

Contenido

Glosario de abreviaturas	xv
Índice de tablas	xvi
Índice de figuras	xviii
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1. Principios básicos de la actividad del intestino delgado	3
1.1.1. Estructura del intestino delgado	3
1.1.2. Funciones del intestino delgado	5
1.1.3. Bases de la motilidad intestinal	5
1.1.3.1. Movimiento de propulsión y segmentación	5
1.1.3.2. Complejo Motor Migratorio Interdigestivo (CMMI)	6
1.2. Actividad eléctrica del intestino delgado	7
1.2.1. Las ondas lentas	8
1.2.2. Los potenciales rápidos de acción	10
1.3. Trastornos digestivos y la OL	11
1.4. Registro de EEnG en superficie abdominal	12
1.5. Registro de potenciales bioeléctricos con técnicas laplacianas	13
1.5.1. Conceptos básicos de fenómenos bioeléctricos	13
1.5.2. Técnicas de estimación del laplaciano de una señal	15
1.5.2.1. Técnicas indirectas	15
1.5.2.2. Técnicas directas	17
CAPÍTULO 2 MATRIZ DE ELECTRODOS LAPLACIANOS	20
2.1. Justificación y Objetivos	22
2.1.1. Justificación	22
2.1.2. Objetivos	23
2.1.2.1. Objetivo general	23
2.1.2.2. Objetivos específicos	23

2.2. Materiales	24
2.2.1. Sujetos de estudio	24
2.2.2. Sala de Registro	24
2.2.3. Sensor de respiración	25
2.2.4. Electrodo de ECG	25
2.2.5. Electrodo monopolar	26
2.2.6. Electrodo laplaciano activo	27
2.2.6.1. Matriz de electrodo	27
2.2.6.2. Circuito de precondicionamiento	29
2.2.7. Acelerómetro	29
2.2.8. Materiales para la preparación de la piel	30
2.2.9. Medición de impedancia	31
2.2.10. Sistemas de adquisición y almacenamiento digital de datos	31
2.3. Métodos	35
2.3.1. Protocolo de registro	35
2.3.2. Configuración y conexiones del hardware de medida	38
2.3.3. Adquisición y almacenamiento de las señales registradas	40
2.3.4. Tratamiento previo de la señal	41
2.3.4.1. Eliminación de artefactos	41
2.3.4.2. Filtro paso-bajo y diezmo de la señal	42
2.3.5. Análisis espectral	43
2.3.5.1. Estimador espectral	43
2.3.5.2. Parámetros característicos	43
2.4. Resultados	46
2.4.1. Registros del EEnG en superficie	46
2.4.1.1. Evolución temporal	46
2.4.1.2. Presencia de artefactos de movimiento	50
2.4.1.3. Presencia de interferencia cardíaca	52
2.4.2. Análisis de la señal de superficie en el rango de la Onda Lenta	55
2.4.2.1. Análisis espectral de la frecuencia dominante	57
2.4.2.2. Interferencias de baja frecuencia y de respiración	60

2.5. Discusión	64
2.5.1. Ubicación de los electrodos sobre la superficie abdominal.	64
2.5.2. Amplitud de las señales registradas en superficie abdominal.	64
2.5.3. Interferencia en las señales bipolares y laplacianas.	65
2.5.3.1. Artefactos de movimiento. Utilización del acelerómetro.	65
2.5.3.2. Interferencia cardíaca	66
2.5.3.3. Interferencia respiratoria	67
2.5.3.4. Interferencias de bajas frecuencias	68
2.5.4. Identificación de la frecuencia de la onda lenta en señales bipolares y laplacianas	69
2.6. Conclusiones	71
CAPÍTULO 3 ELECTRODO MULTIANULAR	73
3.1. Justificación y Objetivos	75
3.1.1. Justificación	75
3.1.2. Objetivos	76
3.1.2.1. Objetivo general	76
3.1.2.2. Objetivos específicos	76
3.2. Materiales	77
3.2.1. Sujetos de estudio	78
3.2.2. Electrodo multianular	78
3.2.3. Materiales adherentes: Foam y Adhesivo	79
3.2.4. Sistema de adquisición y almacenamiento digital de señales	81
3.3. Métodos	83
3.3.1. Protocolo de registro	83
3.3.2. Tratamiento previo de la señal	85
3.3.3. Análisis espectral	85
3.3.4. Estudio factorial 2×2×2	87
3.3.4.1. Factores a considerar	87
3.3.4.2. Valoración del efecto de los factores	88
3.3.5. Búsqueda de combinación óptima de factores	91

3.3.6. Determinación del tamaño óptimo de los electrodos anulares para el registro del EEnG y comparación con los bipolares convencionales	93
3.4. Resultados	94
3.4.1. Registro del EEnG en superficie abdominal con electrodo multianular y electrodos convencionales de disco	94
3.4.2. Análisis de las señales de superficie en el rango de la Onda Lenta	101
3.4.3. Análisis de los efectos y sus interacciones	107
3.4.3.1. Porcentaje de la frecuencia dominante en el rango típico de la OL (%DF _{FTOL})	107
3.4.3.2. Porcentaje de la frecuencia dominante en rango de la respiración (%DF _{RESP})	108
3.4.3.3. Ratio señal/interferencia de respiración (S/I_{RESP})	109
3.4.3.4. Porcentaje de frecuencia dominante considerada como baja frecuencia (%DF _{BF})	110
3.4.3.5. Ratio señal/interferencia de baja frecuencia (S/I_{BF})	111
3.4.3.6. Porcentaje de frecuencia dominante como otros casos (%DF _{OTROS})	112
3.4.3.7. Ratio señal/interferencia de ECG (S/I_{ECG})	113
3.4.3.8. Porcentaje de frecuencia dominante dentro del ancho de banda de la OL descartando respiración y bajas frecuencias (%DF _{OL})	114
3.4.3.9. Porcentaje de estabilidad rítmica (%ER)	115
3.4.3.10. Variabilidad media de la OL (VM)	116
3.4.4. Selección de la mejor combinación de factores para la captación de la onda lenta intestinal	117
3.4.5. Análisis del efecto de las dimensiones y comparación con los bipolares convencionales.	119
3.4.5.1. Porcentaje de la frecuencia dominante en el rango típico de la OL (%DF _{FTOL})	120
3.4.5.2. Porcentaje de la frecuencia dominante en rango de la respiración (%DF _{RESP})	120
3.4.5.3. Ratio señal/interferencia de respiración (S/I_{RESP})	121
3.4.5.4. Porcentaje de frecuencia dominante considerada como baja frecuencia (%DF _{BF})	122
3.4.5.5. Ratio señal/interferencia de baja frecuencia (S/I_{BF})	123
3.4.5.6. Porcentaje de frecuencia dominante como otros casos (%DF _{OTROS})	124
3.4.5.7. Ratio señal/interferencia de ECG (S/I_{ECG})	125
3.4.5.8. Porcentaje de frecuencia dominante dentro del ancho de banda de la OL descartando respiración y bajas frecuencias (%DF _{OL})	126

3.4.5.9. Porcentaje de estabilidad rítmica (%ER)	127
3.4.5.10. Variabilidad media de la OL (VM)	128
3.4.6. Selección de la dimensión del anillo más idónea para la captación del EEnG	129
3.4.7. Matriz de electrodos laplacianos vs BC2-EEnG	130
3.5. Discusión	131
3.5.1. Amplitud de las señales registradas en superficie abdominal y porcentaje de artefactos.	131
3.5.2. Efectos de los factores y dimensiones en parámetros característicos para la detección de la OL en superficie con electrodo multianular	133
3.5.2.1. Efectos en la interferencia cardíaca	133
3.5.2.2. Efectos en la interferencia respiratoria	134
3.5.2.3. Efectos en la interferencia de baja frecuencia	134
3.5.2.4. Efectos en la identificación de la onda lenta intestinal.	135
3.5.3. Electrodo TCB vs BC2-EEnG vs bipolar convencional (BIP)	136
3.5.4. Aplicabilidad de los electrodos multianulares desarrollados	139
3.5.5. Limitaciones del estudio	142
3.6. Conclusiones	144
CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES	148
4.1. Conclusiones Generales	150
4.2. Líneas futuras	150
PUBLICACIONES	152
ANEXOS	155
Anexo 1. Acelerómetro y circuito de adaptación.	156
Anexo 2. Consentimiento Informado	158
Anexo 3. Tablas Capítulo 2	163
Anexo 4. Tablas Capítulo 3	169
BIBLIOGRAFÍA	172