

PRINCÍPIOS DE FÍSICO QUÍMICA APLICADOS À ENFERMAGEM *

Leda Mattos Kober **

CAPITULO VI

CALOR E TEMPERATURA

Calor é uma forma de energia na qual tôdas as outras formas podem ser convertidas.

Durante muito tempo não se fez distinção entre calor e temperatura.

O conteúdo de calor de um objeto pode ser interpretado como a energia mecânica do movimento dos átomos e moléculas do objeto. O calor define portanto uma quantidade de energia.

O conceito de temperatura surgiu das percepções sensitivas de calor e frio. Quando colocamos a mão na água de dois recipientes, um com água quente e outro com água fria, podemos dizer qual dêles contém água mais quente.

Esta é uma medida qualificativa de temperatura e como a nossa percepção é limitada, é de pouco valor. A temperatura mede a intensidade do calor.

Existem muitas propriedades físicas da matéria que mudam com a temperatura. Estas propriedades são chamadas termométricas. Podemos usar uma destas propriedades e uma substância termométrica para construir um dispositivo que nos dê a medida quantitativa da temperatura. Os termômetros são aparelhos usados na mudança de comprimento de uma coluna de mercúrio, de álcool ou de outro qualquer líquido quando aquecidos.

Quando um objeto quente é colocado na presença de outro objeto frio, o 1º se resfria e o segundo se aquece, dando a mesma sensação de temperatura.

* 3ª parte do trabalho cuja publicação foi iniciada no Vol 2 IV: 2 desta Revista

** Professora de Bioquímica, Nutrição e Dietética, Escola de Enfermagem da USP

Dizemos que os 2 objetos estão em equilíbrio de temperatura. A medida de temperatura pelo termômetro é baseada no fato de que, no fim de algum tempo, existe um equilíbrio de temperatura entre o termômetro e o objeto que está em contato com êle e cuja temperatura queremos medir.

TERMOMETRIA

Antes de haver sido descoberto o termômetro, a temperatura do corpo éra medida qualitativamente pela palpação da pele.

Em 1931, Jean Rey usou um bulbo de vidro provido de uma haste metálica contendo água, para medir a temperatura de seus pacientes.

Em 1709 Fahrenheit inventou um termômetro de água e mais tarde, um de mercúrio.

O bulbo do termômetro contém uma quantidade relativamente grande de mercúrio e como está unido a um tubo capilar, uma pequena dilatação do mercúrio, provoca uma grande variação na posição do mesmo dentro do tubo.

No termômetro clínico, o nível do mercúrio permanece no máximo até que êste seja sacudido. Um estreitamento do tubo, logo acima do bulbo, impede que o mercúrio volte. Como a temperatura do corpo humano oscila geralmente entre 35°C e 42°C, os limites da escala no termômetro clínico são estes.

Como o grau, esta subdividido em 10 partes iguais, permite a leitura da temperatura até décimo de grau.

Os termômetros orais são construídos com bulbo mais longo e absorvem calor com mais facilidade, pois a superfície do mercúrio exposta ao calor é maior.

Os termômetros retais são curtos e com paredes grossas registrando a temperatura mais devagar.

O uso do mercurio em termômetros tem muitas vantagens tais como :

a) o mercúrio é opaco, o que favorece a leitura através do vidro;

b) é muito bom condutor de calor;

c) tem grande força de coesão, não aderindo às paredes do tubo, o que daria êrro;

d) expande-se rapidamente;

e) tem baixo P. congelação (-38,8°C) e ponto de ebulição alto (356°C)

O álcool nos dá um termômetro mais barato, mas precisa ser colorido, para que a leitura seja feita com maior precisão. Outra desvantagem do uso de álcool nos termômetros é que só podemos medir temperaturas entre -130°C que é seu ponto de congelação e 78°C, seu ponto de ebulição.

Ele pode ser usado em países frios onde o mercúrio se congelaria.

Os termômetros muitas vezes têm forma hexagonal para evitar que role e se quebre.

Quando medimos a temperatura corporal, sabemos que o corpo do paciente e o termômetro estão à mesma temperatura. Porém, o número de moléculas em movimento no corpo do paciente é maior do que no termômetro. Como é o movimento das moléculas que nos indios a energia cinética, o corpo tem maior energia cinética que o termômetro. Assim, embora as temperaturas sejam iguais, o corpo tem uma quantidade de calor maior.

Conversão de escalas termométricas

Atualmente a maioria dos países, inclusive o Brasil, adotam a escala centígrada, embora nos países de língua inglesa ainda seja usada a Fahrenheit.

Em um termômetro padrão de escala centígrada o ponto 0 e o ponto 100 correspondem respectivamente à temperatura de congelação e de ebulição da água.

Esses pontos marcam, nas temperaturas acima consideradas, o nível atingido pela expansão e retração do líquido dentro do termômetro. O espaço entre os dois pontos é dividido em cem partes iguais e cada divisão corresponde a 1°.

Na escala Fahrenheit o ponto de ebulição da água corresponde a 212°, e o de congelação 32°. Entre o ponto de congelação e o de ebulição da água há 180 graus Fahrenheit.

Para convertermos a escala Fahrenheit em centígrada basta subtrair 32 graus e multiplicar por 5/9. Exemplo: uma pessoa apresenta uma temperatura de 98,5°F. Qual será sua temperatura em grau centígrados?

$$(98,5 - 32) \times \frac{5}{9} = 36,9^{\circ}\text{C}$$

Para transformar a escala centígrada em Fahrenheit multiplicamos por 9/5 e adicionamos 32. Exemplo: O mercúrio ferve a 356°C. Qual o seu ponto de ebulição em grau Fahrenheit?

$$(356 \times \frac{9}{5}) + 32 = 670,8^{\circ}\text{F}$$

A medida quantitativa do calor é feita usando-se como unidade a caloria (cal.).

Caloria é a quantidade de calor necessária para elevar de 1°C a temperatura de uma grama de água.

TRANSFERÊNCIA DE CALOR

O calor tende a distribuir-se espontaneamente entre corpos que se acham a temperatura diferentes.

A troca de calor entre corpos em temperaturas diferentes pode ocorrer de três maneiras:

- a) condução
- b) convecção
- c) irradiação

Condução é a transmissão de calor de uma parte a outra de um mesmo corpo, ou de um corpo a outro em contacto com ele, sem deslocamento apreciável das partículas do corpo. Este tipo de transmissão de calor é mais comum nos sólidos, embora ocorra também nos líquidos e gases, acompanhado pela transmissão por convecção.

As substâncias más condutoras de calor são chamadas isolantes.

O conhecimento da condutividade de um material é muito importante em enfermagem. Sabemos que a borracha conduz mal o calor e que o metal tem grande condutividade. Assim, quando aplicamos calor a um paciente usamos uma bolsa de borracha e não de metal, porque o metal conduzirá o calor ao paciente tão rapidamente, que provocará queimaduras. Sabemos que o ar tem uma condutividade térmica menor que a borracha. Para impedir a passagem muito rápida do calor para o corpo do paciente, envolvemos a bolsa de borracha em uma flanela, que além de ter condutividade menor que a borracha, ainda mantém entre ela e a borracha uma camada de ar que funciona como isolante.

Assim o calor passa da água para a borracha, desta para o ar, do ar para a flanela e finalmente da flanela para o corpo.

Na tabela abaixo podemos comparar a condutividade térmica de vários materiais. A Condutividade térmica é a quantidade de calor em calorias a qual é transmitida por segundo, através de uma placa de 1 cm de espessura e 1cm^2 de área, quando a diferença de temperatura é de 1°C (tabela XLV).

XIV Condutividade Térmica (Temperatura ambiente)

Aço	0,18	Borracha	0,00045
Água	0,0014	Ebonite	0,00042
Vidro	0,0025	Flanela	0,00023
Cortiça	0,00073	Ar	0,000057

A água é vinte e oito vezes melhor condutora de calor que o ar, por isso devemos sempre enxugar a bolsa de borracha, antes de colocá-la no paciente.

A perda de calor do corpo por condução é determinada pela área do corpo exposta. No inverno, quando a perda de calor deve ser evitada, a superfície corporal exposta deve ser pequena, enquanto que no verão o contato do corpo com o meio ambiente deve ser maior. A superfície exposta no ar é controlada pelas roupas. Como em geral o corpo é mais quente que o meio ambiente, o uso de roupas impede a perda de calor, porque entre a roupa e o corpo fica uma camada de ar que é mau condutor de calor. Como este ar é estacionário, não havendo correntes de convecção, há pouca perda de calor.

A perda de calor corporal também é afetada pela natureza do tecido subcutâneo. Pessoas com uma camada maior de gordura, sendo esta má condutora de calor, perdem menos calor através da pele.

Se não houver movimentação do ar ao redor do corpo, a perda será menor. Se o ar estiver em movimento, as partículas de ar que foram aquecidas em contato com o corpo, serão removidas da superfície corporal, e uma quantidade de calor adicional chegará à superfície. Assim o corpo irá perdendo continuamente calor.

Convecção. Nos fluidos em geral a transmissão se dá por convecção. É um processo mecânico onde não há somente transmissão de energia mas também movimento de partículas materiais.

Aquecendo-se um fluido, nota-se que as partículas mais quentes, tornam-se mais leves e sobem e as partículas mais frias descem. Cria-se uma corrente do fluido em certo sentido; esta corrente é chamada de convecção.

Se a transferência de calor é conseguida pela movimentação forçada do fluido, por exemplo, com um ventilador, a convecção é dita forçada.

Irradiação é a forma de transmissão de calor que não pressupõe a existência de um meio material. O calor é transportado por meio de vibrações eletromagnéticas da mesma natureza que as ondas luminosas.

É a maneira pela qual o calor do sol é enviado à terra.

Naturalmente, a transmissão de calor nunca é realizada de uma única forma, mas geralmente é a superposição das 2 ou 3 vias de transmissão. Assim, quando citamos o exemplo da perda de calor por condução, sabemos que pode haver perda por convecção e irradiação.

O calor produzido internamente por processos oxidativos chega à superfície do corpo por condução. Por este mesmo processo passa o ar que circunda o corpo, mas como no

ar existem correntes de convecção, que são tanto mais intensas quanto maior a movimentação do ar, as partículas de ar quente sobem e as de ar frio descem, resfriando o corpo.

O calor também é perdido por irradiação, pois todos os objetos, os que se encontram a temperatura de zero grau absoluto, perdem calor por irradiação.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

A luz solar, ao atravessar um prisma, se decompõe em várias radiações de cores diferentes. Este fenômeno recebe o nome de dispersão da luz. O conjunto das faixas coloridas obtidas por dispersão (fig. 28) constituem o espectro luminoso e é formado de faixas de várias cores:

vermelho	verde
alaranjado	azul
	anil
amarelo	violeta

Quando recebemos o espectro da luz branca sobre uma chapa fotográfica, vemos que a zona onde há maior redução do sal de prata fica fora da região visível e ao lado da violeta, constituindo a região ultravioleta.

Da mesma maneira, percorrendo o espectro com um termômetro, verificamos que na zona adjacente ao vermelho há maior desenvolvimento de calor. Os raios além do vermelho, como são conhecidos com Raios infravermelhos. Concluímos então que, além do espectro visível, existem radiações que não impressionam a retina, mas que produzem efeitos caloríficos e químicos. Estas radiações têm comprimentos de ondas diferentes das do espectro visível. Os raios infravermelhos têm comprimento de onda maior e os ultravioletas menor do que o das radiações visíveis.

Com as mesmas características gerais da luz existem outras formas de energia, tais como os Raios X e as ondas hertzianas, motivo pelo qual estas diversas formas de energia são chamadas energia radiante.

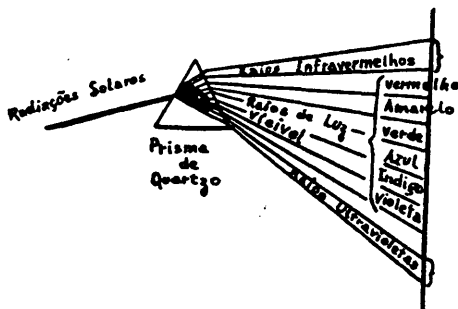


Fig. 28 Componentes das Radiações Solares

Há muitas formas de energia radiante, mas todas apresentam características em comum. Assim estas radiações são transmitidas através do espaço sem um meio material intermediário e têm uma velocidade de propagação de 300.000 km por segundo. Elas são chamadas radiações eletromagnéticas.

No esquema abaixo distribuimos os vários tipos de ondas eletromagnéticas de acordo com seus comprimentos de onda. Como vemos apenas uma pequena porção do espectro eletromagnético consiste de luz visível. (7500 a 38100 A) fig. 29

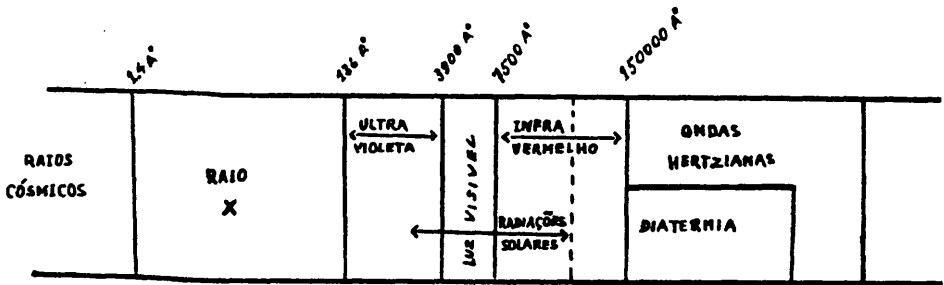


Fig. 29 Espectro Eletromagnético

Cada radiação eletromagnética tem um comprimento de onda, que, por ser muito pequeno, é medido em uma unidade chamada **ANGSTROM (A)**, que corresponde a um centésimo milionésimo de centímetro.

Raios Infravermelhos e Raios Visíveis:

Qualquer objeto aquecido acima da temperatura ambiente emite parte do seu calor por irradiação. Se aquecermos um fio de ferro, no início antes de se tornar incandescente, o calor emitido é obscuro, quando fica incandescente o calor é luminoso e mais tarde o calor é luminoso e mais tarde é branco. No início, emite raios de grande comprimento de onda ou raios infravermelhos, depois, raios vermelhos, verdes e azuis do espectro visível e finalmente, luz branca- raios ultravioletas. Bóias de água quente, cobertores elétricos emitem raios infravermelhos.

A fonte natural dos raios infravermelhos é o sol e as fontes artificiais são condutores metálicos que se aque

cem pela passagem da corrente. Os aparelhos produtores de raios infravermelhos podem ser de alta ou baixa temperatura.

As fontes de alta temperatura dão raios infravermelhos de menor comprimento de onda (7.000 a 16.000 A^o)

Como exemplo, temos as lâmpadas incandescentes de tungstênio que emitem raios infravermelhos e raios visíveis os quais penetram profundamente nas camadas da pele, muitas vezes, até no tecido subcutâneo, nas camadas de gordura e nos músculos.

As fontes de baixa temperatura fornecem raios infravermelhos de maior comprimento de onda (150.000 A^o) É o tipo de radiação que emitem todos os objetos quentes como bôlsa de água quente, almofada elétrica, etc.. Os aquecedores de ambiente, nos quais as unidades aquecedoras são placas circulares ou fios de metal resistente, enrolados sôbre um isolante (porcelana), emitem êste tipo de radiação.

Tôdas as fontes de raios infravermelhos, emitem também raios visíveis e ultravioletas em pequena quantidade. Para separar a radiação infravermelha, utilizam-se filtros coloridos, como por exemplo, o vidro de cobalto.

Os raios infravermelhos de maior comprimento de onda tem menor poder de penetração.

Efeitos fisiológicos

Depois de alguns segundos de exposição aos raios infravermelhos, a pele torna-se vermelha e quente. O eritema permanece de dez minutos a uma hora e é devido ao estímulo do mecanismo vasomotor, com vaso dilatação dos capilares e aumento da circulação venosa e arterial. O aumento da circulação periférica ativa a nutrição das células cutâneas.

Os raios infravermelhos mais penetrantes provocam um estímulo das glândulas sudoríparas do tecido subcutâneo, com aparecimento de gotas de suor.

Radiações ultravioletas

A radiação ultravioleta compreende a parte de espectro eletromagnético, de comprimento de onda compreendidos entre 3900 A^o e 136 A^o. A zona usada em terapêutica é de 4000 A^o a 2800 A^o.

A principal fonte de raios ultravioletas é o sol. Os raios ultravioletas ativos terapêuticamente podem ser produzidos artificialmente pelo aquecimento a 3000 °C, da substância radiante.

Efeitos fisiológicos

Como já vimos, tem ação terapêutica apenas os raios de comprimento de onda entre 4000 A^o a 2800A^o.

Os efeitos das radiações ultravioletas podem ser fotoquímicos ou biológicos.

O efeito fotoquímico ocorre no tecido cutâneo, na pele, produzindo um eritema, cujo aparecimento depende da sensibilidade do indivíduo e da intensidade da radiação. No fim de alguns dias a pele torna-se bronzeada.

A melanina é um pigmento que protege a pele contra as radiações ultravioletas, e localiza-se principalmente, nas camadas das células basais da epiderme, onde é sintetizada a partir da tirosina, pela luz ultravioleta de comprimento de onda entre 2900 e 3200 A μ . Após a exposição aos raios ultravioletas há aumento da pigmentação, com o aparecimento do bronzeado característico.

Os raios ultravioletas têm ação anti raquítica, transformando provitamina D em vitamina D, substância indispensável à assimilação do cálcio.

Ação bactericida: os raios ultravioletas têm acentuada ação bactericida, principalmente nos comprimentos de onda de 3000 a 2000 A μ . A ação bactericida é superficial, pois os raios ultravioletas são de pequena penetração.

A penetração dos raios infravermelhos e ultravioletas podem ser observada na figura seguinte: (fig. 30)

A penetração dos raios infravermelhos e ultravioletas podem ser observada na figura abaixo:

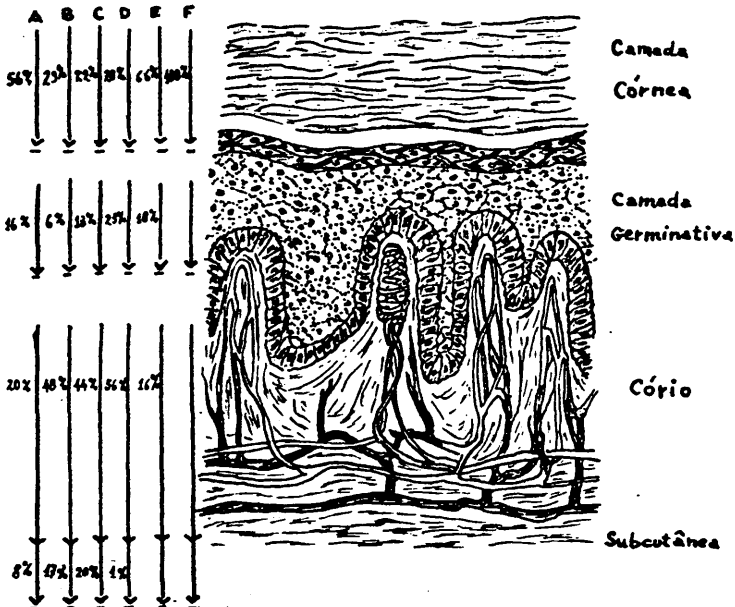


Fig. 30 Seção Vertical da Epiderme e Cório — porcentagem de absorção de raios infravermelhos e ultravioletas de diferentes comprimentos de onda.

Raios ((A) Raios infravermelhos 15000 A?)
 Infra ((B) Raios infravermelhos 10000 A?)
 Vermelhos ((C) Raios infravermelhos 7500 A?)

Raios ((C) Raios ultravioletas 4000 A?)
 Ultra ((E) Raios ultravioletas 3000 A?)
 Violetas ((F) Raios ultravioletas 2000 A?)

Na tabela XV temos um resumo das fontes terapêuticas do calor.

XV FONTES TERAPÊUTICAS DE CALOR

FORTE	FORMA DE ENERGIA	TRANSMISSÃO DE CALOR
Bôlas de água quente Compressas quente . . . escaidapés banho de as'ento banho de imersão.....	Raios infravermelhos	Condução
Almofadas Elétricas	Raios Infravermelhos	Condução e Irradiação
Lâmpadas de infra - vermelho..... Fontes de Luz ultravio- leta Radiações solares	Raios infravermelhos Raios ultravioletas Raios visíveis e ultravio- letas	Irradiação

Uma lâmpada nunca poderia ser utilizada como transmissora de calor por condução, porque queimaria o paciente, mas pode transmitir o calor irradiação e quanto mais alta a sua temperatura, maior a quantidade dos raios infravermelhos emitidos.

Radiação Solar - Helioterapia

A luz solar é um conjunto de radiações eletromagnéticas de vários comprimentos de onda, compreendidos entre 3900 e 7800 Å, limites da luz visível. Além dos raios visíveis, compreende os raios infravermelhos e ultravioletas, na proporção de 60% para os primeiros. A proporção dos raios ultravioletas varia com a estação do ano, hora do dia, altitude do local considerado, quantidade de vapor d'água e poeira na atmosfera.

Somente entre 9 hs e 15hs os raios ultravioletas estão em quantidades suficientes para agir terapêuticamente.

A luz do dia consiste de radiações solares diretas, luz difusa e de raios refletidos pelos edifícios.

A radiação difusa celeste é a causa do bronzeamento das pessoas, mesmo quando o dia está nublado, e não há raios solares diretos. A reflexão é intensa principalmente sobre o oceano, a areia e a neve.

Em grandes altitudes há maior porcentagem de raios ultravioletas do que infravermelhos. Em baixas altitudes muitos dos raios ultravioletas são absorvidos pelo vapor d'água da atmosfera.

Efeitos fisiológicos: o que nós chamamos de helioterapia é a aplicação terapêutica das radiações solares em determinadas condições.

Os principais efeitos fisiológicos dos raios solares são: aumento da temperatura, ligeira aceleração do pulso, queda da pressão arterial, sudorese.

A luz solar também tem efeito bactericida, tanto maior quanto maior a quantidade de raios ultravioletas.

RAIOS X

Raios X são uma forma de energia radiante, mais energética e de maior poder de penetração, caracterizada por um pequeno comprimento de onda.

Em 1895 Roentgen descobriu um tipo de raios que, por desconhecer sua origem, chamou de raios X.

Ele mostrou que os Raios X eram capazes de atravessar o couro, metais livres e de impressionar chapas fotográficas.

Logo após a descoberta dos raios X, os médicos começaram a usá-lo no diagnóstico de várias moléstias, mas só em 1900 começou a ser usado como agente terapêutico. Hoje é utilizado em três amplos campos da ciência médica: diagnóstico,

terapêutica e pesquisa.

As propriedades dos raios X e a versatilidade da aparelhagem usada para produzir este tipo de radiação, tornam o uso dos raios X o meio mais eficaz para o diagnóstico de diversas afecções, além de ser de grande utilidade na luta anticancerosa.

Os raios X são produzidos pelo bombardeamento de um metal por elétrons energéticos.

Estes elétrons são emitidos por um filamento aquecido e bombardeiam um alvo de tungstênio.

A energia dos elétrons, transferida aos átomos do alvo, excita os seus elétrons a níveis de energia mais altos. Quando os elétrons dos átomos do alvo voltam para um nível energético mais baixo, emitem energia na forma de raios X. Os raios X espalham-se do alvo para todas as direções.

Os raios X produzem enegrecimento de chapas fotográficas, fluorescência em determinados materiais e ionização. Eles são absorvidos seletivamente pelas substâncias que atravessam, na proporção direta de suas densidades. Quando atravessam substâncias gasosas, a absorção é pequena, mas é quase total quando se trata de um metal.

Se os raios X, após atravessarem um objeto, forem recebidos por um filme fotográfico colocado a certa distância do objeto, eles impressionam o filme. No filme revelado, aparecem áreas escuras correspondentes às zonas de pequena densidade do objeto, e áreas claras correspondentes às zonas de maior densidade.

A composição normal do corpo humano nos dá uma grande variedade de densidades, desde zonas de pequena densidade contendo ar, como pulmões, traquéia e brônquios, até as de maior densidade como o esqueleto.

Por meios artificiais, usando contraste, podemos acentuar a diferença de densidade das diferentes zonas. Os contrastes mais usados são: ar, oxigênio, dióxido de carbono, sulfato de bário, iodeto de sódio, vários compostos orgânicos iodados, etc.

Quando é necessário um contraste de menor densidade radiológica que a dos tecidos circundantes, usam-se gases, caso contrário, os contrastes opacos, tipo sulfato de bário.

Muitas vezes o médico precisa observar as estruturas do corpo humano ou verificar seu funcionamento com urgência, para isso usa a fluoroscopia. A fluoroscopia é baseada na propriedade de os raios X tornarem fluorescentes certas substâncias, como o sulfeto de zinco, e o tungstato de cálcio, de magnésio ou cádmio. Uma substância é dita fluorescente quando absorve uma forma de radiação e emite luz visível. Uma tela de tungstato de cálcio emite luz visível com um comprimento de onda de aproximadamente 5000 angstrom.

O paciente é colocado entre a fonte de raios X e uma tela coberta com substância fluorescente.

As estruturas do corpo humano que absorvem os raios X, aparecem como sombras escuras na tela.

Os raios X também são usados para determinar a estrutura de um material cristalino. Para isso, os raios são colimados num feixe por meio de uma placa de chumbo com um orifício. Os raios X penetrando no cristal são desviados do seu caminho pelos átomos constituintes dos mesmos, e recebidos, a certa distância, por um filme fotográfico, que, revelado, mostra um conjunto de manchas nos locais atingidos pelos raios. O conjunto de manchas é característico do cristal em estudo.

Os raios X, além de serem usados, como já vimos, em diagnóstico, podem ser usados na terapia de diversas moléstias.

O efeito físico responsável pelo desenvolvimento de reações tissulares observadas no emprêgo das radiações, é o efeito ionizante das mesmas sobre os átomos constituintes dos tecidos.

Os raios X, incidindo diretamente sobre os átomos, podem produzir ionizações de 2 maneiras:

a) Efeito fotoelétrico. O átomo absorve toda a energia do raio X e a transfere para um elétron que é expulso com uma energia praticamente igual à da radiação incidente. Este elétron chamado fotoelétron, produzirá ionização em outros átomos que encontrar na sua trajetória.

b) Efeito Compton. Os raios incidem sobre um elétron periférico perdendo parte de sua energia que é transferida ao elétron. Este elétron, chamado elétron de recuo, ioniza outros átomos.

Em cada ionização forma um par de íon: um íon negativo, que é o elétron libertado, e um íon positivo, constituído pelo resto do átomo. O átomo, que é eletricamente neutro, perdendo um elétron, fica mais positivo.

Efeitos semelhantes ocorrem na aplicação de raios gama que também são radiações eletromagnéticas.

A radiação de maior comprimento de onda, menos energética, fornece principalmente fotoelétrons, e a de menor comprimento de ondas, mais energéticas, elétrons de recuo.

A penetração dos raios X é controlada pela voltagem aplicada ao tubo de raios X.

Quanto maior a quilovoltagem, mais duro é o raio, menor o comprimento de onda, maior a penetração, maior a proporção de íons formados na massa irradiada.

Os menos energéticos são usados em radiografias, e os mais energéticos nos tratamentos de câncer.

A comissão Científica das Nações Unidas em 1958 apresentou um Relatório sobre o Efeito da Radiação Atômica, e os dados abaixo foram dele retirados.

Dose absorvida de qualquer radiação ionizante é a energia transmitida à matéria pelas partículas ionizantes por unidade de massa material irradiado no local considerado.

A unidade dose absorvida é o rad. Um rad é igual a 1000 ergs/g.

Dose de exposição a raios X ou raios gama num certo local é a medida da radiação baseada na sua capacidade de produzir ionização.

A unidade de dose de exposição de raios X ou de raios gama é o roentgen (R).

O RBE (Efetividade Biológica Relativa) é usado para comparar a efetividade de dose de radiação absorvida administrada de várias maneiras (n). A unidade de RBE é o rem.

A dose de RBE semanal permissível em todo o corpo é 0,3 rem, qualquer que seja o tempo de radiação a qual a pessoa for exposta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMSDEN, J. P. - Physical chemistry for premedical student. 2nd. ed. Tokyo, Kogahusha, 1950.
- ANDERSON, M. - Basic patient care. Philadelphia, Saunders, 1965.
- COLESMAN, B. K. |and| MAERRILL, J. P. - The artificial kidney. American Journal of Nursing, 52 (3):327, mar., 1952.
- FLITTER, H. H. - An introduction to physics in nursing. 4th. ed. Saint Louis, Mosby, 1962.
- FUERST, E. V. |y| WOLFF, L. V. - Principios fundamentais de enfermeria. México, La Prensa Médica Mexicana, 1958.
- GOLDENBERG, J. - Curso de física: calor. São Paulo, Ed. Edgar Blucher e Ed. da USP., 1968.
- GOLDENBERG, J. - Curso de física : ondas, som e luz. São Paulo, Ed. Edgar Blucher e Ed. da USP., 1968.
- HAMBURGER, J. |y otros| - Técnicas de reanimación. Barcelona, Jims. 1959.
- HARMER, B. - Textbook of the principles and practice of nursing. 4th. ed. New York, Macmillan, 1959.
- HARMER, B. |y| HENDERSON, V. - Tratado de enfermería teorica y practica. 2aed. México, La Prensa Médica Mexicana, 1963.

- KOVACS, R. - Physical therapy for nurses. 2nd. ed. Philadelphia, Lea Febiger, 1940.
- MC CLAIN, E. |e| GRAGG, S.H. - Princípios científicos da enfermagem. Rio de Janeiro, Científica, 1965,
- MONTAG, M. |and| SVENSON, R. - Fundamentals of nursing care. 3th. ed. New York, Saunders, 1959.
- OSBORNE, S. L. - Diathermy. New York, Charles Thomas, 1950.
- PFEIFFER, B. E., ARROYO, B. |e| MARTINEZ, B. - Aspectos de enfermagem na diálise peritoneal. Revista Brasileira de Enfermagem, 19 (2-3), abr/Jun., 1966.
- PUELLES, R. Z. - Manual de terapêutica física. Espanha, Ed. Saber, 1956.
- SACKHEIM, G. - Practical physics for nurses. Philadelphia, Saunders, 1957.
- SIENKO, M. J. |e| PLANE, R. - Química. São Paulo, Ed. Nacional Ed. da USP., 1967.
- STEARNS, H. O. - Fundamentals of physics and applications. 2nd. ed. New York, Macmillan, 1956.
- STOLL, B. - Radioterapia. São Paulo, Ed. da USP., 1968.

<p>KOBER, L. M. - Princípios de físico-química aplicados à enfermagem. <u>Rev. da Esc. Enf. USP</u>, 3 (2):89-103, set. 1969.</p>
