

INTRODUÇÃO

A menopausa é a última menstruação fisiológica, definida retrospectivamente após doze meses de amenorreia, se não existirem outras causas objectivas(1,2). É um fenómeno fisiológico que ocorre em média aos cinquenta anos de idade e se deve à redução gradual do número de folículos funcionais dos ovários. Estas glândulas deixam assim, de liberar óvulos, mensalmente, e de produzir hormonas femininas, estrogénios e progesterona.

A perimenopausa, período de tempo que engloba os dois anos anteriores e vai até um ano após a menopausa, é caracterizada por irregularidades menstruais e geralmente começa no final da quinta década de vida. Nesta fase os ovários vão deixando de funcionar com a sua regularidade normal, progredindo para uma anovulação persistente. A libertação de estrogénio e progesterona passa a ser variável e inconstante. É nesta fase que os sintomas vasomotores começam a ocorrer. A evidência mais precoce de falência orgânica ovárica ocorre a partir dos trinta e cinco anos de idade e é caracterizada pelo aumento gradual das hormonas gonadotróficas. O tempo decorrente até à falência ovárica definitiva, ou seja, a menopausa, é variável(1).

Actualmente, as mulheres conseguem viver cerca de um terço da sua vida em período pós-menopausa. Além de novos problemas com que irão deparar-se, sob Hormonas sexuais femininas sobre vários órgãos. Isto resulta em riscos aumentados de doença cardiovascular, urogenital, ósseo e psíquico. Os tratamentos de compensação hormonal podem dar “mais anos às suas vidas e mais

vida aos seus anos”, como tem sido dito e provado repetidas vezes desde que introduzidas atempadamente (3). Os sintomas vasomotores são os mais comuns na menopausa. A disfunção da termorregulação coincide com a diminuição dos níveis das hormonas femininas. Quer os afrontamentos quer os mecanismos termorreguladores subjacentes não são completamente conhecidos(4,5).

Os afrontamentos ou fogachos são definidos como episódios de início subido, transitórios, e recorrentes, com a duração de cerca de cinco minutos de rubor e de sensação de calor intensos na face e parte superior do corpo, acompanhados de sudorese e profusa e ocasionalmente palpitações, por vezes seguidos de um arrepio(4,6).

OBJECTIVOS

Este trabalho tem como objectivo a apresentação de um protótipo de termómetro para medição e monitorização da temperatura vaginal, contribuindo para o estudo das variações centrais da temperatura basal corporal que têm interesse na avaliação clínica da mulher climatérica, em particular na comprovação dos resultados da terapêutica. Esta também permitirá estabelecer correlações entre a variação da temperatura central e as alterações vasomotoras que ocorrem no climatério, contribuindo assim para o conhecimento da génese dos afrontamentos.

TEORIAS SOBRE MECANISMOS RESPOSÁVEIS PELOS AFRONTAMENTOS

A origem dos afrontamentos pode estar no distúrbio de qualquer um dos componentes da termorregulação. Mas o mecanismo pelo qual a queda dos estrogénios leva a essa desregulação, ainda está por ser descoberto.(4) No entanto, existem diversas teorias.

De entre os diversos estudos realizados com o objectivo de se chegar a essa descoberta, foram utilizados diversos parâmetros tais como a temperatura corporal central (Tc), a temperatura ambiente, a frequência respiratória, a frequência cardíaca, a temperatura cutânea, a condutância da pele, a taxa de perspiração e os níveis plasmáticos das hormona luteínica(LH), hormona folículo-estimulante(FSH), estradiol e progesterona.(2,6)

A endocrinologia nos afrontamentos

Apesar de os afrontamentos ocorrerem na maioria das mulheres com hipoestrogenismo na menopausa, seja de causa natural ou cirúrgica, as dúvidas existentes em relação ao grau de envolvimento dos estrogénios no seu desencadeamento persistem (4) A diminuição dos estrogénios, por si só, não explica a etiologia da sintomatologia menopáusicas. Isto é sustentado pelo facto de que a administração de estrogénios não elimina totalmente os afrontamentos. Segundo alguns estudos, não há correlação entre a ocorrência dos afrontamentos e os níveis de estrogénios no plasma, na urina e na vagina, nem há diferenças entre os níveis de estrogénio no plasma entre mulheres menopáusicas assintomáticas e sintomáticas. As raparigas em fase pré-pubertária, apresentam níveis de

estrogénio baixos sem no entanto terem afrontamentos. Além disso, a Clonidina reduz a frequência dos afrontamentos sem mudar os níveis de estrogénio (6)

Porém, o que parece estar em causa não é o valor absoluto mas a amplitude e o perfil de oscilação dos níveis do estrogénio. A terapêutica hormonal não apenas permite subir mas estabilizar os valores de estradiol no sangue.

Concluindo, as oscilações na produção de estrogénios são necessárias mas não suficientes para explicar a ocorrência dos afrontamentos. (6)

Neurotransmissores

A noradrenalina (NA) é um neurotransmissor com um importante papel na termorregulação, sendo que os seus efeitos de activação no sistema nervoso simpático são mediados principalmente pelo receptor α -2 adrenérgico.(4,6)

A hipótese de que este neurotransmissor possa estar envolvido na origem dos afrontamentos é suportada por alguns estudos clínicos:

(a) A clonidina, um agonista α -2 adrenérgico que atravessa a barreira hematoencefálica, inibe a libertação da NA cerebral e suprime a actividade simpática sobre o centro vasomotor, fazendo diminuir a frequência dos afrontamentos. (6)

(b) A NA quando injectada no hipotálamo pré-óptico, causa elevação da Tc seguida de vasodilatação periférica e consequente dissipação de calor e declínio da Tc. Apesar dos níveis plasmáticos de NA não aumentarem antes ou durante o afrontamento, isto não reflecte os níveis de NA no cérebro. Mediram no plasma o principal metabolito da NA cerebral o 3-metóxi-4-hidróxi-fenilglicol (MHPG), em mulheres sintomáticas e assintomáticas em temperatura ambiente neutra e quente

e verificaram que o nível basal de MHPG e o que se encontra durante um afrontamento foi significativamente mais alto nas sintomáticas. Nas mulheres assintomáticas não houve qualquer alteração da MHPG(2,6).

Interessa ainda referir que os esteróides gonadais modulam a actividade central da NA(2,6).

(c) A ioimbina, um antagonista $\alpha 2$ - adrenérgico que eleva a NA no cérebro, desencadeia um afrontamento em mulheres sintomáticas, enquanto que a clonidina melhora(5,6)

(d) Estudos pós-mortem revelaram que a maioria dos receptores $\alpha 2$ - adrenérgicos no cérebro são inibitórios. O bloqueio destes receptores pela ioimbina aumenta a libertação da NA, enquanto que o uso da clonidina provoca o efeito contrário. Logo, a estimulação da ioimbina e a inibição da clonidina nos afrontamentos reflectem a deficiência da função do receptor inibitório $\alpha 2$ - adrenérgico nas mulheres sintomáticas.

Visto que os estrogénios modulam os receptores cerebrais adrenérgicos, é possível que a diminuição dos estrogénios na menopausa esteja associada a essa deficiência(6).

Para além da NA, a serotonina (5-HT) também tem sido implicada na manutenção da homeostasia da temperatura no hipotálamo.

Tem sido sugerido que o estrogénio estimula a actividade deste neurotransmissor, modulando os seus níveis no cérebro. Durante a menopausa, a flutuação dada a diminuição das hormonas ováricas os níveis da 5-HT e NA ficam consequentemente instáveis. Por isso, dada a importância clínica da estabilização

destes neurotransmissores a utilização de agentes que aumentem os seus níveis vai aliviar os sintomas vasomotores.

Além disso, os inibidores selectivos da recaptação da serotonina e da noradrenalina são conhecidos como tendo influência no sistema nervoso periférico, potenciando uma resposta vasoconstritora.

Conclui-se então que, apesar de variáveis, os níveis da NA e 5-HT são essenciais na manutenção da homeostasia térmica corporal normal.(4)

A termorregulação e os afrontamentos

A termorregulação é o mecanismo de regulação da temperatura corporal, que visa manter uma temperatura relativamente constante no organismo, apesar das variações térmicas que ocorrem no meio ambiente (homeostasia térmica).

A temperatura corporal tem duas componentes: a central, que é a dos tecidos profundos do corpo e que permanece quase constante (variação diária de $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$); e a cutânea, que é a temperatura superficial da pele, a qual varia facilmente de acordo com a temperatura do meio ambiente e da temperatura central. A faixa normal de valores da temperatura central vai de 36°C a $37,4^{\circ}\text{C}$. Porém, em actividades físicas intensas, ela pode aumentar para valores entre 38°C a 40°C .

O equilíbrio térmico é conseguido através do balanço entre a produção e a perda de calor. A quantidade de calor produzida é directamente proporcional à taxa de metabolismo corporal, a qual depende de: (a) taxa de metabolismo basal; (b) actividade muscular; (c) efeito da tiroxina e de outras hormonas a nível celular; (e) efeito da adrenalina, da noradrenalina e da estimulação simpática; (f) actividade química celular. Já a perda de calor é influenciada pela velocidade com que o calor

é transferido do interior do corpo para a pele (fluxo sanguíneo) e, por conseguinte, para o meio ambiente.

A energia térmica pode ser absorvida a partir do meio externo ou dissipada para o mesmo.

Existem quatro mecanismos de troca de calor com o meio ambiente: a radiação, a condução, a conveccção e a evaporação.

Por fim existem dois tipos de mecanismos termorreguladores: os autónomos e os comportamentais. Os mecanismos efectores da termorregulação autónoma são realizados através de respostas vasomotoras. Estes são: (a) aumento do fluxo sanguíneo cutâneo, para facilitar a transferência de calor central para a pele, por meio da vasodilatação; (b) vasoconstrição (c) sudorese (arrefecimento por evaporação); (d) tremores; (e) piloereção; (f) alterações endócrinas. Já a regulação comportamental, é a resposta termorreguladora quantitativamente mais eficaz. Ela depende das sensações conscientes de frio e calor, e ocorre, por exemplo, mediante a busca pela faixa de temperatura ambiente de preferência, a adopção de posturas corporais (encolhidas ou estiradas) ou pelo aumento da actividade motora.

Existe um valor hipotético de temperatura definido pelo hipotálamo como adequado. Este é o *set point*, ou "ponto de ajuste", que no humano, em condições normais, se situa entre os 36,7°C a 37,1°C, que não desencadeia qualquer resposta efectora (Ref Braz).

O centro de controle da temperatura, composto pelo hipotálamo e pela área pré-óptica (APO), regula-a ao integrar as informações aferentes térmicas vindas de todo o corpo e ao iniciar as respostas efetoras.

Se a temperatura interna ultrapassar o *set point*, alguns mecanismos são desencadeados: (a) vasodilatação periférica, via inibição do sistema simpático; (b) sudorese, em que a APO manda impulsos através das vias autónomas para a medula espinhal, da qual partem fibras simpáticas colinérgicas para glândulas sudoríparas de todo o corpo; (c) hiperventilação, em que a APO detecta o aumento da temperatura e estimula o centro da respiração.

Quando a temperatura corporal cai abaixo do *set point*, mecanismos autónomos são desencadeados para preservar e gerar calor. São eles: (a) vasoconstrição periférica, em que a estimulação simpática provoca liberação de NA; (b) piloerecção, em que a estimulação simpática provoca contracção dos músculos erectores dos pêlos inseridos nos folículos pilosos.

A temperatura corporal sofre pequenas alterações durante o dia, sendo maior na fase pós-ovulatória e nos momentos de actividade e menor nos de repouso (ritmo circadiano).

Existem cinco estados térmicos: eutermia, que é o estado térmico normal; hipertermia e hipotermia, os quais ocorrem devido a uma incapacidade de regular a temperatura para o *set point*; febre e apirexia, que são alterações reguladas do *set point*. (4,7)

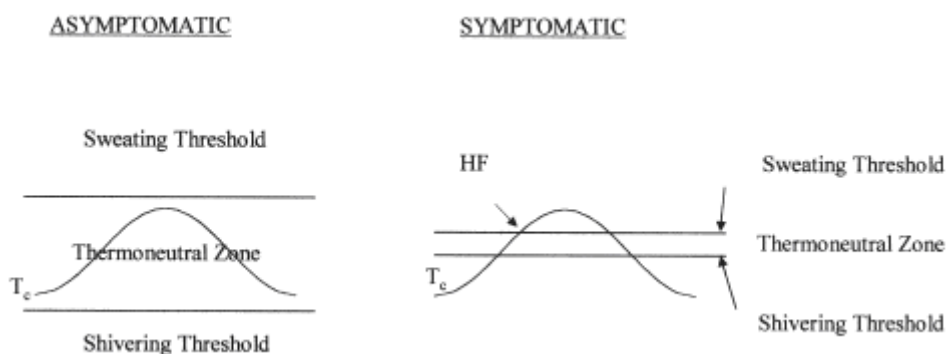


Figura 1 - Pequena elevação da T_c dentro duma zona neutra estreita

O mecanismo subjacente à disfunção da termorregulação não é totalmente conhecido.(4)

A temperatura central (Tc) é regulada entre um limiar superior pelo qual se começa a suar e onde ocorre vasodilatação e um limiar inferior onde o tremor e a vasoconstrição ocorrem. Entre os dois há uma zona neutra na qual as principais respostas, sudorese e tremores, não ocorrem.

Algumas evidências sugerem que há um estreitamento da zona neutra térmica nas mulheres sintomáticas em menopausa, tanto pela subida do limiar inferior de tremor como pela diminuição do limiar superior de sudorese. Logo, uma pequena elevação da Tc, actuando numa reduzida zona neutra térmica, atinge o limiar superior originando uma resposta de vasodilatação e sudorese (afrentamento)(4,6).

Descobriu-se que a clonidina aumenta o limiar superior de sudorese nas mulheres sintomáticas, comparadamente com as que tomaram placebo. Por isso, pensa-se que a clonidina melhora os afrontamentos ampliando a zona termoneutra.

Existem estudos clínicos que mostram que uma elevação da NA constringe a zona termoneutra. Logo, acredita-se que a clonidina melhora os afrontamentos ampliando esta zona e a ioimbina faz o contrário.

Foi efectuado um estudo para demonstrar o mecanismo através do qual o estrogénio melhora os afrontamentos. Estes foram medidos objectivamente durante o tratamento com 17 β -estradiol, assim como as variações da Tc, o limiar superior de suor e a concentração plasmática de MHPG. O limiar superior de produção de suor foi significativamente aumentado e a frequência dos afrontamentos foi significativamente reduzida (aproximadamente 65%). Não

houve alterações significativas da Tc nem da MHPG. Pelo que se concluiu que, o estrogénio melhora os afrontamentos aumentando o limiar de suor, apesar de não se conhecer o mecanismo(5,6).

Recentemente foi descoberto que a elevação da Tc antecede a maioria dos afrontamentos. Logo, o quadro sintomatológico de um afrontamento é consequência de uma resposta de dissipação de calor despolotado por essa elevação prévia(5,6).

Sumariando esta revisão pode dizer-se que a medição da temperatura corporal central é um meio semiológico fundamental para a investigação da fenomenogia vasomotora associada ao climatério.

MÉTODOS EXISTENTES PARA A AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA CORPORAL

A avaliação da temperatura corporal é um dos mais antigos métodos de diagnóstico e é um marcador biológico importante de saúde e doença, tanto na vida pessoal como na medicina.

A preferência do local para a medição sempre reflectiu, ao longo dos anos, a viabilidade de instrumentos, normas culturais e evolução tecnológica. Da medição cutânea, inicialmente, passou-se para a oral, com os instrumentos inventados por Galileu e Leopoldo. Um médico alemão, Carl August Wunderlich, no século XIX, já preferia a medição axilar e descreveu a da temperatura rectal como repugnante, reconhecendo apenas o seu valor em recém-nascidos e crianças. No século XX, as medições oral e rectal tornaram-se rotina na prática médica; no intra-operatório eram usadas as temperaturas das artérias pulmonares, esófago, da membrana timpânica e da bexiga(8).

Actualmente, temos várias opções de mensuração de temperatura, para pacientes conscientes (rectal, axilar, oral e timpânica) e para inconscientes (esófago, artéria pulmonar, traqueal, nasofaringe e bexiga). Existe uma diferença entre o valor obtido na aquisição de temperatura pelos métodos tradicionais e a real temperatura corporal(9). A interpretação da temperatura tem de levar em conta os factores que influenciam a medida, como temperatura ambiente, taxa de mudança de temperatura, irrigação local e outros aspectos específicos para cada local utilizado para a medida.

Na América Latina utilizam-se, como local de preferência para a medição da temperatura corporal, as axilas. Na Europa e EUA, a colheita oral era a mais

utilizada, mas, nos últimos anos, a medida timpânica vem substituindo todos os procedimentos não invasivos intra-hospitalares e começa a ser bastante utilizada também na prática extra-hospitalar e domiciliar(9).

A temperatura do sangue que irriga o hipotálamo é a temperatura real do organismo e todas as outras formas de medição são aproximações dessa medida(9).

A escolha do local para a leitura da temperatura interfere na exactidão que as medidas oferecem e coloca-se a questão do método ser ou não invasivo.

Tipos de termómetros utilizados para a medição da temperatura corporal

Termómetro de vidro com mercúrio

Consiste num tubo de vidro contendo mercúrio e o aumento da temperatura provoca a sua expansão. No dia 10 de Julho de 2007 o Parlamento Europeu aprovou a proibição da utilização do mercúrio em termómetros, medidores da pressão arterial e outros aparelhos de medição, por razões ambientais e de saúde pública, uma vez que são há muito conhecidas as características altamente tóxicas do mercúrio(10).



Figura 2 – Termómetro de mercúrio

Termómetro electrónico

É colocado a nível oral, rectal ou axilar. É de fácil leitura e de fácil utilização, mas os resultados não são muito fiáveis e tem um alto custo económico. O tempo de medição da temperatura corporal é curto porque é efectuado um cálculo por um processo chamado “modo de previsão”, onde o sensor de metal na ponta do termómetro faz as leituras sequenciais e o valor final é calculado (Severine & McKenzie, 1998). E como tal, o resultado é pouco preciso, sendo diferente em duas leituras sequenciais. Esta variação da temperatura deve-se à variação do fluxo sanguíneo na área, ou à mudança de posição do paciente.



Figura 3 - Termómetro electrónico

Termómetro timpânico

O sensor na ponta da sonda regista a radiação infravermelha que é emitida pela membrana timpânica e converte-a em temperatura de leitura apresentada num ecrã digital.



Figura 4 - Termómetro timpânico

Comprimido termométrico

É um termómetro ingerível que permite monitorizar continuamente a temperatura central, cuja informação é transmitida via rádio e armazenada num gravador e subsequentemente transferida para o computador para futura análise, dando assim uma informação em tempo real do padrão da temperatura. O comprimido permanece em trânsito 24 a 36 horas no tubo digestivo até ser eliminado pelas fezes(11).

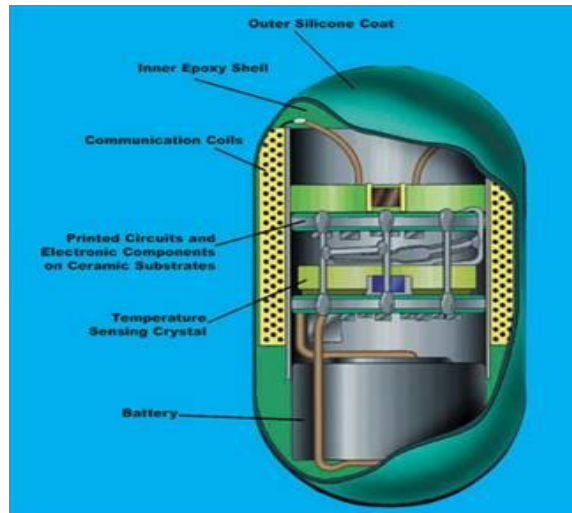


Figura 5 - Comprimido termométrico ingerível

Termómetro vaginal rádio-telemétrico

Permite uma monitorização constante e em tempo real da Tc e tem uma acurácia potencialmente alta comparada a medições convencionais feitas uma vez por dia.

A temperatura vaginal é mais baixa 1,2 a 1.5°C em relação aos valores encontrados em outros locais(12).

Foi já desenvolvido um termómetro vaginal rádio-telemétrico, com uma potência baixa e como meio de transmissão utiliza ondas de rádio. Usado durante a noite, o transmissor 1 microW erp, envia dados continuamente para um microcontrolador num receptor próximo. Contudo não é utilizável em regime ambulatorial e interfere com as actividades diárias(13).

Outros estudos propõem a utilização de um sistema baseado no uso de um sensor intra-corporal (termistor MA100) e de uma unidade de recepção remota. O termistor MA100 é capaz de medir temperaturas que variam entre 0°C a 50°C.

Estas são convertidas, pelo sistema analógico ALFATxp em valores de resistência eléctrica e são enviadas à unidade de recepção remota recorrendo a uma comunicação sem fios (*Bluetooth*). O receptor armazena todas as medidas recolhidas em memória. Posteriormente, uma vez ligado a um computador, o receptor poderá descarregar todas as medidas efectuadas. Uma vez no computador, as medidas recolhidas poderão ser analisadas recorrendo a softwares específicos(14).

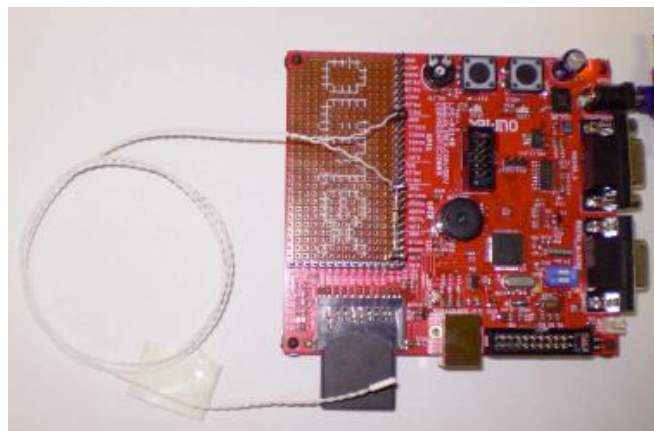


Figura 6 –Protótipo de um biosensor térmico intra-vaginal

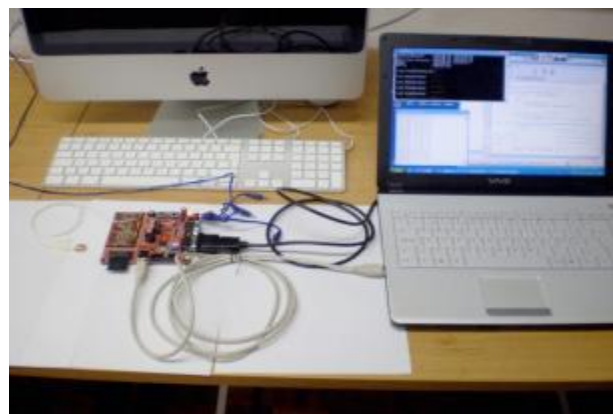


Figura 7- Ligação entre ALFATxp e um computador através do sistema de ligação

USB

Num outro estudo realizado em 2009 por um grupo de investigadores, propõe um sistema com a possibilidade de monitorização e controle da temperatura intra-vaginal de várias mulheres em simultâneo. Para isso é usado o padrão de comunicação IEEE 802.15.4 entre os módulos emissores e o módulo receptor. Desta forma, podem-se ter vários módulos emissores controlados por um único módulo receptor.

O equipamento utilizado foi o kit de desenvolvimento BSN (BSNs - *Body Sensor Networks*), de baixo consumo de energia, com comunicação sem fios (IEEE 802.15.4), miniaturizado e flexível.

A escolha do sensor de temperatura recaiu sobre o *termistor* MA100. O MA100 é um NTC (*Negative Temperature Coefficient*). A sua gama de funcionamento situa-se entre os 0 e os 50 °C e tem um tamanho de 0.762 x 9.52 mm. O *termistor* é ligado ao BSN usando um cabo ligador flexível.

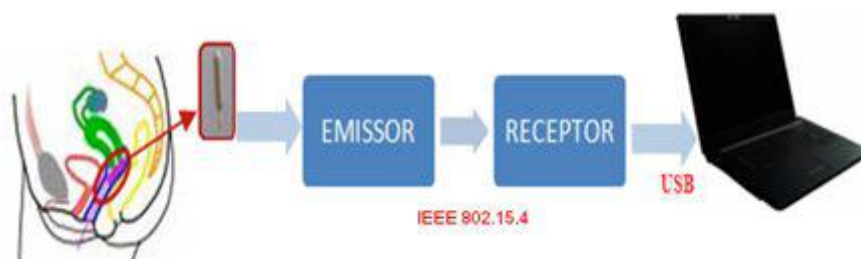


Figura 8- Arquitectura do sistema proposto

A recolha das medidas da temperatura intra-vaginal é realizada através da colocação do *termistor* MA100 no colo do útero. A estrutura do *termistor* é muito de difícil colocação e manuseamento dentro da vagina. Para ultrapassar esta

limitação, houve necessidade de criar um invólucro que pudesse alojar o MA100 e torná-lo facilmente manuseável, cómodo e reutilizável.



Figura 9- Termistor MA100 com o respectivo invólucro

A monitorização da temperatura intra-vaginal é realizada em tempo-real e os dados são recolhidos pelo MA100 colocado no colo do útero feminino. Estes dados com o valor da tensão medido são enviados através do ligador flexível, para o módulo emissor. Depois, este envia o mesmo valor usando comunicação IEEE 802.15.4 para o módulo receptor acoplado ao computador usando uma ligação USB (*Universal Serial Bus*). O computador faz a conversão do valor de tensão recebido para o correspondente valor da temperatura em graus centígrados. Após cada conversão, armazena os resultados num ficheiro para posterior análise e comparação com dados recolhidos anteriormente(15).



Figura 10- Sistema para recolha e monitorização da temperatura intra-corporal feminina

Porém, em todos estes protótipos que já foram desenvolvidos interferem com a actividade sexual, pelo que não é passível de uso contínuo. Além disso, estes modelos de termómetros intra-vaginais acarretam outros inconvenientes:

- a) Alguns sistemas fazem a ligação entre o sensor colocado na vagina e o exterior através de fios eléctricos, com o consequente desconforto e limitação nas actividades diárias;
- b) Existem exemplos em que a transmissão dos dados é feita por um emissor de radiofrequência, cujos efeitos no organismo estão em estudo;
- c) Em todos eles é usado um dispositivo de recolha (data logger), na forma de uma pequena caixa usada à cintura pela mulher ou colocada em um local próximo;
- d) Não são métodos acessíveis a todas as mulheres, uma vez que acarretam custos adicionais com algum relevo, com uma panóplia de material informático que pode não estar ao alcance de todos;
- e) São métodos que não podem ser utilizados em regime ambulatorial.

Locais de medição

Oral

O maior problema da colheita da temperatura através da mucosa oral pode ser a questão da desinfecção do termómetro. Entretanto, já existem invólucros descartáveis, prevenindo o intercâmbio de microrganismos de um paciente para o outro(16,17).

A região sublingual é considerada um local onde a medição é precisa, devido à sua proximidade das artérias carótida externa e lingual (DiBenedetto, 1993). No entanto, em média, a temperatura é inferior à da temperatura central em cerca de 0,5 ° C. A colocação correcta do termómetro oral é importante para a sua precisão.

Diferenças nas leituras podem atingir 0,95°C entre a região sublingual e a superfície superior da língua (Erickson, 1976).

A sua medição está contra-indicada após a ingestão de líquidos gelados e quentes, após intervenções cirúrgicas na boca, em crianças, em pacientes que respirem pela boca, inconscientes, com distúrbios psiquiátricos ou então quando a febre é acompanhada de taquipneia(16,17).

Rectal

A medição rectal refere-se à da temperatura do sangue que circula nos ramos da artéria rectal inferior, ao nível da mucosa rectal(9).

Por muitos anos, a medição da temperatura rectal foi considerada como sendo o método padrão, especialmente em pediatria(9).

A temperatura rectal é, por norma, mais elevada do que a central devido à actividade bacteriana intestinal e pelo pobre sistema de arrefecimento local.

Muitos estudos demonstram a sua demora em acompanhar as rápidas alterações da temperatura central, por este não ter termorreceptores e pela interferência das fezes que tem a capacidade de reter o calor, tendo este atraso a duração de uma hora.(Heidenreich & Giuffre, 1990; Howie, 1991), (DiBenedetto (1993).

Severine & McKenzie (1998) discutem a possibilidade de possíveis causas que interferem na correcta leitura da temperatura no recto:

- Exercício dos músculos nadeagueiros e das coxas.
- Acção das bactérias intestinais
- Profundidade da colocação do termómetro no recto
- Irrigação local
- Presença de fezes

O termómetro deve ser introduzido 2 a 2,5 cm, sendo que, se for introduzido mais 0,5 a 1 cm, ocorrerá erro, devido ao aumento de cerca de 1.3°C na temperatura medida(18). Apesar do resultado estar menos sujeito a interferências externas, a medição rectal é muitas vezes considerada inconveniente, tem o risco de causar lesões e infecções, principalmente quando utilizado o termómetro de mercúrio, o que leva ao risco de perfuração rectal (menor que 1 em 2 milhões de medidas)(19,20).

A temperatura é inferior à da temperatura central em cerca de 0,6°C(9).

Axila e virilha

Estes dois locais são os mais populares devido ao fácil acesso pelas suas características não invasivas e oferecendo, entre os métodos existentes, menor assepsia e menor exposição do paciente.

É contra-indicada em queimaduras torácicas e em casos de fractura dos membros superiores.

Termómetros de mercúrio e electrónico podem ser usados neste local, apesar da sua pouca fiabilidade, por esta localização não se encontrar perto das grandes artérias e de termoreceptores e podem não acompanhar em simultâneo as flutuações de temperatura. Como consequência, a temperatura medida pode ser 1,2°C inferior à da temperatura central (Severine & McKenzie, 1998). E por último, se o indivíduo estiver em choque, a vasoconstrição periférica vai inadvertidamente afectar a leitura.

A sensibilidade da temperatura axilar para detectar febre é de apenas 27,8% , segundo Haddock et al., e de 33,3%, segundo Kresch.

A temperatura medida nestes locais é dependente da massa corpórea. Se esta for elevada, a temperatura axilar será mais baixa e a pré-exposição da axila por cinco minutos ao ar pode levar à variação da temperatura medida(21).

A temperatura axilar é mais baixa e detecta febre mais tardiamente que a rectal(22,23). E na presença desta ocorre vasoconstrição periférica e a temperatura da pele pode baixar, enquanto a central está a subir(24).

Esófago

Este método de alta precisão é invasivo e usado durante uma cirurgia ou nos cuidados intensivos. Devido à extensão do esófago, a correcta colocação do sensor é fundamental. Se este estiver a um nível muito superior, a leitura será afectada pelo ar traqueal (DiBenedetto, 1993). Portanto, o correcto posicionamento no terço inferior do esófago, permite a aproximação do sensor com o coração e aorta, reflectindo então, com precisão, a temperatura central. Ao contrário de outros locais periféricos, este método acompanha instantaneamente as alterações da temperatura central (Severine & McKenzie, 1998).

Bexiga

Estudos têm demonstrado uma forte correlação entre a temperatura medida neste local e a temperatura central porque a urina é um filtrado do sangue e o rim recebe vinte por cento do débito cardíaco (Mravinac, 1989; Erickson & Kirklin, 1993; Nierman, 1991; Earp & Finlayson, 1991). Este método é considerado invasivo, uma vez que requer um cateter, cuja ponta é um transmissor, para ser introduzido no interior da bexiga. A temperatura reflecte a temperatura central mais rapidamente que o recto. A leitura pode ser influenciada pelo volume urinário ou se o paciente for sujeito a irrigação de bexiga.

Tímpano

O termómetro timpânico fornece um valor de temperatura mais alto quando comparada à aferida em outros locais. No trabalho de Androkites, Werger e Young, cerca de 20% dos pacientes que se apresentaram febris e que utilizaram o método

timpânico, obtiveram temperatura axilar normal. E 5% desses pacientes tiveram febre axilar mais tarde.

Obter a temperatura timpânica através de uma sonda timpânica tornou-se disponível em 1960. Originalmente, foi realizado por anestestesistas durante uma cirurgia, com a sonda colocada directamente na membrana timpânica. Em 1986 surgiu um dispositivo de infravermelho em que não era necessário o seu contacto com a membrana timpânica (Severine & McKenzie, 1998).

É sabido que o tímpano é um local que permite a medição indirecta da temperatura central com grande precisão, isto porque partilha o mesmo suprimento sanguíneo com o hipotálamo. (Van Staaïj et al, 2003).

No entanto, tem havido contínuos debates acerca da sua acurácia, visto que a temperatura da membrana timpânica é influenciada pela temperatura ambiente, presença de cerúmen ou líquido no ouvido médio, tabagismo, respiração, comer ou beber. (Talo, Macknin, & Medendorp, 1991; Rotello, Crawford, & Terndrup, 1996; Staven, Saxholm, & Smith-Erichsen, 1997; Romanovsky, Quint, Benikova, & Kiesow, 1997). Em duas ou mais medições subsequentes da temperatura, em uma mesma pessoa, através do termómetro timpânico, obtêm-se dados variáveis, dando margem ao questionamento quanto à exactidão do método.(25).

Em pacientes sob cuidados intensivos a colheita da temperatura no tímpano é significativamente diferente entre o lado esquerdo e direito, variando em média 0,58°C.(17).

DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Desenvolvemos um protótipo de termómetro intra-vaginal, incorporado num anel vaginal idêntico aos usados para contracepção, com quatro milímetros de espessura e cinquenta e quatro milímetros de diâmetro, já largamente testados e comercializados. Este é constituído por um copolímero de vinilacetato de etileno / estearato de magnésio que não desencadeia reacções adversas.

As aplicações previstas para este equipamento, inicialmente idealizado para a monitorização térmica da mulher climatérica, são muito mais amplas, podendo alargar-se à clínica de doenças infecciosas e às unidades de cuidados intensivos. De facto, pela facilidade e conforto do seu uso e do reduzido risco de efeitos indesejáveis, poderão ser considerados ideais.

ARQUITECTURA E MODO DE FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

Este termómetro é composto por um termistor, microprocessador, memória e bateria.

O termistor é uma resistência do tipo NTC (Negative Temperature Coefficient), isto é, exhibe uma diminuição na resistência eléctrica quando submetido a um aumento de temperatura. É adequado para aplicações em que seja necessário uma alta sensibilidade com as mudanças de temperatura.

As variações da temperatura são detectadas pelo sensor que as converte num sinal eléctrico analógico. O microprocessador converte este sinal no correspondente valor digital, enviando-o posteriormente para a memória. A bateria permite um uso continuado do conjunto durante um mês.

A recolha da temperatura faz-se a cada minuto, com uma resolução de um décimo de grau Celsius. A gama de funcionamento situa-se entre os trinta e cinco e quarenta e dois graus centígrados.

O termómetro permanece no interior do corpo durante todo o tempo, correspondendo ao da duração dum ciclo genital, ou seja, durante cerca de um mês. No final deste período é retirado, sendo os dados recolhidos para serem processados e analisados.

A recolha pode fazer-se acedendo directamente aos componentes electrónicos do anel depois de o cortar em pontos adequados, ou através de uma leitura pelo método da indução electromagnética, em que os dados são transferidos sem fios entre uma bobine colocada no interior do anel e uma bobine equivalente colocada num leitor exterior. Uma vez recolhidos os dados e transferidos para a memória de

um computador pessoal, o *software* de processamento converte os valores de resistência nos correspondentes valores de temperatura, usando para tal a tabela de calibração fornecida pelo fabricante do sensor. A partir daí podem ser gerados gráficos, tabelas ou relatórios para análise médica.

Este método contínuo de medição é bastante preciso, sendo a temperatura medida a que mais se aproxima da temperatura central, permitindo-nos saber em que fase do ciclo genital a mulher se encontra.

RESULTADOS

Após o desafio de se inserir todo um equipamento electrónico miniaturizado em um anel vaginal de pequenas dimensões surgiu um termómetro vaginal flexível, cómodo, seguro e de fácil uso:

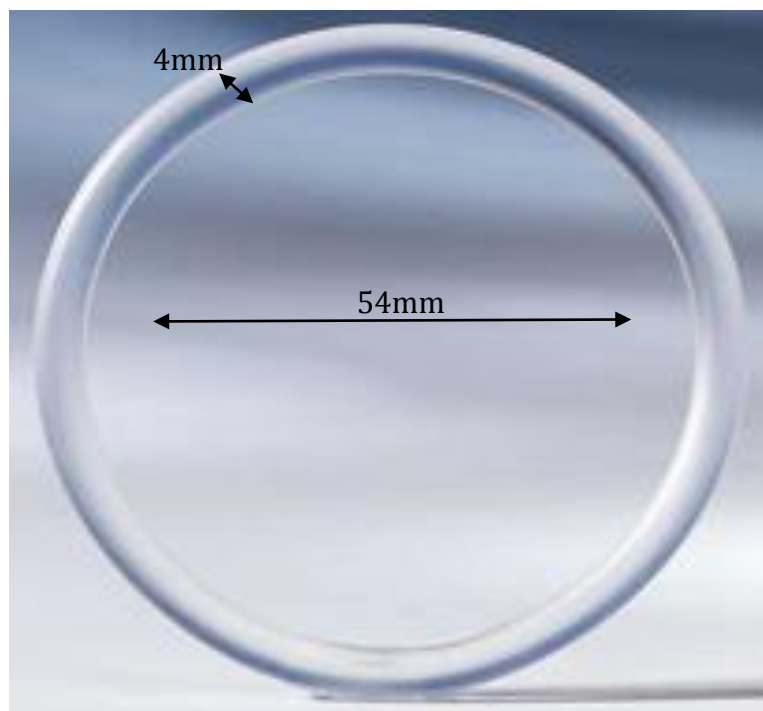


Figura 11 – Anel vaginal - contraceptivo *NuvaRing*

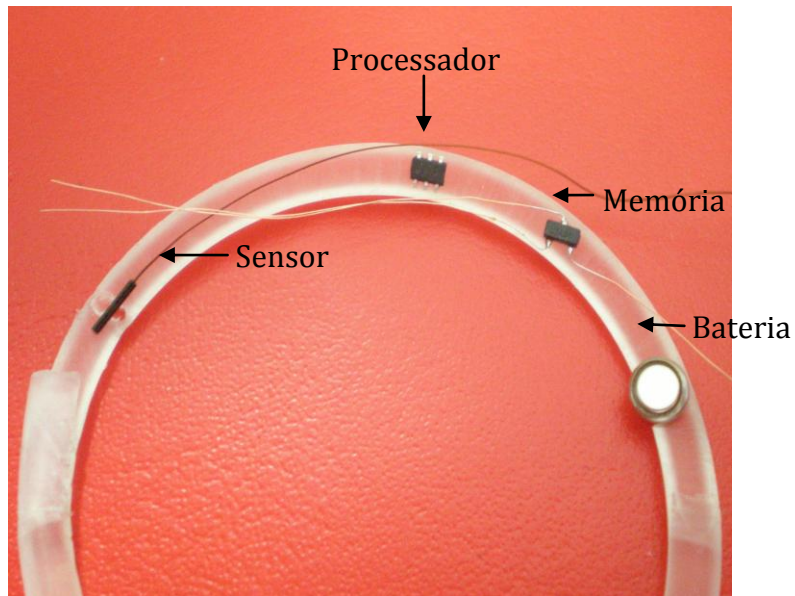


Figura 12 - Termómetro intra-vaginal

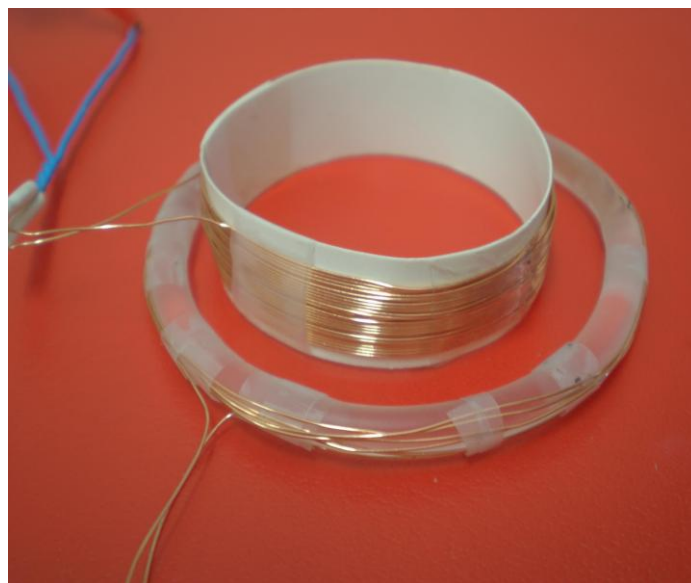


Figura 13 - Bobine: Interface com o exterior por indução

LIMITAÇÕES DO PROTÓTIPO

Uma vez que o termómetro é colocado no interior do organismo por longos períodos, nenhum dos seus componentes electrónicos, com excepção dos sensores, pode estar em contacto directo com o corpo, de modo a evitarem-se oxidações do material e reacções alérgicas. Foi este o motivo que levou à colocação do conjunto termométrico no interior de um anel feito de um polímero inerte. Porém, coloca-se a questão de saber se o sensor manterá a sensibilidade e se reage em simultâneo com as pequenas variações da temperatura corporal central.

Devido às reduzidas dimensões do anel vaginal e ao facto de este ter de se manter flexível para poder ser inserido na vagina e aí permanecer, tornou-se um desafio incorporar-lhe os diversos componentes electrónicos que tiveram de ser muito miniaturizados.

No protótipo desenvolvido, o termómetro não é reutilizável, dado que para se ter acesso à memória se optou pelo método de cortar o anel.

CONCLUSÃO

A construção do termómetro intra-vaginal inserido num anel vaginal foi o resultado de um trabalho de equipa constituída pelos seguintes elementos:

- Tânia Além Lima Évora;
- Professor Doutor José António Martinez Souto de Oliveira, médico especialista em Ginecologia e Obstetrícia do Centro Hospitalar Cova da Beira, EPE;
- Professor Pedro Araújo, Professor Auxiliar no Departamento de Informática da Universidade da Beira Interior

O objectivo deste trabalho é a apresentação e descrição de um novo dispositivo que possa monitorizar de forma contínua, autónoma e em regime ambulatorial a variação da temperatura corporal.

No início, esta equipa tinha em mente avaliar o ritmo termodinâmico de uma amostra de mulheres climatéricas sintomáticas, fazendo a correlação entre os estados sintomáticos e o parâmetro biológico em estudo, monitorizado por este dispositivo. Tal experiência não foi realizada por motivos alheios à nossa vontade.

É um projecto inovador no sentido em que, ao contrário de outros métodos de medição de temperatura, é um dispositivo, flexível, que ocupa uma pequena parte da superfície corporal tornando-se um método cómodo, seguro e de fácil uso, não interferindo com a actividade diária e nem com a vida sexual da mulher, pois é imperceptível para a própria mulher e para o seu parceiro sexual.

Contributo para a medição da temperatura basal no climatério

As variações nucleares ou centrais da temperatura basal corporal têm também interesse na avaliação clínica da mulher climatérica, em particular na comprovação dos resultados da terapêutica.

Sabe-se que ocorre uma elevação da Tc imediatamente antes do afrontamento, embora o motivo pelo qual ele ocorre permanece desconhecido. Desta forma, o termómetro intra-vaginal aqui desenvolvido pode ser um utensílio útil para analisar possíveis correlações entre a subida da Tc, alterações vasomotoras e os níveis das hormonas femininas, contribuindo então para o conhecimento da génese dos afrontamentos.

Compreende-se que as variações da temperatura corporal na mulher climatérica não têm o perfil de constância que se verifica no ciclo genital normal, o que inviabiliza a sua medição a horário fixo.

Para além das dificuldades temporais de medição e do incómodo das frequentes medições há ainda que ter presente que vários casos estão descritos de inserção accidental de termómetros na bexiga através da uretra, o que levou a propôr o abandono desta técnica através da via vaginal para esta finalidade (Eyong & Burch, 1987). Mais lógico parece, porém, a opção de colocação de dispositivos que sejam mais cómodos, práticos e seguros. O desenvolvimento de anéis vaginais permite agora a introdução de termómetros digitais com estas características.

Numa segunda fase deste trabalho procurei demonstrar a polivalência deste dispositivo, onde se encontra algumas mais valias:

No campo da cirurgia:

Este tipo de monitorização contínua da temperatura pode ser utilizado no pós-operatório, de forma a alertar para possíveis infecções que advêm de uma cirurgia. Segundo vários cirurgiões, a febre apresentada em uma fase precoce do pós-operatório é comum e raramente representa uma infecção. No entanto, deve-se valorizar quando esta se inicia ou persiste a partir do quinto dia após a cirurgia. Uma apreciação mais ampla desta relação pode melhorar os cuidados pós-operatórios desses mesmos pacientes.

Faz parte da rotina pós-operatória a administração preventiva de antibióticos, apesar de uma vasta literatura sugerir que esta não é uma medida eficaz e que aumenta os riscos de adquirir resistência bacteriana e retardar o diagnóstico de infecções.

Esta monitorização contínua iria ajudar os pacientes e os médicos a se preocuparem menos com a febre pós-operatória e diminuir então o incentivo em administrar, inutilmente, antibióticos no pós-operatório(26).

Contributo para o estudo do orgasmo

Pela sua pequena dimensão, e pelo facto de se poder usar o termómetro aquando da relação sexual, torna-se também um complemento útil no estudo do orgasmo, uma vez que há uma diminuição da temperatura vaginal durante qualquer estímulo sexual, atingindo valores mínimos quando o orgasmo é alcançado(17).

Contributo para a medição da temperatura basal em medicina da reprodução

O ciclo genital ovulatório é a expressão de um equilíbrio hormonal fundamental à saúde psíquica e somática da mulher. A “Janela Fértil” é o resultado de uma harmonia entre uma ordem partida do sistema nervoso central, e que o *stress* pode alterar, e a recepção da mensagem por parte do ovócito. Num ciclo menstrual hormonalmente equilibrado e com a duração de referência de 28 dias, o período fértil situa-se, entre o décimo e o décimo sétimo dia inclusivé. O seu conhecimento é aplicável no estudo da fertilidade, na promoção da gravidez, particularmente quando o ciclo menstrual é irregular e também na sua prevenção.

Da fisiologia conhece-se que a temperatura corporal central sofre a influência das hormonas sexuais femininas ao longo do ciclo. O perfil térmico deste, em condições normais é constituído por duas fases de temperatura relativamente constantes (variações não superiores a três décimas), precedidos e intercalados por dois períodos de temperatura variável. O primeiro destes últimos corresponde ao período menstrual e o segundo à subida da temperatura, tipicamente da ordem das cinco décimas e que se verifica entre a primeira fase, dita hipotérmica (fase estrogénica ou pré-ovulatória do ciclo) e a segunda, chamada hipertérmica (fase progesterónica ou pós-ovulatória do ciclo). A transição da primeira para a segunda (período ovulatório) pode apresentar o perfil se subida brusca ou em escada.

À progesterona e seus metabolitos é atribuída uma função estimuladora dos sistemas catabólitos corporais que justifica o aumento constante da Tc que se verifica na sua fase de influência.

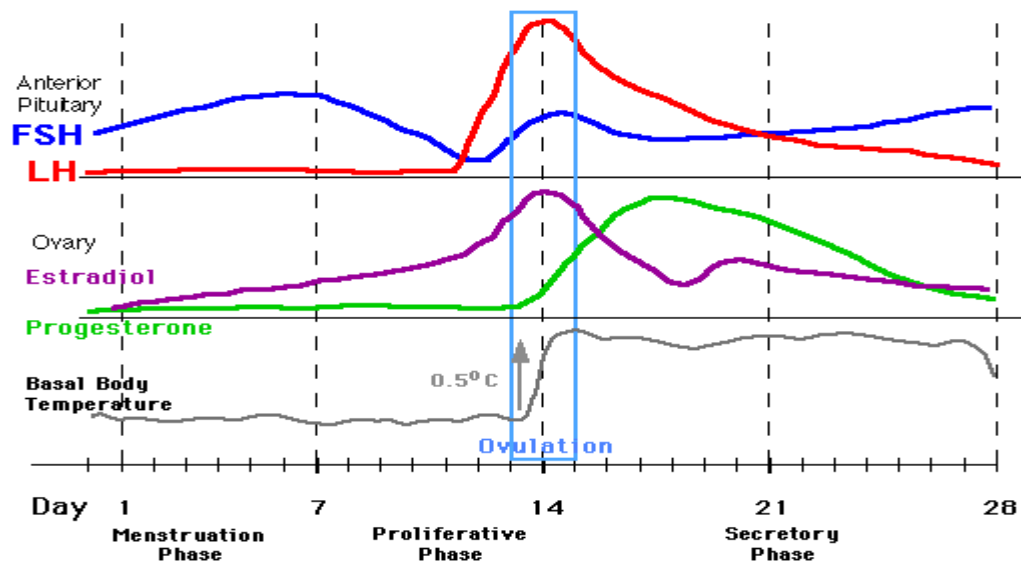


Figura 14 – Temperatura basal no ciclo menstrual

A análise da temperatura basal é empregue em contracepção e concepção, fundamentando-se no conceito de que a subida térmica inter-menstrual é um sinal indirecto, uma presunção da ocorrência de ovulação.

Estudos efectuados em Portugal em 1988 nos postos dos Cuidados Primários do Sistema Nacional de Saúde permitiram concluir que os métodos ditos naturais de anticoncepção são utilizados em 4% das mulheres (Vicente, 1993).

Existem dois tipos de contracepção baseada na medição da temperatura basal: o dito rígido de Ferin-Chartier que permite o coito só após três dias de planalto hipertérmico (índice de Pearl é de cerca de uma gravidez por cem mulheres por ano) e o semi-rígido de Van der Stappen e Vincent que o permite após três dias a contar da subida hipertérmica, o que acarreta logicamente uma maior taxa de falibilidade (índice de Pearl é de quatro a sete gravidezes por cem mulheres por ano). A associação da medição da temperatura basal a outras formas de presunção

do período fértil (método Ogino-Knaus ou Sinto-térmico) tem por sua vez um índice de Pearl de 12 gravidezes por cem mulheres por ano.

Surgiram por isso, naturalmente, alguns termómetros que pretendem determinar o período fértil por medição diária, ou mesmo contínua da temperatura basal.

Creio que no futuro, o termómetro aqui apresentado, pelas características que possui, poderá ser útil na prática clínica e em novas aplicações experimentais em outras áreas médicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1-Rhoda H. Cobin, M.D. AACE Medical Guidelines for clinical practice for management of menopause. 1999 Nov/Dec 6. p. 355-65. [Online] Disponível em: <http://www.spmenopausa.pt/download/menopause.pdf>
- 2-Fredman, R.R.; Norton, D; Woodward, S.; Cornelissen, G. Core Body Temperature and Circadian Rhythm of Hot Flashes in Menopausal Women. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2008 Nov 08. p. 2354-58. [Online] Disponível em: www.jcem.endojournals.org
- 3-Castro M.N. A Menopausa. Sociedade Portuguesa de Menopausa. [Online] Disponível em: http://www.spmenopausa.pt/view_article.asp?id=50&cat=39
- 4- Deecher C. Physiology of thermoregulatory dysfunction and current approaches to the treatment of vasomotor symptoms. Women's Health Research Institute, Wyeth Pharmaceuticals, Collegeville, USA. 2005. p. 435-48. [Online] Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15882119>
- 5- Fredman, R.R.; Norton, D; Woodward, S.; Cornelissen, G. Core Body Temperature and Circadian Rhythm of Hot Flashes in Menopausal Women. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2008 Nov 08. p. 2354-58. [Online] Disponível em: www.jcem.endojournals.org.
- 6-Freedman, R. R. Pathophysiology and Treatment of Menopausal Hot Flashes. Thieme Medical Publishers. 2005 Ago 29. p. 117-25. [Online] Disponível em: <http://www.medscape.com/viewarticle/510409>
- 7- Braz J.R.C. Fisiologia da Temperatura. *Revista Neurociências*. 2005 Jul/Set. p. 12-17. [Online] Disponível em: <http://www.revistaneurociencias.com.br/edicoes/2005/RN%2013%20SUPLEMENTO/Pages%20from%20RN%2013%20SUPLEMENTO-2.pdf>
- 8- Stein, M.T. Historical Perspective on Fever and Thermometry. *Clin Pediatr* 30(4):5-7, 1991.
- 9- Robinson, J.L.; Seal, R.F.; Spady, D.W.; Joffres, M.R. Comparison of esophageal, rectal, axillary, bladder, tympanic, and pulmonary artery temperatures in children. *J. Pediatr* 133(4), 553-556, 1998.
- 10- Agência Lusa. UE/Saúde: Bruxelas proíbe termómetros e outros aparelhos de medição com mercúrio, 2007. [Online] Disponível em: <http://www.barlavento.online.pt/index.php/noticia?id=16504>

- 11- - Jones WD. Taking Body Temperature, Inside Out Biomedical Diagnostics, 2006. [Online] Disponível em: <http://spectrum.ieee.org/biomedical/diagnostics/taking-body-temperature-inside-out>
- 12- Meyer R.F; Sjögren K.; Johansson K. A vaginal temperature registration system. Archives of Sexual Behavior Journal. 13(3), 247-260, 1984
- 13- McCreesh Z.; Evans N. RADIO TELEMETRY OF VAGINAL TEMPERATURE, 1994
- 14- Neves P.; Caldeira J.; Mendes A.; Pereira O.; Rodrigues J. A Biosensor and Data Presentation Solution for Body Sensor Networks
- 15- Mendes A.; Caldeira J.M.; Moutinho J., Rodrigues J.J. Sensor Sem Fios para Monitorização da Temperatura Intra-Corporal
- 16- Erickson, R.S.; Meyer, L.T. Accuracy of infrared ear thermometry and other temperature methods in adults. Am J Crit Care 3(1):40-54, 1994.
- 17- Fulbrook, P. Core body temperature measurement: a comparison of axilla, tympanic membrane and pulmonary artery blood temperature. Intensive Crit Care Nurs 13(5): 266-272, 1997
- 18- Shann, F.; Mackenzie, A.; Comparison of rectal, axillary, and forehead temperatures. Arch Pediatr Adolesc Med 150,74-78, 1996
- 19- Haddock, B.J.; Merrow, D.L.; Swanson, M.S. The falling grace of axillary temperatures. Pediatric Nursing 22(2):121-125, 1996.
- 20- Morley, C.J.; Hewson, P.H.; Thornton, A.J.; Cole, T.J. Axillary and rectal temperature measurements in infants. Arch Dis Child 67(1):122-125, 1992
- 21- Miyahara, T.; Kounda, K.; Tsuboi, H.; Togawa, K.; Nakamura, R.; Takeuchi, H. Does physical status influence the axillary temperature among junior high-school students? Nipon Kosshu Eisei Zasshi 44(7):528-531, 1997
- 22- Anagnostakis, D.; Matsaniotis, N.; Grafakos, S.; Sarafidou, E. Rectal-axillary temperature difference in febrile and afebrile infants and children. Clinical Pediatrics (Phila) 32(5):268-272, 1993
- 23- Androkites, A.L.; Werger, A.M.; Young, M.L. Comparison of axillary and infrared tympanic membrane thermometry in a Pediatric oncology outpatient setting. J Pediatr Oncol Nurs 15(4):216-222, 1998
- 24- Kresch, M.J. Axillary temperature as a screening test for fever in children. J. Pediatr 104: 596-599, 1984

25- Weiss, M.E.; Sitzer, V.; Clarke, M.; Haley, K.; Richards, M.; Sanchez, A.; Gocka, I. A comparison of temperature measurements using three ear thermometers. *Intensive Crit Care Nurs* 13(5):266-

26- Dellinger E.P. Should We Measure Body Temperature for Patients Who Have Recently Undergone Surgery? EDITORIAL COMMENTARY. 2005(40), pp 1404–10