



IAPO-Interamerican Association of
Pediatric Otorhinolaryngology

A Importância da Bioclimatologia na Saúde das Vias Aéreas

Marcelo Miguel Hueb

O ser humano, além de outros mamíferos e aves, tem a capacidade de manter a temperatura corporal (**homeotermia**) por meio de mecanismos comportamentais e fisiológicos de produção (**termogênese**) ou dissipação (**termólise**) de calor, evaporativos ou não (vasoconstricção, vasodilatação, sudorese, taquipnéia ou bradipnéia, aumento ou diminuição do metabolismo, etc.). Estes mecanismos são geralmente desencadeados pela captação sensorial de informações referentes à temperatura ambiental e sofrem forte controle hipotalâmico. Associada a esta capacidade homeotérmica, a distribuição de calor pelo corpo não é uniforme, obedecendo a necessidades locais de determinados órgãos e situações, sendo governada por um gradiente térmico corporal centrífugo ¹.

Apesar destes mecanismos fisiológicos (**rápidos e lentos**) envolvidos na homeotermia, existem faixas de temperatura ambiente onde um mínimo esforço é requerido ao organismo para manter constante a temperatura corporal (**zona de conforto térmico**). Acima e abaixo desta zona de conforto térmico, podem ser atingidas as **zonas de temperatura crítica** (temperatura crítica máxima e temperatura crítica mínima) e até mesmo de **temperatura letal** (superior e inferior).

Mesmo sendo um **eurobionte**, ou seja, adapta-se com facilidade às mais diferentes condições, o ser humano sofre influências destas alterações e do eventual desenvolvimento de processos fisiopatológicos e de outros fatores que compõem o **meio** em que vivemos, os denominados fatores **ecobióticos** (radiação solar e temperatura ambiente, pressão atmosférica, ventos, umidade e também, marcadamente, a poluição). De maneira semelhante, estas variações das condições térmicas ambientais induzem ao desencadeamento de mecanismos termo-reguladores que envolve inclusive alterações na frequência respiratória. Variações de umidade, ventos, pressão e poluição induzem também a outras alterações orgânicas, especialmente no **sistema mucociliar** do aparelho respiratório.

O sistema mucociliar, um tapete de células ciliadas com uma cobertura de muco, reveste extensamente o aparelho respiratório e participa ativamente nos mecanismos de aquecimento, umidificação e filtração do ar inspirado e ainda, na defesa local. As alterações no funcionamento deste sistema mucociliar podem ocasionar alterações na qualidade do ar inspirado e conseqüentemente, disfunções respiratórias de intensidades variáveis, bem como propiciar a instalação de processos inflamatórios e infecciosos nas vias respiratórias. Estas alterações podem prejudicar sobremaneira o desempenho seqüencial de inúmeras outras funções orgânicas dependentes do aparelho respiratório.

Incluído neste contexto e sujeito a estas alterações como parte integrante do

ciclo da vida, o ser humano necessita deste meio para sua sobrevivência e interage plenamente com o mesmo. A utilização do sistema respiratório, essencial à homeostase corpórea e para o desenvolvimento de atividades físicas e intelectuais é característica marcante deste processo de sobrevivência. Integrando a biologia e a atmosfera, tendo como escala temporal as quatro estações do ano ou mesmo intervalos de tempo maiores, a **bioclimatologia** é justamente a ciência ecológica que estuda estas relações entre o clima e a distribuição dos seres vivos na Terra. A importância deste assunto, já abordado por Hipócrates em seu tratado *De aëre, aquis et locis*, e as resultantes biológicas adaptativas temporárias ou permanentes, positivas ou negativas, leves ou até mesmo fatais, ressalta o objetivo deste capítulo em demonstrar a importante influência dos fatores ecobióticos no funcionamento do sistema mucociliar².

Sistema mucociliar

O epitélio respiratório das cavidades nasais tem continuidade com aquele das cavidades paranasais e dos ouvidos, além de também ter continuidade com o epitélio da rinofaringe, orofaringe e faringolaringe, com características específicas localmente (epitélio de transição). Estas características locais sofrem adequações fisiológicas importantes para o desempenho de funções específicas (e.g. cobertura epitelial das pregas vocais), tendo este epitélio respiratório continuidade através da traquéia, brônquios, bronquíolos e alvéolos pulmonares.

A nível nasal, este epitélio é marcadamente pseudo-estratificado colunar, ciliado em 80% das células, sendo o restante distribuído em células não ciliadas, basais e caliciformes, além do epitélio olfatório. Amplamente innervado, recebe fibras sensitivas olfatórias e autonômicas, estas últimas relacionadas ao sistema vascular sinusoidal submucoso, possibilitando o aumento volumétrico de estruturas como as conchas nasais. A célula ciliada, maior componente do epitélio nasal, tem cílios com capacidade vibrátil com frequência aproximada de 10 a 20 Hz, que produzem uma movimentação do filme de muco em torno de 1 a 2 cm/minuto.

Este filme mucoso contém material seromucoso, plasma exsudado, lágrima, células epiteliais imunocompetentes, sendo constituído principalmente por água (95%), elementos orgânicos (3%) e minerais (2%). Com pH ligeiramente ácido e uma espessura variável entre 10 μ a 15 μ , contém uma camada mais fluída (fase sol), em contato contínuo com as células/cílios e uma camada mais densa e superficial (fase gel); suas características reológicas devem-se a glicoproteínas neutras (fucomucina) e ácidas (sialomucina e sulfomucina). A presença de albumina, lisozima, lactoferrina, imunoglobulinas, interferon, histamina, prostaglandinas, leucotrienos, dentre outras substâncias, além de polimorfonucleares, basófilos e outras células imunocompetentes, cujo substrato de origem é o próprio epitélio e sua camada submucosa, conferem as características indispensáveis de defesa local. Inespecificamente retêm partículas com diâmetro maior que 10 μ no nariz e faringe, ao passo que entre 10 μ e 5 μ são retidas difusamente nas vias áreas até os brônquios. Os pulmões recebem diretamente partículas com diâmetro entre 5 μ e 2 μ , sendo que abaixo disto o contato se faz diretamente com os alvéolos pulmonares.

Em condições estruturais normais de permeabilidade nasal e do óstio-meatal e condições imunológicas adequadas, com funcionamento ciliar preservado e com o filme mucoso em quantidade e qualidade ideais, na presença de condições atmosféricas favoráveis, este sistema mucociliar tem capacidade de desempenhar plenamente suas funções de preparo do ar inspirado, depuração de gases, partículas, microorganismos e defesa local.

Inúmeras condições desfavoráveis, locais ou sistêmicas ou causadas por agentes externos, podem ocasionar disfunções mucociliares com ou sem manifestações clínicas:

- alterações das condições estruturais e funcionais locais, congênitas e/ou adquiridas, como discinesias ciliares, atresia/estenose de coana, disostoses crânio-faciais, polipose nasossinusal, tumorações benignas e malignas, deformidades septais, hipertrofia das conchas nasais, trauma, etc.;
- condições sistêmicas alteradas como disfunções imunológicas temporárias ou permanentes, alterações hormonais (gravidez, uso de anticoncepcionais), anemia, desidratação, desnutrição, senilidade, refluxo gastroesofágico, etc.;
- exposição a fatores externos infecciosos (vírus, fungos, bactérias), alergênicos (poeira domiciliar, fungos, ácaros, pólen, insetos, etc.), substâncias químicas e à poluição (cloro, cádmio, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, fluoreto, ozônio, formaldeído, azoto, compostos orgânicos voláteis, material particulado e poeira ultrafina), cigarro e outros odores fortes, alterações/variações meteorológicas bruscas, ao uso de irritantes tópicos (medicamentos em gotas, fármacos), etc.

Desta forma, as disfunções mucociliares podem ocorrer em graus de intensidade variada, eventualmente sem manifestações sintomatológicas. Sob este prisma, a mucosa nasal pode ser considerada normal apenas ao “olhar” clínico, em relação à sintomatologia, sendo difícil considerá-la normal sob o ponto de vista microscópico³. Esta inflamação subclínica culmina com uma apresentação fisiopatológica das rinites, influenciando diretamente em suas manifestações clínicas clássicas e nas classificações adotadas.

Interação entre Tempo e Clima e o Sistema Mucociliar

O **tempo** nada mais é do que a condição momentânea, definida por adjetivos variados, incluindo tempo chuvoso, seco, quente, frio, nublado, ensolarado, nevando, etc., com variadas combinações. As repetições destas condições momentâneas, ou tempo, definem o que chamamos de **clima**, geralmente caracterizado pela sucessão de tempos repetitivamente ao longo dos anos, ocasionando climas quentes, temperados, frios, mediterrâneos, etc. Estes processos climáticos, por sua vez, influenciam sobremaneira a distribuição geográfica, as características físicas e as propriedades dos seres vivos.

Os seres humanos, por suas características eurobiontes, geralmente se adaptam às mudanças de tempo e clima. Entretanto, em condições desfavoráveis (bioclima urbano – poluição da terra, água e ar, poluição sonora, ilhas de poluição e/ou calor) ou em alterações bruscas, temporárias ou sustentadas, pode ocorrer prejuízo à adaptação ao meio (representado pelos fatores ecobióticos). Estas condições, agravadas ou não por fatores como a inversão térmica, podem ultrapassar a

capacidade eurobionte humana e ocasionar prejuízos orgânicos. Os efeitos incluem desde doenças cárdio-vasculares, doenças respiratórias inflamatórias e infecciosas pela exposição a poluentes, desconforto, lesões e até mortes relacionadas aos extremos de frio e calor, lesões secundárias a desastres naturais e ainda, alterações psicológicas pelo estresse sócio-ambiental ⁴⁻⁷.

Em indivíduos clinicamente normais ou sem antecedentes prévios de doenças nasossinusais, estes prejuízos podem se limitar a fenômenos de ressecamento e obstrução nasal, eventualmente com manifestações hemorrágicas. Em contrapartida, em indivíduos com alterações prévias nestas regiões, podem aparecer condições para o desenvolvimento/agravamento de disfunções respiratórias, processos alérgicos e infecciosos, por vezes, repetitivamente, com as suas conseqüentes manifestações clínicas. Neste sentido e conforme ressaltado anteriormente, a mucosa respiratória, em especial a nasal, pode ser considerada como sempre estar apresentando alterações compatíveis com processos inflamatórios em evolução.

Esta inflamação continuada tem sido corroborada na demonstração de um aumento na freqüência de alergia respiratória induzida por pólen em pessoas vivendo em ambientes urbanos, facilitado pelo processo inflamatório das vias respiratórias, secundário à exposição ao ambiente poluído ⁸⁻⁹. Os poluentes aéreos podem promover uma sensibilização inespecífica do epitélio ciliar, modulando a alergenicidade, além de uma facilitação local à interação entre alérgenos e células do sistema imune, pela estase e diminuição da depuração mucociliar. A rinopatia alérgica e a bronquite asmática, pelos seus mecanismos fisiopatológicos e imunopatogênicos relacionados e dependentes de condições ambientais, fortalecem o conceito de uma via respiratória única ¹⁰⁻¹¹. Detectada mais recentemente, a poeira ultrafina (diâmetro até 0,0025 mm) exemplifica esta questão, atingindo diretamente os pulmões e daí a corrente circulatória, ocasionando alterações pulmonares (coriza, crises esternutatórias, asma, tosse) e cardiovasculares (infarto, trombose, aterosclerose).

As alterações nas condições locais (e.g. ressecamento e estase do filme mucoso ou aumento da umidade local, barreiras físicas, diminuição ou abolição dos batimentos ciliares) e o funcionamento como uma via respiratória única podem ainda propiciar a instalação e proliferação de agentes infecciosos, pelos motivos expostos acima. Está amplamente demonstrada na literatura médica a relação entre as disfunções do sistema mucociliar e a instalação de processos infecciosos nasossinusais e broncopulmonares.

A instalação de qualquer agente infeccioso é ressaltada por Murray em seu tratado de Microbiologia Médica, como sendo fortemente dependente de fatores locais ¹²:

- vírus: condições locais da porta de entrada, acesso ao órgão alvo, tropismo tecidual, permissividade celular à replicação viral;
- bactérias: aderência ao tecido alvo, invasão, replicação;
- fungos: quebra das barreiras de proteção da pele e mucosa.

Esta disfunção mucociliar localizada, associada ao aumento na umidade relativa do ar e a infecções do aparelho respiratório, pode ainda favorecer a instalação e estado de portador de meningococo não capsulado no sistema mucociliar, aumentando o risco epidemiológico de meningite meningocócica por sorotipos não vacinais¹³.

Conclusões

Entre a ampla gama de fatores que podem ocasionar alterações funcionais do aparelho respiratório, deve ser sempre ressaltada a influência relevante dos agentes ecobióticos. A compreensão e a identificação corretas da participação destes fatores no desencadeamento ou no agravamento de condições respiratórias, com suas conseqüências locais e sistêmicas no organismo humano, podem minimizar ou até mesmo abolir algumas destas condições. Neste aspecto, medidas fisiológicas, médicas e culturais devem ser tomadas:

- no que concerne às mudanças climáticas já estabelecidas, **medidas adaptativas individuais** devem ser efetivadas. A orientação e terapêutica médicas são essenciais em casos de doenças agudas ou crônicas em atividade;
- indivíduos sensíveis e predispostos a alterações no sistema mucociliar ou mesmo com antecedentes destas alterações relacionados ao tempo/clima, devem ser sempre orientados a buscar avaliações médicas especializadas e serem tratados preventivamente (hidratação local e sistêmica, vacinações, uso de medicamentos específicos – e.g. antihistamínicos) nas épocas/estações do ano em que sejam mais sensíveis. A detecção precoce de alterações meteorológicas (e.g. previsão do tempo - extremos térmicos, higrométricos e barométricos, avaliação climatológica prévia em viagens) deve ser sempre procurada. A conscientização e a busca por estas informações partem da orientação médica, e também são de responsabilidade do próprio indivíduo ou seus cuidadores, caracterizando a necessidade de **medidas preventivas individuais**;
- por fim, a associação entre a conscientização do médico e da população sobre a influência importante da bioclimatologia na saúde das vias aéreas requer uma ação contínua, conjunta e premente, até mesmo na arquitetura bioclimatológica (ventilação, sombreamento, resfriamento, aquecimento, umidificação, etc.) de edificações familiares e públicas. A pressão e a influência nas políticas e projetos governamentais em âmbito local, regional, nacional e global devem sempre ser buscadas, desencadeando, cada vez, mais **medidas adaptativas e preventivas ambientais**.

Referências bibliográficas

1. Disponível em Rivas-Martinez - <http://www.globalbioclimatics.org>
2. Disponível em <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/10900/air-waters-and-places>
3. Mygind N, Winther B. Light and scanning electron microscopy of the nasal mucosa. Acta Otolaryngol., 84:281-86, 1979.

4. Diaz JH. Global climate changes, natural disasters, and travel health risks. *J.Travel Med.*, 13:361-72, 2006.
5. Patz JA, Olson SH. Climate change and health: global to local influences on disease risk. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, 100:535-49, 2006.
6. Sarfaty M, Abouzaid S. The physician's response to climate change. *Fam. Med.*, 41(5):358-63, 2009.
7. Knol AB, de Hartog JJ, Boogaard H, Slottje P, van der Sluijs JP, Lebrecht E, Cassee FR, Wardekker JA, Ayres JG, Borm PJ, Brunekreef B, Donaldson K, Forastiere F, Holgate ST, Kreyling WG, Nemery B, Pekkanen J, Stone V, Wichmann HE, Hoek G. Expert elicitation on ultrafine particles: likelihood of health effects and causal pathways. Part. *Fibre Toxicol.*, 24;6(1):19, 2009.
8. D'Amato G, Liccardi G, D'Amato M, Cazzola M. The role of outdoor air pollution and climatic changes on the rising trends in respiratory allergy. *Resp. Med.*, 95:606-11, 2001.
9. D'Amato G, Cecchi L. Effects of climate change on environmental factors in respiratory allergic diseases. *Clin. Exp. Allergy*, 38:1264-74, 2008.
10. Bousquet J, Van Cauwenberge P and Khaltaev N. Allergic rhinitis and its impact on asthma. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 108:S147-334, 2001.
11. Brozek JL, Baena-Cagnani CE, Bonini S, Canonica GW, Rasi G, van Wijk RG, Zuberbier T, Guyatt G, Bousquet J, Schünemann HJ. Methodology for development of the Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma guideline 2008 update. *Allergy*, 63:38-46, 2008.
12. Murray PR, Rosenthal KS, Kobayashi GS, Pfaller MA. *Medical Microbiology*. 3rd ed., Mosby, 1998.
13. Mueller JE, Yaro S, Madec Y, Somda PK, Idohou RS, Lafourcade BM, Drabo A, Tarnagda Z, Sangaré L, Traoré Y, Fontanet A, Gessner BD. Association of respiratory tract infection symptoms and air humidity with meningococcal carriage in Burkina Faso. *Trop. Med. Int. Health*, 13:1543-52, 2008.