ²Eutrofia: ≥ Escore Z -2 e ≤ 1; Excesso de Peso: > Escore Z +1. ³ Associação Brasileira de Empresas de Pesquisas, 2010: classe B2 e C1 – R\$ 2.327,00 e R\$ 1391, respectivamente; classe C2 e D – R\$ 933,00 e R\$ 618,00, respectivamente.

* 01(um) caso sem registro da informação no grupo com concentrações inadequadas de Hb. ** 03 (três) casos sem registro da informação no grupo com concentrações adequadas de Hb.

n = número de adolescentes que se enquadra na categoria estudada; RA = número de adolescentes que apresentaram respostas alteradas, ou seja, com percentuais <83% no TPF/ número total de participantes da categoria estudada.

Quanto à AA, as médias das latências no componente N2 mostraram distribuição similar entre os escolares de ambos os grupos quando ajustadas para o estado nutricional e às características socioeconômicas e demográficas (Tabela 3).

Tabela 3- Atenção auditiva, avaliada pelo componente N2, segundo as concentrações de hemoglobina ajustadas para o estado nutricional e as características sócioeconômicas e demográficas em adolescentes de 13 a 18 anos de idade.

VARIÁVEIS	Concentrações de hemoglobina (g/dL)							
	Inadequadas ¹				Adequadas			
	n	N ₂ Média	DP	p ^a	n	N ₂ Média	DP	p ^a
Estado Nutricional²								
Eutrofia	13	265,8	± 24,4	0,49	12	257,1	± 41,4	0,58
Excesso de peso	3	255,0	± 20,4		4	270,1	± 34,8	
Sexo								
Masculino	3	261,2	± 29,5	0,83	3	248,5	± 23,8	0,57
Feminino	13	264,4	± 23,2		13	263,1	± 42,18	
Idade (anos)								
13 $\overline{\text{H}}$ 15 a e 11 m	9	268,0	± 26,5	0,43	9	250,6	± 30,6	0,27
16 $\overline{\text{H}}$ 18 a e 11 m	7	258,3	± 19,3		7	272,9	± 47,5	
Série Escolar								
Ensino fundamental	8	263,7	± 29,4	0,99	10	250,9	± 27,7	0,22
Ensino Médio	8	263,9	± 17,7		6	276,1	± 52,4	
Repetência escolar								
Sim	10	256,5	± 16,6	0,10	7	263,8	± 54,1	0,77
Não	6	276,4	± 29,1		9	257,7	± 25,7	
Nível socioeconômico^{3*}								
B ₂ e C ₁	9	264,6	± 21,5	0,88	8	250,6	± 34,9	0,21
C ₂ e D	7	262,8	± 27,4		5	282,2	± 51,9	

¹Hb<12g/dL de 12 a 14 anos e no sexo feminino. A partir de 15 anos, a Hb<13g/dL no sexo masculino (OMS, 2001). ²Eutrofia: ≥ Escore Z -2 e ≤ 1; Excesso de Peso: > Escore Z +1. ³ Associação Brasileira de Empresas de Pesquisas, 2010: classe B2 e C1 – R\$ 2.327,00 e R\$1391, respectivamente; classe C2 e D – R\$ 933,00 e R\$ 618,00, respectivamente.

a valores estatisticamente significantes (p≤ 0,05) – teste t-student para dados não pareados

* 03 (três) casos sem registro da informação no grupo com concentrações adequadas de Hb.

n = número de adolescentes que se enquadram na categoria estudada; DP = desvio padrão

Por outro lado, na série de escolares com concentrações inadequadas de Hb, a AA avaliada pelo componente P3 mostrou maior prolongamento da latência em escolares mais jovens, frequentando o ensino fundamental, sem registro de repetência e que se situavam na classe socioeconômica menos favorecida (Tabela 4).

Tabela 4- Atenção auditiva, avaliada pelo componente p3, segundo as concentrações de hemoglobina ajustadas para o estado nutricional e as características sócioeconômicas e demográficas em adolescentes de 13 a 18 anos de idade

VARIÁVEIS	Concentrações de hemoglobina (g/dL)							
	Inadequadas ¹				Adequadas			
	n	Média	DP	p ^a	n	Média	DP	p ^a
Estado Nutricional²								
Eutrofia	13	265,8	± 24,4	0,49	12	257,1	± 41,4	0,58
Excesso de peso	3	255,0	± 20,4		4	270,1	± 34,8	
Sexo								
Masculino	3	261,2	± 29,5	0,83	3	248,5	± 23,8	0,57
Feminino	13	264,4	± 23,2		13	263,1	± 42,18	
Idade (anos)								
13 $\overline{\text{H}}$ 15 a e 11 m	9	268,0	± 26,5	0,43	9	250,6	± 30,6	0,27
16 $\overline{\text{H}}$ 18 a e 11 m	7	258,3	± 19,3		7	272,9	± 47,5	
Série Escolar								
Ensino fundamental	8	263,7	± 29,4	0,99	10	250,9	± 27,7	0,22
Ensino Médio	8	263,9	± 17,7		6	276,1	± 52,4	
Repetência escolar								
Sim	10	256,5	± 16,6	0,10	7	263,8	± 54,1	0,77
Não	6	276,4	± 29,1		9	257,7	± 25,7	
Nível socioeconômico^{3*}								
B ₂ e C ₁	9	264,6	± 21,5	0,88	8	250,6	± 34,9	0,21
C ₂ e D	7	262,8	± 27,4		5	282,2	± 51,9	

¹Hb<12g/dL de 12 a 14 anos e no sexo feminino. A partir de 15 anos, a Hb<13g/dL no sexo masculino (OMS, 2001). ²Eutrofia: \geq Escore Z -2 e \leq 1; Excesso de Peso: $>$ Escore Z +1. ³ Associação Brasileira de Empresas de Pesquisas, 2010: classe B2 e C1 – R\$ 2.327,00 e R\$1391, respectivamente; classe C2 e D – R\$ 933,00 e R\$ 618,00, respectivamente.

a valores estatisticamente significantes ($p \leq 0,05$) – teste t-student para dados não pareados

* 03 (três) casos sem registro da informação no grupo com concentrações adequadas de Hb.

n = número de adolescentes que se enquadram na categoria estudada; DP = desvio padrão

Os adolescentes com concentrações inadequadas de Hb e registro de repetência escolar apresentaram latência significativamente maior quando comparados com aqueles escolares com concentrações adequadas de Hb e que tinham registro de repetência escolar.

Discussão

É importante salientar que o estudo tem limitações como o fato do uso das concentrações de Hb terem sido a única “proxy” para definição da anemia ferropênica, sem dados complementares de outros parâmetros do estado nutricional do ferro, a exemplo da ferritina e ferro séricos, da capacidade total de ligação do ferro, do percentual de saturação da transferrina, da protoporfirina eritrocitária livre e, sobretudo, dos receptores de transferrina. Outros fatores limitantes dizem respeito ao fato de a amostra ser reduzida, o que pode acarretar uma interferência no tratamento estatístico dos dados em que os testes de inferência estatística podem ter a sua conclusão comprometida, e aos casos da série estudados compreenderem apenas pacientes

classificados como portadores de anemia do tipo leve.

A série de casos com concentrações inadequadas de hemoglobina mostrou teores de Hb muito próximos da normalidade, caracterizando anemia apenas do tipo leve na casuística estudada, revelando ser uma limitação do estudo. A ausência de associação entre a OT e as concentrações inadequadas de Hb, observadas na casuística deste trabalho, é um achado inesperado, pois essa habilidade depende da AA, que a princípio estaria alterada em pacientes com anemia. Deve-se, portanto, levar em consideração que o estudo englobou apenas escolares com anemia do tipo leve, sendo plausível supor que as concentrações de Hb tão próximas da normalidade não seriam suficientes para apresentar um efeito deletério destas habilidades.

Essa falta de correlação ficou evidenciada mesmo quando a OT foi avaliada na série de casos e no grupo controle analisados segundo as variáveis que poderiam, em tese, influenciar os resultados do teste, a exemplo do estado nutricional e de características socioeconômicas e demográficas.

Com relação à idade, existe estudo que mostra²² que essa variável não é um fator modificador da OT, uma vez que o desenvolvimento maturacional do sistema auditivo se iguala ao do adulto a partir dos 9 anos de idade, não se alterando após os 11 anos^{22,23}.

Esperava-se uma influência na habilidade auditiva de OT diante da escolaridade, pois se considera que o aprendizado escolar gradativamente crescente facilitaria a compreensão do teste⁸, como visto em estudos com indivíduos de outras faixas etárias^{11,24} com melhor desempenho na habilidade. Sugere-se que este efeito pode ser devido aos estímulos com situações cotidianas como uso da música, de jogos e outras atividades, e não pela educação formal.

A ausência de influência da repetência escolar no comportamento do TPF também foi relatado em pesquisa²² que estudou adolescentes de 11-13 anos de uma escola privada de Belo Horizonte, corroborando a não dependência do teste com a educação formal.

Uma explicação para a ausência da interferência do nível socioeconômico nesse tipo de habilidade pode ser atribuída à grande homogeneidade da classe social dos adolescentes estudados, considerando que apenas um indivíduo encontrava-se na classe B2 (classe social mais elevada). Deve-se ressaltar a lacuna na literatura abordando investigações que objetivam estudar a associação dessa habilidade em pacientes com concentrações inadequadas de hemoglobina.

A homogeneidade na distribuição das médias das latências nos componentes N2 e P3 também foi um resultado inusitado, considerando-se que a AA poderia sofrer influência das concentrações inadequadas de Hb, visto que o ferro é necessário na função cerebral e componente essencial na hemoglobina²⁵, então se acredita que sua diminuição acarretaria alterações na condução de fibras corticais, prejudicando a neurotransmissão e o desenvolvimento de oligodendrócitos, provocando ainda uma hipomielinização, podendo resultar em lentidão no processamento da informação, como podendo prejudicar o desenvolvimento cognitivo²⁵.

A depleção de ferro, assim como níveis baixos de ferritina, tem sido descrita nos transtornos de déficit de atenção/hiperatividade (TDHA)²⁶, comprovando o prolongamento das latências em indivíduos acometidos desse transtorno²⁷. Por conseguinte, seria plausível a avaliação da AA

com uso do P300 para avaliação dessa habilidade em pacientes com anemia por deficiência de ferro.

No que diz respeito ao estado nutricional, tem sido relatado uma associação da obesidade com o prolongamento das latências do componente N2 em adolescentes e adultos²⁸. Apesar da ausência de associação entre o N2 e o estado nutricional na nossa casuística, pode-se supor que esse prolongamento seja decorrente de uma resposta cortical mais lenta do componente em questão, embora sejam necessárias investigações adicionais e mais aprofundadas para reforçar essa relação e estabelecer o mecanismo provável de comprometimento cognitivo nos quadros de obesidade²⁹.

A geração do N2 acontece a partir da atenção e discriminação de uma resposta passiva e automática pré-atencional elicitada pela discriminação do evento raro¹⁴. As características socioeconômicas e demográficas parecem influenciar na resposta da latência no componente N2, podendo interferir de maneira significativa na integração da área de associação auditiva com as áreas corticais e subcorticais do sistema nervoso central, podendo estar relacionadas a funções como a capacidade de estabelecer objetivos, controlar impulsos, tomada de decisão, além da organização e planejamento de ações para atingir um objetivo¹¹.

É esperado que os valores das latências do componente P3 possam ser influenciados pelos fatores como sexo, idade e nível de atenção^{12,30}. Nessa casuística, a redução das latências no componente P3 em adolescentes com mais idade e melhor escolaridade poderia ser atribuída ao fato de que essas características socioeconômicas e demográficas colaboram para atenção auditiva adequada, mesmo com concentrações inadequadas de Hb.

A redução do prolongamento da latência no componente P3 em adolescentes com concentrações inadequadas de Hb e maior nível socioeconômico pode ser atribuídos a fatores que favorecem esses indivíduos, a exemplo da maior diversidade de estímulos.

Os valores de menor latência no componente P3 entre os escolares repetentes e com concentrações inadequadas de Hb foi um achado inesperado, considerando que a presença da anemia pode reduzir a atenção, causar fadiga, diminuir a capacidade de aprendizado, podendo ocasionar a repetência escolar^{2,3}.

Sabe-se que a falta de AA compromete o desempenho e aprendizado escolar, e, por isso, é

importante estimulá-la para o seu desenvolvimento e manutenção durante o período escolar, visando ao favorecimento do desenvolvimento da linguagem oral, escrita e aprendizagem.

Conclusão

As habilidades de ordenação temporal e atenção auditiva não mostraram associação com as concentrações de Hb. Essa ausência de associação persistiu mesmo quando o modelo de análise foi ajustado para o estado nutricional e as características socioeconômicas e demográficas.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelo apoio financeiro (processo 474146/2006-5). A todos os escolares que participaram do estudo.

Referências Bibliográficas

1. World Health Organization. Iron deficiency anaemia: assessment, prevention and control. A guide for programme managers. Document / NHD/01.3, 132p. Geneva.2001.
2. Garanito MP, Pitta TS, Carneiro JDA. Deficiência de ferro na adolescência. Rev. Bras. Hematol. Hemoter. 2010; 32(2): 45-8. doi: 10.1590/S1516-84842010005000056.
3. Machado EHS, Leone C, Szarfarc SC. Deficiência de ferro e desenvolvimento cognitivo. Rev. Bras. Crescimento Desenvolvimento Hum. 2011; 21(2): 368-73.
4. American Speech-Language-Hearing Association. Central auditory processing: current status of research and applications for clinical practice. Task force on central auditory processing consensus development. Am. J. Audiol. 1996; 5(2):41-54.
5. Mendonça EBS, Muniz LF, Leal MC, Diniz AS. Aplicabilidade do teste padrão de frequência e P300 para avaliação do processamento auditivo. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology. 2013; 79 (4): 512-21.
6. Agostinho-Pesse RS, Alvarenga KF. Potencial evocado auditivo de longa latência para estímulo de fala apresentado com diferentes transdutores em crianças ouvintes. Rev. CEFAC. 2014; 16(1):13-22.
7. Regaçone SF, Gução ACB, Giacheti CM, Romero ACL, Frizzo ACF. Potenciais evocados auditivos de longa latência em escolares com transtornos específicos de aprendizagem. Audiol Commun Res. 2014;19(1):13-8
8. Delecode CR, Cardoso ACV, Frizzo ACF, Guida HL. Testes tonais de padrão de frequência e duração no Brasil: revisão de literatura. Rev. CEFAC. 2014; 16(1):283-293.
9. Mourão AM, Esteves CC, Labanca L, Lemos SMA. Desempenho de crianças e adolescentes em tarefas envolvendo habilidade auditiva de ordenação temporal simples. Rev. CEFAC. 2012; 14(4):659-68.
10. Santos JN, Lemos SMA, Rates SPM, Lamounier JA . Habilidades auditivas e desenvolvimento de linguagem em crianças. Pró-Fono R. Atual. Cient.2008; 20(4): 255-60.
11. Camarinha CR, Frota SMMC, Pacheco-Ferreira H, Lima MAMT. Avaliação do processamento auditivo temporal em trabalhadores rurais expostos a agrotóxicos organofosforados. J. Soc. Bras. Fonoaudiol. 2011;23(2):102-6.
12. Giraldo NG, Galvis CER, Tovar JR. Medição do potencial evocado cognitivo P300 em um grupo de indivíduos colombianos sadios. Rev. Cienc. Salud. 2013; 11 (2): 195-204.
13. Matas CG, Hataiama NM, Gonçalves IC. Estabilidade dos potenciais evocados auditivos em indivíduos adultos com audição normal. Rev. Soc. Bras. Fonoaudiol. 2011;16 (1):37-41.
14. Romero ACL, Capellini SA, Frizzo ACF. Potencial cognitivo em crianças com transtorno do déficit de atenção com hiperatividade. Braz J Otorhinolaryngol. 2013;79(5):609-15.
15. McPherson DL. Late Potentials of the Auditory System. San Diego (California): Singular Publishing Group; 1996.
16. Wiemes GR, Kozlowski L, Mocellin M, Hamerschmidt R, Schuch LH. Cognitive evoked potentials and central auditory processing in children with reading and writing disorders. Braz J Otorhinolaryngol. 2012;78(3):91-7.
17. Alvarenga KF, Vicente LC, Lopes RCF, Silva RA, Banhara MR, Lopes AC et al. Influência dos contrastes de fala nos potenciais evocados auditivos corticais. Braz J Otorhinolaryngol. 2013;79(3):336-41.
18. Balen,S.A. Processamento auditivo central: aspectos temporais da audição e percepção acústica da fala. [Dissertação] São Paulo (SP): Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; 1997.
19. Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthrometric standartization reference manual. Champaign: Human kinetics; 1988.
20. WHO (World Health Organization). Anthro for personal computeres, version 2, 2007: software for assessing growth and development of the word's children. Geneva; 2007.
21. Associação Brasileira de Empresa de Pesquisa (ABEP). Critério Padrão de Classificação Econômica do Brasil. 2010 [Acesso em: 01 jul. 2010]. Disponível em: www.abep.org/codigosguias/Criterio_Brasil_2010.pdf.
22. Terto SSM, Lemos SMA. Aspectos temporais auditivos em adolescentes do 6º ano do ensino fundamental. Rev. CEFAC. 2011; 13(5):926-36.
23. Fox AM, Anderson M, Reid C, Smith T, Bishop DVM. Maturation of auditory temporal integration and inhibition assessed with event-related potentials (ERPs).



- BMC Neurosci. 2010;11:49.
24. Pinheiro MMC, Dias KZ, Pereira LD. Efeito da estimulação acústica nas habilidades do processamento temporal em idosos antes e após a protetização auditiva. *Braz. J. Otorhinolaryngol.* 2012;78(4):9-16.
25. Pedraza DF, Queiroz D. Micronutrientes no crescimento e desenvolvimento infantil. *Rev Bras Crescimento Desenvolvimento Hum.* 2011; 21(1): 156-
26. Menegassi M, Mello ED, Guimarães LR, Matte BC, Driemeier F, Pedroso GL et al. Ingestão alimentar e níveis séricos de ferro em crianças e adolescentes com transtorno de déficit de atenção/hiperatividade. *Rev. Bras. Psiquiatr.* 2010; 32(2): 132-8.
27. Roca P, Mulas F, Herrero P, Jesús M, Ortiz SP; Idiazábal A et al. Potenciales evocados y funcionamiento ejecutivo en niños con trastorno por déficit de atención/hiperactividad. *Rev. Neurol.* 2012; 54(1): 95-103.
28. Lokken KL, Boeka AG, Austin HM, Gunstad J, Harmon CM. Evidence of executive dysfunction in extremely obese adolescents: a pilot study. *Surg. Obes. Relat. Dis.* 2009; 5: 547–52.
29. Tacilar ME, Turkkahraman D, Oz O, Yucel M, Taskesen M, Eker I et al. P300 auditory event-related potentials in children with obesity: is childhood obesity related to impairment in cognitive functions?. *Pediatr. Diabetes.* 2011;12 (7): 589–95.
30. Cossio EG, Fernandez C, Gaviria ME, Palacio Catalina, Alvarán L, Villa RAT. Interfaz cerebro computador basada en P300 para la comunicación alternativa: estudio de caso en dos adolescentes en situación de discapacidad motora. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia.* 2011; 60: 9-19.