

**FREQÜÊNCIA FUNDAMENTAL DA VOZ
DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES: VALORES NORMAIS
E VARIAÇÕES COM A IDADE E O SEXO¹**

*Adriane Lima Mortari**
*Inge Elly Kiemle Trindade***
*Alceu Sergio Trindade Jr.****

O estudo da função vocal bem como o diagnóstico dos distúrbios vocais e das doenças laríngeas baseiam-se usualmente na avaliação perceptual auditiva da voz e no exame visual da laringe. Embora muitas informações possam ser obtidas dessa forma, a determinação precisa das características da voz requer o emprego de metodologia instrumental que forneça dados mais objetivos, e que permita, inclusive, acompanhar os resultados de intervenções cirúrgicas e terapêuticas. A análise acústica da frequência fundamental (Fo) constitui um dos métodos mais utilizados para avaliar a função vocal, especialmente por não ser invasivo e fornecer dados quantitativos (Hirano, 1981). A frequência fundamental, por definição, refere-se ao número de vibrações das pregas vocais por segundo

1. Resumo de dissertação apresentada por Adriane Lima Mortari à PUC-SP para a obtenção de título de Mestre em Distúrbios da Comunicação, 1990, sendo orientadora a Prof. Dra. Inge Elly Kiemle Trindade. Pesquisa financiada pelo CNPq e Capes.

* Mestre em Distúrbios da Comunicação, Hospital de Pesquisa e Reabilitação de Lesões Lábio-Palatais, USP, Bauru-SP.

** Doutora em Fisiologia, Hospital de Pesquisa e Reabilitação de Lesões Lábio-Palatais, USP.

*** Professor Associado, Departamento de Ciências Fisiológicas, Faculdade de Odontologia de Bauru, USP, Bauru-SP.

durante a fonação e corresponde ao correlato físico mensurável do tom vocal.

Nos últimos anos têm sido empregadas diferentes técnicas de análise acústica, analógicas e digitais, para estudar a Fo e parâmetros relacionados. Estas técnicas incluem métodos oscilográficos, espectrográficos, de filtragem inversa, assim como métodos de extração de frequência fundamental a partir de ondas complexas, que utilizam equipamentos com o recurso de um *feedback* visual (Hirano, 1981; Horii, 1983; Feudo Jr., 1984; Hirano, 1989).

A análise da Fo da voz de crianças e adultos, considerados normais no aspecto vocal, foi objeto de estudo de vários autores nas últimas décadas. Ao lado do trabalho clássico de Peterson & Barney (1952), que determinaram os valores de Fo na emissão de vogais de crianças e adultos através de análise espectrográfica, a literatura apresenta, também, valores normativos obtidos em inúmeros outros estudos, compilados por Fairbanks (1960); Wilson (1973) e Aronson (1985), os quais têm sido utilizados como fonte de consulta para estudos clínicos e experimentais. Entretanto, o uso desses dados normativos deve ser feito com cautela; primeiramente porque não existem métodos internacionalmente padronizados para a avaliação da voz e, segundo, porque já foi demonstrado que a Fo varia em função da língua e da cultura da população estudada (Yamazawa & Hollien, 1992).

Na população brasileira, a determinação da Fo foi feita por Behlau et. al. (1985) através de análise espectrográfica computadorizada. Estes autores determinaram os valores daquele parâmetro vocal na emissão de vogais, em crianças com idade entre oito e 12 anos e em adultos na faixa etária de 18 a 45 anos. Posteriormente Navas (1989), do mesmo grupo, analisou crianças de quatro a sete anos com o mesmo método. No conjunto, estes autores observaram valores de Fo mais baixos que os relatados para a língua inglesa.

O presente estudo foi desenvolvido com o propósito primordial de determinar os valores normais da Fo da voz de crianças e adolescentes brasileiros de sete a 18 anos de idade e estudar a sua relação com a idade e o

sexo, para caracterizar a fase em que se processam as alterações mutacionais da voz da nossa população. O estudo justificou-se pelas seguintes razões:

1. os valores de referência da literatura são derivados de estudos que diferem quanto a metodologia empregada;
2. os estudos que determinaram a Fo na população brasileira são escassos, não englobando crianças em fase de muda vocal e;
3. pela importância que representa o conhecimento dos parâmetros vocais de uma população normal para o diagnóstico e tratamento dos distúrbios vocais.

Material e Método

População

Foram analisados 80 indivíduos, de ambos os sexos, com idade entre 7 e 18 anos, selecionados da população escolar de Bauri, sem antecedentes ou evidências de problemas de voz, fala ou audição e tampouco problemas médicos relevantes, em especial, aqueles que afetam o sistema pneumo-fonatório. A história clínica foi levantada através de um questionário aplicado aos pais ou responsáveis e todos os participantes foram submetidos à avaliação fonoarticulatória e audiométrica. Para a inclusão no grupo de estudo não foram consideradas as características raciais.

A amostra selecionada foi dividida em quatro grupos etários: 7-9 anos (fase pré-puberal), 10-12 anos e 13-15 anos (fase puberal) e 16-18 anos (fase pós-puberal). Em cada grupo foram incluídos dez indivíduos do sexo masculino e dez do sexo feminino, tendo sido analisados, no mínimo, cinco indivíduos por idade, o que correspondeu a um total de 40 indivíduos do sexo masculino e 40 do sexo feminino.

Equipamento

O exame foi realizado em cabina tratada acusticamente, no interior da qual o ruído não excede 40 dB(A). Para a análise da Fo foi utilizado

um Sistema Modular analógico (F-J Electronics, Copenhage-Dinamarca) que consta de um pré-amplificador (tipo PA 1100) e de um módulo de extração de Fo (tipo FFM 6502), com painel calibrado em Hertz. A esse sistema foi conectado um microfone dinâmico de baixa impedância AKG tipo D190E. Os sinais acústicos eram filtrados através de filtros passa-banda ajustados para cada indivíduo, de acordo com o nível de frequência fundamental observado em uma análise preliminar da vogal 'a'. O registro das curvas de Fo foi feito em um monitor tipo osciloscópio com memória Curve Display tipo CD 1300 (F-J Electronics, Copenhage-Dinamarca), em escala linear. A calibração do sistema era feita a cada exame, usando sinais de 50 a 500 Hz fornecidos pelo próprio equipamento. A intensidade vocal foi também determinada por meio de um medidor de nível sonoro Entelbra tipo ETB 130A, com painel em dB, usando a curva A.

Procedimento

A análise da Fo e da intensidade vocal foi feita com o indivíduo sentado confortavelmente em uma poltrona especialmente montada para este fim, estando os microfones do analisador de Fo e do medidor de nível sonoro a uma distância fixa de 15 cm da boca do indivíduo. Esta distância permanecia invariável durante todo o exame, tendo em vista que a cabeça do indivíduo respousava sobre um aparador montado no encosto da poltrona e os dois microfones estavam afixados em uma haste presa ao braço da mesma poltrona.

As medidas dos dois parâmetros foram feitas na emissão sustentada da vogal 'a' por cinco segundos numa única expiração, em nível confortável de tonalidade e intensidade. Três repetições eram realizadas. Para fins de análise, utilizou-se a média das três emissões. As medidas foram feitas na porção mantida da emissão da vogal 'a' porque este é considerado um procedimento padrão em análise acústica, que permite avaliar o tom natural ou ótimo da voz determinado pelas características anatômicas e fisiológicas do trato vocal (Fairbanks, 1960 & Hirano, 1981).

Análise estatística

A análise de variância a dois critérios de classificação foi utilizada para analisar a significância das diferenças entre os sexos e entre os grupos etários. Comparações individuais foram feitas utilizando-se o teste de Tukey-Kramer. Valores de $p \leq 0,01$ foram considerados como significantes.

Resultados

Os valores médios da F_0 do grupo masculino e do grupo feminino como um todo (7-18 anos) na produção vocálica sustentada foram, respectivamente, iguais a 177 ± 51 Hz e 211 ± 18 Hz, sendo as emissões produzidas em níveis médios de intensidade de 63 ± 8 dB, no grupo masculino e 59 ± 6 dB, no grupo feminino.

Para estudar as variações da F_0 com a idade e o sexo, a amostra analisada foi dividida em quatro faixas etárias (7-9; 10-12; 13-15 e 16-18 anos). Na tabela 1 são mostrados os valores médios \pm desvio padrão da F_0 calculada para cada grupo etário.

Diferenças da freqüência fundamental entre os sexos

A análise de variância mostrou que o valor de F_0 observado no sexo feminino foi significativamente maior do que o observado no sexo masculino, no grupo como um todo (tabela 2). Por outro lado, a comparação dos sexos por faixa etária, através do teste específico para comparações individuais (Tukey-Kramer), mostrou que nos grupos de crianças de 7-9 anos e 10-12 anos de idade, os valores obtidos não diferiram estatisticamente entre os sexos; já nos grupos de 13-15 anos e 16-18 anos, valores significativamente maiores foram obtidos no sexo feminino (tabela 1, figura 1).

Ainda que não fossem viáveis as comparações estatísticas entre os sexos por idade analisada, em vista do número de indivíduos de cada amostra, os dados obtidos mostraram que a distinção entre vozes masculinas e femininas pareceu ocorrer a partir dos 14 anos de idade, conforme se verifica na figura 2, na qual são apresentados em gráfico de barras os valores médios da F_0 da vogal 'a' em função da idade e do sexo.

Variações da frequência fundamental com a idade

Conforme mostra a tabela 2, a análise de variância mostrou haver uma variação significativa da F_0 com a idade. Por outro lado, a mesma análise demonstrou haver uma interação significativa entre idade e sexo, de modo que, para estudar as variações de F_0 que se processam com a idade e identificar a fonte de variação, os resultados obtidos no sexo masculino e feminino foram analisados separadamente por faixa etária.

Assim, para determinar as diferenças da F_0 entre as idades, o valor médio da F_0 de uma determinada faixa etária do sexo masculino foi comparado com os demais valores médios de F_0 obtidos nas demais faixas etárias do mesmo sexo, ou seja, foram feitas comparações estatísticas entre 7-9 x 10-12; 7-9 x 13-15; 7-9 x 16-18; 10-12 x 13-15; 10-12 x 16-18 e 13-15 x 16-18 anos. O mesmo procedimento foi feito para o sexo feminino. Observou-se, no sexo masculino:

1. não haver diferenças estatisticamente significantes entre os valores médios da F_0 obtidos nas faixas etárias de 7-9 e 10-12 anos e;
2. nas demais comparações as diferenças observadas foram sempre estatisticamente significantes, expressando a existência de um decréscimo da F_0 com a idade. No sexo feminino, o mesmo procedimento revelou não haver diferenças significantes em nenhuma das comparações feitas, expressando que a F_0 não varia de maneira significativa com a idade neste sexo, isto quando os dados são analisados por faixa etária. Estes resultados podem ser visualizados na figura 1.

Discussão

No presente estudo determinou-se a Fo da voz de crianças e adolescentes sem distúrbios laríngeos ou vocais, através de análise acústica, com o objetivo de estabelecer valores de referência em falantes da língua portuguesa e para futuras comparações com populações portadoras de distúrbios que afetam a produção da voz.

Os valores obtidos no presente estudo foram, de modo geral, inferiores aqueles relatados na literatura em indivíduos que falam a língua inglesa. Wilson (1973) definiu uma faixa de frequências aceitáveis para crianças e adolescentes de língua inglesa. Comparando os valores individuais obtidos no presente estudo com estes dados constatamos que 30% dos valores da nossa população situaram-se abaixo desses limites. Valores inferiores aos descritos para a língua inglesa foram também obtidos por Behlau et. al. (1985). Em crianças falantes do português brasileiro com idade entre 8 a 12 anos de ambos os sexos, encontraram um valor médio de Fo de 235,76 Hz. Ressalte-se que este valor é ligeiramente superior aos valores obtidos no presente estudo nas crianças com idade equivalente, o que se pode atribuir a variações metodológicas entre os estudos. O conjunto dessas observações reforçam a importância de se estabelecer os valores de referência próprios para a língua da população a ser examinada e apontam uma vez mais para a necessidade de se uniformizar os métodos de medida.

O estudo das variações da Fo em função da idade e do sexo foram, também, objeto de estudo de nossa investigação. Confirmando os dados da literatura para outras populações (Kent, 1976) verificamos, no presente trabalho, um decréscimo da Fo com a idade, em crianças e adolescentes do sexo masculino na faixa etária de 7 a 18 anos. Nossos resultados mostraram não haver variações expressivas entre os 7 e 12 anos; no entanto, observamos uma nítida distinção entre os valores de Fo obtidos nos adolescentes (13-15 e 16-18 anos) e os obtidos nos meninos (7-9 e 10-12 anos). A análise individual dos dados mostrou que essa distinção se deu em função da redução expressiva da Fo que ocorreu a partir dos 14 anos.

Na literatura ainda não está totalmente definida a idade em que ocorre o agravamento da voz masculina próprio da adolescência, a chamada muda vocal. Hammarberg (1987) descreveu três fases do período mutacional em meninos:

1. uma fase pré-mutacional, durante a qual ocorrem os primeiros sinais de alterações da voz, que se dá por volta dos 9-10 anos de idade;
2. a fase mutacional principal, caracterizada por um decréscimo da Fo em curto período de tempo, ocorrendo por volta dos 13-15 anos e;
3. uma fase de estabilização gradual da Fo que se completa, na maioria dos adolescentes, na idade de 17 anos. Nossos dados coincidem, portanto, com a descrição feita por esta autora, na medida em que vozes mais graves que as das crianças foram observadas nos adolescentes com idade igual ou superior a 14 anos. Apesar do reduzido número de indivíduos analisados por idade, observou-se, aos 15 anos, uma dispersão mais acentuada entre os valores de Fo obtidos, expressa pelo maior desvio padrão encontrado neste grupo em relação aos demais. Isto demonstra que esta idade ainda pode ser considerada como uma fase de transição, na qual podem ou não ser encontrados indivíduos em muda vocal.

No sexo feminino, a literatura mostra que as alterações mutacionais na voz não são tão notáveis, o que se confirmou para a nossa população, uma vez que os valores médios de Fo obtidos nas quatro faixas etárias estudadas não apresentaram diferenças significantes entre si. Estes dados sugerem que, se estas alterações realmente existem, a transição de valores infantis a valores adultos deve ocorrer de maneira gradual e em um tempo longo, não sendo por esta razão detectados em estudos transversais. Michel et. al. (1966) constataram que níveis adultos são alcançados pelas meninas antes dos 15 anos de idade, e, segundo Bennett (1983) isto parece ocorrer aos 12 anos. Confirmando estas observações, foi justamente aos 12 anos em que percebemos um discreto decréscimo dos níveis de frequência fundamental, ainda que não tão nítido como nos meninos. Nossos resultados não permitem, entretanto, inferir que esta seja a fase da muda vocal do sexo feminino.

No que se refere às diferenças de Fo quanto ao sexo, os resultados obtidos demonstraram que a distinção entre vozes masculinas e femininas

só foi constatada nas faixas de 13-15 e 16-18 anos de idade. A análise individual mostrou que esta distinção parece ocorrer a partir dos 14 anos de idade, ou seja, no momento em que se verifica o agravamento da voz masculina. Embora Hazer et. al. (1980) tenham encontrado diferenças significantes de F_0 entre os sexos nas idades de 7 a 10 anos, a maioria dos estudos acústicos, confirmando o presente trabalho, não demonstrou dimorfismo sexual na F_0 antes da puberdade (Fairbanks et. al., 1949 a, b; Weinberg & Bennett, 1971; Vuorenkoski et. al., 1978; Bennett & Weinberg, 1979; Bennett, 1983). Segundo Aronson (1985), a distinção entre vozes masculinas e femininas inicia-se na puberdade e mantém-se até a idade adulta avançada.

Os resultados obtidos a respeito da relação da frequência fundamental com a idade e o sexo encontram suporte em dados anatômicos e fisiológicos. Sabe-se que o crescimento da laringe está sob as mesmas influências que o crescimento somático geral (Kahane, 1982). As evidências mostram que o crescimento da laringe dá-se, primariamente, nos 3 primeiros anos de vida e durante a puberdade (Kent, 1976). De acordo com Aronson (1985), antes da puberdade a laringe de meninos e meninas tem as mesmas dimensões e as mesmas características, o que explica a obtenção, no presente estudo, bem como naqueles conduzidos em outras populações, de valores de frequência fundamental semelhantes entre os sexos. Na puberdade, sob a influência dos hormônios sexuais (Bateman & Mason, 1984), o crescimento das cartilagens laríngeas ocorre em ambos os sexos; porém, nos meninos, esse crescimento supera em mais de duas vezes os das meninas, especialmente na dimensão antero-posterior (Kahane, 1982; Aronson, 1985), o que explica o fato dos homens apresentarem pregas vocais com comprimento natural, espessura e massa de vibração maiores que as mulheres e as crianças (Proctor, 1964; Minifie, et. al., 1973). São estas características que conferem à voz masculina pós-puberal uma frequência fundamental mais baixa, conforme observação feita na população estudada.

TABELA 1 - Valores médios da frequência fundamental (Fo) expressos em Hz na emissão da vogal “a” obtidos em crianças e jovens, distribuídos segundo a faixa etária e o sexo

Sexo	Idade (anos)			
	7-9	10-12	13-15	16-18
MASC	217 ± 24 (10)	210 ± 26 (10)	167 ± 52 (10)	114 ± 9 (10)
FEM	227 ± 16 (10)	217 ± 19 (10)	198 ± 13* (10)	203 ± 108* (10)

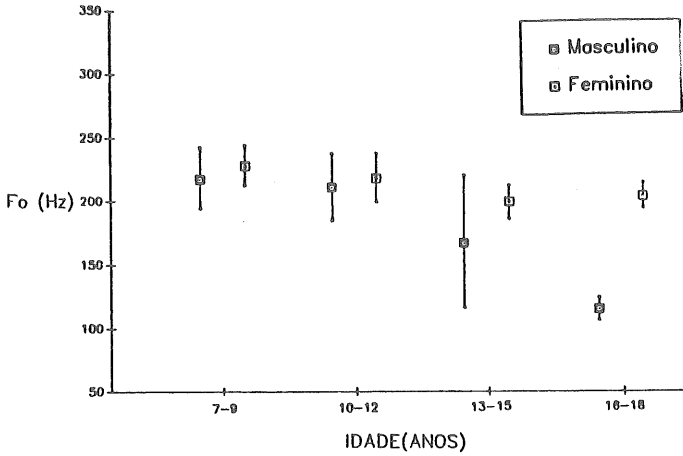
X ± DP ()n * p ≤ 0,01 (sexos masculino x feminino)

TABELA 2 - Análise de variância da frequência fundamental na emissão da vogal “a”.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Sexo	23461,25	1	23461,25	37,97*
Idade	50117,50	3	16705,83	27,03*
Sexo x Idade	21726,25	3	7242,08	11,72*
Resíduo	44493,25	72	617,96	
Total	139798,30	79		

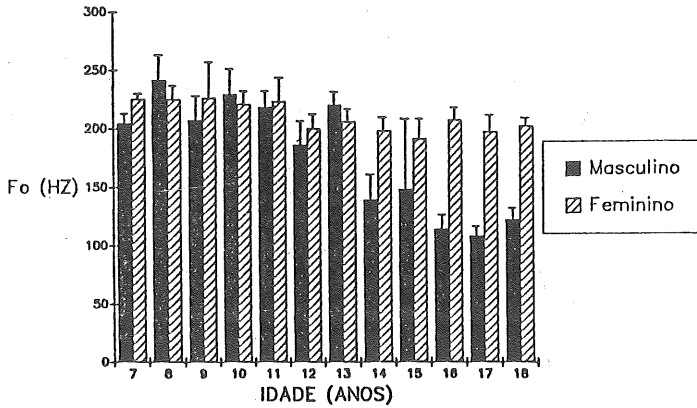
* p < 0,01

Figura 1



Valores médios da frequência fundamental (Fo) na emissão da vogal [a], obtidos nas crianças e adolescentes, distribuídos segundo a faixa etária e o sexo.

Figura 2



Valores médios da frequência fundamental (Fo) na emissão da vogal [a], obtidos nas crianças e adolescentes, distribuídos segundo a idade e o sexo.

Resumo

O presente trabalho teve por objetivos estabelecer os valores normais da frequência fundamental (Fo) da voz de crianças e adolescentes, e estudar sua relação com a idade e o sexo. A Fo foi determinada por meio de análise acústica na emissão da vogal 'a' em 80 indivíduos normais, de ambos os sexos, com idade entre 7 e 18 anos. Os valores médios da Fo obtidos nos grupos masculino e feminino foram de 177 ± 51 e 211 ± 18 Hz, respectivamente. Observou-se decréscimo significativo da Fo com a idade apenas no sexo masculino, ocorrendo queda mais marcante aos 14 anos, após o que constatou-se diferença significativa da Fo entre os sexos.

Abstract

The purpose of this investigation was to determine the normal values of the voice fundamental frequency (Fo) of Brazilian-Portuguese speaking children and adolescents and to determine its relation with age and sex. Fo was evaluated by acoustical analysis during the production of the vowel 'a' in 80 normal subjects of both sexes, aged from 7 to 18 years. The mean Fo values were 177 ± 51 and 211 ± 18 Hz for the male and female groups, respectively. A significant decrease of the Fo with age was observed only in the male group. The decrease was more notable at the age of 14 years. Frequency distinction between sexes was definitely established after this age.

Referências Bibliográficas

- ARONSON, A.E. *Clinical voice disorders*. 2ª ed. New York, Thieme, 1985.
- BATEMAN, H.E. & MASON, R.M. *Applied anatomy and physiology of the speech and hearing mechanism*. Springfield, Charles C. Thomas, 1984.
- BEHLAU, M.S. et. al. Determinação da frequência fundamental e suas variações em altura ("jitter") e intensidade ("shimmer"), para falantes do português brasileiro. *Acta AWHO*, 4: 5-10, 1985.
- BENNETT, S. A 3-year longitudinal study of school - aged children's fundamental frequencies. *J. Speech Res.*, 26:137-42, 1983.
- BENNETT, S. & WEINBERG, B. Acoustic correlates of perceived sexual identity in preadolescent children's voices. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 66:989-1000, 1979.
- FAIRBANKS, G. *Voice and articulation drillbook*. 2ª ed. New York, Harper Bros., 1960.
- FAIRBANKS, G. et. al. An acoustical study of vocal pitch in seven and eight-year old girls. *Child Develop.* 20:71-78, 1949a.
- FAIRBANKS, G. et. al. An acoustical study of vocal pitch in seven and eight-year old boys. *Child Develop.* 20:63-69, 1949b.
- FEUDO, JR., P. Evaluation and rehabilitation in voice disorders. *Otolaryng. Clin. N. Amer.*, 17:81-9, 1984.
- HAMMARBERG, B. Pitch and quality characteristics of mutational voice disorders before and after therapy. *Folia Phoniatr.*, 39:204-16, 1987.
- HAZEK, C.S. et. al. Acoustic attributes of preadolescent voices. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 68: 1262-5, 1980.
- HIRANO, M. *Clinical examination of voice*. Wien, Springer-Verlag, 1981.
- HIRANO, M. Objective evaluation of the human voice: clinical aspects. *Folia Phoniatr.*, 41: 89-144, 1989.
- HORII, Y. Automatic analysis of voice fundamental frequency and intensity using a visi-pitch. *J. Speech Res.*, 26: 467-71, 1983.

- KAHANE, J.C. Anatomy and physiology of the organs of the peripheral speech mechanism. In: LASS, N.J. et. al.; eds. *Speech, language and hearing*. Philadelphia, W.B. Saunders, 1982. v. 1; pp. 109-55.
- KENT, R.D. Anatomical and neuromuscular maturation of the speech mechanism: evidence from acoustic studies. *J. Speech Res.*, 19: 421-47, 1976.
- MICHEL, J.F. et. al. Speaking fundamental frequency characteristics of 15, 16 and 17 year-old girls. *Language & Speech.*, 9:46-51, 1966.
- MINIFIE, F.D. et. al. *Normal aspects of speech, hearing and language*. New Jersey, Prentice - Hall, 1973.
- NAVAS, D.M. Análise computadorizada de freqüência fundamental e suas variações em altura ("Jitter") e intensidade ("Shimmer") de vozes de crianças da cidade de São Paulo. *Pró-Fono*, 1: 17-22, 1989.
- PETERSON, G.E. & BARNEY, H.L. Control methods used in a study of the vowels. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 24: 175-84, 1952.
- PROCTOR, D.F. Physiology of the upper airway. In: FENN, W.O. & RAHN, H.; eds. *Handbook of physiology*. Washington, American Physiological Society, 1964. v. 1; pp. 309-45.
- VUORENKOSKI, V. et. al. Fundamental voice frequency during normal and abnormal growth; and after androgen treatment. *Arch. Dis. Childh.*, 53:201-9, 1978.
- WEINBERG, B. & BENNETT, S. Speaker sex recognition of 5-and 6-year-old children's voices. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 50:1210-3, 1971.
- WILSON, K. *Problemas de la voz en los niños*. Buenos Aires, Panamericana, 1973.
- YAMAZAWA, H. & HOLLIEN, H. Speaking fundamental frequency patterns of japanese women. *Phonetica*, 49:128-140, 1992.