

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

**ESTUDO DA ATIVIDADE NERVOSA AUTÔNOMICA DURANTE O
SONO ATRAVÉS DA ANÁLISE ESPECTRAL WAVELET DA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM SUJEITOS
OBESOS MÓRBIDOS SUBMETIDOS À CIRURGIA BARIÁTRICA**

ROGER ANDRÉ OLIVEIRA PEIXOTO

SÃO PAULO – SP
2010

ROGER ANDRÉ OLIVEIRA PEIXOTO

ESTUDO DA ATIVIDADE NERVOSA AUTONÔMICA DURANTE O SONO ATRAVÉS DA ANÁLISE ESPECTRAL WAVELET DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM SUJEITOS OBESOS MÓRBIDOS SUBMETIDOS À CIRURGIA BARIÁTRICA

Dissertação apresentada à Universidade Nove de Julho, para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Orientador: Prof. Dr. Luis Vicente Franco de Oliveira
Co-orientador: Prof. Dr. Marcio Magini

SÃO PAULO – SP
2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Peixoto, Roger André Oliveira

Estudo da atividade nervosa autonômica durante o sono através da análise espectral wavelet da variabilidade da frequência cardíaca em sujeitos obesos mórbidos submetidos à cirurgia bariátrica. / Roger André Oliveira Peixoto.- São Paulo, SP : [s.n.] , 2010.

116p.: Il.

Orientador: Prof. Dr. Luis Vicente F. de Oliveira

Co-orientador: Prof. Dr. Marcio Magini

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho.

1. Obesidade 2. Cirurgia Bariátrica 3. Variabilidade da Frequência Cardíaca 4. Distúrbios do Sono 5. Wavelet

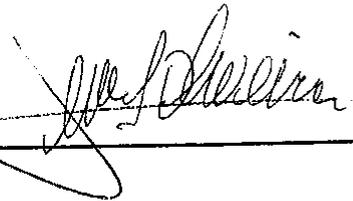
São Paulo, 17 de novembro de 2010.

TERMO DE APROVAÇÃO

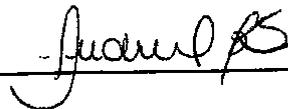
Aluno: ROGER ANDRÉ OLIVEIRA PEIXOTO

Título da Dissertação: "ESTUDO DA ATIVIDADE NERVOSA AUTONÔMICA DURANTE O SONO ATRAVÉS DA ANÁLISE ESPECTRAL WAVELET DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM SUJEITOS OBESOS MÓRBIDOS SUBMETIDOS À CIRURGIA BARIÁTRICA".

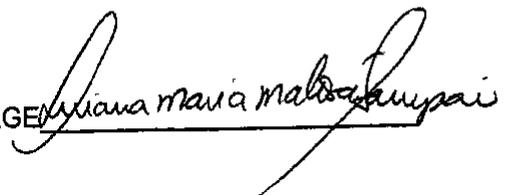
Presidente PROF. DR. LUIS VICENTE FRANCO DE OLIVEIRA



Membro: PROFA. DRA. AUDREY BORGHI SILVA



Membro: PROFA. DRA. LUCIANA MARIA MALOSÁ SAMPAIO JORGE



DEDICATÓRIA

AOS MEUS PAIS CARLOS PEIXOTO E MARLENE GONÇALVES P. E OLIVEIRA
PEIXOTO

- PELO APOIO, COMPREENSÃO E AMOR NESSA CAMINHADA DE ALEGRIAS E
LUTAS -

À MINHA ESPOSA MARIA INÊS E SUAS FILHAS PRISCILA E ISABELA
- PELA PACIÊNCIA, CARINHO E COMPANHEIRISMO NESSA ETAPA DE NOSSAS
VIDAS -

AO MEU FILHO CAIO AUGUSTO
-PELA MARAVILHOSA EXPERIÊNCIA DE SER PAI FAZENDO A MINHA VIDA
MAIS COMPLETA E FELIZ -

À MINHA IRMÃ JULIANA OLIVEIRA PEIXOTO
- PELA AMIZADE, SUPORTE E AFETO EM TODOS OS MOMENTOS QUE
PRECISEI -

AGRADECIMENTOS

A DEUS PRIMEIRAMENTE, PELAS OPORTUNIDADES E PROTEÇÃO QUE SEMPRE ME OFERECEU A TODOS OS MOMENTOS

AO MEU ORIENTADOR PROF. DR. LUIS VICENTE FRANCO DE OLIVEIRA PELA AMIZADE, ORIENTAÇÃO E INSPIRAÇÃO ONDE ATRAVÉS DE SEUS CONHECIMENTOS E POSTURA DE MESTRE INFLUENCIOU EM MINHA FORMAÇÃO PARA A BUSCA CONSTANTE DO SABER E APRIMORAMENTO COMO PROFISSIONAL

A MINHA VÓ MARIA E FAMÍLIA QUE SEMPRE ME ACOLHERAM DE BRAÇOS ABERTOS MESMO QUANDO FALHO EM NÃO ESTAR MAIS PRESENTE PARTILHANDO MAIS TEMPO COM PESSOAS TÃO QUERIDAS.

AOS AMIGOS QUE FIZ NESSE TEMPO DE MESTRADO ONDE DIFERENTES HISTÓRIAS PARTILHADAS PELA CONVIVÊNCIA TROUXE IMPORTANTES ENSINAMENTOS.

AOS ALUNOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA QUE POR VÁRIAS VEZES DERAM UMA GRANDE FORÇA NA ELABORAÇÃO E PRODUÇÃO DOS TRABALHOS AUXILIANDO COM DEDICAÇÃO E BOA VONTADE.

AOS PACIENTES PELA CORAGEM E PELA OPORTUNIDADE DE REALIZAÇÃO DOS TRABALHOS CIENTÍFICOS MOSTRANDO FORÇA E GENEROSIDADE AO PERMITIR QUE ATRAVÉS DE SUAS EXPERIÊNCIAS, PROBLEMAS E DIFICULDADES, SEJA POSSÍVEL EXTRAIR LIÇÕES E NOVOS CONHECIMENTOS QUE RESULTEM EM MAIS SAÚDE E BEM ESTAR DE OUTRAS PESSOAS.

RESUMO

A obesidade é um dos mais graves problemas de saúde pública sendo atualmente considerada uma doença multifatorial de características epidemiológicas. É caracterizada pelo acúmulo de gordura corporal de forma a comprometer a saúde e se desenvolve pela interação de fatores genéticos, ambientais, socioeconômicos, culturais, metabólicos e psicológicos atingindo todas as classes sociais e as mais diferentes faixas etárias inclusive com aumento do número de casos de obesidade infantil. A obesidade é classificada como grau III quando o índice de massa corpórea, obtido pela divisão do peso pelo quadrado da altura, atinge o valor de $\geq 40 \text{ kg/m}^2$. No Brasil os procedimentos cirúrgicos mais utilizados para obesidade são a cirurgias mistas que combinam técnicas restritivas e disabsortivas como a de Fobi-Capella e de Scopinaro. A síndrome da apnéia obstrutiva do sono é frequentemente associada a obesidade que é um fator de risco para hipertensão e doença arterial coronariana e recentes estudos têm mostrado que a síndrome da apnéia obstrutiva do sono é um fator de risco independente para doenças cardiovasculares. A correlação entre as doenças cardiovasculares e os distúrbios cardiorrespiratórios do sono pode ser explicada pelo colapso da via aérea durante o sono estar associado ao aumento do esforço respiratório e alteração no fluxo nasal e oral desencadeando hipoxemia e hipercapnia, levando a despertares repetidos durante a noite resultando em estimulação do sistema nervoso simpático e hipertensão arterial. O objetivo deste estudo foi analisar a variabilidade da frequência cardíaca através da análise espectral wavelet que visa identificar as diferentes frequências que podem ser obtidas do sinal estudado durante o sono de obesos grau III candidatos a cirurgia bariátrica. Foram avaliados 14 sujeitos, de ambos os sexos e a coleta de dados incluiu o índice de massa corpórea, polissonografia noturna completa e a análise espectral wavelet da variabilidade da frequência cardíaca. Obteve-se como resultados: idade $36,07 \pm 10,97$; índice de massa corporal $48,68 \pm 5,64$; índice de apnéia e hipopnéia $28,7 \pm 25,9$; intervalo R-R $829,20 \pm 82,84$; Os índices da análise espectral da variabilidade da frequência cardíaca mostraram predomínio do sistema nervoso simpático sobre o parassimpático após interpretação do sinal obtido e análise realizada através do comportamento das frequências. Após 60 dias de cirurgia, 14 sujeitos repetiram as coletas de dados e a polissonografia, e apresentaram diminuição do índice de massa corporal $41,92 \pm 5,72$, do índice de apnéia e hipopnéia $16,9 \pm 17,4$, melhora da variabilidade da frequência cardíaca; intervalo R-R $972,24 \pm 146,20$. Foi concluído que sujeitos obesos grau III candidatos a cirurgia bariátrica têm alta prevalência de síndrome da apnéia obstrutiva do sono e apresentam alteração da VFC durante o sono com predomínio da atividade simpática. Com a redução de peso após 60 dias da cirurgia bariátrica, houve melhora nos valores antropométricos, nas variáveis polissonográficas, na variabilidade da frequência cardíaca e na distribuição das frequências obtidas pela análise espectral wavelet apresentando através de gráficos e histogramas uma distribuição mais uniforme e harmônica caracterizando um comportamento fisiológico do sistema nervoso autônomo mais equilibrado.

Palavras-chave: obesidade, cirurgia bariátrica, variabilidade da frequência cardíaca, distúrbios do sono e wavelet

ABSTRACT

Obesity is one of the most serious public health problems is now considered a multifactorial disease in epidemiological characteristics. It is characterized by the accumulation of body fat in order to compromise the health and develops through the interaction of genetic, environmental, socioeconomic, cultural, metabolic and psychological affects all social classes and all different age groups including an increase in the number of cases childhood obesity. Obesity is classified as grade III when the body mass index, obtained by dividing weight by the square of height, reach a value of $\geq 40 \text{ kg / m}^2$. In Brazil the most used surgical procedures for obesity surgery are techniques that combine restrictive and disabsortives methods as the Fobi-Capella and Scopinaro. The syndrome of obstructive sleep apnea is often associated with obesity is a risk factor for hypertension and coronary artery disease and recent studies have shown that the syndrome of obstructive sleep apnea is an independent risk factor for cardiovascular disease. The correlation between the cardiovascular and cardiopulmonary disorders of sleep can be explained by the collapse of the airway during sleep is associated with the increased work of breathing and changes in nasal and oral airflow triggering hypoxemia and hypercapnia, leading to repeated awakenings during sleep causing stimulation of the sympathetic nervous system and hypertension. The aim of this study was to assess heart rate variability by spectral analysis wavelet which aims to identify the different frequencies that can be obtained from the signal studied during sleep in morbidly obese candidates for bariatric surgery. We evaluated 14 individuals of both sexes and data collection included body mass index, full nocturnal polysomnography and wavelet spectral analysis of heart rate variability. We obtained results as follows: age 36.07 ± 10.97 , BMI 48.68 ± 5.64 ;, an apnea-hypopnea index 28.7 ± 25.9 , 829.20 ± 82.84 RR interval; indices of the spectral analysis of variability heart rate showed a predominance of sympathetic nervous system on the parasympathetic signal obtained after interpretation and analysis through the behavior of the frequencies. After 60 days of surgery, 14 subjects repeated the data collection and polysomnography and showed decreased body mass index 41.92 ± 5.72 , apnea index and hypopnea index 16.9 ± 17.4 , improved heart rate variability; interval RR 972.24 ± 146.20 . It was found that morbidly obese subjects candidates for bariatric surgery have a high prevalence of the syndrome and obstructive sleep apnea have changes in HRV during sleep with a predominance of sympathetic activity. With the reduction in weight after 60 days of bariatric surgery, there was improvement in anthropometric values in polysomnographic variables in heart rate variability and distribution of frequencies obtained by the wavelet spectral analysis using graphs and histograms showing a more harmonic and uniform distribution characterizing a physiological behavior of the autonomic nervous system more balanced.

Keywords: obesity, bariatric surgery, heart rate variability, wavelet, sleep disorders and wavelet

SUMÁRIO

1. Introdução.....	2
2. Obesidade.....	3
2.1. Comorbidades.....	5
2.2. Obesidade e sistema cardiorrespiratório.....	6
2.3. Obesidade e tratamento.....	7
2.4. Cirurgia bariátrica.....	8
2.4.1. Técnicas restritivas.....	9
2.4.2. Técnicas disabsortivas.....	11
2.4.3. Técnicas mistas.....	11
3. Sono e vigília.....	14
3.1. Os estágios do sono.....	15
3.2. Controle ventilatório durante o sono.....	17
3.3. Distúrbios do sono.....	21
3.3.1. Distúrbios respiratórios relacionados ao sono.....	22
3.3.2. Síndrome da apnéia obstrutiva do sono.....	23
3.3.3. Síndrome da apneia central do sono.....	25
3.4. Métodos diagnósticos.....	25
4. Obesidade e distúrbios cardiorrespiratórios do sono.....	28
5. Variabilidade da frequência cardíaca.....	32
5.1. Sistema nervoso autonômico.....	32
5.2. Análise da variabilidade da frequência cardíaca.....	34
5.3. Métodos de análise da variabilidade de frequência cardíaca.....	36
5.3.1. Métodos não lineares.....	36
5.3.1.1. Métodos no domínio do tempo.....	36
5.3.1.2. Métodos no domínio da frequência.....	38
5.3.2. Métodos não lineares.....	39
5.3.3. Wavelet.....	40

5.3.3.1. Propriedades da wavelet.....	42
5.3.2.2. Tipos de wavelet.....	42
6. Justificativa.....	44
7. Objetivos.....	44
7.1. Objetivo geral.....	44
7.2. Objetivo específico.....	44
8. Material e método.....	45
8.1. Caracterização do estudo.....	45
8.2. Caracterização dos sujeitos.....	45
8.3. Princípios éticos e legais.....	45
8.4. Protocolo experimental.....	46
8.5. Fluxograma.....	46
8.6. Avaliação clínica.....	47
8.7. Polissonografia.....	47
8.8. Variabilidade da frequência cardíaca e Wavelet.....	49
9. Referências bibliográficas da contextualização.....	52
10. Resultados.....	61
Trabalho 1.....	62
Trabalho 2.....	67
Trabalho 3.....	69
Trabalho 4.....	71
Trabalho 5.....	73
11. Conclusão.....	92
12. Anexos.....	94
Anexo 1.....	95
Anexo 2.....	97
Anexo 3.....	114

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1. Classificação do peso pelo Índice de massa corporal.....4

Tabela 2. Comorbidades associadas com a obesidade.....6

Tabela 3. Graduação da escala de sonolência de Epworth.....26

Tabela 4. Análise da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo.....37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Banda gástrica ajustável.....	9
Figura 2. Gastroplastia vertical com bandagem.....	10
Figura 3. Derivação jejuno-ileal.....	11
Figura 4. Gastroplastia vertical de Fobi-Capela.....	12
Figura 5. Derivação bílio-pancreática de Scopinaro.....	13
Figura 6. Ciclo normal do sono.....	16
Figura 7. Síndrome da apneia obstrutiva do sono.....	24
Figura 8. Sistema nervoso autônomo.....	33
Figura 9. ECG normal.....	35
Figura 10. Análise no domínio da frequência.....	38
Figura 11. Periodograma Wavelet.....	43
Figura 11. Periodograma Pré e pós operatório.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS

AVE – Acidente Vascular Encefálico
CO2 – Dióxido de Carbono
CRF – Capacidade Residual Funcional
CDC – Center Disease Control
CPT – Capacidade Pulmonar Total
CV – Capacidade Vital
DC – Débito Cardíaco
DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva crônica
DRS – Distúrbios Respiratórios do Sono
ECG – Eletrocardiograma
EEG – Eletroencefalograma
EOG – Eletrooculograma
EMG - Eletromiografia
EUA – *Estados Unidos da América*
FC – Frequência Cardíaca
FC – Frequência Cardíaca
FFT – Fast Fourier Transform
FR – Frequência Respiratória
HAS – Hipertensão arterial sistêmica
HF - High frequency
IAH – Índice da Apneia/Hipopneia
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICC – Insuficiência Cardíaca Congestiva
IMC – Índice de Massa Corporal
IOTF – International Obesity Task Force
LF – Low frequency
NREM – não REM
NSQ – Núcleo Supraquiasmático
NHANES – Estudo Nacional de Saúde e Nutrição

NN50 – Pares de intervalos R-R adjacentes que diferem entre si mais de 50ms

OMS – Organização Mundial de Saúde

O₂ – Oxigênio

PA – Pressão arterial

PaO₂ – Pressão arterial de oxigênio

PaCO₂ – Pressão arterial de dióxido de carbono

Pimax – Pressão Inspiratória Máxima

POF – Pesquisa de orçamento familiar

QB – Questionário de Berlim

REM – Rapid Eyes Moviment

RMSSD – Raiz quadrada das média do quadrado das diferenças entre os intervalosR-R adjacentes

SHO – Síndrome Hipoventilação Obesidade

SAOS – Síndrome da Apnéia Obstrutiva do Sono

SDANN – Desvio Padrão das Médias dos Intervalos R-R a cada 5 minutos

SDNN – Desvio Padrão Intervalos R-R

SDNNi - Média dos desvios padrão dos intervalos R-R a cada 5 minutos

SNA – Sistema Nervoso Autônomo

SNC – Sistema Nervoso Central

SNS – Sistema Nervoso Simpático

SpO₂ – Saturação oxihemoglobina

TF – Transformada de Fourier

TTR – Tempo total de registro

TTS – Tempo Total de Sono

ULF – Ultra low frequency

VLF – Very low frequency

VFC – Variabilidade da Frequência Cardíaca

VRE – Volume de Reserva Expiratório

CONTEXTUALIZAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A obesidade é atualmente um grande problema de saúde pública. É considerada uma doença crônica caracterizada pelo acúmulo excessivo de gordura corporal e sua prevalência vem crescendo acentuadamente nas últimas décadas, até mesmo nos países em desenvolvimento, o que levou à condição de epidemiologia global. À medida que se consegue erradicar a miséria entre as camadas mais pobres da população, a obesidade desponta como um problema mais frequente e mais grave que a desnutrição (COUTINHO, 2004; FANDINO, 2004).

A alta prevalência e a importância das comorbidades fazem com que a obesidade seja considerada, uma das mais importantes doenças nutricionais do mundo ocidental. Os custos com os cuidados com a saúde para o tratamento da obesidade e suas complicações também vem crescendo. Segundo Mancini (2001) os doentes obesos têm complicações específicas associadas à obesidade, que ocorrem desde o transporte até o serviço de emergência, passando pela escassez de dados obtidos com as técnicas usualmente empregadas no exame físico, até os obstáculos e limites físicos enfrentados com os exames subsidiários. (NONINO-BORGES; BORGES; SANTOS, 2006; LIVINGSTON; FINK, 2003).

Entre os anos de 1986 a 2000, a população de obesos nos Estados Unidos (EUA) duplicou inclusive com registros do aumento de casos de obesidade infantil com idades entre 5 a 12 anos. Segundo estimativas do Centro Nacional de Controle e Prevenção de Doenças (CDC), a obesidade apresentou um aumento surpreendente de 74% em uma década, desde 1991, e cresceu em apenas um ano (2001 a 2002) 5,6% (*INTERNATIONAL TASK FORCE ABOUT OBESITY*, 2003; KHAN, 2008; ALAM, 2009).

Resultados do Estudo Nacional de Saúde e Nutrição (NHANES), realizado na população americana entre 20 a 74 anos, no período compreendido entre 1999 e 2002, 65% dos indivíduos foram caracterizados como sobrepeso e 31% como obesos. Estimativas anuais americanas relatam 300.000 casos de mortes em adultos relacionadas à obesidade (*INTERNATIONAL TASK FORCE ABOUT OBESITY*, 2003).

O Brasil é um dos poucos países da América do Sul que possui informações de pesquisas nacionais mais completas sobre nutrição e saúde desde a década de 70. Dados de quatro grandes estudos nacionais com bases populacionais, realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) nos anos de 1975, 1989, 1996/97 e 2002/03 nos permitem avaliar a progressão do sobrepeso e obesidade na população brasileira nos últimos 25 anos, em todos os estratos sociais, sem discriminação de gênero (MONTEIRO; CONDE; POPKIN, 2001).

Dados recentes da última pesquisa, que englobou as cinco macrorregiões brasileiras, realizada em 2002/03, denominada Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), revelaram que o excesso de peso, em adultos, excedeu em oito vezes o déficit de peso na população feminina e quinze vezes entre homens.(INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 2006).

2. OBESIDADE

Segundo Segal (2002), define-se como obesidade o acúmulo excessivo de gordura corporal de forma a comprometer a saúde. É uma doença multifatorial que se desenvolve pela interação de fatores genéticos, ambientais, sociais, econômicos, culturais, nutricionais, metabólicos, psicológicos, neurológicos, endócrinos entre outros. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009), no Brasil 14,8% da população é considerado obesa, sendo que 48% das mulheres e 50,1% dos homens encontram-se na faixa de sobrepeso.

A obesidade ocorre quando há um desequilíbrio entre a ingestão calórica e o gasto energético, levando ao excesso de gordura corporal, de maneira que a saúde física e psicológica é afetada e a expectativa de vida reduzida. O excesso de peso e a obesidade compõem as doenças da modernidade, onde fatores econômicos, sociais e avanços tecnológicos ocasionaram um estilo de vida marcado por dietas ricas em gordura e carboidratos, sedentarismo, tabagismo e consumo excessivo de álcool. (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2000; MANCINI, 2001; ARONNE, 2002; FOSTER, 2003).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) o Índice de Massa Corpórea (IMC) é atualmente indicado para classificar a obesidade, devido sua correlação com a morbi-mortalidade. Ele é calculado dividindo-se o peso corporal (Kg) pelo quadrado da altura (m). Quanto maior o IMC, maior o risco de doenças associadas (*WORLD HEALTH ORGANIZATION*, 2004). **(tabela 1).**

Tabela 1: Classificação do peso pelo IMC

Classificação	IMC (Kg/m²)	Risco de comorbidades
Baixo peso	< 18,5	Baixo
Peso normal	18,5-24,9	Médio
Sobrepeso	25,0-29,9	Aumentado
Obeso I	30,0-34,9	Moderado
Obeso II	35,0-39,9	Grave
Obeso III	≥ 40	Muito grave

Fonte: Godoy-Matos; Oliveira, 2004.

Quando o excesso de peso corporal atinge um IMC ≥ 40 kg/m², a obesidade passa a ser considerada uma doença grave, em função da associação com doenças causadas ou agravadas por ela. Esta condição corresponde à obesidade grau III, também denominada de obesidade mórbida. Entre as comorbidades mais freqüentes encontram-se a hipertensão arterial sistêmica (HAS), diabetes melitus tipo II, síndrome da apnéia obstrutiva do sono (SAOS), artropatias degenerativas, dislipidemia, coronariopatias, disfunções respiratórias, colelitíase e desajustes psicossociais (CENEVIVA, 2006).

Embora o IMC permita uma avaliação bastante rápida e prática da obesidade, é importante lembrar que esse índice possui algumas limitações como informações da distribuição de gordura corporal, distinguir massa gorda de massa magra ou o índice de gordura em diferentes populações de modo que pessoas muito musculosas ou edemaciadas possam apresentar IMC falsamente elevado (MANCINI, 2001; GODOY-MATOS; OLIVEIRA, 2004; NONINO-BORGES; SANTOS, 2006; POULAIN, 2006).

2.1. COMORBIDADES

A obesidade é uma crescente epidemia internacional. Os custos com os cuidados com a saúde para o tratamento da obesidade e suas complicações também vem crescendo. Recentes estimativas são que 70 bilhões de dólares ou 9,4% dos custos totais com saúde são atribuídos ao tratamento da obesidade e suas complicações. A obesidade mórbida está associada a significantes complicações como as citadas na **tabela 2** (LIVINGSTON; FINK, 2003).

Tabela 2 – Comorbidades associadas com a obesidade

- resistência à insulina/ hiperinsulinemia	- osteoartrites
- diabetes tipo 2	- asma
- hipertensão	- apnéia do sono
- dislipidemia	- dificuldades respiratórias
- doença coronariana	- complicação na gravidez
- doenças da vesícula biliar	- ciclo menstrual irregular
- cânceres	- aumento do risco cirúrgico
- morte prematura	- problemas psicológicos
- acidente vascular encefálico	- alterações hormonais

Fonte: Pi-Sunyer, 2002.

Não só o excesso de peso aumenta o risco das desordens citadas na tabela acima, mas o padrão de distribuição da gordura corporal é também um fator importante no desenvolvimento dessas condições. Nos homens é mais comum observar uma obesidade central ou abdominal, enquanto as mulheres apresentam um padrão mais inferior ou gluteofemoral. Estudos mostram que a distribuição de gordura abdominal está correlacionada com anormalidades metabólicas sendo um fator preditivo de risco para mortalidade e morbidade quando associado a elevados valores de IMC (PI-SUNYER, 2002; COUTINHO, 2004).

2.2. OBESIDADE E SISTEMA CARDIORRESPIRATÓRIO

Ashwell, Durrant e Garrow (1977), na década de 70, foram os primeiros a descreverem sobre a gordura localizada e sua associação a fatores de risco. A princípio foram identificados dois padrões de deposição de gordura, o andróide (deposição predominantemente na parte superior do corpo, particularmente no abdômen) e ginecóide (deposição de gordura na região dos quadris), o primeiro está mais relacionado ao padrão de deposição de gordura masculina e o segundo ao feminino no período pré-menopausa.

A obesidade leva a uma série de alterações da fisiologia ventilatória como a redução da capacidade residual funcional (CRF), do volume de reserva expiratório (VRE), capacidade vital (CV) e capacidade pulmonar total (CPT), sendo que esses dois últimos se encontram reduzidos em aproximadamente 30% dos sujeitos obesos mórbidos (MALTAIS, 2006).

O trabalho ventilatório aumenta em consequência de uma redução da complacência da caixa torácica, de um aumento das resistências das vias aéreas, de uma posição anormal do diafragma e de uma obstrução ao fluxo aéreo em via aérea alta. Estas alterações surgem com maior frequência em sujeitos com distribuição central de gordura, devido ao efeito mecânico do acúmulo de gordura sobre a expansão pulmonar (IÑIGO, VICENT, ANDRÉS, 2004).

Os parâmetros da função pulmonar determinados de acordo com a quantidade e distribuição do excesso de massa interferem na fisiologia dos mecanismos pulmonares com alterações da força da musculatura respiratória e da pressão inspiratória máxima (Pimax). A pressão máxima inspiratória é um indicativo da capacidade ventilatória e do desenvolvimento de insuficiência respiratória, sendo bastante indicado para avaliar o grau de anormalidade e monitorar o enfraquecimento dos músculos inspiratórios individualmente na evolução de pacientes (KARVONEN, 1994; POULAIN, 2006)

2.3. OBESIDADE E TRATAMENTO

Sendo a obesidade uma condição médica crônica de etiologia multifatorial, o seu tratamento envolve várias abordagens (nutricional, medicamentosa e prática de exercícios físicos). Entretanto, vários pacientes não respondem a estas manobras terapêuticas, necessitando de uma intervenção mais eficaz. A cirurgia bariátrica tem se mostrado uma técnica de grande auxílio na condução clínica de alguns casos de obesidade.

A indicação desta intervenção vem crescendo nos dias atuais e baseia-se numa análise abrangente de múltiplos aspectos do paciente. A seleção de pacientes requer um tempo mínimo de cinco anos de evolução da obesidade e história de falência do tratamento convencional realizado por profissionais qualificados. A cirurgia estaria contra-indicada em pacientes com pneumopatias graves, insuficiência renal, lesão acentuada do miocárdio e cirrose hepática. As contra-indicações psiquiátricas ainda são fonte de controvérsias e motivo de discussão (FANDINO, 2004).

O tratamento da obesidade objetiva a melhora das condições de saúde e da qualidade de vida, mediante a redução do peso corporal, o suficiente para eliminar ou reduzir as comorbidades e promover o bem estar psicológico. Significativos avanços têm sido observados no tratamento farmacológico da obesidade mórbida, no entanto, a cirurgia bariátrica é considerada mais eficaz para esses pacientes e é capaz de resolver boa parte das comorbidades visto que a obesidade grau III permanece largamente refratária à terapêutica dietética e medicamentosa (CENEVIVA, 2006).

2.4. CIRURGIA BARIÁTRICA

Por mais de meio século os cirurgiões gástricos tentaram criar soluções para as medidas conservadoras utilizadas na época, que resultavam em repetitivos resultados insatisfatórios sendo as primeiras tentativas cirúrgicas para perda de peso somente realizadas através de técnicas dissabsortivas deixando o estômago intacto e sem alterações (CROOKES, 2006).

Os critérios atuais estabelecidos para indicação de cirurgia bariátrica são um IMC > 40 kg/m² ou IMC > 35 kg/m² associado a comorbidades. Os pacientes que se enquadram nestes critérios devem não possuir doenças endócrinas específica, transtorno mental ou condições físico-clínicas que contra-indiquem cirurgias de grande porte. (SANCHEZ, 2007).

As técnicas cirúrgicas utilizadas no tratamento da obesidade são divididas em três grupos, restritivas, disabsortivas e mistas. As restritivas visam, mediante saciedade precoce favorecida por redução da capacidade gástrica, diminuir o volume de alimentos ingeridos. As técnicas disabsortivas, excluem o segmento do intestino delgado do trânsito, reduzindo a absorção de alimentos, e as mistas, associam restrição mecânica ao bolo alimentar e má absorção intestinal (CROOKES, 2006; CENEVIVA, 2006; DE MARIA, 2007).

2.4.1 TÉCNICAS RESTRITIVAS

A banda gástrica ajustável laparoscópica, proposta por Kuzmak e padronizada por Belachew e Favretti, consiste em uma banda inflável de silicone colocada por via laparoscópica na porção superior do estômago, estreitando-a, de maneira a criar uma câmara gástrica proximal pequena que se comunica com a porção distal restante do estômago através de um orifício de passagem regulável pelo grau de insuflação da banda, que é ajustada externamente.

A banda é conectada a um pequeno reservatório de metal e plástico localizado sob a pele e facilmente alcançado por uma fina agulha por onde se injeta água destilada, possibilitando o ajuste para controle da passagem do alimento (SUNISGALLI, RODRIGUES, MAIR, 2005).

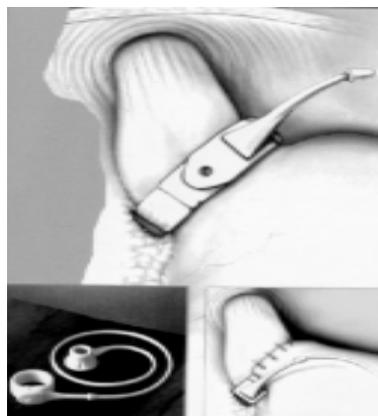


Figura nº 1: Banda gástrica ajustável

Fonte: Ceneviva, 2004.

Esta modalidade tem os mesmos princípios da gastroplastia vertical à Mason, permitido, pela passagem lenta dos alimentos pelo orifício de comunicação, que a câmara gástrica proximal se distenda com quantidade pequena de alimentos resultando em saciedade precoce.

A banda gástrica ajustável induz, em média, perda de 25% a 30% do peso original; tem o mesmo inconveniente da gastroplastia vertical à Mason, pois os pacientes retornam o ganho de peso à medida que passam a ingerir alimentos líquidos hipercalóricos, com alta tolerância. Ingestão de 5000 a 6000 calorias por dia é freqüente.

A gastroplastia vertical com bandagem ou cirurgia de Mason consiste no fechamento de uma porção do estômago através de uma sutura, resultando em diminuição importante do reservatório gástrico (20 ml) e um anel de contenção é colocado no orifício de saída, tornando o esvaziamento dessa pequena câmara mais lento, permitindo que a câmara gástrica proximal se distenda com quantidade pequena de alimentos resultando em saciedade precoce (HANSEN; TORQUATI; ABUMRAD, 2006).

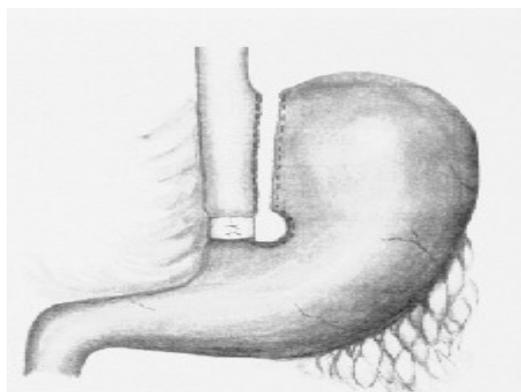


Figura nº 2: Gastroplastia vertical com bandagem.

Fonte: Ceneviva, 2004

2.4.2. TÉCNICAS DISABSORTIVAS

Os procedimentos cirúrgicos exclusivamente disabsortivos têm como principal representante a derivação jejuno-ileal, realizada, sobretudo mediante a técnica de Payne na década de 1960. Envolve a exclusão de quase todo o intestino delgado, permanecendo no trânsito alimentar apenas 35 cm de jejuno proximal e 10 cm do íleo distal. A derivação jejuno-ileal foi abandonada em decorrência das freqüentes e não raramente graves alterações nutricionais e metabólicas secundárias à má-absorção, sendo substituída pelas gastroplastia e derivações bílo-pancreáticas (PAYANE, 1969).

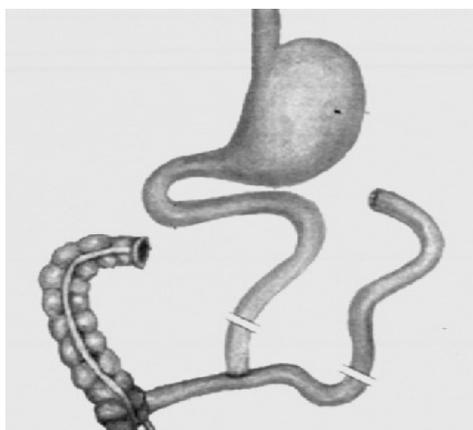


Figura nº 3: Derivação jejuno-ileal

Fonte: Ceneviva, 2004

2.4.3. TÉCNICAS MISTAS

A operação de Fobi-Capella é uma modalidade mista predominantemente restritiva de gastroplastia vertical com derivação gástrica, mais frequentemente utilizada e envolve a separação de câmara gástrica proximal do restante do estômago e a anastomose com alça jejunal em Y de Roux de 100 cm; assim a maior parte do estômago, o duodeno e 50 cm do jejuno proximal ficam excluídos do trânsito alimentar, representando o pequeno componente disabsortivo.

O componente restritivo corresponde à redução do reservatório gástrico e à restrição ao seu esvaziamento pelo emprego de um anel de contenção de silicone com circunferência de 6,2cm, determinando uma saída de aproximadamente 1,5cm de diâmetro. Essa modalidade terapêutica tem-se demonstrado eficaz na indução da perda de peso e na manutenção da perda satisfatória, a longo prazo. A perda média do excesso de peso tem sido referida como de 50 a 70% após 14 anos (CAPELLA, CAPELLA, 1997).

Garrido et al, (2000) relatam redução média de 40% do peso pré-operatório, com estabilização a partir de um ano. Wittgrove e Clark, (1999) adaptaram a derivação gástrica à via laparoscópica, porém este tipo de abordagem deve ser limitado a cirurgiões com grande experiência em cirurgia videolaparoscópica.

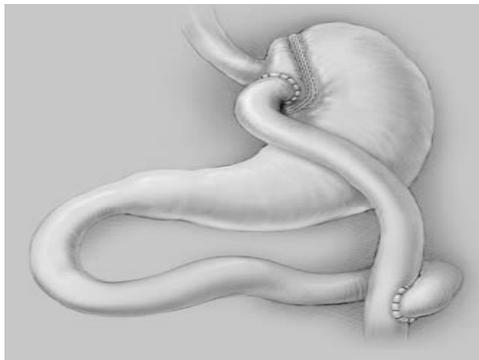


Figura nº 4: Gastroplastia vertical de Fobi-Capella

Fonte: Steinbrook, 2004.

A derivação bilio-pancreática pela técnica de Scopinaro é uma variante mais moderna da técnica de Payne. Esse procedimento é misto, com componente restritivo menos significativo que o disabsortivo e envolve uma gastrectomia subtotal distal, mantendo coto gástrico com capacidade de 200 a 500 ml; o trânsito alimentar é reconstituído mediante anastomose do coto gástrico com os 2,5 m do íleo terminal (Buchwald ,2004).

A alça exclusiva do trânsito, que corresponde a pouco menos de 60% do intestino delgado, drena a secreção biliopancreática para encontrar o bolo alimentar através de uma anastomose feita no íleo a 50 cm da válvula íleo-cecal. Com o passar do tempo e com a adaptação gástrica o paciente passa a comer à vontade e a cirurgia passa a ser exclusivamente disabsortiva (SCOPINARO, 1980).

Scopinaro relata perda de 72% do excesso de peso corporal, mantida por 18 anos; esse é o melhor resultado quanto à perda de peso e à manutenção da perda, apesar do paciente poder ingerir grande quantidade de alimentos. A médio e a longo prazo podem-se desenvolver complicações como desnutrição protéica em 15% dos casos, osteoporose, osteomalácia e hipovitaminoses pelo que os pacientes exigem cuidados nutricionais permanentes, necessitando receber suplemento de cálcio e vitaminas, sobretudo vitamina D (SCOPINARO, 1996).

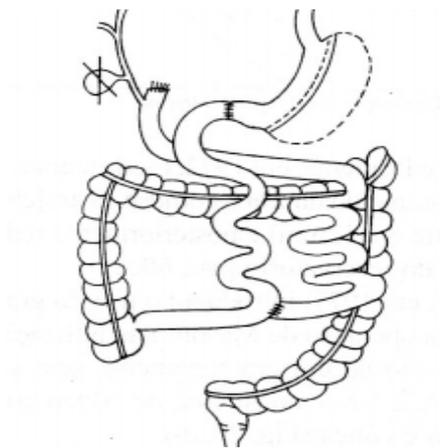


Figura nº 5: Derivação bilio-pancreática de Scopinaro
Fonte: Ceneviva, 2004.

Na técnica de Scopinaro modificada por Marceau e Biron (duodenal switch) a gastrectomia parcial é vertical, com manutenção do piloro; a alça intestinal que drena a secreção bílio-pancreática é anastomosada à alça ileal que recebe o bolo alimentar a 100 cm da válvula íleo-cecal em vez de 50 cm, dobrando assim o comprimento do segmento ileal comum absorptivo. Essa operação mantém os bons resultados da técnica de Scopinaro quanto à redução de peso e reduz os índices de alterações nutricionais e metabólicas (MARCEAU, BIRON, LEGACE, 1998).

A morbidade para ambas as modalidades cirúrgicas é semelhante, em torno de 5%. Apenas 6% a 24% dos pacientes submetidos à cirurgia bariátrica necessitam mais de 24h de internação em UTI, número maior em cirurgias abertas com 21% quando comparado com a laparoscópica com 7,6% (SANCHEZ, 2007).

3. SONO E VIGÍLIA

O sono é um estado de descanso físico e mental no qual uma pessoa fica relativamente inativa e inconsciente do meio, ou seja, é uma função biológica regulada por mecanismos autonômicos do tronco cerebral (ANDREOLI, 1989). As funções cerebrais e orgânicas em geral são influenciadas pela alternância da vigília com os estágios do sono, ou seja, o sono restaura as condições que existiam no princípio da vigília precedente (VELLUTI, 1996).

O ciclo sono/vigília dura aproximadamente vinte e cinco horas ao contrário de vinte e quatro horas de um ciclo dia-noite. Normalmente, o ambiente de luz e escuridão sincronizam ou iniciam ritmos dia-noite, portanto, a existência de ritmos autônomos independentes do ambiente sugerem que o corpo humano tem um relógio biológico interno. O local deste relógio biológico tem sido proposto como sendo no núcleo supraquiasmático do hipotálamo, acima do quiasma óptico (CHOKROVERTY, 2000; ALOE; AZEVEDO; HASAN, 2005).

A sincronização-dessincronização das ondas do eletroencefalograma (EEG) do sono não REM (NREM) e sono REM e vigília é consequência da atividade neural no circuito tálamo-cortical, decorrente da interação entre os núcleos monoaminérgicos e colinérgicos do tronco cerebral. Núcleos colinérgicos ativam-se na vigília e no sono REM com dessincronização do eletroencefalograma. A vigília é um estado predominantemente aminérgico, o sono REM predominantemente colinérgico e o sono NREM situa-se em posição intermediária (ALÓE; AZEVEDO; HASAN, 2005).

O estado de vigília é promovido pela ativação constante do sistema reticular ascendente do tronco encefálico, em decorrência de vários estímulos víscero e somato-sensoriais que são enviados ao tálamo, hipotálamo e córtex cerebral. O mecanismo de controle do sono REM e NREM é distinto anatomicamente, o sono REM é controlado por um sistema localizado na ponte e o sono NREM é controlado por um sistema múltiplo no prosencéfalo, hipotálamo, mesencéfalo, ponte e medula (SCAMMELL, 2004; FERNANDES, 2006).

Durante o sono NREM ocorre uma diminuição de algumas funções do organismo, como função respiratória, temperatura corpórea, pressão sanguínea, dentre outras. O cérebro nunca fica em repouso, e todas as funções cerebrais e do organismo estão influenciadas pela alternância entre a vigília e o sono (VELLUTI, 1996).

3.1- OS ESTÁGIOS DO SONO

O sistema mais aceito e utilizado de classificação dos estágios do sono atualmente é o proposto por Rechtschaffen e Kales, em 1968. Este sistema de classificação descreve que o sono de movimentos rápidos dos olhos (REM) e o sono sem movimentos rápidos dos olhos (N-REM) são estágios fundamentalmente diferentes, que se alternam durante a noite, como determinado pela observação e registro das variáveis eletrofisiográficas e fisiológicas.

Os parâmetros eletrofisiográficos essenciais usados na determinação dos estágios do sono são o (EEG), eletrooculograma (EOG) e eletromiograma (EMG) (PHILLIPS; ANSTEAD; GOTTLIEB, 1998). O ciclo sono/vigília está dividido em vigília, sono N-REM estágios 1, 2 e 3 e sono REM. O estágio 3 do sono N-REM é também denominado de sono de ondas lentas ou sono delta e o sono REM denominado de sono dos movimentos oculares rápidos ou sono paradoxal (BAKER, 1985).

As duas fases de sono se repetem durante toda a noite, acontecendo normalmente de 3 a cinco vezes. O sono normal em um adulto inicia pela fase NREM, sendo que a fase REM é atingida aproximadamente após 90 minutos. Quando uma pessoa começa adormecer, inicia-se o primeiro estágio, passando ao estágio 2, em seguida leva-se em torno de 30 a 40 minutos para passar do estágio 2 até o estágio 3. Em seguida, o indivíduo entra no sono REM, ou pode passar pelo estágio 2 do NREM para depois atingir o sono REM. Isto acontece 4 a 5 vezes por noite (WOLK , 2005). A figura 3 ilustra um ciclo normal do sono de aproximadamente 90 minutos.

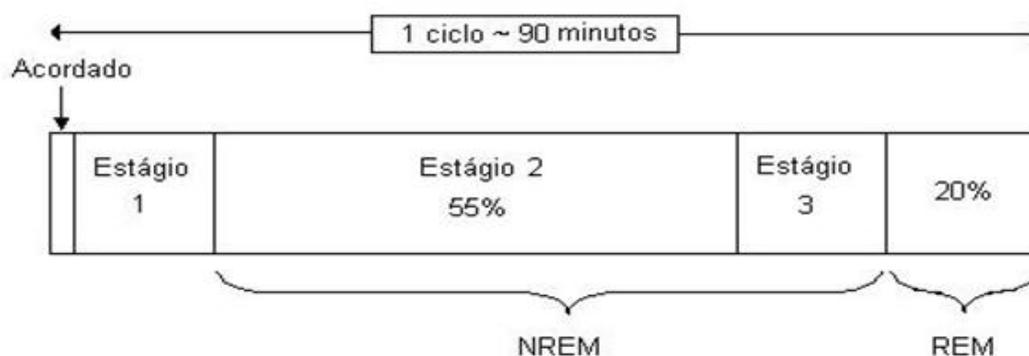


Figura 6: Ciclo normal do sono.

O sono N-REM e o sono REM se alternam, com ciclos durando aproximadamente de 90 a 110 minutos. A primeira metade da noite de um sono normal é predominada pelo sono N-REM (estágio 3) e na segunda parte predomina o sono REM. O primeiro ciclo do sono REM é curto e, o último ciclo em direção ao final da noite e nas primeiras horas da manhã é geralmente o mais longo e pode durar até uma hora (CHOKROVERT, 2000).

3.2 CONTROLE VENTILATÓRIO DURANTE O SONO

Durante os diversos estágios de sono, as variações de estado cerebral exercem influência na função cardiorrespiratória, ocorrendo flutuações dinâmicas, incluindo ritmo cardíaco, pressão sanguínea arterial, fluxo sanguíneo das artérias coronárias e ventilação pulmonar (VERRIER; HARPER; HOBSON, 2005).

Há uma grande intimidade e dependência entre o sistema respiratório e o cardiovascular, sendo que uma disfunção em um deles poderá gerar uma insuficiência no outro. Durante o sono para preservar a homeostase, é extremamente importante o controle coordenado entre os sistemas respiratório, devido à oferta de oxigênio e, o cardiovascular, responsável pelo transporte. A manutenção do controle da pressão sanguínea arterial, visando adequada perfusão dos órgãos vitais é essencial para a homeostase cardiorrespiratória (VERRIER; HARPER; HOBSON, 2005).

Durante a inspiração, ocorre uma diminuição da frequência cardíaca (FC) devido aumento no retorno venoso, resultando em aumento do débito cardíaco (DC), ao passo que, durante a expiração, segue um progressivo aumento da FC. Essa variabilidade cardíaca, particularmente no sono NREM, é normal. Entretanto, a ausência dessa variabilidade cardíaca está associada à doença cardíaca e envelhecimento.

As mudanças cardiovasculares reflexas durante a respiração também tem uma relação inversa, como nas elevações transitórias da pressão sanguínea arterial que resultam em diminuição ou ausência do esforço respiratório. Este efeito está aumentado durante o sono, quando mesmo uma pequena diminuição na pressão sanguínea arterial aumenta a FC e serve como mecanismo compensatório (LEUNG; BRADLEY, 2001, VERRIER; HARPER; HOBSON, 2005).

A respiração durante a vigília é controlada por diversos fatores, incluindo elementos voluntários e comportamentais, fatores químicos (baixos níveis de oxigênio, altos níveis de dióxido de carbono e acidose), e sinais mecânicos do pulmão e da parede torácica. Durante o sono, ocorre uma perda do controle voluntário e uma diminuição na resposta ventilatória aos baixos níveis de oxigênio (O_2) e altos níveis de dióxido de carbono (CO_2), sendo que tanto a resposta hipoxêmica quanto a hipercápnica está mais deprimida no sono REM (DOUGLAS, 2005).

Registros simultâneos do EEG têm mostrado variações na amplitude da respiração paralelas as variações no nível de vigília, os níveis ventilatórios mais altos são registrados durante a vigília e o despertar, e a diminuição progressiva da amplitude da respiração é sincronizada com o sono (KRIEGER, 2005).

Os músculos respiratórios recebem impulsos da medula, de uma região denominada de centro respiratório, que recebe e responde as informações oriundas de quimiorreceptores respondendo à PaO_2 , a $PaCO_2$ e ao pH; de mecanorreceptores nos pulmões e parede torácica respondendo a irritação, insuflação, desinsuflação e congestão venosa e, informação comportamental dos centros corticais superiores (KRACHMAN; CRINER, 1998; ALÓE; AZEVEDO; HASAN, 2005; DOUGLAS, 2005).

Durante o sono, percebe-se um aumento de 3 a 7 mm/Hg na $PaCO_2$ e uma redução de 3,5 a 9,4 mmHg na PaO_2 , acompanhado de uma queda de 2% ou mais na saturação arterial de O_2 . O incremento nos valores relativos ao CO_2 e a redução de índices ligados ao O_2 ocorrem devido à redução da ventilação alveolar que, fisiologicamente, se dá durante o sono como resposta a uma redução do consumo de oxigênio e produção de CO_2 , refletindo uma menor atividade metabólica (KRIEGER, 2005).

Quando a PaO_2 apresenta-se menor que 60 mmHg, os corpos carotídeos enviam estímulos para medula e a ventilação sofre um incremento, porém, quando atinge valores menores que 30 e 40 mmHg, a medula sofre uma depressão e ocorre redução da ventilação por falta de estímulo. Um aumento dos níveis de PaCO_2 leva à um aumento na ventilação, sendo percebido pelos corpos carotídeos e por uma região medular denominada de quimiorreceptora central (CHUGH; CHUA; COATS, 1996; ZIN; ROCCO, 1999; DOUGLAS, 2005).

Durante o sono NREM a ventilação pulmonar é mais regular tanto na amplitude quanto na frequência, resultando em menor variabilidade que em todos os outros estágios diminuindo progressivamente do estágio 1 ao 3, o que sugere que a diminuição não é meramente consequência da supressão do estímulo ventilatório da vigília.

O aumento da resistência das vias aéreas superiores durante o sono consequentemente influenciará na redução da ventilação e a diminuição na ventilação pulmonar contribui para o incremento da resistência das vias aéreas superiores em virtude da dependência em relação ao próprio volume pulmonar (KRIEGER, 2005).

No sono REM, a ventilação se apresenta irregular sincronizada com eventos fásicos e sujeita a instabilidade, devido ao aumento da resistência de vias aéreas superiores e oscilações na atividade mioelétrica dos músculos respiratórios, podendo causar redução da oferta de oxigênio, principalmente em indivíduos com doenças pulmonares ou cardíacas.

O estímulo para o diafragma permanece preservado, porém diversos músculos ventilatórios apresentam-se hipotônicos durante este estágio do sono, inclusive os músculos intercostais, eliminando a respiração costal, cessando, portanto o importante papel de suporte à ventilação que exerciam durante o sono NREM.

No início do sono NREM, o padrão respiratório pode ser irregular, com uma alternância entre aumento e decréscimo da amplitude respiratória, denominada respiração periódica. Essas oscilações podem ser de baixa amplitude, apresentando hiperventilações, seguidas de hipoventilações, ou de grande amplitude, apresentando apnéias intercaladas entre as hiperventilações e hipoventilações.

As apnéias observadas durante o início do sono NREM, na fase de sonolência, geralmente são de origem central, ou seja, concomitantes à interrupção ou diminuição do fluxo aéreo, ocorrerá, também, uma ausência do esforço respiratório. Esta respiração periódica desaparece com a estabilização do sono, geralmente no final do estágio 2 e início do estágio 3 e 4 (KRIEGER, 2005, OREM; KUBIN, 2005).

As causas da diminuição da resposta ventilatória durante o sono NREM, são devidas à diminuição do impulso respiratório de vigília associado a um decréscimo nas taxas metabólicas e um incremento na resistência ao fluxo aéreo (BRADLEY; FLORAS, 2000). No sono REM, as reduções na ventilação ocorrem devido às alterações do sistema nervoso central (SNC) e neurônios respiratórios do tronco cerebral, sendo menos dependentes do controle metabólico e ficando sob a influência da ativação de mecanismos comportamentais de regulação do sono (KRIEGER, 2005; OREM; KUBIN, 2005).

Em relação aos despertares, a hipóxia durante o sono NREM e sono REM, não produzirá grandes alterações, em sujeitos normais. Por sua vez, o aumento da resistência inspiratória ou a sua oclusão vão refletir em um incremento do número de despertares. As oclusões das vias aéreas durante o sono REM irão produzir uma resposta mais rápida em relação ao sono NREM, em indivíduos normais. Portanto, em indivíduos com SAOS a resposta a hipóxia esta diminuída durante o sono REM (DOUGLAS, 2005).

3.3. DISTÚRBIOS DO SONO

Em 2005, a Academia Americana de Medicina do Sono em associação com membros das Sociedades de Medicina do Sono dos Estados Unidos e de vários outros países, propuseram a Classificação Internacional dos Distúrbios do Sono – 2º Edição baseada em evidências clínicas e científicas.

Esta classificação engloba alterações em adultos e crianças, reconhecendo 94 diferentes distúrbios do sono divididos em 8 categorias: insônias; distúrbios respiratórios relacionados ao sono; hiperssonias de origem central não devido distúrbios do ritmo circadiano do sono, distúrbios respiratórios do sono ou outra causa de distúrbio noturno do sono; distúrbios do ritmo circadiano do sono; parassonias; distúrbios do movimento relacionados ao sono; sintomas isolados, variantes aparentemente normais e publicações inconclusivas; e outros distúrbios do sono (*INTERNACIONAL CLASSIFICATION OF SLEEP DISORDERS*, 2005).

Os distúrbios do sono têm grande prevalência na população geral, sendo que, provavelmente, a maioria continue sem ter o diagnóstico realizado, mesmo sabendo-se que o diagnóstico precoce seguido de tratamento proporciona melhora clínica do paciente, bem como pode evitar conseqüências negativas para o organismo (*NATIONAL SLEEP FOUNDATION*, 2005; *NATIONAL SLEEP FOUNDATION*, 2006).

3.3.1 DISTÚRBIOS RESPIRATÓRIOS RELACIONADOS AO SONO

Os distúrbios respiratórios relacionados ao sono (DRS) neste subgrupo são caracterizados por disfunções respiratórias que acontecem durante o sono e são divididos em:

Síndrome da apnéia central do sono, que consiste na ausência ou diminuição do esforço respiratório de forma cíclica ou intermitente devido disfunção cardíaca ou do sistema nervoso central;

Síndrome da apnéia obstrutiva do sono, onde devido uma obstrução na via aérea o esforço respiratório mantém-se, porém com ventilação inadequada;

Síndrome da hipoventilação/hipoxemia relacionada ao sono, representa um ou uma combinação de distúrbios que resultam em redução da ventilação alveolar levando a dessaturação da oxihemoglobina e elevação da pressão arterial de dióxido de carbono acima de 45 mmHg (hipercapnia);

Hipoventilação/hipoxemia relacionada ao sono devido condições médicas, neste, a hipoxemia e hipercapnia ocorre devido patologias pulmonares, neuromusculares, vasculares ou da parede torácica (incluindo a obesidade) e obstrução das vias aéreas inferiores.

Outros distúrbios respiratórios relacionados ao sono, condições que causam distúrbios respiratórios do sono, porém não podem ser classificadas em outra categoria ou aguardam mais avaliações para determinar a específica anormalidade respiratória.

3.3.2 SÍNDROME DA APNÉIA OBSTRUTIVA DO SONO

Segundo a *American Academy of Sleep Medicine Task Force* (2005), a síndrome da apnéia obstrutiva do sono (SAOS) é caracterizada por repetidos episódios de obstrução parcial ou completa das vias aéreas superiores durante o sono. Esta se manifesta como uma redução (hipopnéia) ou completa interrupção do fluxo aéreo (apnéia) com duração maior que 10 segundos e existência de esforços respiratórios. Os eventos podem acontecer em quaisquer estágios do sono, porém são mais freqüentes nos Estágios 1 e 2 do sono não REM e no sono REM.

A quantidade de apnéias e hipopnéias por hora de sono é denominada como índice de apnéia e hipopnéia (IAH). O uso do IAH de cinco ou mais eventos por hora como critério mínimo para presença de distúrbios respiratórios do sono foi baseado em um estudo epidemiológico que sugere que efeitos como hipertensão, sonolência e acidentes automobilísticos, podem ser observados quando o IAH é igual ou superior a cinco por hora.

A *American Academy of Sleep Medicine Task Force* propôs um critério para definir a severidade da síndrome da apnéia/hipopnéia do sono, onde o índice de severidade usado é baseado na freqüência dos eventos respiratórios, sendo denominado leve para IAH entre 5 e 15, moderado para IAH entre 15 e 30 e grave para um IAH ≥ 30 (AASM TASK FORCE, 1999).

A nova classificação de 2005 diferenciou a SAOS do adulto e da criança. A falta de adequada ventilação alveolar, usualmente resulta em dessaturação de oxigênio e em casos de eventos prolongados, um gradual aumento na pressão parcial arterial de dióxido de carbono. A figura 8 ilustra um episódio de apnéia obstrutiva do sono.



Figura 7: Síndrome da Apnéia Obstrutiva do Sono

Nota: Respiração normal, sem obstrução (1); Obstrução parcial (2) e obstrução completa, com apnéia obstrutiva e esforço ventilatório (3).

A SAOS afeta 4% dos homens e 2% das mulheres entre 30 e 60 anos de idade (PÉPIN, 2006). A SAOS definida como episódios repetitivos de obstrução da via aérea superior durante o sono, geralmente está associada a uma redução na saturação de oxihemoglobina e breves despertares (*INTERNACIONAL CLASSIFICATION OF SLEEP DISORDERS*, 2005). Estudos com indivíduos pertencentes a uma mesma família têm sugerido que a hereditariedade é um fator importante na patogênese da SAOS (MERCANTI, 2004).

A obesidade é reconhecida como fator de risco para o desenvolvimento da SAOS. O aumento de tecido adiposo na região da faringe e a redução dos volumes e capacidades pulmonares contribuem conjuntamente na redução do calibre das vias aéreas superiores modificando a configuração aérea e contribuindo para maior risco de colapamento com repetitivos bloqueios durante o sono (POULAIN, 2006).

Da mesma forma que o diagnóstico da SAOS deve nos sugerir a possibilidade de outros diagnósticos, a presença clínica de SAOS, obesidade e resistência à insulina é motivo para a investigação de síndrome metabólica. Recentemente foi sugerido que pacientes com SAOS apresentam níveis mais altos de insulina de jejum e que obesidade e distúrbios respiratórios do sono são determinantes independentes para o aumento da resistência à insulina. (VIEGAS, 2010).

3.3.3 SÍNDROME DA APNÉIA CENTRAL DO SONO

Na apnéia central ocorre a cessação da respiração durante o sono resultante da obstrução da via aérea e da diminuição do esforço respiratório. Apnéia central é um distúrbio respiratório do sono caracterizado pela cessação do fluxo aéreo por um período igual ou maior do que 10 segundos, durante o qual não se evidenciam esforços respiratórios.

A etiologia da apnéia central ainda não está clara. Estudos sugerem que este distúrbio não é apenas uma doença simples, mas o resultado de diversos distúrbios respiratórios, assim como de moléstias capazes de desencadear eventos apneicos.

A grande maioria dos casos de apnéia central apresenta, conjuntamente, eventos de apnéia obstrutiva e/ou mista, sendo raros os casos de apnéia central pura (primária). Pacientes com apnéias centrais primárias freqüentemente reclamam de insônia, sono fragmentado e depressão; entretanto, não é incomum ocorrer hipersonolência, sintoma freqüente nos casos de apnéia obstrutiva (CHAKROVERTY, 2000; CARDEAL, 2002).

3.4 MÉTODOS DIAGNÓSTICOS

Os métodos diagnósticos utilizados na investigação dos distúrbios do sono vão desde a avaliação subjetiva, por meio da aplicação de questionários específicos aos registros polissonográficos diurnos ou noturnos. Diferentes questionários podem ser utilizados na rotina clínica para fins diagnósticos, na monitorização da resposta aos tratamentos instituídos. Alguns destes avaliam o sono em seus aspectos gerais, com enfoque no seu início (latência do sono), qualidade, aspectos comportamentais, presença de despertares e sonolência diurna.

Dentre esses, citamos a escala de sonolência de Epworth que corresponde a um questionário auto administrável cujo resultado oferece uma medida geral do grau de sonolência diurna do paciente. São descritas oito situações cotidianas diferentes, as quais o paciente deve responder em uma escala de zero (nenhuma chance) a três (alta chance) qual a chance que apresenta para cochilar em cada uma das situações, cuja pontuação vai de 0 a 24, sendo caracterizada a sonolência excessiva para valores acima de 10.

Tabela 3: Graduação da Escala de Sonolência de Epworth

Classificação da Escala de	Sonolência de Epworth
Normal	0 – 8
Leve	9 – 12
Moderado	13 – 16
Severo	> 16

Fonte: Kryger, Roth e Dement (2005).

O Questionário de Berlim (QB) é um método simples e validado para diagnosticar SAOS na população em geral e, recentemente, validado em pacientes com doenças cardiovasculares. Dessa forma, com base nas respostas de perguntas de sintomas agrupadas em três categorias o paciente é considerado como sendo de alto risco para SAOS se 2 dos 3 seguintes critérios forem observados: 1) ronco com duas das seguintes características; mais alto do que a fala, pelo menos 3 a 4 vezes por semana, reclamações de outros sobre o ronco, pausas respiratórias testemunhadas pelo menos 3 a 4 vezes por semana; 2) fadiga no início da manhã e durante o dia, mais de 3 a 4 vezes por semana ou adormecer ao volante; e 3) presença de hipertensão ou obesidade (JESUS, 2009).

O padrão ouro para o diagnóstico da SAOS é a polissonografia basal noturna (PSG), que é caracterizada pelo registro simultâneo de parâmetros fisiológicos durante uma noite de sono. O estagiamento do sono é feito através da análise das ondas cerebrais por meio da monitorização dos sinais do EEG, atividade muscular através da EMG de superfície e do movimento dos olhos pelo EOG (FEINSILVER, 1998).

Os eletrodos do EEG exibem a atividade elétrica cerebral, sendo colocados em ambos os hemisférios da cabeça e conectados a um sistema de registro de sinais biológicos denominado polígrafo. O EOG é um transdutor que rastreia os movimentos dos olhos que são particularmente ativados durante sono REM.

A atividade mioelétrica é avaliada por meio da EMG de superfície, colocados em áreas específicas na região mentoniana e sub-mentoniana e em membros inferiores e ou superiores (BUSTAMANTE, 2006). Os roncos são monitorados pela colocação de microfones em miniatura na região do pescoço do paciente, próximo à traquéia.

A monitorização cardiorrespiratória é realizada através do eletrocardiograma (ECG), oxímetro digital de pulso, termistor e/ou cânula nasal de pressão, cintas torácica e abdominal, sensor de posição e sensor de ronco. O ECG pode ser registrado a partir de um canal simples, por meio de colocação de eletrodos na região torácica do paciente. O registro vai detectar alterações do ritmo cardíaco durante o sono (CHOKROVERT, 2000).

A saturação de oxihemoglobina (SpO_2) é mensurada através da oximetria digital de pulso e o esforço ventilatório através de cintas abdominais e torácicas, e em alguns casos com a utilização de balão esofágico para detectar diferenças de pressões associadas a esforços respiratórios. Durante a respiração normal, a contração do diafragma na fase inspiratória produz a expansão da caixa torácica, deslocando no sentido transversal, antero-posterior e céfalo-caudal (KRYGER, 2005).

Normalmente o movimento do tórax e do abdômen ocorre simultaneamente. Para um movimento ventilatório, a contribuição da caixa torácica e do abdômen pode ser mensurada. As variações nos volumes pulmonares podem ser medidas através de transdutores de sensibilidade para deslocamento do tórax e abdômen, se a parcela de contribuição da caixa torácica e do compartimento abdominal são constantes. A monitorização contínua da (SpO₂) é fundamental devido ao fato de fornecer importantes informações sobre a severidade da disfunção respiratória (CHOKROVERT, 2000).

4. OBESIDADE E DISTÚRBIOS CARDIORRESPIRATÓRIOS DO SONO

A relação entre obesidade e os distúrbios respiratórios do sono (DRS) foi descrita pela primeira vez em 1918, por William Osler, que lembrou o personagem de Charles Dickens, o qual era pletórico, roncador e terrivelmente sonolento apelidado de "*John, the Fat Boy*", *Pickwick*. Desde então, o tratamento da obesidade nesses pacientes tornou-se prioridade.

A relação parece óbvia à medida em que o indivíduo aumenta o seu IMC, conseqüentemente o seu consumo de oxigênio também cresce devendo ser compensado pelo aumento do esforço ventilatório, o que por sua vez, é perturbador do sono e de toda sua fisiologia. Nos últimos anos o quadro dos DRS vem crescendo, com uma prevalência aproximada de 40% na população em geral, destacando a associação a patologias comuns como obesidade e hipertensão (BRUWELL, 1956).

Segundo Partinen (1992), os distúrbios cardiorrespiratórios do sono ocorrem em aproximadamente 70% dos pacientes portadores de obesidade grau III, sendo que destes 10% apresentam SAOS ou síndrome hipoventilação-obesidade (SHO). Desde as primeiras descrições, na década de 60, cogitou-se a possibilidade de ocorrer morte relacionada à obesidade e a apnéia durante o sono, e diversos casos isolados foram relatados.

O fator de risco mais importante para SAOS é a obesidade, principalmente com o acúmulo de tecido adiposo na via aérea superior. Pelo menos 60 a 70% dos pacientes portadores de SAOS são obesos. A sua incidência entre pacientes obesos grau III é 12 a 30 vezes maior que na população em geral (CENEVIVA, 2006).

O sono pode ser considerado um estado de repouso cardiovascular, já que o sono NREM que ocupa quase 25% do tempo total de sono (TTS) está associado a reduções na taxa metabólica, na atividade do sistema nervoso simpático (SNS), na FC e na pressão sanguínea. Estes efeitos reduzem a carga de trabalho do coração, diminuindo assim a demanda de O₂.

Um dos principais efeitos fisiopatológicos da SAOS é interromper o estado de recuperação cardiovascular, fragmentando o sono e aumentando a carga de trabalho imposta ao miocárdio (NAUGHTON; BRADLEY, 1998). Os eventos ventilatórios obstrutivos durante o sono geram colapsos das vias aéreas superiores na presença de esforço ventilatório o que gera pressões intratorácicas mais negativas, obrigando o miocárdio a aumentar a sua força de contração, em uma condição de dessaturações da oxihemoglobina (MARTINEZ; RODYSILL; MORGENTHALER, 2005).

Existem evidências científicas da associação entre a hipertensão sistêmica e a SAOS em estudos epidemiológicos. A disfunção endotelial e o aumento da mortalidade por problemas cardiovasculares possuem relação forte e evidente, onde uma associação da SAOS com insuficiência cardíaca congestiva (ICC), isquemia cardíaca e AVE tem sido muito investigada (DRAGER, 2002).

Entretanto, apesar de não haver dúvidas sobre a relação entre obesidade e SAOS, não observamos uma correlação direta entre os maiores índices de massa corpórea e os maiores índices de IAH, o que parece indicar que a partir de certo ponto o incremento no IMC não tem o mesmo impacto na SAOS (TANGERINA, 2008).

Os efeitos adversos dos DRS na função cardíaca iniciam-se com apnéias repetitivas causando dessaturação da oxihemoglobina, aumento da pressão arterial sistêmica, sobrecarregando o ventrículo esquerdo, com aumentos na pós-carga, hipóxia e ativação do SNS. Estes efeitos podem se acumular a cada noite durando meses e até anos, contribuindo para o desenvolvimento e agravamento da insuficiência cardíaca do ventrículo esquerdo (NAUGHTON; BRADLEY, 1998).

A Síndrome Hipoventilação Obesidade (SHO) da vigília está presente em 10% no sono de pacientes obesos, em metade dos pacientes com SAOS e IMC acima de 40 kg/m², podendo se esperar a hipoventilação de vigília (KRYGER, 2005). A SHO é definida como uma hipoventilação alveolar crônica, em pacientes obesos (IMC >30 kg/m²) revestindo-se de grande importância pelo risco que acrescenta às condições de doença e de má qualidade de vida dos obesos. (WEITZENBLUM; KESSLER; CHOUAT, 2002).

O conceito de hipoventilação alveolar reflete a incapacidade do aparelho respiratório em eliminar o gás carbônico (CO₂) na mesma proporção em que este chega aos pulmões. Subentende-se, portanto, a presença de hipercapnia (PaCO₂ > 45 mmHg) acompanhada de equivalente grau de hipoxemia (baixa PaO₂). A SHO é definida como hipoventilação alveolar crônica, em paciente obeso (IMC > 30 Kg/m²), sem qualquer outra doença respiratória que justifique o distúrbio de trocas gasosas. O diagnóstico diferencial é feito principalmente com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e com SAOS.

Os fatores clínicos clássicos dos pacientes com SHO são obesidade, sonolência excessiva diurna, face pletórica, cianose e evidência de falência cardíaca direita incluindo edema periférico. Surpreendentemente, apesar da óbvia hipoxemia, os pacientes parecem não se queixarem de dispnéia. Também observamos nestes pacientes uma redução do drive ventilatório (KRYGER; ROTH; DEMENT, 2005).

Em relação à função pulmonar na obesidade, esta é comprometida essencialmente pela quantidade e distribuição centrípeta do excesso de gordura com seu potencial para interferir mecanicamente no funcionamento do fole torácico. Essa interferência produz disfunções ventilatórias, que são reversíveis com a redução da massa corpórea.

Uma teoria mais recente evoca o possível papel da leptina na geração da hipoventilação na obesidade. A leptina é um hormônio protéico derivado do adipócito, que age dentro do hipotálamo, via receptor específico, no processo de saciedade e de aumento do gasto energético. O mecanismo intrinsecamente envolvido nesse papel ainda é objeto de estudos e pode vir a proporcionar uma luz a favor da teoria da incapacidade do aparelho respiratório de adaptar-se a condição de sobrecarga mecânica imposta pela adiposidade tóraco-abdominal.

A leptina sob condições experimentais reduz seletivamente a adiposidade visceral e tem efeito estimulante na respiração. Geralmente ela está aumentada até quatro vezes no plasma dos obesos, entretanto, seus níveis circulantes em seres humanos obesos não têm evitado a progressão do ganho de peso nem a hipoventilação dos hipercapneicos com SAOS (SILVA, 2006).

O tratamento paliativo da SHO consiste no controle da hipoventilação e da hipoxemia crônica e o tratamento resolutivo consiste em reduzir a obesidade. Nos pacientes com esta síndrome, devido à situação de hipercapnia e hipóxia mesmo em vigília, o efeito da hipoventilação do sono sobre as trocas gasosas é acentuado. A perda de peso significativa pode melhorar a hipoventilação diurna mas considerando-se que o emagrecimento adequado demora algum tempo, a ventilação por pressão positiva deve ser logo instituída (SILVA, 2006; TOGEIRO, 2010).

5. VARIABILIDADE DA FREQUENCIA CARDIACA

5.1 SISTEMA NERVOSO AUTONÔMICO

O sistema nervoso autônomo (SNA) é controlado por centros no sistema nervoso central, particularmente no hipotálamo, agindo essencialmente como um sistema motor que desempenha uma série de funções especializadas, tanto de estimulação quanto inibitórias, em vários órgãos, tecidos, vasos sanguíneos, glândulas e mesmo a nível celular.

Intimamente associada aos nervos eferentes há uma complexa rede de fibras aferentes que conduzem sinais sensoriais de quimioceptores, mecanorreceptores, termorreceptores, barorreceptores e osmorreceptores de volta aos centros do SNC onde são regulados os reflexos do complexo homeostático (SMITH, 1998).

O SNA é subdividido nos sistemas simpático e parassimpático sendo algumas partes do sistema simpático descritas primeiramente pelo médico grego Claudius Galen (130-200 D.C.). Ainda que os sistemas simpático e parassimpático possam ser anatomicamente distinguidos, não é simples separar ações destes dois tipos de neurônios sobre seus alvos. A melhor generalização é caracterizar os dois sistemas de acordo com o tipo de situação em que eles estão mais ativos (SILVERTHORN, 2003).

O SNA pode ser dividido em duas partes baseado em considerações anatômicas e fisiológicas. A divisão simpática compõe a sua maior parte, innervando mais estruturas do que o sistema parassimpático. Os corpos celulares pré-ganglionares com origem nas regiões torácica e lombar da medula espinhal e sinapses com fibras pós-ganglionares são ligadas por nervos periféricos aos seus órgãos alvo. A divisão parassimpática parte do tronco cerebral e supre o terceiro, sétimo, nono e décimo nervos cranianos. O coração, pulmões e vísceras abdominais são servidos por fibras pré-ganglionares distribuídas pelo nervo vago. (GUYTON; HALL, 2005).

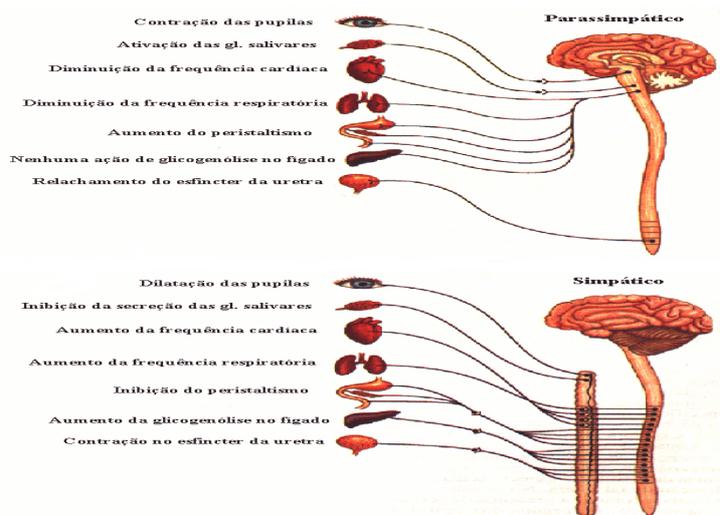


Figura 8: Sistema nervoso autônomo.

Fonte: Paulino, 1996.

A manutenção da homeostase corporal geralmente envolve um controle balanceado dos sistemas simpático e parassimpático. A maioria dos órgãos internos são inervados por ambos os sistemas autônomos que exibem controles antagonistas. Um sistema é excitatório enquanto que o outro sistema é inibitório. Esse funcionamento pode ser compreendido na frequência cardíaca que está sob regulação tônica dos dois sistemas (SILVERTHORN, 2003).

Todos os vasos, exceto os capilares, os esfíncteres pré-capilares e a maioria das meta-arteríolas, são inervados pelos nervos simpáticos. A inervação dos grandes vasos, particularmente das veias, torna possível à estimulação simpática diminuir o volume destes vasos e, dessa maneira, alterar o volume do sistema circulatório periférico. Isto pode controlar o deslocamento do sangue para o coração, assim, desempenhando um papel fundamental na regulação da função cardiovascular.

Apesar de o sistema nervoso parassimpático ser extraordinariamente importante para muitas outras funções do corpo, ele desempenha apenas um papel menor na regulação da circulação. Seu efeito circulatório realmente importante é o controle da frequência cardíaca (FC) por meio das fibras parassimpáticas levadas para o coração pelos nervos vagos (GUYTON; HALL, 2005).

5.2. ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

O SNA desempenha um importante papel na regulação dos processos fisiológicos humanos tanto em condições normais quanto patológicas. Dentre as técnicas utilizadas para sua avaliação, a análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem emergido como uma ferramenta de avaliação simples e não-invasiva dos impulsos autonômicos.

A VFC descreve as oscilações no intervalo entre batimentos cardíacos consecutivos, denominados intervalos R-R, assim como oscilações entre frequências cardíacas consecutivas. Trata-se de uma avaliação da modulação do SNA sob condições fisiológicas, tais como em situações de vigília e sono, diferentes posições do corpo, treinamento físico, e também em condições patológicas, que fornecem um indicador sensível e antecipado de comprometimentos da adaptação, caracterizando um indivíduo saudável, com mecanismos autonômicos eficientes, enquanto que, uma reduzida VFC é frequentemente um indicador de adaptação anormal e insuficiente do SNA, implicando a presença de mau funcionamento fisiológico (VANDERLEI, 2009).

A variação da FC associada à frequência respiratória (FR) já é conhecida há muito tempo e a variação na PA com a ventilação foi documentada pela primeira vez por Stephen Hales em 1773. Talvez os primeiros especialistas a valorizarem a variabilidade de batimento a batimento cardíaco fossem os obstetras que através da depressão do SNC do feto por anóxia observaram o comprometimento da modulação da FC tornando os batimentos regulares indicando sofrimento fetal (GRUPI, 1994).

A VFC reflete o efeito do tono simpático e parassimpático e outros mecanismos de controles fisiológicos nas funções cardíacas (*TASK FORCE*, 1996). Todavia, como a onda P é de baixa amplitude e apresenta dificuldade técnica na sua identificação, utiliza-se o pico da onda R como referência, justificando a sinonímia da variabilidade do intervalo R-R.

O estudo da VFC permite analisar as oscilações que ocorrem durante registros eletrocardiográficos de curta duração (2, 5, 15 minutos) (SAYERS, 1973; PAGANI, 1986; MALLIANI, 1991) ou de longa duração (Holter 24 horas) (MALIKCMM, 1995).

Estes osciladores geram flutuações rítmicas na descarga eferente neural que se manifestam como oscilações de curta ou longa duração na atividade cardíaca. A análise destes ritmos permite inferências a respeito do estado e função dos osciladores centrais, da atividade simpática e vagal, dos fatores hormonais e do nódulo sino-atrial (MORTARA; TAVAZZI, 1996).

A obesidade mórbida é associada com diversas complicações cardiovasculares que se manifestam através de cardiomiopatias, hipertrofia ventricular esquerda, disfunção sistólica e quadros de redução da VFC mas que apresentam reversão e recuperação após a cirurgia bariátrica e posterior perda de peso.(ALAM, 2009).

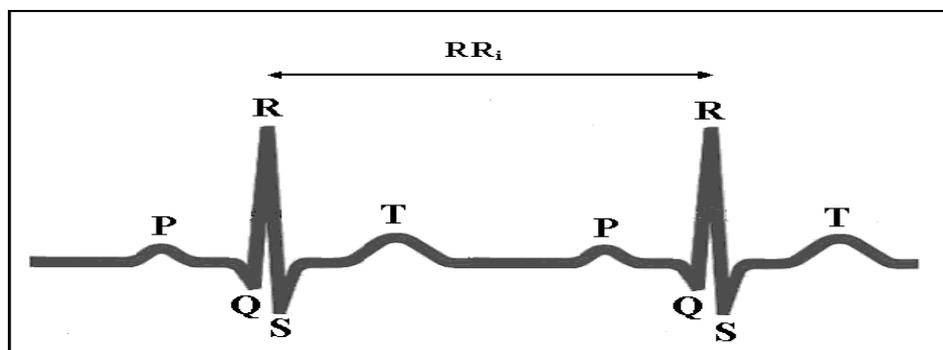


Figura 9: ECG normal

Fonte: COHEN, 1989.

5.3 MÉTODOS DE ANÁLISE DA VFC

Os métodos de análise da VFC são divididos em métodos lineares e não lineares. Os métodos lineares são divididos em dois tipos: análise no domínio do tempo, realizada por meio de índices estatísticos e geométricos e análise no domínio da frequência. Os métodos não lineares são caracterizados pelo comportamento que predomina nos sistemas humanos em razão de sua natureza humana complexa a qual não pode ser descrita por métodos lineares.

5.3.1 MÉTODOS LINEARES

5.3.1.1 Métodos no domínio do tempo

As chamadas medidas no domínio do tempo são índices obtidos de um registro contínuo de ECG a partir do qual se determina a dispersão da duração dos intervalos entre complexos QRS normais (REIS, 1998).

A análise da VFC no domínio do tempo avalia o comportamento das oscilações cardiovasculares pelo cálculo da dispersão em torno da média da FC por um período prolongado. Os índices com as suas abreviações conhecidas internacionalmente estão descritos na tabela 4.

Tabela 4: Análise da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo.

Variáveis	Unidade	Descrições
SDNN	ms	Desvio-padrão de todos os IR-R em 24horas
SDANN	ms	Desvio-padrão das médias dos iR-R, a cada 5 minutos
RMSSD	MS	Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os iR-R normais adjacentes
SDNNi	MS	Média dos desvios-padrão dos iR-R, a cada 5 minutos
NN50		Número de pares de iR-R adjacentes que diferem entre si mais de 50 ms
pNN50	%	Porcentagem dos iR-R adjacentes que diferem entre si mais de 50 ms
Índice triangular		Número total de todos os iR-R dividido pela altura máxima do histograma de todos os intervalos R-R.

Fonte: *TASK FORCE*, 1996

Os índices SDNN, SDANN e SDNNi são obtidos a partir de registros de curta e longa duração e representam as atividades simpática e parassimpática, porém não permitem distinguir quando as alterações da VFC são devidas ao aumento do tônus simpático ou à retirada do tônus vagal . Já os índices rMSSD e pNN50 representam a atividade parassimpática, pois são encontrados a partir da análise de intervalos R-R adjacentes.

Outra possibilidade de processar intervalos R-R no domínio do tempo é a partir de métodos geométricos, sendo o índice triangular e a plotagem de Lorenz (ou Plot de Poincaré) os mais conhecidos. Os métodos geométricos apresentam os intervalos R-R em padrões geométricos e várias aproximações são usadas para derivar as medidas de VFC a partir delas (VANDERLEI, 2009).

5.3.1.2. Métodos no domínio da frequência

Outra forma de se avaliar a VFC é a análise no domínio da frequência ou o poder espectral da frequência cardíaca que avalia e quantifica periodicidades que podem ser encontradas na sequência dos intervalos R-R mesmo sendo superimpostas. Um aspecto dos componentes de periodicidade é obtido através de métodos de auto-correlação ou auto-regressão baseados nas comparações de segmentos individuais e variáveis nos dados analisados. A análise espectral permite a identificação e separação em grupo de ondas construindo um gráfico em que frequências de ondas semelhantes são agrupadas (GRUPI, 1994).

Vários métodos espectrais para a análise de têm sido aplicadas desde o final dos anos 60 e a análise do poder de densidade espectral (PDS) oferece informações básicas de como o poder (ex. variante) se distribui como uma função de frequência. Independente do método empregado, somente uma estimativa verdadeira de PDS dos sinais pode ser obtida para algoritmos matemáticos apropriados sendo a *Fast Fourier Transform* (FFT) amplamente utilizada. (TASK FORCE, 1996).

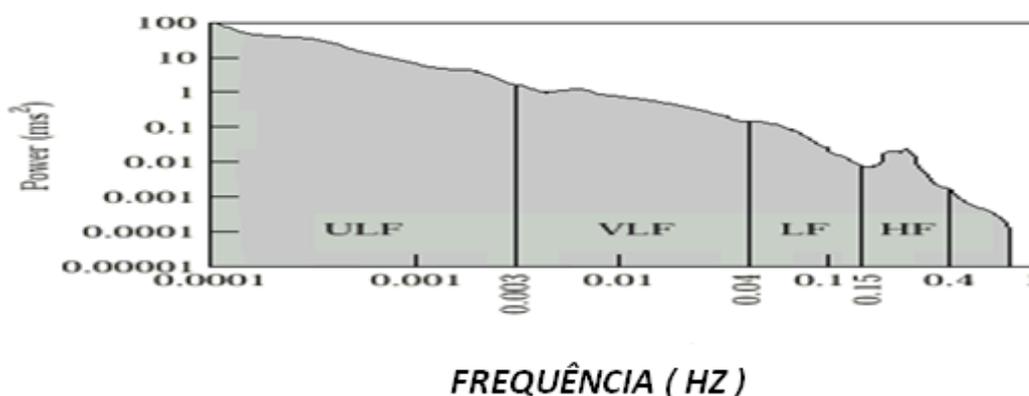


Figura 10: Análise no domínio da frequência

Fonte: GRUPPI, 1994.

Esta análise decompõe a VFC em componentes oscilatórios fundamentais, sendo que os principais são:

a) Componente de alta frequência (*High Frequency - HF*), com variação de 0,15 a 0,8Hz, que corresponde à modulação respiratória e é um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração;

b) Componente de baixa frequência (*Low Frequency - LF*), com variação entre 0,04 e 0,15Hz, que é decorrente da ação conjunta dos componentes vagal e simpático sobre o coração, com predominância do simpático;

c) Componentes de muito baixa frequência (*Very Low Frequency - VLF*) e ultrabaixa frequência (*Ultra Low Frequency - ULF*) - Índices menos utilizados cuja explicação fisiológica não está bem estabelecida e parece estar relacionada ao sistema renina-angiotensina-aldosterona, à termorregulação e ao tônus vasomotor periférico.

A relação LF/HF reflete as alterações absolutas e relativas entre os componentes simpático e parassimpático do SNA, caracterizando o balanço simpato-vagal sobre o coração.

5.3.2 MÉTODOS NÃO LINEARES

As teorias dos sistemas não-lineares têm sido progressivamente aplicadas para interpretar, explicar e prever o comportamento dos fenômenos biológicos. Esses parâmetros têm se mostrado bons preditores de morbimortalidade no âmbito clínico, apesar da necessidade de aprofundamento científico, com amostras expressivas e acompanhamento prolongado. Dentre os métodos não-lineares utilizados para análise da VFC, podemos citar: análise de flutuações depuradas de tendências, função de correlação, expoente de Hurst, dimensão fractal e o expoente de Lyapunov

5.3.3. WAVELET

O desenvolvimento das ciências apontam para uma tendência onde o processamento dos sinais torna-se cada vez mais presente e indispensável. Existem diversas ferramentas matemáticas que provêm à transformação de uma função (sinal) no domínio do tempo para o domínio da frequência. Sem dúvida a mais conhecida no meio científico é a Transformada de Fourier (TF), desenvolvida pelo matemático Joseph Fourier em 1807. De acordo com Fourier, toda função real periódica, pode ser escrita como uma soma infinita de senos e co-senos. Para grande parte das aplicações em processamento de sinais, a representação destes no domínio do tempo não é a mais adequada. Muitas vezes, as informações cruciais estão contidas no chamado espectro em frequência do sinal, que mostra quais frequências existem no sinal que está sendo analisado (BALDISSERA, 1995).

A análise de Fourier dominou o campo da representação de sinais no domínio da frequência. No entanto, muitos dos sinais analisados não tinham uma representação adequada por meio da TF. Essa representação falha ocorre, principalmente, porque a TF não fornece uma boa localização das frequências que compõem o sinal no domínio do tempo; a boa localização no domínio do tempo é alcançada com a Transformada de Wavelet (BALDISSERA, 1995).

A Teoria Wavelet foi formalizada na década de 80, por J. Morlet permitindo que eventos de alta frequência possam ser localizados com uma maior resolução temporal, sendo a base matemática de suas idéias formalizada pelo físico teórico Alex Grossmann. Estudos de vários campos de pesquisa, como a análise e compressão de sinais, o processamento de sinais (BOLZAN, 2004), a astronomia, acústica, música, os fractais, a geofísica, a matemática e a física têm despertado um grande interesse dos cientistas, demonstrando uma ortogonalidade desta ferramenta matemática com segurança (MEYER, 1990; ODILON, 2003).

A Wavelet também conhecida como transformada em ondeletas é uma ferramenta muito utilizada na análise de variações de energia presentes em estudos de séries temporais (Torrence; Compo, 1998). Atualmente os estudos de sinais não estacionários exigem abordagens matemáticas com análises profundas no sentido de compreender os fenômenos físicos que agem em qualquer sistema natural, possibilitando a sua aplicação nas diversas áreas do conhecimento que vão desde os estudos sobre turbulência atmosférica, sistemas hidrológicos a processamento de sinais biológicos (BOLZAN, 2004).

As wavelets podem ser caracterizadas como uma função capaz de decompor e descrever outras funções no domínio da frequência possibilitando analisar estas funções em diferentes escalas de frequência e tempo e constituem uma alternativa bastante interessante na análise frequencial de sinais.

No universo das wavelets a decomposição do sinal não é feita em termos de senos e cosenos, como acontece na análise de Fourier, mas sim em termos de funções localizadas no tempo (funções que assumem valores num intervalo de tempo não definido) e sem escala fixa. Assim parte-se de uma função que se quer analisar e obtém-se a base em outra função (LIMA, AMARAL, BARCELOS, 2006).

Sendo uma teoria notavelmente multidisciplinar, formada a partir da conjunção dos esforços em várias áreas da ciência, o entendimento sobre wavelets não é trivial. Noções e conceitos básicos são assimilados mas as correlações e aplicação desses conceitos não são perfeitamente compreendidos. Enquanto Fourier permitiu que um pulso fosse representado por uma série ponderada de senos e co-senos, a wavelet demonstrou que um seno pode ser representado por uma série ponderada de pulsos (GARCIA, 2005).

5.3.3.1 PROPRIEDADES DA WAVELET

O uso desta ferramenta se faz necessário devido ao fato de que séries temporais tomadas de qualquer sistema físico possuem características não estacionárias fazendo com que seus momentos estatísticos, média e variância variem em qualquer segmento tomado da série estudada como no caso de estudos de sinais biológicos. A idéia central da análise wavelet consiste em decompor um sinal a diferentes níveis de resolução em um processo conhecido como multiresolução onde ocorre a representação em uma moldura hierárquica simples para interpretação do sinal (BOLZAN, 2004).

A escolha de determinada wavelet para análise ainda é arbitrária apesar dos vários estudos sobre a otimização de funções. A transformada wavelet ressalta os detalhes do sinal, detectando bordas e singularidades ou reconhecendo padrões. Para a escolha correta é necessário o entendimento de suas principais propriedades e como estas afetam o processamento do sinal (GARCIA, 2005).

5.3.3.2 TIPOS DE WAVELET

Há dois tipos de funções wavelet, as contínuas e as discretas, cada qual útil em determinadas aplicações. As ondeletas discretas são utilizadas na decomposição e filtragem de qualquer série-temporal. Além disso, permite realizar filtragens passa-baixo, passa-alto ou passa-banda. As ondeletas contínuas são comumente utilizadas para visualizar, através de um periodograma a relação existente entre as componentes de diferentes frequências em função da escala temporal da série-temporal estudada. As ondeletas contínuas mais comuns são a de Morlet e a Chapéu Mexicano (BOLZAN, 2006).

A figura abaixo ilustra a forma representativa da Wavelet aplicada na análise da variabilidade da frequência cardíaca.

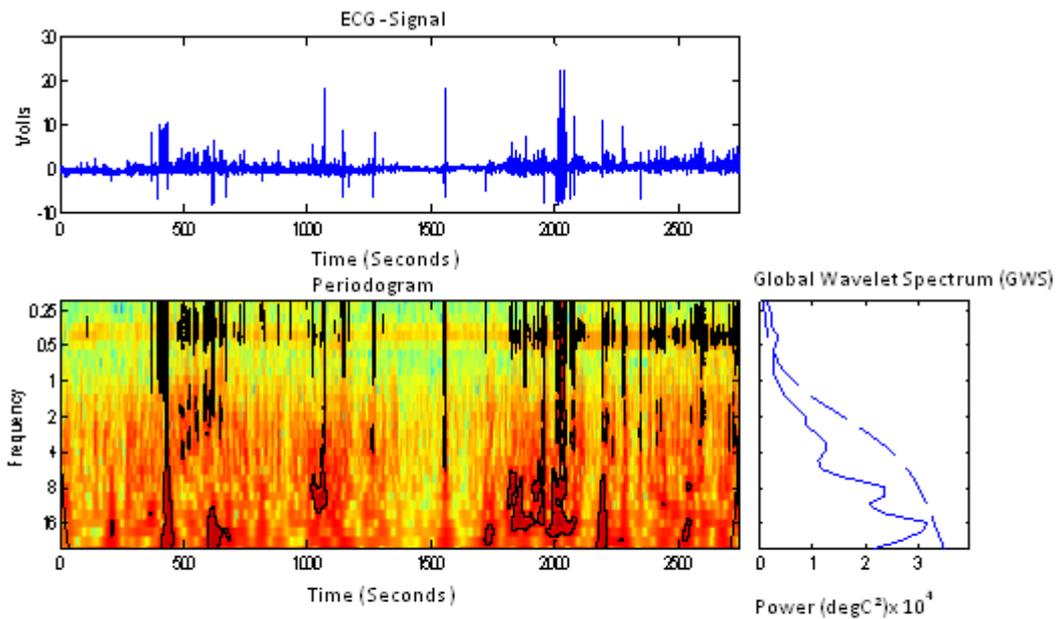


Figura 11 : Periodograma Wavelet.

Nesta visualização gráfica de uma série-temporal, o eixo y representa a escala de frequências, o eixo x a escala de tempo e, por fim, um terceiro eixo representando a intensidade de energia expressa por cores em um diagrama. Com base em resultados, é possível realizar o cálculo da variância (energia) cujo objetivo é saber quais os períodos com maior energia. Para realizar esta tarefa, utiliza-se um procedimento que consiste em somar toda a energia associada a cada período ou escala.

6. JUSTIFICATIVA

O sistema nervoso autonômico tem uma importante função como regulador da função cardíaca. Alterações na atividade nervosa autonômica tem sido registradas em pacientes obesos e têm sido atribuídas à uma diminuição da resposta adreno-receptora parassimpática e aumento da atividade simpática. Estudos indicam através da análise da variabilidade da frequência cardíaca alterações do equilíbrio simpato-vagal em sujeitos obesos (ALAM, 2009).

A perda de peso após a cirurgia bariátrica em sujeitos obesos mórbidos apresenta quadro de reversão dos efeitos deletérios da obesidade sobre o sistema de modulação da atividade nervosa autonômica após redução do IMC e melhoras significativas na modulação parassimpática com redução da FC e aumento da VFC. A análise do VFC fazendo uso da ferramenta Wavelet amplia a capacidade de interpretação do equilíbrio simpato-vagal. (GARCIA, 2005; CENEVIVA, 2006; NAULT, 2007; ALAM, 2009).

7. OBJETIVOS

7.1 Objetivo geral

Verificar o comportamento do sistema nervoso autônomo através da análise da variabilidade da frequência cardíaca durante o sono de sujeitos obesos grau III submetidos à cirurgia bariátrica.

7.2 Objetivos específicos

Identificar e caracterizar a presença de distúrbios cardiorrespiratórios do sono em sujeitos obesos grau III submetidos à cirurgia bariátrica;

Estudar o comportamento da atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático através da análise espectral wavelet da variabilidade da frequência cardíaca durante o sono de sujeitos obesos grau III submetidos à cirurgia bariátrica.

8. MATERIAL E MÉTODOS

8.1 Caracterização do estudo

A presente pesquisa trata-se de um estudo clínico, prospectivo, consecutivo, caracterizado como série de casos, do tipo analítico. A pesquisa foi realizada junto ao Laboratório de Sono do Programa de Pós Graduação Mestrado em Ciências da Reabilitação da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, na cidade de São Paulo.

8.2 Caracterização dos sujeitos

Participaram do estudo 22 sujeitos, adultos, de ambos os sexos, sendo 20 mulheres e 2 homens, oriundos de hospitais de São José dos Campos e São Paulo, onde foram realizadas as cirurgias bariátricas.

Os critérios de inclusão como requisitos para compor o grupo de pacientes são sujeitos portadores de obesidade grau III ($IMC \geq 40 \text{ kg/m}^2$), submetidos à cirurgia bariátrica e que concordaram com a participação no estudo. Foram adotados como critério de exclusão, pacientes submetidos recentemente a procedimentos cirúrgicos no tórax e abdômen, uso abusivo de álcool, usuários de drogas ilícitas, de medicamentos que interfiram no ECG como os hipnóticos e estimulantes do sistema nervoso central, fumantes, diabéticos e usuários de beta bloqueadores por interferirem no sistema nervoso autônomo.

8.3 Princípios éticos e legais

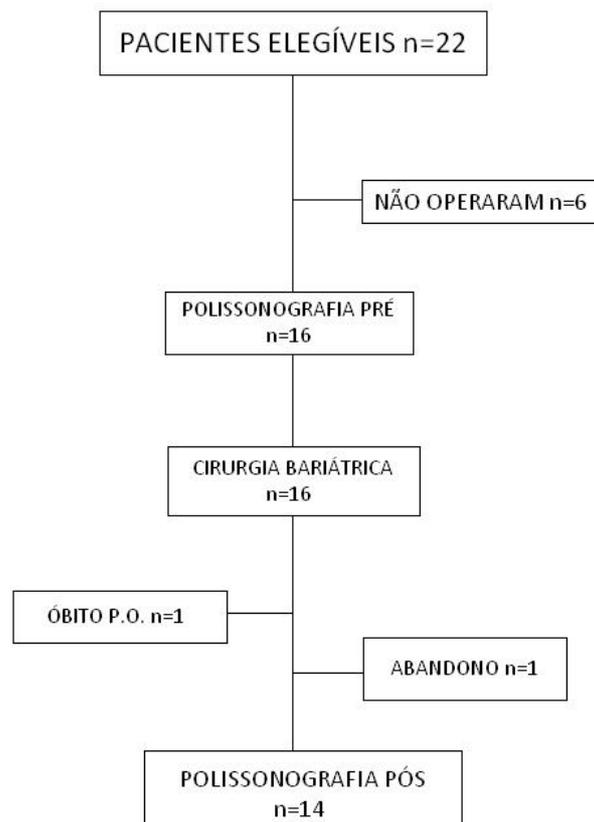
O protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa - CEP da Universidade Nove de Julho - Uninove sob o número 220506 -2010 (Anexo A). Todos os sujeitos envolvidos no estudo concordaram em participar do protocolo de investigação e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para realização dos procedimentos, sendo permitido o afastamento a qualquer tempo sem ônus (Anexo B).

8.4 Protocolo experimental

A avaliação dos pacientes incluiu a história da moléstia atual, a classificação quanto ao IMC, escala de sonolência de Epworth, estudo do sono e análise da variabilidade da frequência cardíaca pela análise espectral Wavelet através de polissonografia noturna completa. Os sujeitos foram avaliados antes e após a cirurgia no período aproximado de 60 dias.

8.5 Fluxograma

A seguir mostramos o fluxograma do estudo



8.6 Avaliação clínica

A avaliação dos pacientes foi realizada no Laboratório de Sono da UNINOVE constando da coleta de dados no prontuário do paciente, coleta de dados pessoais, avaliação objetiva da FC, FR, pressão arterial periférica sistêmica, peso e altura, análise e coleta dos exames clínicos pré e pós-operatórios.

8.7 Polissonografia

Todos pacientes foram submetidos à polissonografia padrão, nível I, com monitorização do EEG, EOG, EMG submentoniano, ECG, cânula nasal de pressão, sensor de temperatura termistor, sensor de ronco, cintas torácica e abdominal, sensor de posição corporal e oxímetro digital de pulso. O sistema utilizado para realizar a polissonografia foi o polissonógrafo Embla A10 (Embla, Finlândia) com software versão 3.1.2 Somnologica Studio.

A leitura dos traçados da polissonografia foi realizada manualmente por técnico leitor especializado, utilizando o manual padrão de Rechtschaffen e Kales (1968). Os estágios do sono foram analisados a cada 30 segundos (uma época) e a análise dos parâmetros respiratórios feita em períodos de 120 segundos (quatro épocas), devido à ocorrência mais lenta dos eventos.

Neste estudo as variáveis consideradas e calculadas foram o tempo total de registro (TTR), tempo total de sono (TTS), eficiência do sono (TTS/TTR), latência do sono, latência do sono REM, percentagem em vigília e nos estágios do sono NREM (1-3) e REM, índice de microdespertares por hora de sono, índice de apnéia/hipopnéia por hora de sono (IAH/h), tempo em posição supina, índice de dessaturação de oxigênio por hora e FC.

A SAOS é definida como ausência de fluxo por no mínimo 10 segundos e hipopnéia como, redução de 50% do fluxo aéreo basal por no mínimo 10 segundos associada a uma queda da saturação de oxihemoglobina de 3% ou microdespertar. As apnéias e hipopnéias são classificadas como obstrutivas na presença de esforço ventilatório e ausência de fluxo. O IAH é calculado como sendo o número de apnéia/hipopnéia por hora de sono (*AASM TASK FORCE, 1999*).

Os microdespertares foram analisados a partir dos sinais de EEG, sendo definidos como uma alteração brusca do traçado para frequências mais rápidas, com duração mínima de 3 segundos e máxima de 15 segundos (*ATLAS TASK FORCE OF THE AMERICAN SLEEP DISORDERS ASSOCIATION, 1992*).

Os sinais do sensor de ronco, do sensor de posição corporal e do EMG tibial bilateral foram detectados respectivamente para mensurar a quantidade e intensidade do ronco e a posição em que o paciente encontrava-se (supino, decúbito lateral direito ou decúbito lateral esquerdo).

O sinal do ECG foi registrado a partir de um canal simples, por meio da colocação de eletrodos descartáveis sobre a região antero-superior direita e esquerda do tórax do paciente. Para o estudo da atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático através da análise da VFC foi utilizado o registro eletrocardiográfico do polissonógrafo utilizado no estudo do sono em noite inteira.

8.8 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E WAVELET

Os dados do ECG foram obtidos transformando o registro da FC nos intervalos R-R. O fator de precisão da análise da VFC define como exato o cálculo do intervalo R-R. A fim melhorar a exatidão, o software analisador da VFC usa técnicas de sobre-amostragem para aumentar a exatidão em até 10 vezes a frequência de amostragem original. Isto significa uma precisão de 0.5ms para um registro de ECG em 200Hz.

De acordo com esses dados, os intervalos R-R foram analisados durante toda noite de sono e durante cada estágio do sono separadamente. Os índices da VFC foram calculados de acordo com Task Force of The European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology (1996).

Os índices da VFC foram calculados no domínio do tempo e no domínio da frequência. Neste estudo utilizamos no domínio do tempo a média dos iR-R, o SDNN (desvio-padrão de todos os iR-R).

Inicialmente, foi realizado a análise espectral Wavelet da VFC no domínio do tempo dos 14 sujeitos obesos no pré e pós operatório através do processo de decomposição do sinal gerando um periodograma de relação existente entre os componentes de diferentes frequências em função da escala temporal obtidas pelo processo de multiresolução fornecendo uma moldura hierárquica simples para estudo e interpretação.

A análise espectral Wavelet foi obtida com o uso de um programa Matlab através de um algoritmo desenvolvido especificamente para análise de sinais biológicos aplicado nos registros de variabilidade da frequência cardíaca dos exames de polissonografia. Também foi realizado o cálculo da variância (energia) utilizando o procedimento que consiste em somar toda a energia associada a cada período ou escala. Este procedimento conhecido na literatura científica pelo termo em inglês de *Global Wavelet Spectra* (Espectro de Ondeleta Global) é uma forma similar do espectro de energia obtido via Transformada Rápida de Fourier.

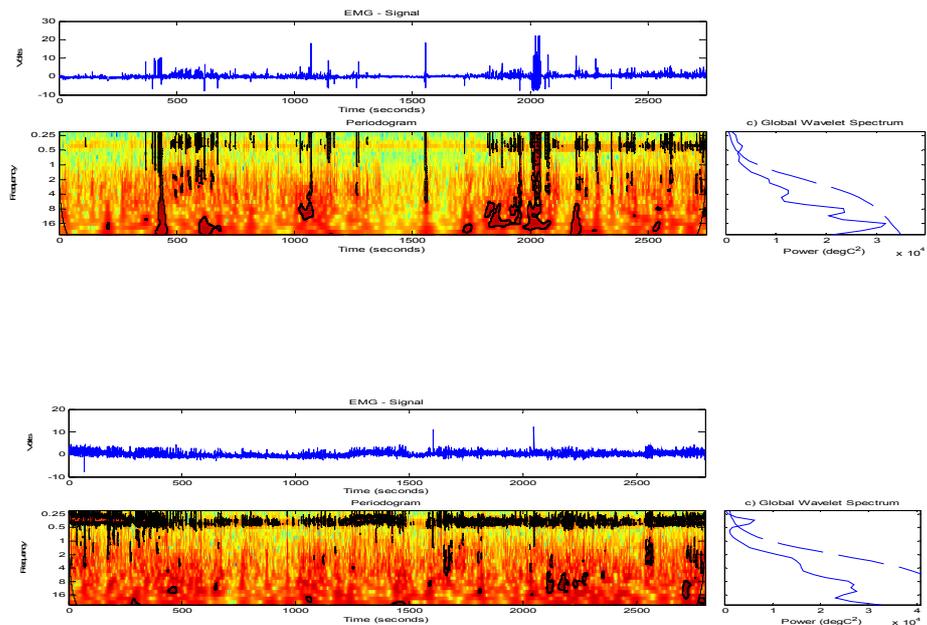


Figura 12: Periodograma Pré e Pos-operatório

De acordo com a figura 13 da análise espectral Wavelet observa-se que existe a construção de 3 gráficos sendo primeiramente analisado a variabilidade da frequência cardíaca através do processo de aplicação de ondeleta discreta que resulta na decomposição em diferentes freqüências. A ondeleta contínua promove a construção do diagrama tridimensional que produz uma figura com estrutura de interpretação caracterizada pela manifestação de energia representativa em uma escala de cores e por último a somatória da variância de energia por escala de tempo gerando a ondeleta espectral global.

O eixo correspondente às freqüências possuem valores que necessitam da realização de conversão para reescala gerando outros valores que tenha correspondência com os números obtidos na análise da variabilidade da frequência cardíaca no domínio da frequência. A forma como ocorre a distribuição das variações de cores representa o comportamento da distribuição de energia permitindo a interpretação da atividade nervosa autonômica nos períodos pré e pós operatório.

De acordo com os resultados, todos apresentaram uma melhor distribuição nas frequências no pós-operatório. Isso pode ser considerado como maior uniformidade do sinal o que de forma técnica é significativo de um sinal mais homogêneo

Os picos que aparecem no pré-operatório tendem a se manter no pós, porém menos intensos. As fases que foram analisadas mostraram que o sinal apresentava um comportamento extremamente tumultuado e posteriormente assumia um comportamento mais uniforme e menos caótico.

Foram obtidos resultados que permitiram analisar como seria a representação e uma nova interpretação da VFC aplicando Wavelet em substituição da tradicional Transformada de Fourier nas análises no domínio da frequência.

Posteriormente surgiu a idéia de novo estudo com uso das Wavelets considerando todos os sujeitos submetidos à cirurgia bariátrica nas condições pré e pós operatória realizando uma análise global do comportamento das frequências pelo processo de somatória das frequências com aplicação da Wavelet de estudo da Estimativa da Densidade e o uso da Wavelet Symlet que consiste em uma ondeleta com propriedades de simetria que proporciona a distribuição das diferentes frequências permitindo uma nova forma de análise das propriedades do sinal.

A aplicação destas duas novas Wavelets permitiram uma diferente análise do comportamento das frequências apresentando através da construção de gráficos uma maior variabilidade da frequência cardíaca e melhor distribuição das frequências nos períodos pré e pós operatório.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA CONTEXTUALIZAÇÃO

ALAM, I; LEWIS M.J. ; LEWIS, K.E. ; STEPHENS, J.M.; BAXTER, J.N. .
Autonomic Neuroscience: Basic and clinical. p. 168 – 173, 2009

ARONNE, L. J. Classification of obesity and assessment of obesity-related health risks. Obesity Research, v.10, s.2, p. 105s-108s, 2002.

ASHWELL, M.; DUR-RANT, M.; GAR-ROW, J. S. How a 'fat cell pool' hypothesis could account for the relationship between adipose tissue cellularity and the age of onset of obesity. Proc. Nutr. Soc., v. 36, n.3, p.111A, 1977.

ANDREOLI, T.E. Cecil Tratado de Medicina Interna Básica. 1989, Rio de Janeiro. Guanabara, cap. 25 e 117.

AMERICAN ACADEMY OF SLEEP MEDICINE TASK FORCE. Sleep-related breathing disorders in adults: recommendations for syndrome definition and measurement techniques in clinical research. Sleep, v. 22, n. 5, p. 667-688, 1999.

AMERICAN ACADEMY OF SLEEP MEDICINE TASK FORCE. Sleep-related breathing disorders in adults: recommendations for syndrome definition and measurement techniques in clinical research. Sleep, v. 22, n. 5, p. 667-688, 1999.

AYAPPA, I. et al. Immediate consequences respiratory events in sleep disordered breathing. Sleep Medicine, v.6, p. 123-130, 2005.

ATLAS TASK FORCE OF THE AMERICAN SLEEP DISORDERS ASSOCIATION. EEG Arousals: Scoring Rules and Examples. A Preliminary Report from the Sleep Disorders association. Sleep, v. 15, n. 2, 1992.

BARBATO, K. B. G. et al. Efeitos da redução de peso superior a 5% nos perfis hemodinâmico, metabólico e neuroendócrino de obesos grau I. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 87, n. 1, p. 12-21, 2006.

BAKER, T. L. Introduction to sleep and sleep disorders. In: BAKER, T. L. The Medical Clinics of North America. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1985. p. 1123-152.

BRADLEY, T. D.; FLORAS, J. S. Pathophysiological interactions between sleep apnea and congestive heart failure. In: BRADLEY, T. D.; FLORAS, J. S. Sleep apnea implications in cardiovascular and cerebrovascular disease. New York: Marcel Dekker, 2003. p. 385-414.

BUSTAMANTE, G. O. Monitorização polissonográfica-aspectos gerais. Revista de Medicina da USP de Ribeirão Preto, v. 39, n. 2, p.169-184, 2006.

BRUWELL, C. S.; ROBIN, E. D.; WHALEY, R. D. et al. Extreme obesity associated with alveolar hypoventilation: a pickwickian syndrome. American Journal Medicine, v. 21, p. 811-818, 1956.

BALDISSER-RA, Fabio Luiz 1995. UMA ALTERNATIVA PARA A ANÁLISE FREQUENCIAL DE SINAIS: TRANSFORMADA DE WAVELET – CONCEITOS E COMPARAÇÕES COM FOURIER ,Campus Universitário – Trindade. CEP 88040-900. Florianópolis – SC – BRASIL

BOLZAN, M. J. A. análise da transformada em ondeletas aplicada em sinal geofísico. Revista Brasileira de Ensino de Física. V.26, n.1, p. 37-41, 2004.

BOLZAN, M. J. A. Transformada em ondeletas, uma necessidade. Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 28, n. 4, p. 563-567, 2006.

COUTINHO, W.F. et al. Cirurgia bariátrica: aspectos clínicos, cirúrgicos e psiquiátricos. Revista de Psiquiatria do Rio Grande do Sul, v. 26, n. 1, p. 47-51, 2004.

CENEVIVA, R. et al. Cirurgia bariátrica e apnéia do sono. Rev. Hosp. Clin. Fac. Med. Univ. São Paulo. v. 39, n. 2, p. 235, 2006.

CROOKES, P. F. Surgical treatment of morbid obesity. Ann. Rev. Med., v. 57, p.243-264, 2006.

CHOKROVERTY, S. An overview of sleep. In: CHOKROVERTY, S. Clinical Companion to Sleep Disorders Medicine. 2 ed., Boston: Butter Worth Heinemann, 2000. p. 1-20.

CHUGH, S. S.; CHUA, T. P.; COATS A. J. S. Peripheral chemoreflex in chronic heart failure: friend and foe. American Heart Journal, v. 132, p. 900-4, 1996.

DE MARIA, E. J. Bariatric surgery for morbid obesity. N. Engl. J. Med., v. 356, p. 2176-83, 2007.

DOUGLAS, N. J. Respiratory physiology: control of ventilation. In: KRYGER, M. H.; ROTH, T.; DEMENT, W. C. Principles and practice of sleep medicine. 4 ed., Philadelphia: W. B. Saunders Company, 2005. p. 224-231.

DRAGER, L. F.; LADEIRA, R. T.; BRANDÃO-NETO, R. A.; LORENZI-FILHO, G.; BENSEÑOR, I. M. Síndrome da apnéia obstrutiva do sono e sua relação com a hipertensão arterial sistêmica. Evidências atuais. Arq Bra Cardiol, v. 78, n. 5, p. 531-536, 2002.

DINGLI, K. et al. Spectral oscillations of R-R intervals in sleep apnoea/hypopnoea syndrome patients. Eur. Respir. J., v. 22, p. 943-950, 2003.

FANDIÑO, J.; BENCHIMOL, A. K.; COUTINHO, W. F.; APPOLINÁRIO, J. C. Cirurgia bariátrica: aspectos clínicos-cirúrgicos e psiquiátricos. Revs. Psiquiatria R. G. DO SUL. v. 26, 2004.

FOSTER, G. D. Principles and practices in the management of obesity. Am. J. Respir. Crit. Care Med., v. 168, p. 274-280, 2003.

FANDINO, J. ; BENCHIMOL, A. K. ; COUTINHO W. F.; APPOLINÁRIO J. C. R.
Psiquiatr. RS, 26'(1): 47-51, jan./abr. 2004

FERNANDES, R. M. F. O sono normal. Revista de Medicina da USP de
Ribeirão Preto, v. 39, n. 2, p. 157-168, 2006.

GODOY-MATOS, A. F.; OLIVEIRA, J. Sobre peso e obesidade: diagnóstico.
Projeto Diretrizes. Associação Médica Brasileira e Conselho Federal da
Medicina. 2004. p 1-9.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. Sistema Nervoso Autônomo. In: GUYTON, A. C.;
HALL, J. E. Tratado de Fisiologia Médica. 9 ed., Rio de Janeiro: Guanabara
Koogan, 2005. p. 245-253.

GRUPI, C. J. ; MOFFA, P.J.; SANCHEZ. P.C.R. ; BARBOSA, S.A., BELLOTI,
G.M.V.; BELLOTI, F.J.C. REV ASS MED BRASIL,40(2);pg 129-136. 1994

GARCIA, E. V. Processamento de sinais usando wavelets para caracterização
da repolarização ventricular durante hipoglicemia. Tese de Doutorado em
engenharia elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. 2005.

INTERNATIONAL OBESITY TASK FORCE (IOTF), 2003. Seeking bold
solutions. Accessed on line (october
2008):[HTTP://www.ietf.org/media/ietfNov11briening.pdf](http://www.ietf.org/media/ietfNov11briening.pdf).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa de
orçamentos familiares POF 2002-2003. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em jul. 2006.

IÑIGO J. M. L.; VICENT M. J. F.; ANDRÉS J.; Ventilação não invasiva no
perioperatório da obesidade mórbida e na cirurgia bariátrica. Rev. Íbero-
Americana de Vent. Mec. Não Invasive, p. 34-39, out/ 2004.

INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF SLEEP DISORDERS. Diagnostic and coding manual. Chicago. Illinois: American Academy of Sleep Medicine, 2005.

JESUS, Erica Vanessa; Suspeita de apneia do sono definido pelo questionário de Berlim. Revista Bras. De Cardiologia, 2009

KHAN, MEENA; WOOD, KAREN L.; BHATT, NITTI, . Sleep Med Clin 3, pg 525 – 539. 2008.

KRYEGER, J. Respiratory physiology: breathing in normal subjects. In: KRIGER, M. H.; ROTH, T.; DEMEMT, W. C. Principles and practice of sleep medicine., Philadelphia: WB Saunders Company, 2005, 3º ed., p. 229-41.

KRACHMAN, S.; CRINER, G. J. Hypoventilation syndromes. Clinics in Chest Medicine, v. 19, n. 1, p. 139-155, 1998

LIVINGSTON, E. H.; FINK, A. S. Quality of life: cost and future of bariátrica surgery. Arch. Surg., v. 138, p. 383-388, 2003.

LEUNG, R. S. T.; BRADLEY, D. T. State of the art: sleep apnea and cardiovascular disease. Am. J. Respir. Crit. Care Med., v. 164, p. 2147-2165, 2001.

LIMA, M.O.;AMARAL, M.P.; BARCELOS, A.F. Transformada wavelet aplicada à sinais humanos. 2006.

MENDEZ, M.O.; CORTHOUT,J. ; HUFFEL, S.V.; PENZEL, T.; BIANCHI, A.M. Automatic screening of obstructive sleep apnea from the ECG based on empirical mode decomposition and wavelet analysis. Physiol. Meas. 31 (2010) 273–289

MONTEIRO, C.A.; CONDE, W.L.; POPKIN, B.M. Is obesity replacing or adding to undernutrition? Evidence from different social classes in Brazil. *Public. Health Nutr.* v. 5, n. 1A, p. 105-112, 2001.

MERCANTI, L. B.; BEZER-RA, M. L. S.; FERNANDES-FILHO, J.; STRUCHINER, C. J. Dermatoglifia e composição corporal em apnéia obstrutiva do sono. *Arq. Neuropsiquiatr.*, v. 62, n. 3-B, p. 858-864, 2004.

MARTINEZ, M.W.; RODYSILL, K.J.; MORGENTHALER, T.I. Use of ambulatory overnight oximetry to investigate sleep apnea in a general internal medicine practice. *Mayo Clin Proc.* v.80, n.4, p. 455-462, 2005.

MANCINI, M. C. Obstáculos diagnósticos e desafios terapêuticos no paciente obeso. *Arq. Bras. Endocrinol Metab.*, v. 45, n. 6, p. 584-608, 2001.

MALLIANI, A. et al. Sympathovagal balance: a reappraisal. *Circulation*, v.98, p.2640-2643, 1998.

MALIK, M.; CANN, A. J. Heart rate variability. Armonk. New York: Futura Publishing Company, 1995.

MORTARA, A.; TAVAZZI, L. Prognostic implications of autonomic nervous system analysis in chronic heart failure: role of heart rate variability and baroreflex sensitivity. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, v. 23, p. 265-275, 1996.

MADEIRO, João Paulo do Valle, CORTEZ, Paulo César, SOBRINHO, Carlos Roberto Martins Rodrigues, MARINHO, Maria de Jesus FeR-Reira. Departamento de Engenharia de Teleinformática (DTEI), Universidade Federal do Ceará(UFC), Hospital Universitário Walter Cantídio (HUWC) 2005

NONINO-BORGES, C. B.; BORGES, R. M.; SANTOS, J. E. Tratamento clínico da obesidade. Revista de Medicina da USP de Ribeirão Preto, v. 39, n. 2, p. 246-252, 2006.

NAUGHTON, M. T.; BRADLEY T. D. Sleep apnea in congestive heart failure. Clinics in Chest Medicine, v. 19, n. 1, p. 99-113, 1998

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Obesidade prevenindo e controlando a epidemia global. São Paulo: Atheneu, 2000. p. 20-32.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Obesidade prevenindo e controlando a epidemia global. São Paulo: Atheneu, 2000. p. 20-32.

OREM, J.; KUBIN, L. Respiratory physiology: central neural control. In: KRYGER, M. H.; ROTH, T.; DEMENT, W. C. Principles and practice of sleep medicine. 4 ed., Philadelphia: W. B. Saunders Company, 2005. p. 213-223.

POULAIN, MAGALI; DOUCET, MARIEVE; MAJOR, GENEVIÉVE; DRAPEAU, VICKY, SÉRIÈS ,FRÉDÉRIC; BOULET, LOUIS PHILIPPE, TREMBLAY, ANGELO; MALTAIS, FRANÇOIS. CMAJ, pg 174-179. 2006.

PI-SUNYER, F. X. The obesity epidemic: pathophysiology and consequences of obesity. Obesity Research, v. 10, suppl. 2, p. 97-104, 2002.

PHILLIPS, B. A.; ANSTEAD, M. I.; GOTTLIEB, D. J. Monitoring sleep and breathing: methodology. Part I: Monitoring breathing. Clinics in Chest Medicine, v. 19, n. 1, p. 203-212, 1998.

PAGANI, M. et al. Power spectral analysis of heart rate arterial variabilities as a marker of symphato-vagal interaction in man and conscious dog. Circulation. Res., v. 59, n. 2, p. 178-193, 1986

RECHTSCHAFFEN, A.; KALES, A. A manual of standardized terminology techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. Public Health Service. Washington DC: U.S.Government Printing Office, 1968.

SEGAL, A; FANDIÑO, J. Indicações e contra-indicações para realização das operações bariátricas. Revista Brasileira Psiquiatria. v 24, supl. 3, p. 68-72, 2002.

SANCHEZ, G. D.; GAZZONI, F. M.; KONISHI, R. K.; LOPES. R. D. Revista brasileira de terapia intensive. V. 19 n 2, 2007.

SILVA, A. G. Síndrome –obesidade hipoventilação alveolar. Medicina Ribeirão Preto. V. 32 p.195-204, 2006

SMITH, R. P.et al. Obstructive sleep apnoea and the autonomic nervous system. Sleep Med. Rev., v. 2, n. 2, p. 69-92, 1998.

SAYERS, D. B. M. Analysis of heart rate variability. Ergonomics. v. 16, p. 17-32, 1973.

THE INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF SLEEP DISORDERS. Diagnostic and coding manual. 2 ed. Westchester. IL.: American Academy of Sleep Medicine, 2005.

TANGERINA, R.P.; MARTINHO, F.L. ; TOGEIRO, S.M. ; GREGORIO, L.C. ; TUFIK, S. Achados clínicos e polissonográficos em pacientes com obesidade III. Rev. Bras. OtoR-Rinolaringol, v. 74, pag 579-572, 2008.

TORRENCE, C. COMPO, GP. A Practical Guide to Wavelet Analysis, Am Meteorol Soc. 79(1), 51-78, 1998

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. European Heart Journal, v. 17, p. 354–381, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Obesity and overweight. Global strategy on diet, physical activity and health. <<http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/facts/obesity/en/>>. Acesso em maio. 2007.

VELLUTI, R. A. Fisiologia do Sono. In: REIMÃO, R. Sono: estudo abrangente. 2 ed., São Paulo: Atheneu, 1996. p. 1-19.

VERRIER, R. L.; HARPER, R. M.; HOBSON, J. A. Cardiovascular physiology: Central and autonomic regulation. In: KRYGER, M. H.; ROTH, T.; DEMENT, W. C. Principles and practice of sleep medicine. 4 ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 2005. p. 192-202.

VIEGAS, Carlos Alberto de Assis, 2010. J. Bras Pneumol. 36(supl.2);s1-s65

VANDERLEI, Luiz Carlos Marques; PASTRE, Carlos Marcelo; HOSHI, Rosângela Akemi; CARVALHO, Tatiana Dias. Rev Bras Cir Cardiovasc 2009; 24(2): 205-217

WOLK, R. et al. Sleep and cardiovascular disease. CuR-R Probl Cardiol, v. 30, p. 625-662, 2005.

[WEITZENBLUM, E.; KESSLER, R.; CHAOUAT, A.](#) Alveolar hypoventilation in the obese: the obesity-hypoventilation syndrome. Rev. Pneumol. Clin., v. 58, n. 2, p. 83-90, 2002.

ZIN, W. A.; ROCCO, P. R. M. Fisiologia da respiração. In: AIRES, M. M. Fisiologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999

10. RESULTADOS

TRABALHO 1

**POSTER APRESENTADO NO CONGRESSO BRASILEIRO DE
CINESIOLOGIA E ELETROMIOGRAFIA – COBEC** Faculdade de Odontologia
de Piracicaba – FOP/UNICAMP

Piracicaba, 16 a 18 de abril de 2010

ANÁLISE ESPECTRAL WAVELET DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA DURANTE O SONO EM OBESOS MÓRBIDOS SUBMETIDOS À
CIRURGIA BARIÁTRICA



Piracicaba, 11 de Março de 2010

Roger Andre Oliveira Peixoto

Prezado Congressista

Temos o prazer de informar que o trabalho intitulado Análise espectral wavelet da variabilidade da frequência cardíaca durante o sono em obesos mórbidos submetidos à cirurgia bariátrica, de sua autoria, foi aceito pelo Comitê Científico do COBEC2010 para apresentação como Painel.

Agradecemos por sua contribuição.

Atenciosamente,

Dra Maria da Graça Rodrigues Bérzin

Secretaria Geral COBEC2010

ANÁLISE ESPECTRAL WAVELET DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE O SONO EM OBESOS MÓRBIDOS SUBMETIDOS À CIRURGIA BARIÁTRICA

Peixoto, RAO; Plens, CM; Hirata, RP; Faria Jr, NS; Santos, IR; Nacif, SR; Oliveira LVF

Programa de Mestrado em Ciências da Reabilitação - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, Brasil

FAPESP / CNPq

Palavras-chave: obesidade – variabilidade da frequência cardíaca - wavelet

INTRODUÇÃO

A obesidade é um grave problema de saúde pública, sendo uma doença multifatorial, caracterizada pelo acúmulo de gordura corporal que se desenvolve pela interação de fatores genéticos, ambientais, socioeconômicos, culturais, metabólicos e psicológicos (Foster, 2003; Aronne, 2002; Mancini, 2001). Ela é classificada como grau III quando o índice de massa corpórea é $\geq 40 \text{ kg/m}^2$.

No Brasil, os procedimentos cirúrgicos mais utilizados para obesidade mórbida são as cirurgias de Fobi-Capella e de Scopinaro. A síndrome da apneia obstrutiva do sono (SAOS) é frequentemente

associada à obesidade, que é um fator de risco para hipertensão e doença arterial coronariana. Um dos principais efeitos fisiopatológicos da SAOS é interromper o estado de repouso do sistema cardiovascular, fragmentando o sono e gerando estresse ao miocárdio. A correlação entre as doenças cardiovasculares e os distúrbios respiratórios do sono pode ser explicada pelo colapso da via aérea superior durante o sono associado ao aumento do esforço ventilatório e alteração no fluxo aéreo, desencadeando hipoxemia e hipercapnia de repetição, levando a constantes despertares durante a noite, com conseqüente estimulação do sistema nervoso simpático.

O objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) através da análise espectral Wavelet (Torrence C, Compo GP; 1998) durante o sono de sujeitos obesos grau III submetidos à cirurgia bariátrica

MÉTODODO

Foram avaliados 14 sujeitos, com idade de 34,21±9,64 anos, de ambos os sexos, portadores de obesidade mórbida através da polissonografia noturna completa (PSG) e análise da variabilidade da frequência cardíaca em condição pré e pós-operatório.

RESULTADOS

A características clínicas estão na tabela 1. O estudo do comportamento da VFC através da análise espectral Wavelet mostrou valores totais de significância pré e pós-operatório respectivamente de 2.8775×10^5 e 2.3440×10^5 no domínio da frequência. Foi observada uma diferença de 18,5%, sendo estatisticamente significativa.

	PRÉ	PÓS
PESO	136,85±21	118,6±19
IMC	48,58±5,57	42,3±5,19
IAH	34±29	18±16
i R-R	865,60±99,28	973,64±147,89 p<0,005
WAVELET	2.8775×10^5	$2,3440 \times 10^5$ p<0,005

Tabela1: Valores clínicos

DISCUSSÃO

Estudos da atividade nervosa autonômica por meio da análise da VFC mostram que pacientes portadores de SAOS apresentam um decréscimo no componente de alta frequência da VFC (HF) e um aumento no componente de baixa frequência (LF), relacionados a modulação parassimpática e simpática respectivamente.

Esse padrão anormal parece refletir uma predominância simpática na modulação autonômica da SAOS. Observando a figura 1 pode-se perceber que a atividade R-R pré é mais espaçada, ocorrendo durante todo o intervalo de coleta. Na figura 2, que representa a coleta no pós-operatório, os iR-R ocorrem em menor intensidade e frequência. Ambos os espectros wavelet

demonstraram uma grande atividade no comprimento de onda 200, o que corresponde aproximadamente ao período de sono REM. Os índices da VFC mostraram predomínio do sistema nervoso simpático sobre o parassimpático, predominantemente no pré-operatório. Os sujeitos da pesquisa apresentaram alteração da VFC durante o sono, variando de acordo com os estágios do sono e apresentando-se mais acentuada durante os eventos apnéicos obstrutivos.

CONCLUSÃO

Através da análise espectral Wavelet dos iR-R durante o sono de sujeitos obesos mórbidos submetidos a cirurgia bariátrica, podemos concluir que existe um predomínio da atividade simpática em relação à parassimpática no pré operatório.

A redução de peso mostrou melhora nos valores antropométricos, nas variáveis

polissonográficas e na variabilidade da frequência cardíaca.

REFERÊNCIAS

- [1] FOSTER, G. D. et al. (2003). Am. J. Respir. Crit. Care Med. V. 168, p. 274-280.
- [2] ARONNE, L. J. (2002). Obesity Research. V.10, s.2, p. 105s-108s.
- [3] Torrence C, Compo GP. (1998). Am Meteorol Soc. 79(1):61-7

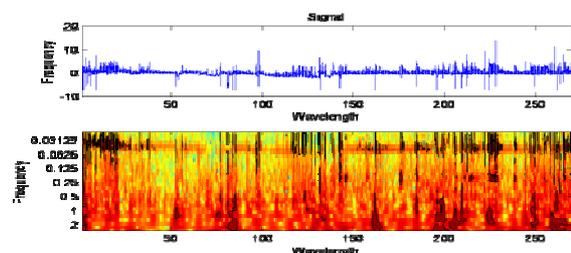


Figura 1 – Wavelet spectral analysis pré- operatório.

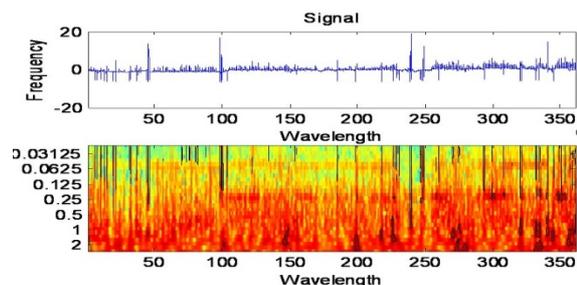


Figura 2 – Wavelet spectral analysis pós operatório.

TRABALHO 2

RESUMO EXPANDIDO PUBLICADO NO BRAZILIAN JOURNAL ORAL SCIENCE

Braz J Oral Sci. 9(2)252

WAVELET ESPECTRAL ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY DURING SLEEP IN MORBID OBESE UNDERGONE BARIATRIC SURGERY

109 WAVELET SPECTRAL ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY DURING SLEEP IN MORBID OBESE UNDERGONE BARIATRIC SURGERY

Peixoto RAO¹; Plens CM²; Shah ML²; Giannasi LC¹; Oliveira CS¹; Hirata RP¹; Faria Jr NS¹; Santos IR¹; Nacif SR³; Magini M⁴; Oliveira LVF¹

¹ Rehabilitation Sciences Master's Program – Nove de Julho University - Uninove – SP – Brazil

² Pio XII Hospital, São José dos Campos – SP – Brazil

³ Servidor Público do Estado de São Paulo Hospital, São Paulo – SP – Brazil

⁴ Federal Fluminense University, Rio das Ostras, RJ – Brazil

E-mail: rogfisi@ig.com.br – Web: www.uninove.br

INTRODUCTION

Obesity is one of the most serious public health problems. It's a multifactorial illness characterized by extreme accumulation of body fat that compromises healthy caused by the interaction of genetic factors, ambient, socioeconomic, cultural, metabolic and psychological (Foster, 2003; Aronne, 2002; Mancini, 2001). Obesity is classified degree III when body mass index (BMI) ≥ 40 kg/m². Obesity surgical procedures more used in Brazil are Fobi-Capella and Scopinaro surgeries (Capella RF, Capella J, 1997; Scopinaro et al., 1980). The obstructive sleep apnea syndrome is usually associated with obesity that is a risk factor for hypertension and coronary arterial disease; however, recent studies have shown that Obstructive Sleep Apnea Syndrome is an independent risk factor for cardiovascular disease (Ceneviva et al., 2006). One of the main pathophysiologic effects of the Obstructive Sleep Apnea Syndrome is to interrupt cardiovascular rest state, breaking up sleep and increasing the load imposed to the myocardium. The correlation between the cardiovascular illnesses and sleep disorders can be explained by the airway collapse during sleep associated with an increased respiratory effort and nasal or oral flow alteration, that can unchain hypoxemia and hypercapnia, taking repetitive arousals during sleep to reestablish the ventilation that stimulates autonomic nervous system with systemic vasoconstriction and arterial hypertension. The objective was to analyze heart rate variability by Wavelet Spectral Analysis (Torrence C, Compo GP., 1998) during sleep in obese subjects degree III submitted to bariatric surgery.

METHODS

We evaluated 22 patients of both gender and the data collection included body mass index classification, abdominal and neck measurements, Epworth sleepiness scale, sleep study through the complete nocturnal polysomnography and heart rate variability analysis.

RESULTS and DISCUSSION

The mean age was 34.21 ± 9.64 , the pre BMI was 48.58 ± 5.57 and post was 42.3 ± 5.19 , the pre apnea hipopnea index (AHI) was 33.99 ± 29.08 and post was 17.97 ± 16.73 . The study of heart rate variability (HRV) behaviour through the Wavelet spectral analysis showed pre and post operatory total values of significance respectively of 2.8775×10^5 and 2.3440×10^5 in frequency domain. It was observed a difference of 18.5%, being statistically significant. Studies of autonomic nervous activity through the analysis of HRV showed that patients with obstructive sleep apnea syndrome (OSAS) show a decrease in high frequency component of HRV (HF) and an increase in low frequency component (LF), related to parasympathetic and sympathetic respectively. This abnormal pattern seems to reflect a sympathetic predominance in autonomic modulation of the OSA (BELOZEROFF; BERRY; KHOO, 2003; JO et al., 2005). Figure 1 shows that pre RR activity spaced, occurring during the whole collect interval. In figure 2, that represents the post operatory collect, the RR intervals occur in minor intensity and frequency. Both Wavelet spectrums showed a large activity in 200 wavelength, that correspond approximately to the REM sleep period. The heart rate variability index had shown an increased sympathetic autonomic nervous system activity, predominantly in the pre operatory. The subjects presented HRV alteration during sleep, this alteration was not uniform among the sleep stages and it presented tendency to be more accentuated during the obstructive apneic events.

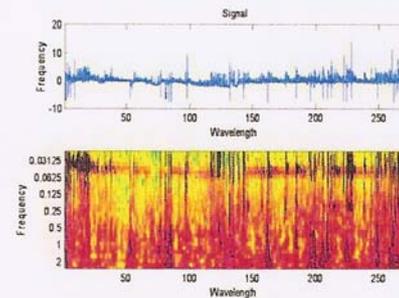


Figure 1 – Wavelet spectral analysis pre- operatory.

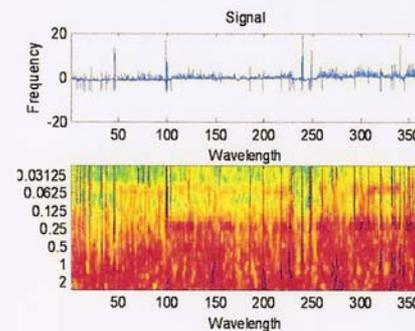


Figure 2 – Wavelet spectral analysis post operatory.

CONCLUSIONS

Through the Wavelet spectral analysis of the RR intervals during sleep of morbid obese subjects submitted to the bariatric surgery, we can conclude that there is a sympathetic activity predominance to the parasympathetic in pre operatory. The weight reduction showed an improve on anthropometric values, on polysomnographic variables and on heart rate variability.

REFERENCES

1. Foster GD. (2003). *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* V. 168, p. 274-280.
2. Aronne LJ. (2002). *Obesity Research.* V.10, s.2, p. 105s-108s.
3. Mancini MC. (2001). *Arq. Bras. Endocrinol Metab.* V. 45, n. 6, p. 584-608.
4. Capella RF, Capella J. (1997). *Obes. Surg.* V. 7, p. 149-156.
5. Scopinaro N, et al. (1980). *Am. J. Clin. Nutr.* V. 33, suppl. 2, p. 506-514.
6. Ceneviva R, et al. (2006). *Rev. Hosp. Clin. Fac. Med. Univ. São Paulo.* V. 39, n. 2, p. 235.
7. Torrence C, Compo GP. (1998). *Am Meteorol Soc.* 79(1):61-78.
8. Belozeroff V, Berry RB, Khoo MC. (2003). *Sleep.* v. 26, p. 65-73.
9. Jo JA, et al. (2005). *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.*, v.288, p. H1103-1112.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the State of Sao Paulo Research Support Foundation (local acronym FAPESP) and National Council Scientific and Technological Development (local acronym CNPq) for the support for this research.

TRABALHO 3

POSTER APRESENTADO NO EUROPEAN SLEEP RESEARCH SOCIETY CONGRESS E PUBLICADO NO JOURNAL SLEEP RESEARCH, volume 19, supplement 2, 271.

HEART RATE VARIABILITY BY WAVELET ESPECTRAL ANALYSIS DURING SLEEP IN MORBID OBESE PATIENTS UNDERGONE BARIATRIC SURGERY.

study investigated differences in sleep profiles of people with CLBP, compared to age- and gender matched controls over seven consecutive nights.

Methods: Thirty-two consenting subjects ($n = 16$ with CLBP, $n = 16$ matched controls), aged 24–65 years (43.8% male) underwent an interview regarding sleep influencing variables (e.g. mattress firmness, caffeine consumption), completed the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI), Insomnia Severity Index (ISI), Pittsburgh Sleep Diary, Short Form 36-v2, and Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS), and recorded seven consecutive nights of sleep in their home using actigraphy.

Results: No significant between group differences were found in environmental noise, sleeping place, bed sharing, mattress firmness, mattress age, or behaviour in smoking, alcohol and caffeine consumption within 2 h before bed time ($P > 0.05$). Compared to controls, people with CLBP had significantly disturbed sleep on self-report measures [PSQI mean (SD) control: 3.3 (1.4), CLBP: 10.9 (4.2); ISI mean (SD) control: 1.9 (1.8), CLBP: 13.7 (7.6); Sleep Diary; $P < 0.001$], but no significant differences on any objective actigraphy variables ($P > 0.05$). The CLBP group also reported a significantly poorer quality of life on both the mental (mean difference 19.5, 95% CI difference 24.2–14.9) and physical (mean difference 16.6, 23.9 to 9.6) subscales of the SF-36v2 compared to controls. None of the control subjects were classified as anxious or depressed, compared to the CLBP group where 43.8% ($n = 7$) were classified as anxious (HADS: Anxiety ≥ 11), and 12.5% ($n = 2$) as depressed (HADS: depression ≥ 11).

Conclusion: This study identified significant subjectively reported complaints of sleep disturbance in people with CLBP compared to an age- and gender matched control group and supports the routine measurement of sleep using a valid and reliable self-rating instrument in future LBP research and clinical practice. Further investigation of the relationship between patients perception of their sleep quality and its objective measurement is warranted before actigraphy could be recommended as an objective outcome measure for the evaluation of sleep in this population.

This study was funded by UCD Seeding Funding scheme.

P794

Heart rate variability by Wavelet™ spectral analysis during sleep in morbid obese patients undergone bariatric surgery

R. P. HIRATA¹, R. A. PEIXOTO¹, C. M. PLENS², M. L. SHAH², L. C. GIANNASI¹, J. G. BOLSAN¹, N. S. FARIA JUNIOR¹, I. R. SANTOS¹, S. R. NACIF³, F. S. LEITAO FILHO¹, M. MAGINI⁴ and L. V. OLIVEIRA¹

¹Nove de Julho University, Sao Paulo, BR, ²Pio XII Hospital, Sao Jose dos Campos, BR, ³Sao Paulo State Hospital, Sao Paulo, BR,

⁴Fluminense Federal University, Rio das Ostras, BR

Obesity is one of the most serious public health problems. It is a multifactor illness characterized by extreme accumulation of body fat that compromises health caused by the interaction of genetic factors, ambient, socioeconomic, cultural, metabolic and psychological. The obstructive sleep apnea syndrome (OSAS) is usually associated with obesity which is a risk factor for hypertension and coronary arterial disease; however, recent studies have shown that OSAS is an independent risk factor for cardiovascular disease. The objective was to analyze heart rate variability (HRV) by Wavelet Spectral Analysis during sleep in degree III obese subjects submitted to bariatric surgery. We have evaluated 22 patients of both gender and the data collection has included body mass index classification (BMI), abdominal and

neck measurements, Epworth sleepiness scale, sleep study through the complete nocturnal polysomnography and heart rate variability analysis. The mean age was 34.21 ± 9.64 , the pre BMI was 48.58 ± 5.57 and post was 42.3 ± 5.19 , the pre apnea hipopnea index (AHI) was 33.99 ± 29.08 and post was 17.97 ± 16.73 . The study of the HRV behaviour through the Wavelet spectral analysis showed pre and post operative total values of significance respectively of 2.8775×10^5 and 2.3440×10^5 in frequency domain. It was observed a difference of 18.5%, being statistically significant. Studies of autonomic nervous activity through the analysis of HRV showed that patients with obstructive sleep apnea syndrome (OSAS) show a decrease in high frequency component of HRV (HF) and an increase in low frequency component (LF), related to parasympathetic and sympathetic respectively. This abnormal pattern seems to reflect a sympathetic predominance in autonomic modulation of the OSA. Both Wavelet spectrums showed a large activity in 200 wavelength, that correspond approximately to the REM sleep period. The HRV index had shown an increased sympathetic autonomic nervous system activity, predominantly in the pre operative. The subjects presented HRV alteration during sleep, this alteration was not uniform among the sleep stages and it presented tendency to be more accentuated during the obstructive apneic events. Through the Wavelet spectral analysis of the RR intervals during sleep of morbid obese subjects submitted to the bariatric surgery, we can conclude that there is sympathetic activity predominance to the parasympathetic in pre operative. The weight reduction showed an improve on anthropometric values, on polysomnographic variables and on heart rate variability.

P795

Relationship between inflammatory markers and sleep efficiency in kidney-transplanted patients

M. E. CZIRA, M. Z. MOLNAR, A. S. LAZAR, A. SZENTKIRÁLYI, A. DUNAI, R. ZOLLER, A. UJSZASZI, A. RUDAS, K. FORNADI, A. LINDNER, I. MUCSI and M. NOVAK

Semmelweis University, Budapest, HU

Objectives: Poor sleep quality is frequent among patients with end stage renal disease (ESRD). Substantial amount of evidence suggests that cytokines may be involved in sleep regulation. Partial sleep deprivation can increase circulating levels of pro-inflammatory markers (e.g. Interleukin-6 (IL-6) or Tumour Necrosis Factor-alpha (TNF-alpha)). Interestingly, experimental evidence suggests that TNF-alpha can also increase sleep quantity. Chronic inflammation with elevated levels of pro-inflammatory cytokines is frequent among patients with chronic kidney disease (CKD). However, very little is known about the association between inflammation and sleep in kidney transplant recipients. Therefore in this analysis we aimed to examine the relationship between inflammatory markers (IL-6 and TNF-alpha) and sleep efficiency (SE) in kidney transplanted (Tx) patients.

Methods: Hundred randomly selected, stable, adult Tx patients underwent a one-night polysomnography in a sleep laboratory. We collected details about medical history, medication, co-morbidities and socio-demographic characteristics. Laboratory measurements were also carried out.

Results: The mean (standard deviation; SD) age of the sample was 51(13) years, 57% were males, the median (interquartile range; IQR) SE was 80(13)%. The median (IQR) levels of pro-inflammatory cytokines were 2.0(2.0) pg ml⁻¹ for IL-6 and 1.9(1.3) pg ml⁻¹ for TNF-alpha. SE showed a significant negative correlation with age

TRABALHO 4

e-comunication **APRESENTADO NO EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY ANNUAL CONGRESS E PUBLICADO NO EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL**, volume 36, supplement 54, september 2010.

HEART RATE VARIABILITY BY WAVELET ESPECTRAL ANALYSIS DURING SLEEP IN MORBID OBESE PATIENTS UNDERGONE BARIATRIC SURGERY.

TUESDAY, SEPTEMBER 21ST 2010

460. Obesity: positive effects of bariatric surgery and exercise

E5258

Impact of bariatric surgery in sleep breathing disorders

Sandra Pedrero, Amaia Urrutia, Maria Alfonso, Marta Intxausti, Nuria Marina, Lorea Martinez, Jose Amilibia. *Pneumology, Cruces Hospital, Barakaldo, Spain Pneumology, Cruces Hospital, Barakaldo, Spain Pneumology, Cruces Hospital, Barakaldo, Spain Pneumology, Cruces Hospital, Barakaldo, Spain Clinical Epidemiology, Cruces Hospital, Barakaldo, Spain Pneumology, Cruces Hospital, Barakaldo, Spain*

Background: Morbidly obese patients have a high prevalence of sleep breathing disorders. Bariatric surgery has been proved as an effective treatment to reduce weight in these patients. The aim is to analyze the respiratory benefits of weight loss in patients undergoing bariatric surgery.

Methods: 52 patients have been evaluated with sleep test, spirometry and arterial blood gas analysis pre-surgery and post surgery.

Results: Mean age 44.24±9.78 years. 78.8% women. Sleep test showed an AHI greater than 30 in 55.8% of cases, 36.5% had an AHI 10-30 and 7.7% of patients a AHI <10. We have found no correlation between AHI and BMI. After surgery, the AHI was reduced by 50% in 86% of the patients and in 75% AHI was <10, permitting discontinuation of CPAP-BIPAP.

In Table 1 we show the descriptive and comparative data before and after surgery, showing a marked improvement after surgery.

Table 1

	Presurgery	Postsurgery	P
Weight (kg)	137,39±18,90	92,71±15,78	0,001
BMI	51,97±7,89	34,96±6,56	0,001
FVC	86,37±18,38	97,16±14,37	0,001
PO2	79,36±12,82	86,55±10,40	0,001
PCO2	40,42±3,83	38,92±2,91	0,001
AHI	43,62±30,89	7,73±8,62	0,001
basal Sat	93,07±3,06	94,36±1,46	0,005
min Sat	62,98±11,38	82,38±7,41	0,001
CT<90%	23,23±23,13	8,7±17,81	0,001

Conclusions: 1. We have seen significant improvement in AHI, pO2, pCO2 and FVC after bariatric surgery
2. We found no relationship between the severity measured by AHI and BMI.
3. 86% of patients reduced their AHI over 50% after bariatric surgery and in 75% of cases the AHI was <10, therefore initial treatment could be withdrawn.

E5259

Improvement in sleep apnea-hypopnea syndrome in morbidly obese patients after bariatric surgery

M. Asunción Nieto, Beatriz Morales, José M.F. Sanchez-Alarcos, Gemma Rodríguez-Trigo, Paola Antonella Benedetti, José Luis Álvarez-Sala. *Pneumology, Clínico San Carlos Hospital, Madrid, Spain*

Aim: To evaluate the efficacy of bariatric surgery in morbidly obese patients with sleep apnea-hypopnea syndrome (SAHS).

Methods: Longitudinal study of a series of morbidly obese patients, both before and after bariatric surgery. From May 2002 to October 2006, we included all morbidly obese individuals, defined by a body mass index (BMI) greater than 40 kg/m² who underwent bariatric surgery and suffer from SAHS during the preoperative study. Evaluations included the following variables: age, sex, height, weight, BMI, daytime sleepiness (Epworth scale), symptoms related with SAHS and apnea-hypopnea index (AHI).

Results: Only 35 patients, out of the 145 patients initially studied, attended the pre-established follow-up. We were able to study 26 patients (81% women), with a mean age of 46 years (range: 30-69). Significant improvements (p<0,005) were observed in snoring, apneas as reported by bed partners, morning tiredness, nocturia, BMI and AHI. No improvements were observed in morning cephalaea and somnolence. Thirteen patients (50%) required CPAP treatment before surgery, which was suspended after surgery in 11 cases (85%). Despite these, 20 patients presented AHI ≥ 5, see the table

Evaluation of AHI before and after bariatric surgery

	AHI < 5	AHI 5-29	AHI ≥ 30
No. patients presurgery	0	14	12
No. patients postsurgery	6	16	4

AHI: apnea-hipopnea index.

Conclusions: In morbidly obese adults with SAHS, bariatric surgery results in an improvement in symptoms and a reduction in AHI, which allows CPAP to be suspended in most cases. In 15% of the patients, however, an AHI ≥ 30 persisted, therefore we recommend that sleep studies be performed in all patients after reaching their ideal weight.

E5260

Heart rate variability analysis by Wavelet spectral during sleep in morbid obese patients undergone to bariatric surgery

Roger Peixoto¹, Carla Plens², Monica Saha², Lilian Giannasi¹, Claudia Oliveira¹, Jaiana Bolsan¹, Raquel Hirata¹, Newton Faria¹, Israel Santos¹, Sergio Nacif³, Fernando Leitao¹, Marcio Magini⁴, Luis Oliveira¹. *¹Rehabilitation Sciences Master's Program, Nove de Julho University - UNINOVE, Sao Paulo, SP, Brazil; ²Physiotherapy Department, Pio XII Hospital, Sao Jose dos Campos, SP, Brazil; ³Respiratory Disease Department, Servidor Publico Sao Paulo State Hospital, SP, Brazil; ⁴Physics Department, Fluminense Federal University, Rio das Ostras, RJ, Brazil*

Obesity is one of the most serious public healthy problems and the obstructive sleep apnea syndrome (OSAS) is usually associated with this disease. The objective was to analyze heart rate variability (HRV) by Wavelet Spectral Analysis during sleep in degree III obese subjects submitted to bariatric surgery. We have evaluated 22 patients of both gender and the data collection has included body mass index classification (BMI), abdominal and neck measurements, Epworth sleepiness scale, sleep study through the complete nocturnal polysomnography and HRV analysis. The mean age was 34.21±9.64, the pre BMI was 48.58±5.57 and post was 42.3±5.19, the pre apnea hypopnea index (AHI) was 33.99±29.08 and post was 17.97±16.73. The study of the HRV behaviour through the Wavelet spectral analysis showed pre and post operatory total values of significance respectively of 2.8775 x 10⁵ and 2.3440 x 10⁵ in frequency domain. It was observed a difference of 18.5%, being statistically significant. Both Wavelet spectrums showed a large activity in 200 wavelength, that correspond approximately to the REM sleep period. The HRV index had shown an increased sympathetic autonomic nervous system activity, predominantly in the pre operatory. The subjects presented HRV alteration during sleep, this alteration was not uniform among the sleep stages and it presented tendency to be more accentuated during the obstructives apneic events. We can conclude that there is sympathetic activity predominance to the parasympathetic in pre operatory. The weight reduction showed an improve on anthropometric values, on polysomnographic variables and on heart rate variability.

E5261

Weight loss and physical activity in patients with obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome depends on compliance to treatment

Sinziana Lovin^{1,2}, Traian Mihaescu^{3,4}. *¹Medicine, University Lower Danube, Galati, Romania; ²Internal Medicine, Railways Hospital, Galati, Romania; ³Medicine, University of Medicine and Pharmacy "Gr. T. Popa", Iasi, Romania; ⁴Pneumology, Hospital of Pneumology, Iasi, Romania*

Introduction: Obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome (OSAHS) is associated with obesity and is characterized by repeated upper airway closure during sleep, causing sleep disruption, daytime somnolence and systemic complications. The benefits of CPAP (continuous positive airway pressure) have been demonstrated on somnolence and survival, but data on weight loss and physical activity are controversial.

Aim: to study whether compliance to CPAP promotes weight loss and physical activity in patients with OSAHS.

Methods: 74 obese patients (BMI = 36.2±4.8) with OSAHS (apnea hypopnea index ≥ 10/h) were included. Compliance to CPAP was defined as >4 hours/night use, for >70% of nights. Patients were divided into 3 groups according to compliance: non compliant (who refused CPAP, n=25), poor users (n=23) and compliant

965s

Abstract printing supported by Chiesi Farmaceutici SpA. Visit Chiesi Farmaceutici SpA. at Stand G.90

TRABALHO 5

**ARTIGO COMPLETO ENVIADO A REVISTA PHYSIOLOGICAL
MEASUREMENTS,**

ISSN print 0967-3334 ISSN on line 1361-6579

*HEART RATE VARIABILITY WAVELET ANALYSIS IN PATIENTS AFTER
BARIATRIC SURGERY*

Track your article - Windows Internet Explorer fornecido por Uninove #.

http://authors.iop.org/atom/usermgmt.nsf/AuthorEnquiry?openform&id=EAE3B7CE61A44B48802577A80C

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Favorites Sites Sugeridos Galeria do Web Slice

Track your article

IOP | For Authors

Physiological Measurement

THIS JOURNAL'S HOMEPAGE | IOP FOR EDITORS | IOP FOR REFEREES | IOP PUBLISHING | IOP JOURNALS | US

- ▶ Author services home
- ▶ Feedback
- ▶ Track your article

Article tracking

Article ID: PME/370229/PAP
 Title: Heart rate variability wavelet analysis in patients after bariatric surgery
 Authors: Roger Peixoto et al
 Article status: **In progress**

Editorial receipt
 27 set 2010

Current status and history

Date	Task description	Deadline date/Status
04/10/2010	Original manuscript to referee	In progress
04/10/2010	Original manuscript to referee	Report received

Copyright © Institute of Physics and IOP Publishing Limited 2007 - 2010.
 DISCLAIMER | TERMS AND CONDITIONS | PRIVACY POLICY

Internet 110%

Iniciar E-mail de IG Mail - me... Track your article - W... D PT 11:44

Análise Wavelet da Variabilidade da Frequência Cardíaca em Pacientes Obesos Submetidos à Cirurgia Bariátrica

Roger Andre Oliveira Peixoto¹; Luciana Maria Malosa Sampaio¹; Dirceu Costa¹; Sérgio Roberto Nacif²; Fernando Sergio Studart Leitão Filho¹; Marcio Magini^{3,1}, Luis Vicente F. de Oliveira¹

¹ Programa Mestrado em Ciências da Reabilitação, Universidade Nove de Julho - UNINOVE, Av. Francisco Matarazzo 612, Barra Funda, São Paulo, S.P., 05001-100, Brasil.

²Hospital do Servidor Público do Estado de São Paulo, Rua Pedro de Toledo, São Paulo, S.P., 04029-000 Brazil.

³Universidade Federal Fluminense, Pólo Universitário de Rio das Ostras, Departamento de Ciência e Tecnologia, R. Recife s/n, Jardim Bela Vista, Rio das Ostras, R.J., 28890-000, Brasil.

E-mail: rogfisi@ig.com.br, lucianamalosa@uninove.br , dcosta@uninove.br , pro_ar@uol.com.br , fernandosergio@uninove.br, marcio.magini@pq.cnpq.br and oliveira.lvf@uninove.br.

Resumo

A coleta dos sinais do ECG são incorporadas como uma medida importante após os procedimentos cirúrgicos de alta complexidade. Nos pacientes submetidos à cirurgia bariátrica a reabilitação nas primeiras semanas é determinante para o sucesso do método. Este artigo visa analisar a variabilidade da frequência cardíaca em pacientes submetidos à cirurgia bariátrica, mais especificamente examinar a condição cardíaca do paciente realizada sessenta dias antes e após a cirurgia. Para isso é proposto um método de quantificação de sinais para uma maior coerência de análise. Mais especificamente, foi utilizada a Estimativa da Densidade e transformada Wavelet Symlet como modelo de ajuste do sinal. Os resultados apresentam a ocorrência de uma melhor distribuição das frequência

¹ Corresponding Author. Tel.:+55-22-27600848, fax: +55-22-27600848. E-mail address: marcio.magini@pq.cnpq.br (M. Magini).

após a cirurgia bariátrica, sendo um indicativo de comportamento fisiológico mais saudável. Este comportamento pode ser melhor observado através da densidade de freqüências após a cirurgia, onde há distribuição mais próxima de uma distribuição normal, que não é possível de ser observada com análise de ECG em um curto período de tempo.

Palavras-chave: Cirurgia bariátrica ECG, análise de dados, Wavelet, Variabilidade

Introdução

A obesidade é um dos mais graves problemas de saúde pública. É uma doença multifatorial, caracterizada pelo acúmulo de gordura corporal extrema, que compromete a saúde e é causada pela interação de fatores genéticos, ambientais, socioeconômicos, culturais, metabólicos e psicológicos (Foster 2003, Aronne 2002, Mancini, 2001). Existem três graus de classificação para a obesidade: a classificação grau III é quando o índice de massa corporal (IMC) $\geq 40 \text{ kg / m}^2$ e sua classificação é considerada a mais perigosa. Nestes casos, a cirurgia bariátrica é o método mais adequado e de melhor solução. No Brasil, os procedimentos cirúrgicos mais utilizados são de Fobi-Capella e Scopinaro (Capella e Capella 1997, Scopinaro et al 1980). Uma das consequências resultante da obesidade é a Síndrome da Apnéia Obstrutiva do Sono, sendo um fator de risco para hipertensão arterial e doença arterial coronariana, entretanto, estudos recentes têm mostrado que Síndrome de Apnéia Obstrutiva do Sono é um fator de risco independente para doenças cardiovasculares. Um dos principais efeitos fisiopatológicos da Síndrome de Apnéia Obstrutiva do Sono é a interrupção estado de repouso cardiovascular, alterando o sono e aumentando a carga imposta ao miocárdio (Belozeroff et al 2003, Jo et al 2005). A correlação entre as doenças cardiovasculares e distúrbios do sono pode ser explicado pelo colapso das vias aéreas durante o sono ser associado a um maior esforço respiratório com alteração do fluxo nasal ou oral, que pode desencadear hipoxemia e hipercapnia, com despertares repetitivos durante o sono para restabelecer a ventilação estimulando o sistema nervoso autônomo com vasoconstrição sistêmica e

hipertensão arterial (Verrier et al 1996, Kaye e Esler 2005). A obesidade mórbida é associada igualmente com cardiomiopatia, aumento da tensão na parede ventricular esquerda, hipertrofia ventricular esquerda e disfunção diastólica. Algumas destas patologias cardíacas são refletidas no ECG com alterações nos índices derivados do traçado eletrocardiográfico e investigações que vão servir como marcadores de morte súbita cardíaca. A obesidade também está associada com uma redução da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (Alam et al 2009). A variabilidade da frequência cardíaca é um importante marcador fisiológico para entender a melhor recuperação de saúde em pacientes com obesidade submetidos à cirurgia bariátrica. Variabilidade da frequência cardíaca refere-se a variação nos intervalos entre os batimentos cardíacos e reflete a modulação autonômica cardíaca, que é influenciada de forma favorável pela atividade parassimpática aumentada. Alterações na atividade do sistema nervoso autônomo tem sido relatada em pacientes com obesidade e a análise espectral mostrou diminuição da VFC com o ganho de peso. A perda de peso após a dieta ou gastroplastia em obesos mórbidos apresentou capacidade de reverter os impactos deletérios da obesidade na modulação do sistema nervoso autonômico cardíaco, com indivíduos apresentando maior VFC após a redução do índice de massa corporal (IMC), através de aumento da modulação vagal cardíaca (Nault et al 2007). No entanto, as informações sobre as condições biológicas está relacionada com aspectos complexos, geralmente difíceis de medir diretamente a partir dos dados coletados no ECG. Estudos revelam a importância da análise do ECG e da aplicação de procedimentos matemáticos para verificar relevantes padrões biológicos. A maioria deles inclui técnicas de compressão de dados em busca de melhor qualidade do sinal ou decomposição com o objetivo de classificar as diferenças entre a variabilidade da frequência cardíaca em condições específicas (2006 Boucheham et al, Hung et al 2009, Lombardi et al 1996). As técnicas estatísticas são utilizadas como suporte para extrair informações biológicas sobre as condições do paciente, utilizando ferramentas como algoritmos fuzzy ou redes neurais comuns nestas aplicações biológicas (Übeyli 2009, 2002, Maglaveras et al 1998). A técnica mais tradicional para análise do sinal é a transformada de

Fourier, usada desde a sua formulação publicada no community 16 científica. Especificamente em dados biológicos muitos trabalhos utilizam outros procedimentos computacionais para gerar um sistema completo de análise (Bracewell 2000, Sahin et al 2010, Nowak et al 2009). O presente trabalho propõe uma análise wavelet adicionado com ferramentas estatísticas aplicadas no problema de variabilidade da frequência cardíaca em pacientes com obesidade mórbida submetidos a cirurgia bariátrica. Os dados são analisados antes e após a cirurgia. A relação entre o ganho de saúde e análise dos dados do ECG é proposto nos resultados. A novidade do presente trabalho é a criação de um conjunto de procedimentos computacionais para filtrar, decompor e analisar o sinal, incluindo dados estatísticos, para os dados de intervalos RR em um processo de polissonografia evidenciando diferenças quantitativas e seguir com as mesmas idéias de trabalhos nesta área com dados clínicos e de aplicação.

Métodos

Dados Experimentais

Foram avaliados 14 pacientes de ambos os sexos e a coleta de dados incluiu medidas de classificação do índice de massa corporal, circunferência abdominal e do pescoço, escala de sonolência de Epworth, estudo do sono através da polissonografia noturna completa e variabilidade da frequência cardíaca em condições pré operatório e pós operatório com sessenta dias de análise após a cirurgia. A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética da Universidade Nove de Julho sob o protocolo número 220506/2009. Os pacientes foram operados nos hospitais PIO XII e Hospital dos Servidores Público do Estado de São Paulo.

Polissonografia

O estudo polissonográfico é a técnica mais importante usada no diagnóstico e no tratamento de distúrbios do sono. . Polissonografia significa "vários registros durante o sono fisiológico, e se caracteriza por avaliar os estágios de sono e vigília, função cardíaca, função respiratória e movimentos do corpo para estagiamento do sono e registros de : eletroencefalograma (EEG), eletrooculograma (EOG) e eletromiografia (EMG). Análise cardiopulmonar para os registros de fluxo aéreo, esforço respiratório, ronco, ECG e oxímetro de pulso digital.

Além disso, pode-se gravar os movimentos do corpo, através da EMG de membros inferiores e sensor de posição do corpo. Alguns laboratórios também fazem registro com tubo pressóricos. As fases do sono foram avaliadas por biopotenciais de gravação (eletroencefalograma, eletromiograma eletrooculograma) e gravações quantitativas do esforço respiratório (sensores piezo), o fluxo de ar (sensores térmicos) e saturação de oxigênio (oximetria de pulso), usando Somnologica Studio - version 3.1.2 Embla A10 para a gravação, pontuação e estadiamento (Dumont et al 2004, Carskadon Rechtschaffen e 2005).

Electrocardiograma

O eletrocardiograma (ECG) é o registro das variações do potencial elétrico extracelular da atividade muscular do coração. As ondas de despolarização e repolarização que se propagam ao longo das fibras cardíacas podem ser consideradas dipolos em movimento variáveis que determinam a campos elétricos que podem ser detectados através da medição da diferença de potencial através de eletrodos colocados sobre a superfície da pele. O potenciais gerados pelo coração durante o ciclo sístole-diástole (contração / relaxamento) podem ser registados através da aplicação de eletrodos em diferentes posições corporais. Há lugares onde os eletrodos de gravação padrão são colocados de acordo com as

diretrizes pré-estabelecidas. O registro é realizado através da diferença de potencial elétrico entre dois pontos no campo elétrico gerado pelo dipolo elétrico cardíaco ao longo do ciclo cardíaco. Os pontos de medida são escolhidos e padronizados, resultando na derivações. The vários ECG normal é composto por características das ondas (P, Q, R, S e T), que correspondem a eventos de ativação elétrica do miocárdio. A onda P corresponde à despolarização atrial, o complexo QRS a despolarização ventricular ea onda T a repolarização dos ventrículos.

Variabilidade da frequência Cardíaca

Para medir a atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático através da análise da variabilidade da frequência cardíaca foi utilizado registro eletrocardiográfico da polissonografia basal noturna completa, o sistema Somnologica Studio - Embla A10 versão 3.1.2, que foi obtido pela colocação de dois eletrodos no peito do paciente , uma na direita ântero-superior e um na face ântero-superior esquerdo.

Análise Estatística

Os valores foram coletados em uma polissonografia. Os dados foram presentes como mostra a Figura 1 e a Figura 2, onde os dados foram separados em dois grupos: antes da cirurgia e após a cirurgia, com todos os dados para cada situação em um único grupo.

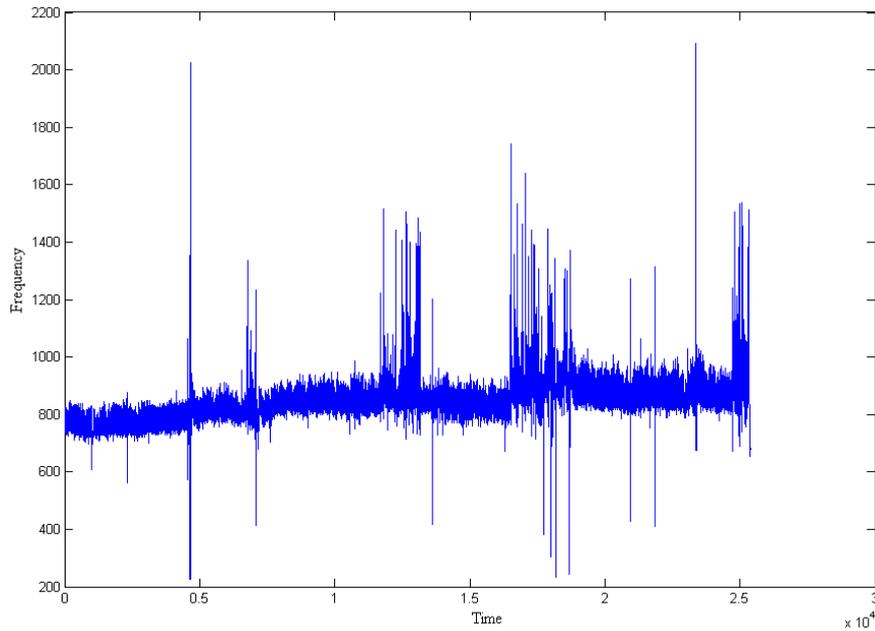


Figure 1. Intervalo R-R dos pacientes pré operatório de cirurgia bariátrica.

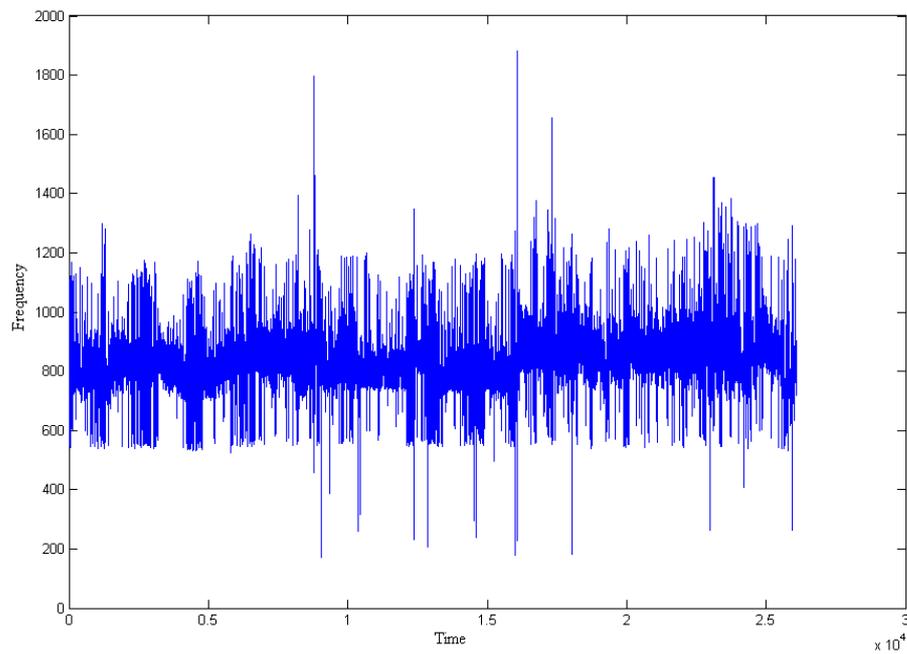


Figura 2. Interval R-R dos pacientes pós operatório de cirurgia bariátrica.

As freqüências entre cada intervalo RR foram agrupadas em um conjunto de dados de dispersão e tratados estatisticamente. Especificamente, usando a

dispersão dos dados foi construído um sistema de análise considerando a variabilidade com a estimativa da densidade em um gráfico de dados dimensionais da Transformada Wavelet.

A função utilizada como ferramenta de transformação foi a Symlet com 2 níveis de decomposição e limiar variável. Esta escolha é baseada em um sinal não-simétrico que contém três frequências características, que pode ser observado na estimativa de densidade. A análise estatística não mostra nenhuma diferença entre o sinal para os pacientes pré e pós-operatório.

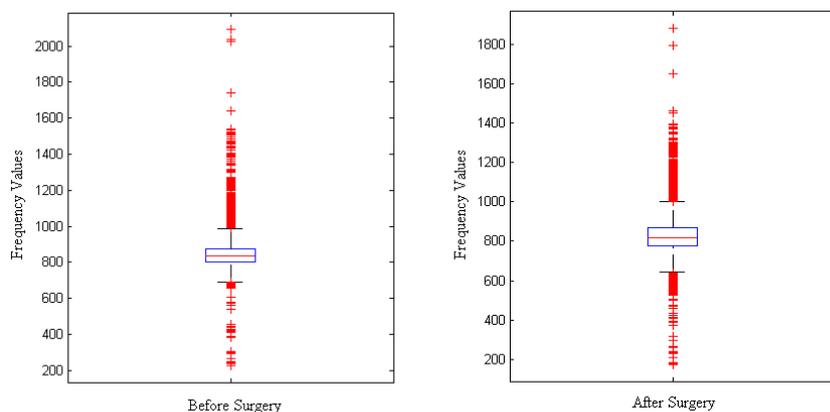


Figura 3. Boxplot mostrando o valor médio entre os pacientes pré e pós da cirurgia bariátrica e a dispersão dos dados.

Resultados e Discussão

Observa-se na Tabela 1 que, houve uma redução de valores antropométricos considerados em pacientes que foram submetidos a cirurgia bariátrica, com redução de peso e índice de massa corporal.

Tabela 1. Valores Antropométricos

Variáveis	Pré operatório	Pós operatório
Idade (anos)	36,07 ± 10,97	36,09 ± 10,97
Altura (cm)	167,42 ± 8,02	167,42 ± 8,02
Peso (Kg)	136,85 ± 20,87	118,60 ± 19,02#
IMC (Kg/m ²)	48,68 ± 5,64	41,92 ± 5,72#
Circunferência de pescoço (cm)	41,60 ± 4,70	39,00 ± 4,40#
Circunferência abdominal (cm)	133,40 ± 15,08	121,80 ± 16,50#

Note: cm: centímetros; Kg: kilogramas; IMC =Índice massa corpórea # p ≤ 0,0001

Os valores da frequência cardíaca média e máxima ea saturação média em diferentes fases do sono com os valores das condições pré-operatórias e pós-operatório, indicando uma diminuição da frequência cardíaca e níveis mais baixos de dessaturação de oxigênio e índice de apnéia e de hipopnéia.

Tabela 2. Variáveis Polissonográficas

	Sono		SonoNREM		SonoREM	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
FC média (bpm)	71.3±10	63.8±7.4*	70.3±9.8	62.3±7.2#	96.2±11.9	65.5±6.9#
FC máxima (bpm)	99.1±14	94.1±10.3	72.1±10.4	85.9±8.8#	93.6±11.7	94.9±9.2
SpO ₂ média (%)	93.0±3	94.5±2.0#	93.2±2.7	94.3±2.1#	91.9±5.2	93.6±3.2
IDO	27.3±22.9	17.2±17.4*				
IAH	28.7±25.9	16.9±17.4#	25.4±27.12	13.53±17.1#	46.9±29.9	37.8±32.5

bpm: batidas por minuto; SpO₂: saturação oxigênio; IAH: índice apnéia/hipopnéia; IDO:índice de dessaturação de oxigênio; *p<0,01; # p<0,001

Tabela 3. Variabilidade da frequência cardíaca durante o sono

	Pré	Pós
FC média	71.3 ± 10.2	63.84 ± 7.4*
Intervalo R-R	829.20 ±	972.24 ±
	82.84	146.20#

Nota: FC: frequência cardíaca; *p<0,01; # p<0,001

O método matemático para avaliar a variabilidade foi aplicada considerando todos os dados de pacientes juntos em um arquivo de dados único. Isto era necessário para interpretar a variabilidade como um parâmetro do grupo e não uma característica individual.

A coleta de dados foi submetido a uma transformada wavelet de estimativa da densidade resultando em uma análise gráfica baseada em um histograma. Os pacientes antes da cirurgia bariátrica apresentam uma ocorrência de picos em torno de 900 Hz, como mostrado na Figura 4. Além disso, o pico principal de ocorrência é de valor de 849 Hz e o segundo e terceiro são 12% menos freqüente que o primeiro. Este resultado foi obtido sem a aplicação de wavelets.

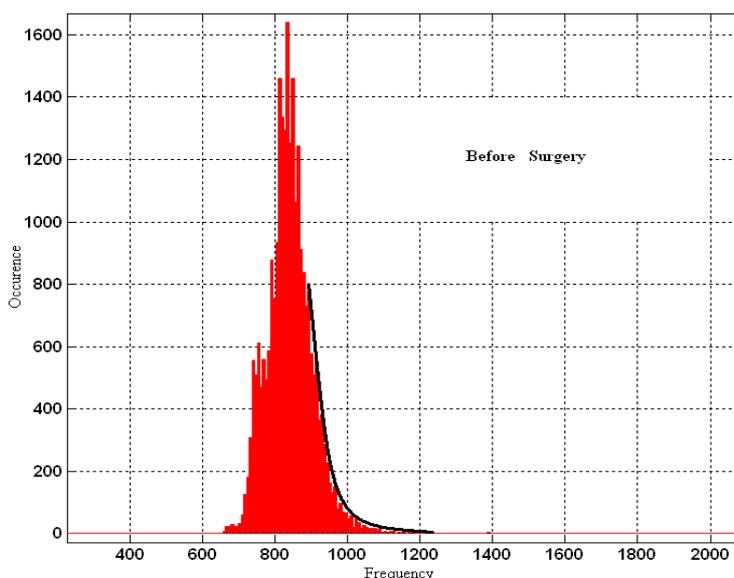


Figura 4. A coleta de dados para os pacientes no pré operatório.

Observe que as frequências entre 800 Hz e 900Hz apresentam uma ocorrência por volta de 1600, as baixas frequências entre 700 Hz e 800Hz apresentaram a ocorrência próximo de 600 e frequências maiores que 900Hz apresentaram exponencial decrescente de ocorrência, como na linha preta da Figura 4. Esta figura mostra uma menor dispersão das frequências quando comparada com a Figura 5, nos pacientes após a cirurgia.

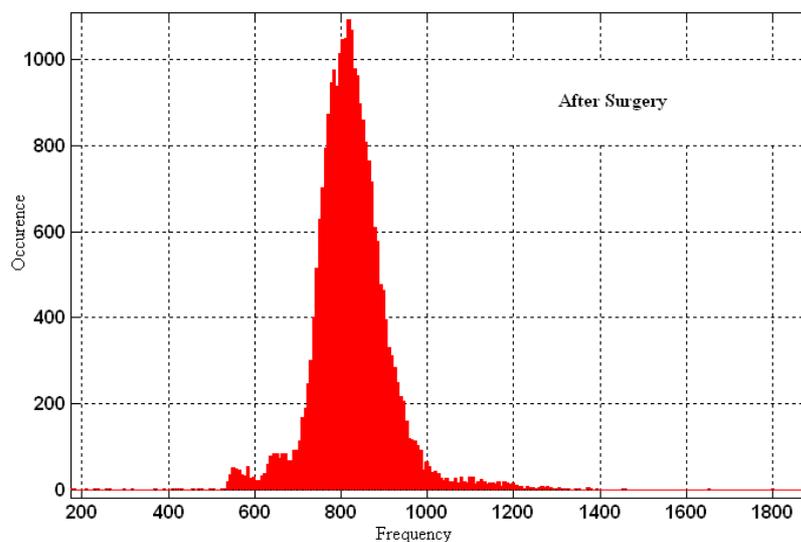


Figura 5. A coleta de dados para os pacientes no pós operatório

Na Figura 5, as frequências são distribuídas como uma dispersão normal. A suavidade dessa distribuição caracteriza um maior grau de dispersão dos dados, em outras palavras, há uma maior dispersão entre as frequências do intervalo RR que nos levam a considerar uma maior variabilidade nos dados.

Pode-se notar a ocorrência de frequências em valores maiores 1200 Hz e inferiores a 600 Hz. Na Tabela 2 está presente os primeiros quatro valores de maior ocorrência de frequências em pacientes antes e após a cirurgia.

Tabela 4. Quatro maiores valores de ocorrência e suas frequências.

Valores	Pré operatório		Pós operatório	
	Frequência	Ocorrência	Frequência	Ocorrência
Primeiro	849	1641	820	1092
Segundo	853	1460	827	1068
Terceiro	809	1461	814	1050
Quarto	817	1335	807	1050

Na Tabela 4 é possível perceber a contribuição para as quatro frequências mais elevadas para a estimativa de densidade. Para os pacientes antes da cirurgia, as quatro primeiras frequências com maior ocorrência são 849 Hz, 853 Hz, 809 Hz e 817 Hz, a diferença entre a ocorrência da primeira frequência e a quarta é de quase 20%. É possível ver que, antes da cirurgia algumas frequências têm ganho de relevância sobre as outras.

Analisando-se a terceira e quarta colunas da Tabela 4 observamos que a mudança entre a primeira frequência de maior ocorrência e a quarta está em torno de 4%. Este resultado nos leva a interpretar que, em pacientes após a cirurgia bariátrica a frequência cardíaca é melhor distribuída sem grandes intervalos entre picos próximos.

A figura 6 e 7 são resultado da Função Symlet com nível 2 de decomposição. Nessas figuras é possível ver as diferenças entre a estimativa da densidade em pacientes antes da cirurgia (Figura 6). Os valores de densidade é distribuir entre a forma do eixo y 0-8 (10⁻³) e no eixo x os valores que podem ser encontrados na faixa de frequências de 700 e 1100Hz. No entanto, a grande quantidade de frequências está concentrada entre 700 e 980 Hz.

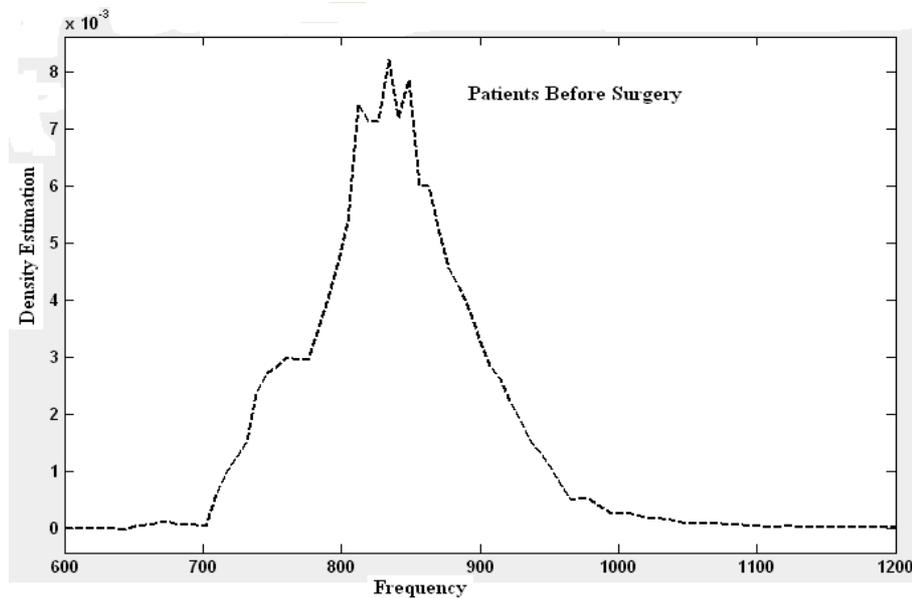


Figura 6: Estimativa da densidade através da Symlet 2 em pacientes pré operatório

Na figura 7 a estimativa de densidade mostra uma diferente distribuição de frequências. Para valores menores que 700Hz a densidade é diferente de zero significando outros valores de frequência que ocorrem na frequência cardíaca através destes dados. Verifica-se no eixo-y o conjunto de valores em estimativa de densidade de 0 a 6×10^{-3} .

Os numero de frequências na figura 7 são consideravelmente maiores do que os da figura 6, sendo notado por não encontrar valores menores que 700Hz e maiores que 1100Hz resultando em uma queda considerável de valores no eixo-y e um aumento de valores no eixo-x. Este resultado nos leva à interpretação desses valores como aumento na variabilidade da frequência cardíaca. Além disso, a curva gerada pelo método é próxima de uma normal distribuição refletindo uma melhor condição cardíaca dos pacientes no pós operatório.

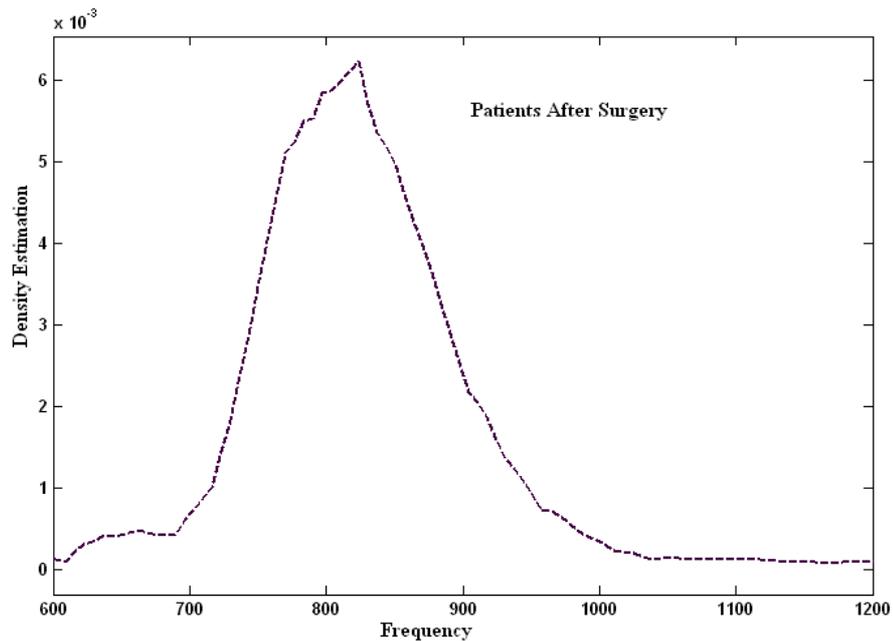


Figura 7: Estimativa da densidade através do Symlet 2 em pacientes no pós operatório

Conclusão

É possível através deste estudo avaliar a importância do uso de diferentes ferramentas para a análise e processamento de sinais biológicos através de técnicas de ECG, HRV e Wavelet obtendo informações pela transformada Wavelet de estimativa da densidade a distribuição da frequência permitindo a extração de maiores informações que reflete com maior precisão mudanças significativas nas condições estudadas.

Mais especificamente, é possível perceber as sutis diferenças da variabilidade da frequência cardíaca em pacientes que foram submetidos à cirurgia bariátrica se comparadas com a mensuração padrão do ECG, sendo necessário a aplicação de técnicas mais sofisticadas para maiores conclusões sobre aumento da variabilidade da frequência cardíaca e ganho de saúde do paciente, sendo este objetivo conseguido com a aplicação da técnica proposta neste artigo.

Referências

Alam MJ, Lewis KE, Lewis JM, Stephens JN 2009 The influence of bariatric surgery on indices of cardiac autonomic control *Autonomic Neurosc.: Basic and Clinical* 151 168-173.

Aronne LJ 2002 Classification of obesity and assessment of obesity-related health risks *Obes. Research* 10 105s-108s.

Belozeroff V, Berry RB, Khoo MC 2003 Model-based assessment of autonomic control in obstructive sleep apnea syndrome *Sleep* 26 65-73.

Bianchi AM, Mendez MO, Cerutti S 2010 Processing of signal recorded through smart devices: sleep-quality assessment, *IEEE Trans. On Info. Tech. in Biomed.* 14(3) 741 – 747.

Boucheham B, Ferdi Y, Batouche MC 2006 Recursive versus sequential multiple error measures reduction: A curve simplification approach to ECG data compression *Comp. Methods and Prog. in Biom.* 81 162–173.

Bracewell RN 2000, *The Fourier Transform and Its Applications* (3rd ed.), Boston: McGraw-Hill .

Capella RF, Capella J 1997 Reducing Early Technical Complications in Gastric Bypass Surgery *Obes. Surg.* 7 149-156.

Carskadon, M. A.; Rechtschaffen, A 2005 Monitoring and Staging Human Sleep. In: Kryger, M.; Roth, T. E; Dement, W. *Principles and Practice of Sleep Medicine.* 4. ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company p. 943-960.

Dumont M, Jurysta F, Lanquart J, et al. 2004 Interdependency between heart rate variability and sleep EEG: Linear/non-linear Clin. Neurophysiol. 115 2031 – 2040.

Foster GD 2003 Principles and Practices in the Management of Obesity Am. J. Respir. Crit. Care Med. 168 274-280.

Hung K, Tsai C, Ku C, Wang H 2009 A linear quality control design for efficient wavelet-based ECG data compression, Comp. Methods and Prog. in Biom. 94 109-117.

Jo JA, et al. 2005 Determinants of heart rate variability in obstructive sleep apnea syndrome during wakefulness and sleep Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol 288 H1103-1112.

Kaye D, Esler M 2005 Sympathetic neuronal regulation of the heart in aging and heart failure, Cardio. Res. 66 256-264.

Kim KK, Kim JS, Lim YG, et al. 2009 The effect of missing RR-interval data on heart rate variability analysis in the frequency domain, Physiol. Measur. 30(10) 1039-1050.

Lombardi F, Malliani A, Pagani A, Cerutti S 1996 Heart rate variability and its sympatho-vagal modulation, Card. Res. 32 208-216.

Maglaveras N, Stamkopoulos T, Diamantaras K, Pappas C, Strintzis M 1998 ECG pattern recognition and classification using non-linear transformations and neural networks: a review Int. J. of Med. Info. 52 191–208.

Mancini MC 2001 Obstáculos e desafios terapêuticos no paciente obeso Arq. Bras. Endocrinol. Metab. 45(6) 584-608.

Nault I, Paquet C, Brassard P, Marceau P, Marceau S, Biron S 2007 Impact of bariatric surgery-induced weight loss on heart rate variability *Metabolism* 10 1425-1430.

Nowak CN, Fischer G, Neurauder A, et al. 2009 Prediction of Countershock Success A Comparison of Autoregressive and Fast Fourier Transformed Spectral Estimators, *Methods of Infor. Med.* 48(5) 486-492.

Sahin I, Yilmazer N, Simaan MA 2010 A Method for Subsample Fetal Heart Rate Estimation Under Noisy Conditions, *IEEE Trans. on Biomed. Eng.* 57 875-883.

Scopinaro N, Gianetta E, Civalleri D 1980 Two years of clinical experience with biliopancreatic bypass for obesity *Am. J. Clin. Nutr.* 33(2) 506-514.

Übeyli ED 2002 Detection of electrocardiogram beats using a fuzzy similarity index *Expert Sys.* 24(2) 87-96.

Übeyli ED 2009 Adaptive neuro-fuzzy inference system for classification of ECG signals using Lyapunov exponents, *Comp. Methods and Prog. in Biom.* 93 313-321.

Verrier RL, Muller JE, Hobson JA 1996 Sleep, dreams, and sudden death: the case for sleep as an automatic stress test for the heart *Cardio. Res.* 31 181 – 211.

11. CONCLUSÃO

CONCLUSÃO

Sujeitos obesos grau III portadores da SAOS, durante o sono, apresentam alteração da atividade nervosa autonômica com prevalência da atividade nervosa simpática sobre a atividade nervosa parassimpática.

Através da análise Wavelet observou-se um aumento na variabilidade da frequência cardíaca pós operatória em sujeitos obesos mórbidos submetidos a cirurgia bariátrica

A Wavelet demonstrou ser uma importante ferramenta no estudo do comportamento da atividade nervosa autonômica durante o sono através da análise da variabilidade da frequência cardíaca de sujeitos obesos mórbidos submetidos a cirurgia bariátrica

12. ANEXOS

ANEXO 1:

Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP da UNINOVE

ANEXO 2:

ARTIGO COMPLETO ENVIADO A REVISTA PHYSIOLOGICAL
MEASSUREMENTS,

ISSN print 0967-3334 ISSN on line 1361-6579

**HEART RATE VARIABILITY WAVELET ANALYSIS IN PATIENTS AFTER
BARIATRIC SURGERY**

Heart Rate Variability Wavelet Analysis in Patients After Bariatric Surgery

Roger Andre Oliveira Peixoto¹; Luciana Maria Malosa Sampaio¹; Dirceu Costa¹; Sérgio Roberto Nacif²; Fernando Sergio Studart Leitão Filho¹; Marcio Magini^{3,2}, Luis Vicente Franco de Oliveira¹

¹Rehabilitation Sciences Master's Program, Nove de Julho University - UNINOVE, Av. Francisco Matarazzo 612, Barra Funda, São Paulo, S.P., 05001-100, Brazil.

²Hospital do Servidor Público do Estado de São Paulo, Rua Pedro de Toledo, São Paulo, S.P., 04029-000 Brazil.

³Universidade Federal Fluminense, Pólo Universitário de Rio das Ostras, Departamento de Ciência e Tecnologia, R. Recife s/n, Jardim Bela Vista, Rio das Ostras, R.J., 28890-000, Brazil.

E-mail: rogfisi@ig.com.br, lucianamalosa@uninove.br , dcosta@uninove.br , pro_ar@uol.com.br , fernandosergio@uninove.br, marcio.magini@pq.cnpq.br and oliveira.lvf@uninove.br.

Abstract

The collection of ECG signals are incorporated as an important measure after surgical procedures of high in patients submitted to bariatric surgery the rehabilitation in the first weeks is determinant for the success of the method. This article aims to analyze the heart rate variability in patients who underwent bariatric surgery; specifically examining the patient's heart condition is performed prior to sixty days after surgery, for this is proposed a method for quantification of signals for greater consistency in its analysis. More specifically, was used a density estimation using a Symlet function trough wavelet transform as fitting modeling. The results present clearly the occurrence a better frequency distribution after bariatric surgery which is a gain of health.

² Corresponding Author. Tel.:+55-22-27600848, fax: +55-22-27600848. E-mail address: marcio.magini@pq.cnpq.br (M. Magini).

The health gains can be better observed through the density of frequencies after surgery where it has a distribution closer to a normal distribution which can not only be observed with ECG analysis in a short period of time.

Keywords: ECG, Bariatric Surgery, Data Analysis, Wavelet, Variability

Introduction

Obesity is one of the most serious public healthy problems. It's a multifactor illness characterized by extreme accumulation of body fat that compromises healthy caused by the interaction of genetic factors, ambient, socioeconomics, cultural, metabolic and psychological (Foster 2003, Aronne 2002, Mancini 2001). There are three degrees of classification for obesity: the classified degree III is when the body mass index (BMI) ≥ 40 kg/m² and its is considered the most dangerous classification. In these cases the surgery of bariatric reduction is the most common method to solve this problem. In Brazil the obesity surgical procedures more used are Fobi-Capella and Scopinaro surgeries (Capella and Capella 1997, Scopinaro et al 1980). One physiological parameter resultant from the obesity is the Obstructive Sleep Apnea Syndrome, usually associated with obesity that is a risk factor for hypertension and coronary arterial disease; however, recent studies have shown that Obstructive Sleep Apnea Syndrome is an independent risk factor for cardiovascular disease. One of the main pathophysiologic effects of the Obstructive Sleep Apnea Syndrome is to interrupt cardiovascular rest state, breaking up sleep and increasing the load imposed to the myocardium (Belozeroff et al 2003, Jo et al 2005). The correlation between the cardiovascular illnesses and sleep disorders can be explained by the airway collapse during sleep associated a increased respiratory effort and nasal or oral flow alteration, that can unchain hypoxemy and hipercapny, taking repetitive arousals during sleep to reestablish the ventilation that stimulates autonomic nervous system with systemic vasoconstriction and arterial hypertension (Verrier et al 1996, Kaye and Esler 2005).

Morbid obesity is also associated with cardiomyopathy, increased left ventricular wall stress, left ventricular hypertrophy and diastolic dysfunction. Some of these cardiac pathologies are reflected in ECG changes and in indices derived from the ECG, and investigations are going into whether some of these may serve as markers for sudden cardiac death. Obesity is also associated with a reduction in heart rate variability (HRV) (Alam et al 2009).

The heart rate variability is one important physiological aspect to understand the health improvement in patients with obesity submitted at bariatric surgery. Heart rate variability refers to variation in intervals between heartbeats and reflects cardiac autonomic modulation, which is influenced in a favorable way by increased parasympathetic activity. Altered autonomic nervous system activity has been reported in patients with obesity. Indeed, sympathetic has also been described in association with obesity and spectral analysis showed decreased hrv with weight gain. Weight loss after diet or gastroplasty in morbidly obese patients has been shown to reverse the deleterious impacts of obesity on cardiac autonomic nervous system modulation, with subjects showing enhanced HRV after reduction in body mass index(BMI), through increased cardiac vagal modulation(Nault et al 2007).

However, the information about its biological conditions is related with complex aspects, usually difficult to measure directly from the collected data in ECG. Many studies reveal the importance of the ECG analysis and the implementation of mathematical procedures to verify relevant biological patterns. Most of them include techniques of data compression searching for the better quality of the signal or to decompose it with the aim to classify the differences between the heart rate variability in specific conditions (Boucheham et al 2006, Hung et al 2009, Lombardi et al 1996). As well as, statistical techniques are used as support to extract biological information about the patient conditions, tools like fuzzy algorithms or neural networks are common in these biological applications (Übeyli 2009, 2002, Maglaveras et al 1998). The most traditional technique to

analyze signal Fourier Transform and Series have been used since its formulation was published in the scientific community¹⁶.

Specifically in biological data many works using additional computational procedures generate a complete system of analysis (Bracewell 2000, Sahin et al 2010, Nowak et al 2009). The present work proposed a wavelet analysis added with statistical tools applied in the problem of heart rate variability for patients with morbid obesity submitted a bariatric surgery. The data is analyzed before and after surgery. The relation between health gain and the ECG data analysis is proposed in results. The novelty of this present work is the creation of a set of computational procedures to filter, decompose and analyze the signal, including statistical, for the R-R interval data in a polysomnography procedure showing differences quantitatively following the same ideas of works in this Field (Kim et al 2009, Bianchi et al 2010) but with a clinical data and application.

Methods

Experimental Data

We evaluated 14 patients of both gender and the data collection included body mass index classification, abdominal and neck measurements, Epworth sleepiness scale, sleep study through the complete nocturnal polysomnography and heart rate variability analysis sixty days after surgery. The research was approved by the ethics committee of the University Nove de Julho under protocol number 220506/2009. The patients were operated in the hospitals PIO XII and Hospital Público dos Servidores do Estado de São Paulo.

Polysomnography

The polysomnographic study is the most important technique used in the diagnosis and treatment of sleep disorders. Polysomnography means "multiple

records during physiological sleep, and is characterized by assessing the stages of sleep and wakefulness, cardiac function, respiratory function and body movement. For sleep staging, it is recorded: electroencephalogram (EEG), electrooculogram (EOG) and electromyogram (EMG).

For analysis using cardiopulmonary up the records of airflow, respiratory effort, snoring, ECG and digital pulse oximetry. Moreover, one can record the body movements by EMG of lower limbs and body position sensor. Some laboratories also report the pressure tube.

Sleeps states were assessed by recording biopotentials (electroencephalogram, electromyogram, electrooculogram) and quantitative recordings of respiratory effort (piezo sensors), airflow (thermal sensors) and oxygen saturation (pulse oximetry) using Somnologica Studio – Embla A10 versão 3.1.2 to recording, scoring and staging (Dumont et al 2004, Carskadon and Rechtschaffen 2005).

Electrocardiogram

The electrocardiogram (ECG) is the record of variations in the extracellular electrical potential of heart muscle activity. The depolarization and repolarization waves that propagate along cardiac fibers can be considered dipoles moving variables that determine the electric fields can be detected by measuring the potential difference across electrodes placed on the skin surface. The potential generated by the heart during systole-diastole cycle (contraction / relaxation) can be registered by applying electrodes in different body positions.

There are places where the standard recording electrodes are placed according to pre-established guidelines. Registration is accomplished by measuring the difference in electrical potential between two points in the electric field generated by electric dipole heart over the cardiac cycle. The measurement points are chosen and standardized, resulting in the various derivations. The

normal ECG consists of wave characteristics (P, Q, R, S and T) which correspond to electrical events of myocardial activation. The P wave corresponds to atrial depolarization, the QRS complex to ventricular depolarization T wave and repolarization of the ventricles.

Heart rate variability

To measure the activity of the sympathetic and parasympathetic nervous system through analysis of heart rate variability was used electrocardiographic recording of the complete basal nocturnal polysomnography, the system Somnologica Studio - Embla A10 version 3.1.2 which was obtained by placing two electrodes on the patient's chest, one in the antero-superior right and one on the face anterosuperior left.

Statistical Analysis

The values were collected in a polysomnography. The data was present as show in Figure 1 and Figure 2, where the data was separate in two groups: before surgery and after surgery with all data for each situation in a single group.

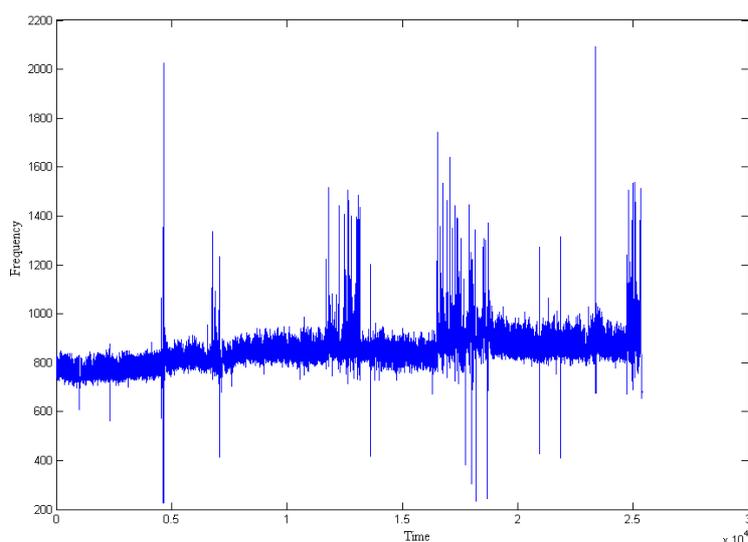


Figure 1. Interval R-R for the patients before the bariatric surgery.

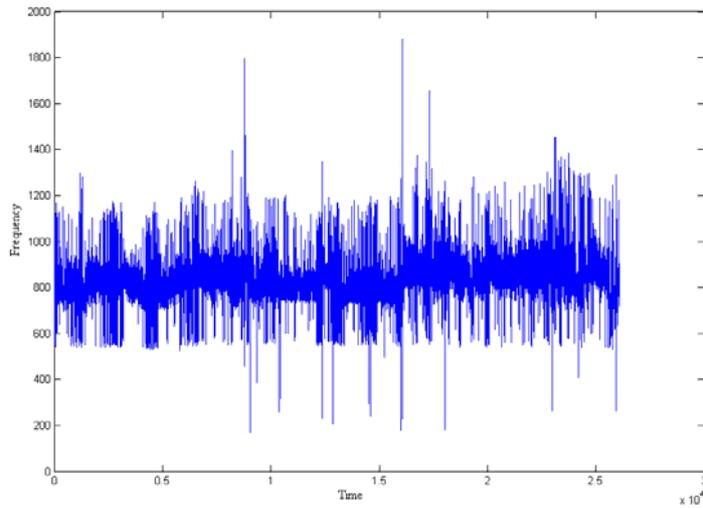


Figure 2. Interval R-R for the patients after the bariatric surgery.

The frequencies between each R-R interval were grouped in a dispersion data ensemble and statistically treated. Specifically, using a data dispersion was constructed a system of analysis considering the variability for this we proposed the density estimation for one dimensional data trough the Wavelet Transform. The function used as a kernel of the transformation was Symlet with 2 levels of decomposition with variable threshold. This choice is based in a non-symmetric signal that contains three characteristics frequencies, which can be observed in the density estimation. The statistical analysis shows no difference between the signal for patients before and after surgery (Figure 3).

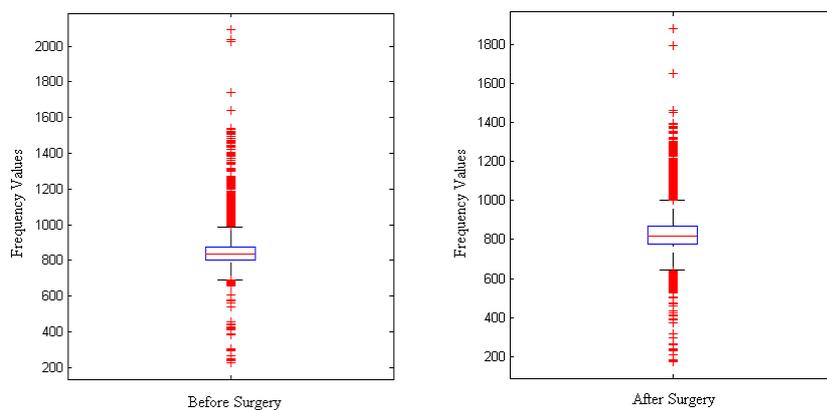


Figure 3. Boxplot showing the average value between the patients before and after bariatric surgery and the data dispersion.

Results and Discussion

It is observed in Table 1 that, there was a reduction of anthropometric values considered in patients who were underwent to bariatric surgery with reduction of weight and body mass index

Table 1. Anthropometric values

Variables	before surgery	after surgery
Age (years)	36,07 ± 10,97	36,09 ± 10,97
Height (cm)	167,42 ± 8,02	167,42 ± 8,02
Weight (Kg)	136,85 ± 20,87	118,60 ± 19,02#
BMI (Kg/m ²)	48,68 ± 5,64	41,92 ± 5,72#
Neck Circumference (cm)	41,60 ± 4,70	39,00 ± 4,40#
Abdominal Circumference(cm)	133,40 ± 15,08	121,80 ± 16,50#

Note: cm: centimeters; Kg: kilograms; BMI = body mass indice. # p ≤ 0,0001

The values of average and maximum heart rate and the average saturation at different stages of sleep with values in the pre-operative and post-operative conditions indicating a decrease in heart rate and lower levels of oxygen desaturation and apnea index and hypopnea.

Table 2. Polysomnographic variables

	Sleep		NREM Sleep		REM sleep	
	Before	After	Before	After	Before	After
HR mean (bpm)	71.3±10	63.8±7.4*	70.3±9.8	62.3±7.2#	96.2±11.9	65.5±6.9#
HR maximun (bpm)	99.1±14	94.1±10.3	72.1±10.4	85.9±8.8#	93.6±11.7	94.9±9.2
SpO ₂ média (%)	93.0±3	94.5±2.0#	93.2±2.7	94.3±2.1#	91.9±5.2	93.6±3.2
ODI	27.3±22.9	17.2±17.4*				
AHI	28.7±25.9	16.9±17.4#	25.4±27.12	13.53±17.1#	46.9±29.9	37.8±32.5

bpm: beats per minutes; SpO₂: oxygen saturation; AHI: apnea/hipopnea index; ODI: oxigen dessaturation index; *p<0,01; # p<0,001

In table 3 is presented the increased heart rate variability expressed by the increase of the RR intervals indicating greater balance in the autonomic nervous system behavior.

Table 3. Heart rate variability during sleep

	Pré	Pós
HR means	71.3 ± 10.2	63.84 ± 7.4*
R-R intervals	829.20 ± 82.84	972.24 ± 146.20#

Note: HR: heart rate; *p<0,01; # p<0,001

The mathematical method to evaluate the variability was applied considering all data from patients together in a unique data file. This is was necessary to interpret the variability as one parameter of the group and not an individual characteristic. The data collection was submitted to a wavelet transform density estimation which leading the result a graphical analysis based in a histogram. The patients before the bariatric surgery present an occurrence of peaks around 900 Hz as shown in Figure 4. Moreover, the main peak of occurrence is the value 849 Hz the second and third one are 12% less frequent than the first. This result was obtained without the wavelet application.

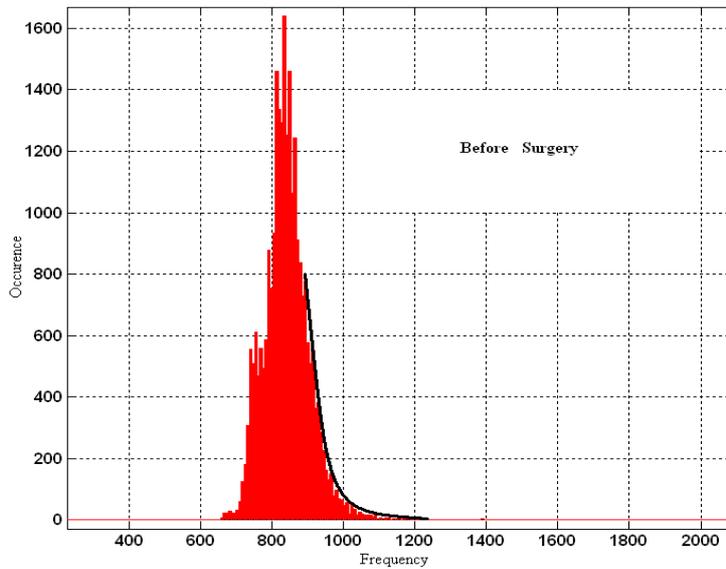


Figure 4. Data collection for patients before surgery.

Notice that the frequencies between in 800 Hz and 900Hz presented an occurrence around 1600, low frequencies between 700 Hz and 800Hz had occurrence near 600 and higher frequencies bigger than 900Hz presented exponential decreasing of occurrence, black line in Figure 4. This figure shows a less dispersion of frequencies when compared with Figure 5, patients after surgery.

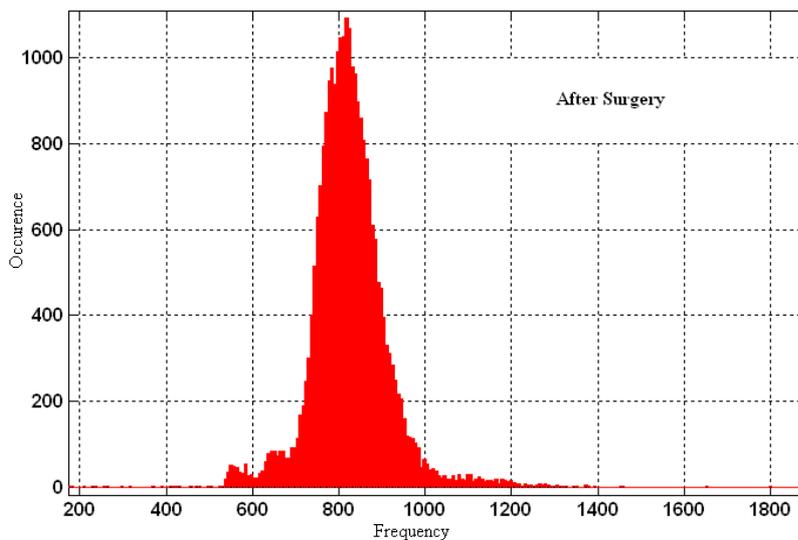


Figure 5. Data collection for patients post surgery

Table 4. Four higher values of occurrence and their frequencies.

Data Set	BEFORE		AFTER	
	Frequency	Occurence	Frequency	Occurence
First	849	1641	820	1092
Second	853	1460	827	1068
Third	809	1461	814	1050
Fourth	817	1335	807	1050

In Table 4 is possible to notice the contribution for the four higher frequencies for the density estimation. For patients before surgery the first four frequencies with higher occurrence are 849 Hz, 853 Hz, 809 Hz and 817 Hz, the difference between the occurrences of the first and fourth frequency is almost 20%. It is possible to see that, before the surgery some frequencies are has a gain of relevance than other. Analyzing the third and fourth column of Table 4 we notice that the negative shift between the first frequency with higher occurrence and the fourth is around 4%, this result lead us to interpret that in patients after bariatric surgery the rate heart are well distribute in a large range of values and distribute in a smoothness way without gaps between nearby peaks.

Figure 6 and 7 are resulted from the Symlet Function with level 2 of decomposition. In these figures is possible to see the differences between the density estimation in patients before surgery (Figure 6). The density values are distribute among the y-axis form 0 to 8 ($\times 10^{-3}$) and in the x-axis the non zeros values can be find in the range of frequencies 700 and 1100Hz. However, the large amount of frequencies is concentrated between 700 and 980 Hz.

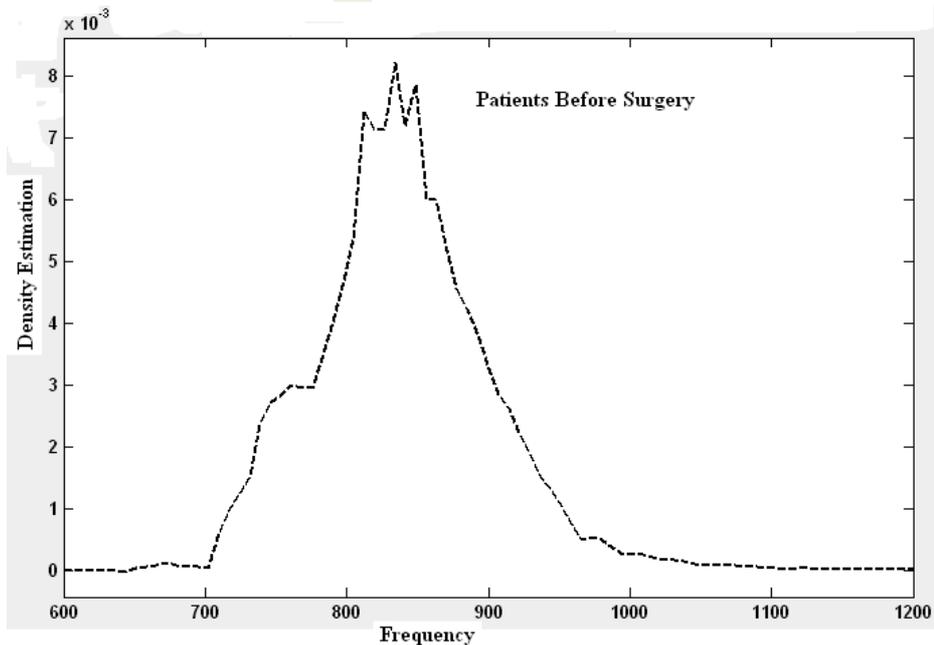


Figure 6. Density Estimation troughs the Symlet level 2 in patients before the Bariatric Surgery.

In Figure 7 the density estimation show a different distribution of frequencies. For values smaller than 700Hz the density is different of zero which means other values of frequencies occur in the heart rate for this data. Notice in y-axis the range of values in the density estimation is 0 to 6 ($\times 10^{-3}$). The numbers of frequencies in Figure 7 are considerable bigger than in Figure 6, this can be notice by the non zero values found in frequencies small than 700Hz and bigger than 1100Hz, promoting a considerable decreasing of values in y-axis and an increasing of values in x-axis. This result leads us to interpret the values as a gain of heart rate variability. More than this, the curve generated by the method is close to a normal distribution reflecting a better heart condition for the patients after surgery.

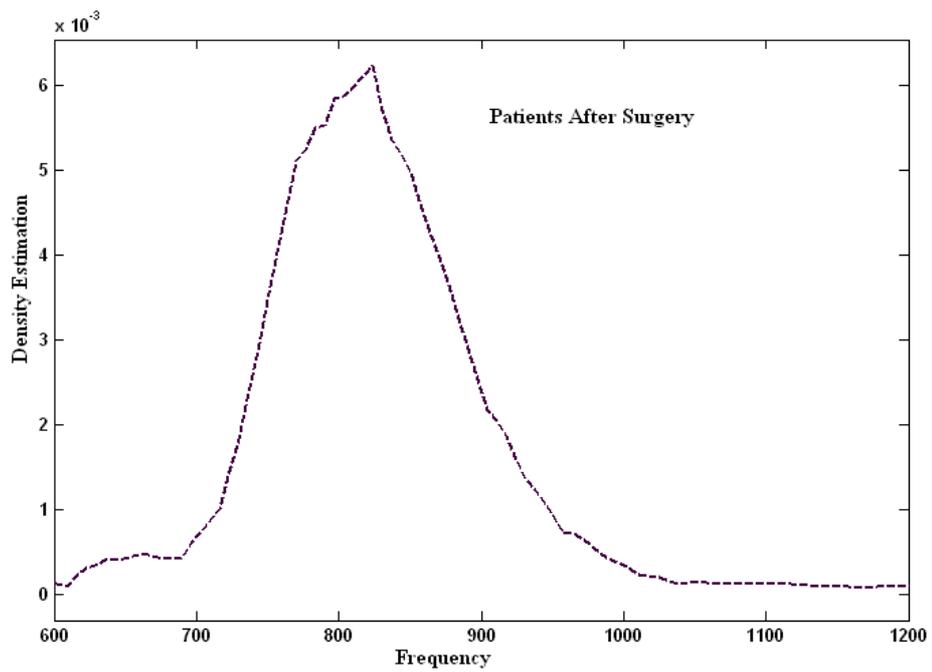


Figure 7. Density Estimation troughs the Symlet level 2 in patients after the Bariatric Surgery.

4. Conclusions

It was possible through this study to evaluate the importance of involving different tools for the analysis and processing of biological signals using techniques of ECG, HRV and Wavelet transform obtaining information through the density estimation with the frequency distribution that enables the extraction of more information that reflects more precision significant changes in the studied conditions. More specifically, it was possible to notice the subtle differences in heart rate variability of patients who underwent bariatric surgery to reduce these differences are not perceptible by a standard measurement of ECG, it is necessary to apply more sophisticated techniques to this conclusion about the gain variability and health of the patient, this goal was achieved by the technique proposed in this article.

Acknowledgment

The authors acknowledge the support of the Brazilian Agency CNPq (research fellowship).

References

Alam MJ, Lewis KE, Lewis JM, Stephens JN 2009 The influence of bariatric surgery on indices of cardiac autonomic control *Autonomic Neurosc.: Basic and Clinical* 151 168-173.

Aronne LJ 2002 Classification of obesity and assessment of obesity-related health risks *Obes. Research* 10 105s-108s.

Belozeroff V, Berry RB, Khoo MC 2003 Model-based assessment of autonomic control in obstructive sleep apnea syndrome *Sleep* 26 65-73.

Bianchi AM, Mendez MO, Cerutti S 2010 Processing of signal recorded through smart devices: sleep-quality assessment, *IEEE Trans. On Info. Tech. in Biomed.* 14(3) 741 – 747.

Boucheham B, Ferdi Y, Batouche MC 2006 Recursive versus sequential multiple error measures reduction: A curve simplification approach to ECG data compression *Comp. Methods and Prog. in Biom.* 81 162–173.

Bracewell RN 2000, *The Fourier Transform and Its Applications* (3rd ed.), Boston: McGraw-Hill .

Capella RF, Capella J 1997 Reducing Early Technical Complications in Gastric Bypass Surgery *Obes. Surg.* 7 149-156.

Carskadon, M. A.; Rechtschaffen, A 2005 Monitoring and Staging Human Sleep. In: Kryger, M.; Roth, T. E; Dement, W. *Principles and Practice of Sleep Medicine*. 4. ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company p. 943-960.

Dumont M, Jurysta F, Lanquart J, et al. 2004 Interdependency between heart rate variability and sleep EEG: Linear/non-linear *Clin. Neurophysiol.* 115 2031 – 2040.

Foster GD 2003 Principles and Practices in the Management of Obesity *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 168 274-280.

Hung K, Tsai C, Ku C, Wang H 2009 A linear quality control design for efficient wavelet-based ECG data compression, *Comp. Methods and Prog. in Biom.* 94 109-117.

Jo JA, et al. 2005 Determinants of heart rate variability in obstructive sleep apnea syndrome during wakefulness and sleep *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol* 288 H1103-1112.

Kaye D, Esler M 2005 Sympathetic neuronal regulation of the heart in aging and heart failure, *Cardio. Res.* 66 256-264.

Kim KK, Kim JS, Lim YG, et al. 2009 The effect of missing RR-interval data on heart rate variability analysis in the frequency domain, *Physiol. Measur.* 30(10) 1039-1050.

Lombardi F, Malliani A, Pagani A, Cerutti S 1996 Heart rate variability and its sympatho-vagal modulation, *Card. Res.* 32 208-216.

Maglaveras N, Stamkopoulos T, Diamantaras K, Pappas C, Strintzis M 1998 ECG pattern recognition and classification using non-linear transformations and neural networks: a review *Int. J. of Med. Info.* 52 191–208.

Mancini MC 2001 Obstáculos e desafios terapêuticos no paciente obeso *Arq. Bras. Endocrinol. Metab.* 45(6) 584-608.

Nault I, Paquet C, Brassard P, Marceau P, Marceau S, Biron S 2007 Impact of bariatric surgery-induced weight loss on heart rate variability *Metabolism* 10 1425-1430.

Nowak CN, Fischer G, Neurauder A, et al. 2009 Prediction of Countershock Success A Comparison of Autoregressive and Fast Fourier Transformed Spectral Estimators, *Methods of Infor. Med.* 48(5) 486-492.

Sahin I, Yilmazer N, Simaan MA 2010 A Method for Subsample Fetal Heart Rate Estimation Under Noisy Conditions, *IEEE Trans. on Biomed. Eng.* 57 875-883.

Scopinaro N, Gianetta E, Civalleri D 1980 Two years of clinical experience with biliopancreatic bypass for obesity *Am. J. Clin. Nutr.* 33(2) 506-514.

Übeyli ED 2002 Detection of electrocardiogram beats using a fuzzy similarity index *Expert Sys.* 24(2) 87–96.

Übeyli ED 2009 Adaptive neuro-fuzzy inference system for classification of ECG signals using Lyapunov exponents, *Comp. Methods and Prog. in Biom.* 93 313–321.

Verrier RL, Muller JE, Hobson JA 1996 Sleep, dreams, and sudden death: the case for sleep as an automatic stress test for the heart *Cardio. Res.* 31 181 – 211.

ANEXOS 3– Produção acadêmica durante o Mestrado

Resumos apresentados

- Função pulmonar em pacientes portadores de insuficiência cardíaca congestiva associada a distúrbios do sono. Fernanda M. G. Gonzaga, Luciana M. M. Sampaio, Israel R. Santos, Jaiana G. Bolsan, Amanda Zambrotta, Roger A. O. Peixoto, Julio César M. Oliveira, Fernando S. S. L. Filho, Sergio R. Nacif, Luis V. F. Oliveira. Fontes de financiamento: Bolsas de iniciação científica (FAPIC UNINOVE 2008/2009). Encontro de Iniciação científica da Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto – FAMERP, São José do Rio Preto – SP (2009).

- Saturação da oxihemoglobina em portadores de insuficiência cardíaca congestiva associada à respiração de Cheyne Stokes durante o sono. Arthur E. O. Silva, Roger Andre O. Peixoto, Raquel P. Hirata, Julio César M. Oliveira, Mayara B. Inouye, Cecília E. Kanno, Israel R. Santos, Sergio R. Nacif, Luís V. F. de Oliveira, Fernando S. S. L. Filho. Fontes de financiamento: Bolsas de iniciação científica (PIBIC CNPq / FAPIC UNINOVE 2008/2009). Encontro de Iniciação científica da Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto – FAMERP, São José do Rio Preto – SP (2009).

- Uso de Aparelho Intra-Oral no Tratamento da Apnéia Obstrutiva do Sono. Lílian C. Giannasi, Julio César M. Oliveira, Roger A.O. Peixoto, Raquel P. Hirata, Israel dos Reis dos Santos, Luciana M.M. Sampaio, Luis V.F. de Oliveira. Fontes de financiamento: Bolsas de iniciação científica (PIBIC CNPq / FAPIC UNINOVE 2008/2009). Encontro de Iniciação científica da Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto – FAMERP, São José do Rio Preto – SP (2009).

- Estudo do sistema nervoso simpático e parassimpático através da análise da variabilidade de frequência cardíaca e verificação da incidência de sonolência diurna em trabalhadores de uma indústria petroquímica. Luis A. Silveira, Israel R. Santos, Cecília E. Kanno, Arthur E. O. Silva, Roger A. O. Peixoto, Raquel P. Hirata, Julio César M. Oliveira, Sergio R. Nacif, Fernando S. S. L. Filho, Luis V. F. Oliveira. Fontes de financiamento: Bolsas de iniciação científica (PIBIC CNPq / FAPIC UNINOVE 2008/2009). Encontro de Iniciação científica da Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto – FAMERP, São José do Rio Preto – SP (2009).

- Tratamento da apneia obstrutiva do sono com o uso de aparelho intraoral. Anais do VI Encontro de Iniciação Científica da Universidade Nove de Julho. 2009;88-89;

- Uso da placa interoclusal no tratamento do bruxismo do sono – avaliação eletromiográfica. Anais do VI Encontro de Iniciação Científica da Universidade Nove de Julho. 2009;89

Artigo publicado: Comparative analysis of patients with COPD undergoing pulmonary rehabilitation program in a respiratory clinical setting and at home. Júlio César Mendes de Oliveira; Fernando Sergio Studart Leitão Filho; Luciana Maria Malosa Sampaio; Ana Carolina Negrinho de Oliveira; Raquel Pastrello Hirata; Roger André Oliveira Peixoto; Dirceu Costa; Luís Vicente Franco de Oliveira. Multidisciplinary Respiratory Medicine.