

Prefazione

Sono molto lieto di poter scrivere un'introduzione al libro di Strumentazione Biomedica di Marco Knaflitz, Marco Gazzoni e Giacinto Luigi Cerone.

A Marco Knaflitz mi lega un'amicizia più che trentennale, lavori scientifici e progetti di ricerca svolti insieme, e la continua collaborazione per rafforzare ed ampliare il campo della Bioingegneria in Italia.

Vedo quindi con interesse questo nuovo libro previsto per i corsi di Bioingegneria al Politecnico di Torino, che tanto successo riscuotono tra gli studenti.

Gli studenti di corsi fondamentali come Strumentazione Biomedica hanno bisogno di un riferimento solido, in un momento in cui (il primo semestre del terzo anno di corso) stanno metabolizzando i concetti degli insegnamenti di base e cominciano a costruire una professionalità. In quel momento, è quanto mai opportuno che il loro approccio a corsi qualificanti come Strumentazione Biomedica sia guidato in maniera ferma e al tempo stesso didatticamente chiara.

In questo senso il libro offre strumenti e risposte, e rappresenta pertanto una guida particolarmente utile.

A me sembra che tra le finalità del libro ci sia non solo quella di fornire conoscenze ma anche competenze, nel senso di avviare lo studente all'uso ragionato delle conoscenze acquisite, ad esempio con esercizi guidati su come riconoscere le caratteristiche di sicurezza di un apparato biomedico, o con l'attenzione alle linee guida per la corretta classificazione ai fini della sicurezza e del rischio clinico, o all'iter per costituire il fascicolo di un apparato ai fini della certificazione. Insomma, una guida al ragionamento prima ancora di fornire formule.

Gli apparati descritti nel libro rientrano prevalentemente nella categoria che viene definita di elettrofisiologia, ma vengono considerati anche apparati per sala operatoria e/o terapia intensiva. Insomma, uno spaccato di attrezzature

estremamente diffuse nelle strutture sanitarie, e che ben si prestano ad essere descritte ed analizzate.

Dovendo operare una scelta di argomenti, mi sembra che quella qui effettuata (e che corrisponde a quanto ho fatto anch'io nei corsi tenuti presso l'Università di Roma Tre) sia quella che dà rilievo ad una introduzione ai sistemi di prelievo e misura di parametri fisiologici.

Di conseguenza, il prelievo di biopotenziali viene trattato in dettaglio sia per l'interesse clinico sia per l'interesse ai circuiti e sistemi utilizzati. Le caratteristiche dei sistemi di prelievo di biopotenziali, fondamentali ai fini di una corretta analisi e interpretazione dei segnali, sono introdotte gradualmente insieme agli accorgimenti per far fronte ai differenti problemi di prelievo, corrispondenti ai diversi segnali e situazioni cliniche. Lo studente viene guidato passo passo, con un linguaggio piano, ma sempre corretto, teso a raggiungere la massima chiarezza. A questo fine contribuiscono i numerosi esercizi riportati all'interno del libro, che ne arricchiscono i vari capitoli.

Particolarmente interessante l'attenzione data alle normative ed alla loro applicazione nel contesto industriale e/o ospedaliero. Lo studio della sicurezza elettrica dei dispositivi, con l'intreccio tra prestazioni e caratteristiche della rete elettrica, riflette il fatto che il primo passo da compiere quando una nuova apparecchiatura viene acquisita in una struttura sanitaria, prima di essere messa in servizio, riguarda gli aspetti della sicurezza, e i relativi controlli che si intrecciano con quelli specificamente prestazionali.

Insomma, il libro è un libro di testo, ma ha un respiro più ampio, nel senso di poter essere anche un manuale di consultazione, valido per il futuro.

Mi sento pertanto di augurare un'ampia diffusione del libro non solo per i corsi del Politecnico di Torino, ma anche per quelli in altre università.

Tommaso D'Alessio

Professore di Bioingegneria

Indice

CAPITOLO 1	1
1.1 EVOLUZIONE DEL PANORAMA NORMATIVO DAL 1980 AD OGGI	1
1.2 REGOLAMENTI	4
1.2.1 Finalità e contenuti del regolamento 2017/745	5
1.2.2 Definizione di dispositivo medico e di dispositivo per la diagnosi in vitro	7
1.2.3 Ruolo del gruppo di coordinamento per i dispositivi medici (MDCG)	9
1.2.4 Classificazione dei DM in base alla pericolosità potenziale (Allegato VIII)	13
1.2.5 Gli organismi notificati	18
1.2.6 Procedure per l'emissione della dichiarazione di conformità e marcatura CE	21
1.2.7 Obblighi del fabbricante	26
1.3 CENNI DI ANALISI, CONTROLLO E GESTIONE DEL RISCHIO NEI DISPOSITIVI MEDICI	28
1.4 NORME DI PRODOTTO RELATIVE AGLI APPARECCHI ELETTROMEDICALI ...	32
1.4.1 Norme generali CEI EN 60601 – 1	33
1.4.2 Norme collaterali	33
1.4.3 Norme particolari	34
1.4.4 Integrazione tra le norme armonizzate ed il Regolamento 2017/745 ..	35
1.5 ESERCIZI SUL QUADRO NORMATIVO EUROPEO	38
1.5.1 Esercizi Svolti	38
1.5.1.1 Applicabilità del Regolamento UE 2017/745	38
1.5.1.2 Classificazione di un Dispositivo Medico	42
1.5.1.3 Classificazione di un Dispositivo Medico	46
1.5.1.4 Persona responsabile del rispetto della normativa	51
1.5.2 Esercizi Proposti	53
1.5.2.1 Obblighi del Fabbricante	53
1.5.2.2 Prescrizioni per gli Organismi Notificati	53
1.5.3 Domande a risposta guidata	53
CAPITOLO 2	55
2.1 EFFETTI DELLA CORRENTE ELETTRICA SUL CORPO UMANO	55

2.1.1	<i>Relazione tra frequenza e sensibilità</i>	56
2.1.2	<i>Effetto della durata dell'esposizione al passaggio della corrente</i>	58
2.1.3	<i>Effetto del percorso</i>	59
2.1.4	<i>Calcolo dell'intensità della corrente</i>	60
2.1.5	<i>Effetti termici</i>	65
2.1.6	<i>Pericolosità dell'esposizione alla corrente elettrica</i>	66
2.2	PERICOLI ASSOCIATI ALL'USO DELLA CORRENTE ELETTRICA E TECNICHE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE.....	68
2.2.1	<i>Dimensionamento semplificato di linee monofase</i>	71
2.2.1.1	<i>Riscaldamento della linea</i>	72
2.2.1.2	<i>Caduta di tensione lungo la linea</i>	73
2.2.1.3	<i>Determinazione della sezione minima</i>	73
2.2.2	<i>Sistemi di distribuzione trifase</i>	74
2.2.3	<i>Dispositivi di interruzione</i>	76
2.2.3.1	<i>Il fusibile</i>	76
2.2.3.2	<i>L'interruttore magnetotermico</i>	78
2.2.3.3	<i>L'interruttore differenziale</i>	82
2.2.4	<i>Impianto di messa a terra</i>	84
2.2.4.1	<i>Impianto di messa a terra ed interruttore differenziale nella prevenzione del macroshock per contatto indiretto</i>	89
2.2.5	<i>Il nodo equipotenziale e la prevenzione del microshock</i>	90
2.2.5.1	<i>Utilizzazione di apparecchi elettromedicali di tipo CF per abbassare ulteriormente il rischio di microshock</i>	94
2.2.6	<i>Il trasformatore di isolamento</i>	95
2.2.6.1	<i>Il trasformatore di isolamento e l'interruttore differenziale</i>	98
2.2.6.2	<i>Correnti di dispersione dal secondario e capacità parassite</i>	98
2.2.6.3	<i>Sistema di verifica dell'isolamento</i>	101
2.2.7	<i>Classificazione dei locali ad uso medico</i>	103
2.3	ESERCIZI SUGLI EFFETTI DELLA CORRENTE ELETTRICA	107
2.3.1	<i>Esercizi svolti</i>	107
2.3.1.1	<i>Dimensionamento di linee monofase</i>	107
2.3.1.2	<i>Dimensionamento di linee monofase</i>	111
2.3.1.3	<i>Dimensionamento di una traccia di alimentazione stampata su un PCB</i>	115
2.3.1.4	<i>Sicurezza elettrica</i>	118
2.3.1.5	<i>Sicurezza elettrica</i>	124
2.3.1.6	<i>Nodo equipotenziale</i>	130
2.3.1.7	<i>Monitor di isolamento per trasformatore di isolamento</i>	134

2.3.1.8	<i>Correnti di dispersione parassite nel trasformatore di isolamento</i>	142
2.3.1.9	<i>Sicurezza elettrica</i>	146
2.3.2	<i>Esercizi proposti</i>	150
2.3.2.1	<i>Sicurezza elettrica</i>	150
2.3.2.2	<i>Sicurezza elettrica</i>	151
2.3.2.3	<i>Sicurezza elettrica</i>	151
2.3.2.4	<i>Sicurezza elettrica</i>	151
2.3.2.5	<i>Sicurezza elettrica</i>	151
2.3.3	<i>Domande a risposta guidata</i>	153
2.3.3.1	<i>Domande a risposta guidata sugli effetti della corrente elettrica</i>	153
CAPITOLO 3		155
3.1	CLASSIFICAZIONE IN BASE ALLA SORGENTE ENERGETICA	155
3.1.1	<i>Caratteristiche costruttive di apparecchi di classe I, II e ad alimentazione entrocontenuta</i>	156
3.1.1.1	<i>Apparecchi di classe I</i>	156
3.1.1.2	<i>Apparecchi di classe II</i>	157
3.1.1.3	<i>Apparecchi ad alimentazione entrocontenuta</i>	158
3.1.2	<i>Caratteristiche costruttive e funzionali di apparecchi di tipo B, BF e CF</i>	159
3.1.2.1	<i>Parti applicate di tipo B</i>	159
3.1.2.2	<i>Parti applicate di tipo BF</i>	160
3.1.2.3	<i>Parti applicate di tipo CF</i>	161
3.1.3	<i>Componenti critici per la sicurezza</i>	162
3.2	LE CORRENTI DI DISPERSIONE	164
3.2.1	<i>Genesi delle correnti di dispersione</i>	164
3.2.2	<i>Definizione delle differenti correnti di dispersione</i>	166
3.2.2.1	<i>Corrente di dispersione lungo il cordone di protezione</i>	166
3.2.2.2	<i>Corrente di dispersione dall'involucro</i>	167
3.2.2.3	<i>Corrente di dispersione nel paziente</i>	167
3.3	MISURA DELLE CORRENTI DI DISPERSIONE	168
3.3.1	<i>Misuratore delle correnti di dispersione</i>	168
3.3.2	<i>La misura delle correnti di dispersione</i>	170
3.3.2.1	<i>Corrente di dispersione lungo il cordone di protezione</i>	170
3.3.2.2	<i>Corrente di dispersione dall'involucro</i>	172
3.3.2.3	<i>Corrente di dispersione nel paziente</i>	173
3.3.2.4	<i>Prova di tensione applicata</i>	174

3.4	ESERCIZI SULLA COSTITUZIONE DEGLI APPARECCHI ELETTROMEDICALI	177
3.4.1	<i>Esercizi svolti</i>	177
3.4.1.1	<i>Classificazione di un dispositivo secondo la IEC 60601-1</i>	177
3.4.1.2	<i>Progettazione del diagramma d'isolamento di un termometro clinico per il tele-monitoraggio della temperatura corporea</i>	180
3.4.1.3	<i>Calcolo delle correnti di dispersione in un apparecchio elettromedicale</i>	184
3.4.1.4	<i>Calcolo delle correnti di dispersione in un apparecchio elettromedicale</i>	188
3.4.2	<i>Domande a risposta guidata sulla costituzione degli apparecchi elettromedicali e la misura delle correnti di dispersione</i>	193
CAPITOLO 4	195
4.1	ELETTRODI PER IL PRELIEVO DI BIOPOTENZIALI	195
4.1.1	<i>Il potenziale di semicella</i>	196
4.1.2	<i>L'elettrodo Ag/AgCl</i>	201
4.1.3	<i>Legame tra sovrapotenziale e densità di corrente</i>	203
4.1.4	<i>Modello equivalente dell'impedenza di elettrodo</i>	205
4.2	INTERAZIONE TRA ELETTRODI E STADIO DI INGRESSO	207
4.2.1	<i>Elettrodo di riferimento grande rispetto all'elettrodo esplorante</i>	208
4.2.2	<i>Elettrodo di riferimento identico all'elettrodo esplorante</i>	209
4.2.3	<i>Risposta in frequenza dell'accoppiamento elettrodi – amplificatore</i>	210
4.2.4	<i>Prelievo differenziale</i>	213
4.2.5	<i>Saturazione per effetto della corrente di polarizzazione</i>	216
4.3	INTERFERENZA DI RETE.....	218
4.3.1	<i>Accoppiamento del paziente alla rete elettrica</i>	219
4.3.2	<i>Effetto dell'elettrodo di riferimento: amplificatore riferito a terra</i> ..	223
4.3.3	<i>Effetto dell'elettrodo di riferimento: amplificatore isolato</i>	225
4.3.4	<i>Elettrodo di riferimento attivo rispetto al modo comune</i>	228
4.3.5	<i>Effetto del CMRR limitato</i>	231
4.3.6	<i>Effetto dello sbilanciamento degli elettrodi</i>	233
4.3.7	<i>Relazione tra impedenza di ingresso e CMRR</i>	234
4.3.8	<i>Accoppiamento capacitivo dei cavetti alla rete elettrica</i>	235
4.3.9	<i>Il principio delle sonde attive</i>	237
4.4	CATENE DI AMPLIFICAZIONE PER BIOPOTENZIALI	240
4.4.1	<i>Saturazione dovuta alla presenza di disturbi ad ampiezza elevata</i> ...	241
4.4.2	<i>Rumore dell'intera catena di amplificazione</i>	241
4.4.3	<i>Configurazione di una catena di amplificazione tradizionale</i>	243

4.4.4	<i>Configurazione di una catena di amplificazione ad alta risoluzione</i>	248
4.5	ESERCIZI SUL PRELIEVO DI BIOPOTENZIALI	251
4.5.1	<i>Esercizi svolti</i>	251
4.5.1.1	<i>Caratterizzazione delle proprietà di una cella elettrolitica</i>	251
4.5.1.2	<i>Prelievo di biopotenziali: accoppiamento elettrodo-amplificatore e valutazione della distorsione del segnale d'interesse all'ingresso dell'amplificatore</i>	255
4.5.1.3	<i>Prelievo di biopotenziali mediante elettrodi capacitivi: accoppiamento elettrodo-amplificatore e valutazione della distorsione del segnale d'interesse all'ingresso dell'amplificatore</i>	260
4.5.1.4	<i>Prelievo di biopotenziali: accoppiamento soggetto-rete elettrica</i>	265
4.5.1.5	<i>Prelievo di biopotenziali: accoppiamento soggetto - rete elettrica - amplificatore e valutazione dell'interferenza di rete in ingresso ed in uscita al front-end per l'acquisizione di biopotenziali</i>	271
4.5.1.6	<i>Prelievo di biopotenziali mediante elettrodi capacitivi: effetto delle correnti di bias e conseguenze sul rumore in ingresso all'amplificatore</i>	279
4.5.1.7	<i>Prelievo di biopotenziali: effetto delle correnti di bias</i>	284
4.5.1.8	<i>Prelievo di biopotenziali: effetto dei cavetti di collegamento tra elettrodi ed amplificatore ed utilizzo di sonde attive</i>	288
4.5.1.9	<i>Prelievo di biopotenziali: catena di acquisizione ad elevata risoluzione</i>	294
4.5.1.10	<i>Prelievo di biopotenziali: Dimensionamento del circuito di pilotaggio della gamba destra</i>	298
4.5.2	<i>Esercizi proposti</i>	304
4.5.2.1	<i>Prelievo di biopotenziali</i>	304
4.5.2.2	<i>Prelievo di biopotenziali</i>	304
4.5.2.3	<i>Prelievo di biopotenziali</i>	304
4.5.2.4	<i>Prelievo di biopotenziali</i>	304
4.5.2.5	<i>Prelievo di biopotenziali</i>	305
4.5.3	<i>Domande a risposta guidata</i>	306
4.5.3.1	<i>Prelievo di biopotenziali</i>	306
CAPITOLO 5	309
5.1	RICHIAMI DI ELETTROFISIOLOGIA CARDIACA, CARATTERISTICHE ED UTILITÀ DEL SEGNALE ELETTROCARDIOGRAFICO	309
5.1.1	<i>Segnale ECG: terminologia e lettura tecnica del tracciato</i>	311
5.2	LE DERIVAZIONI USATE NEL PRELIEVO DEL SEGNALE ELETTROCARDIOGRAFICO	313

5.2.1	<i>Le derivazioni agli arti</i>	313
5.2.2	<i>Le derivazioni precordiali</i>	317
5.3	PRESTAZIONI FUNZIONALI DI UN ELETTROCARDIOGRAFO CLINICO ED ASPETTI LEGATI ALLA SICUREZZA	319
5.3.1	<i>Catena di amplificazione</i>	319
5.3.2	<i>Prove di verifica periodica</i>	323
5.4	ESERCIZI SUGLI ELETTROCARDIOGRAFI	324
5.4.1	<i>Esercizi svolti</i>	324
5.4.1.1	<i>Relazione tra le derivazioni di Wilson e Goldberg</i>	324
5.4.1.2	<i>Valutazione delle possibili cause d'interferenza di rete</i>	326
5.4.2	<i>Esercizi Proposti</i>	329
5.4.2.1	<i>Dimensionamento del circuito di pilotaggio della gamba destra</i> . 329	
5.4.2.2	<i>Dimensionamento del circuito di pilotaggio della gamba sinistra</i> . 329	
5.4.2.3	<i>Dimensionamento della catena di acquisizione tradizionale di segnali ECG</i>	330
5.4.2.4	<i>Distorsione di fase di un filtro passa-alto nella catena di acquisizione di segnali ECG</i>	330
5.4.2.5	<i>Prelievo di segnali ECG e valutazione dell'interferenza di rete all'ingresso di un sistema elettrodi-amplificatore</i>	330
5.4.2.6	<i>Prelievo di segnali ECG e valutazione dell'interferenza di rete all'ingresso di un sistema elettrodi-amplificatore</i>	331
5.4.3	<i>Domande a risposta guidata</i>	332
5.4.3.1	<i>Prelievo di segnale ECG e sugli elettrocardiografi</i>	332
CAPITOLO 6	335
6.1	GENERAZIONE DEL SEGNALE ELETTROENCEFALOGRAFICO E SUE CARATTERISTICHE.....	335
6.2	SISTEMI DI PRELIEVO PER EEG	336
6.3	ELETTRODI PER IL PRELIEVO DI SEGNALI EEG	337
6.4	POSIZIONAMENTO DEGLI ELETTRODI: STANDARD 10 – 20.....	338
6.4.1	<i>Posizionamento degli elettrodi di prelievo</i>	338
6.4.2	<i>Elettrodi di riferimento</i>	340
6.4.3	<i>Segnale medio dai muscoli mastoidei</i>	341
6.4.4	<i>Media di tutti i canali del cuoio capelluto (riferimento medio comune)</i>	342
6.5	POSIZIONAMENTO ELETTRODI PER EEG AD ALTA RISOLUZIONE	343
6.6	POSIZIONAMENTI SEMPLIFICATI PER BRAIN COMPUTER INTERFACE.....	344
6.7	CONFIGURAZIONI DI PRELIEVO.....	345

6.7.1	<i>Derivazioni</i>	345
6.7.2	<i>Montaggi</i>	346
6.8	INTERPRETAZIONE DEL SEGNALE EEG	346
6.8.1	<i>Analisi in frequenza</i>	346
6.8.2	<i>Analisi in ampiezza (localizzazione spaziale)</i>	348
6.9	ARTEFATTI NEL SEGNALE EEG	349
6.9.1	<i>Artefatti legati all'attività cardiaca</i>	349
6.9.2	<i>Artefatti legati ai movimenti oculari</i>	350
6.9.3	<i>Artefatti dovuti ad attività muscolare</i>	352
6.9.4	<i>Artefatti dovuti al sistema di prelievo</i>	352
6.10	LA NORMA PARTICOLARE SUGLI ELETTROENCEFALOGRAFI	353
6.10.1	<i>Prestazioni funzionali di un elettroencefalografo</i>	353
6.11	ESEMPIO DI CATENA DI AMPLIFICAZIONE TRADIZIONALE DI UN ELETTROENCEFALOGRAFO (EEG SPONTANEO)	355
6.12	POTENZIALI EVOCATI	357
6.12.1	<i>Tecnica dell'averaging</i>	358
6.12.2	<i>Potenziali evocati uditivi</i>	359
6.12.3	<i>Potenziali evocati visivi</i>	360
6.12.4	<i>Potenziali evocati somatosensoriali</i>	362
6.12.5	<i>Potenziali evocati somatosensoriali del nervo tibiale</i>	363
6.12.6	<i>Potenziali evocati somatosensoriali del nervo mediano</i>	364
6.13	PROVE DI VERIFICA PERIODICA	366
6.14	ESERCIZI SUGLI ELETTROENCEFALOGRAFI	367
6.14.1	<i>Esercizi svolti</i>	367
6.14.1.1	<i>Valutazione dell'accuratezza di un elettroencefalografo</i>	367
6.14.1.2	<i>Tecnica dell'averaging su potenziali evocati uditivi</i>	370
6.14.2	<i>Esercizi Proposti</i>	373
6.14.2.1	<i>Dimensionamento catena di acquisizione ad alta risoluzione per EEG</i>	373
6.14.2.2	<i>Tecnica del'averaging</i>	373
6.14.2.3	<i>Prelievo di segnali EEG</i>	373
6.14.2.4	<i>Prelievo di segnali EEG</i>	374
6.14.2.5	<i>Ri-referenziazione dei segnali EEG</i>	374
6.14.2.6	<i>Artefatti fisiologici interferenti con il segnale EEG</i>	374
6.14.3	<i>Domande a risposta guidata</i>	375
6.14.3.1	<i>Prelievo di segnale EEG ed elettroencefalografi</i>	375

CAPITOLO 7	377
7.1 GENERAZIONE DEL SEGNALE ELETTROMIOGRAFICO E SUE CARATTERISTICHE.....	377
7.2 ELETTRODI PER ELETTROMIOGRAFIA	379
7.2.1 <i>Elettrodi invasivi</i>	379
7.2.2 <i>Elettrodi di superficie</i>	380
7.3 ANALISI DEL SEGNALE ELETTROMIOGRAFICO	380
7.3.1 <i>Analisi del segnale EMG ad ago</i>	381
7.3.2 <i>Analisi del segnale EMG di superficie</i>	383
7.3.2.1 <i>Applicazioni del segnale elettromiografico di superficie</i>	384
7.4 CATENA DI AMPLIFICAZIONE DI UN ELETTROMIOGRAFO	386
7.5 PROVE DI VERIFICA PERIODICA	388
7.6 ESERCIZI SUGLI ELETTROMIOGRAFI	389
7.6.1 <i>Esercizi svolti</i>	389
7.6.1.1 <i>Prelievo di segnale elettromiografico di superficie mediante elettrodi in oro</i>	389
7.6.1.2 <i>Valutazione delle cause di insorgenza dell'interferenza di rete durante un'acquisizione di segnali EMG</i>	398
7.6.2 <i>Esercizi proposti</i>	403
7.6.2.1 <i>Dimensionamento del circuito di pilotaggio della gamba destra per un elettromiografo</i>	403
7.6.2.2 <i>Dimensionamento di una catena di acquisizione di segnali EMG ad alta risoluzione</i>	403
7.6.3 <i>Domande a risposta guidata</i>	404
7.6.3.1 <i>Domande a risposta guidata sugli elettromiografi</i>	404
CAPITOLO 8	407
8.1 LAMPADE SCIALITICHE	407
8.2 BREVI RICHIAMI DI ILLUMINOTECNICA	408
8.3 STRUTTURA DI UNA LAMPADA SCIALITICA.....	411
8.3.1 <i>Sorgenti di luce per le lampade ad uso chirurgico</i>	411
8.3.2 <i>Tipologie di lampade scialitiche</i>	413
8.3.2.1 <i>Lampade scialitiche monofaro</i>	413
8.3.2.2 <i>Lampade scialitiche multifaro</i>	414
8.4 NORMA EN 60601-2-41 " APPARECCHI ELETTROMEDICALI - PARTE 2: NORME PARTICOLARI PER LA SICUREZZA DI APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE PER USO CHIRURGICO E PER LA DIAGNOSI"	418
8.5 ESERCIZI SULLE LAMPADE SCIALITICHE	423

8.5.1	<i>Esercizi svolti</i>	423
8.5.1.1	<i>Ottica di una lampada scialitica monofaro con riflettore a corpo semi-sferico</i>	423
8.5.1.2	<i>Valutazione del rischio elettrico in seguito a manomissione di una lampada scialitica</i>	426
8.5.2	<i>Esercizi proposti</i>	430
8.5.2.1	<i>Lampade scialitiche</i>	430
8.5.2.2	<i>Lampade scialitiche</i>	430
8.5.2.3	<i>Lampade scialitiche</i>	430
8.5.2.4	<i>Lampade scialitiche</i>	430
8.5.3	<i>Domande a risposta guidata</i>	431
8.5.3.1	<i>Domande a risposta guidata sulle lampade scialitiche</i>	431
CAPITOLO 9		433
9.1	GENERALITÀ.....	434
9.2	PERICOLI ASSOCIATI ALL'USO DELL'ELETTROBISTURI	435
9.2.1	<i>Induzione di fibrillazione ventricolare</i>	436
9.2.2	<i>Ustioni al di sotto dell'elettrodo neutro</i>	437
9.2.3	<i>Ustioni in parti diverse del corpo</i>	440
9.3	EVOLUZIONE DELLO STADIO DI USCITA DEGLI ELETTROBISTURI	440
9.3.1	<i>Stadio di uscita riferito a terra</i>	441
9.3.2	<i>Stadio di uscita isolato per le basse frequenze</i>	443
9.3.3	<i>Stadio di uscita completamente isolato (flottante)</i>	445
9.3.3.1	<i>Corrente verso terra attraverso un cortocircuito tra l'elettrodo attivo e la terra di protezione mentre l'elettrobisturi eroga potenza sul paziente ...</i>	446
9.3.3.2	<i>Corrente verso terra attraverso un percorso reattivo tra l'elettrodo attivo e la terra di protezione mentre l'elettrobisturi eroga potenza sul paziente</i>	447
9.3.3.3	<i>Corrente verso terra attraverso un percorso reattivo tra l'elettrodo attivo e la terra di protezione</i>	449
9.3.4	<i>Elettrodi utilizzati con elettrobisturi</i>	452
9.3.5	<i>Monitor di elettrodo</i>	454
9.3.5.1	<i>Dimensionamento di massima del monitor di elettrodo</i>	456
9.3.6	<i>Monitor paziente</i>	458
9.4	ESERCIZI SUGLI ELETTROBISTURI.....	461
9.4.1	<i>Esercizi svolti</i>	461
9.4.1.1	<i>Calcolo della corrente di dispersione verso terra in condizioni di caso peggiore</i>	461

9.4.1.2	<i>Calcolo della corrente di dispersione che attraversa un chirurgo mentre esegue il buzzing</i>	466
9.4.1.3	<i>Valutazione delle condizioni di innesco dell'allarme di distacco elettrodo in un monitor d'elettrodo per elettrobisturi</i>	471
9.4.2	<i>Esercizi proposti</i>	475
9.4.2.1	<i>Limitazione delle correnti di dispersione nel percorso chirurgo mentre esegue il buzzing</i>	475
9.4.2.2	<i>Comparsa di ustioni al di sotto dell'elettrodo dispersivo dell'elettrobisturi: cause, misure di prevenzione e protezione</i>	476
9.4.2.3	<i>Dimensionamento del monitor d'elettrodo per elettrobisturi</i>	476
9.4.2.4	<i>Valutazione delle condizioni in cui opera un chirurgo che esegue il buzzing</i>	476
9.4.2.5	<i>Correnti di dispersione a radiofrequenza per un elettrobisturi con stadio di uscita isolato</i>	476
9.4.3	<i>Domande a risposta guidata</i>	477
9.4.3.1	<i>Domande a risposta guidata sugli apparecchi per elettrochirurgia</i>	477
CAPITOLO 10.....		481
10.1	GENERALITÀ.....	482
10.2	PERICOLI ASSOCIATI ALL'USO DEL DEFIBRILLATORE.....	485
10.2.1	<i>Mancato funzionamento al momento del bisogno</i>	485
10.2.2	<i>Induzione di fibrillazione ventricolare a causa di errata sincronizzazione</i>	485
10.2.3	<i>Induzione di fibrillazione ventricolare a causa di correnti di dispersione a bassa frequenza in pazienti esposti a microshock</i>	486
10.2.4	<i>Elettrocuzione degli operatori</i>	486
10.2.5	<i>Incendio di sostanze infiammabili</i>	487
10.3	SCHEMA A BLOCCHI DI UN DEFIBRILLATORE.....	487
10.3.1	<i>Stadio Commutazioni Condensatore</i>	487
10.3.1.1	<i>Dimensionamento del condensatore</i>	488
10.3.1.2	<i>Elementi di commutazione</i>	490
10.3.1.3	<i>Forma d'onda della corrente di scarica</i>	491
10.3.2	<i>Misuratore di energia</i>	494
10.3.3	<i>Alimentatore ad alta tensione</i>	496
10.3.4	<i>Alimentatore a bassa tensione</i>	497
10.3.5	<i>Sincronizzazione – controllo switch</i>	498
10.3.6	<i>Monitor ECG</i>	499

10.3.7	<i>Microcontrollore</i>	500
10.3.8	<i>Visualizzatori – comandi</i>	500
10.4	ESEMPIO DI DEFIBRILLATORE CARDIOVERSO ESTERNO	500
10.5	PROCEDURE DI MANUTENZIONE PREVENTIVA	502
10.5.1	<i>Verifiche di primo livello</i>	503
10.5.1.1	<i>Manutenzione dopo l'uso</i>	504
10.5.1.2	<i>Manutenzione effettuata dagli operatori con cadenza prefissata</i>	504
10.5.2	<i>Verifiche di secondo livello</i>	505
10.5.2.1	<i>Prove qualitative</i>	505
10.5.2.2	<i>Prove quantitative</i>	505
10.5.2.3	<i>Strumentazione necessaria:</i>	506
10.6	ESERCIZI SUI DEFIBRILLATORI CARDIOVERSO	507
10.6.1	<i>Esercizi svolti</i>	507
10.6.1.1	<i>Dimensionamento della capacità del condensatore di scarica di un defibrillatore e valutazione della durata della scarica</i>	507
10.6.1.2	<i>Defibrillatore con scarica bifasica: energia immagazzinata nel condensatore di scarica e dimensionamento del relativo circuito di carica</i> ..	510
10.6.1.3	<i>Valutazione dell'intervallo di tempo minimo tra due scariche successive di un defibrillatore</i>	515
10.6.2	<i>Esercizi proposti</i>	518
10.6.2.1	<i>Defibrillatore</i>	518
10.6.2.2	<i>Defibrillatore</i>	518
10.6.2.3	<i>Defibrillatore</i>	518
10.6.2.4	<i>Defibrillatore</i>	519
10.6.3	<i>Domande a risposta guidata</i>	519
10.6.3.1	<i>Domande a risposta guidata sui defibrillatori cardioversori</i>	519
CAPITOLO 11		523
11.1	POMPE DI INFUSIONE	523
11.1.1	CLASSIFICAZIONE IN TIPI SULLA BASE DELLA TIPOLOGIA DI FLUSSO ..	524
11.1.2	CLASSIFICAZIONE IN BASE AL SISTEMA DI INFUSIONE	525
11.1.2.1	<i>Pompa di infusione volumetrica</i>	525
11.1.2.2	<i>Pompa di infusione a siringa</i>	526
11.1.2.3	<i>Pompa di infusione per uso ambulatoriale</i>	527
11.2	CARATTERIZZAZIONE DEL FLUSSO FORNITO DA UNA POMPA DI INFUSIONE	527
11.2.1	<i>Diagramma di avvio</i>	529
11.2.2	<i>Diagramma a tromba</i>	530

11.2.3	<i>Diagramma a tromba statistico</i>	533
11.3	SICUREZZA DELLE POMPE DI INFUSIONE.....	535
11.3.1	<i>Protezione dal flusso libero</i>	535
11.3.2	<i>Identificazione di bolle d'aria nel circuito di infusione</i>	536
11.3.3	<i>Occlusione</i>	537
11.3.4	<i>Flusso nullo o flusso diverso da quanto impostato</i>	538
11.4	PROVE DI VERIFICA PERIODICA	538
11.5	ESERCIZI SULLE POMPE DI INFUSIONE	540
11.5.1	<i>Esercizi svolti</i>	540
11.5.1.1	<i>Calcolo della forza di spinta dello stantuffo in una pompa di infusione a siringa</i>	540
11.5.1.2	<i>Sensore di rilevazione della presenza d'aria nel percorso paziente</i>	544
11.5.2	<i>Esercizi proposti</i>	549
11.5.2.1	<i>Pompe di infusione</i>	549
11.5.2.2	<i>Pompe di infusione</i>	549
11.5.2.3	<i>Pompe di infusione</i>	550
11.5.3	<i>Domande a risposta guidata</i>	550
11.5.3.1	<i>Domande a risposta guidata sulle pompe di infusione</i>	550