

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA



Facoltà di Ingegneria

Corso di laurea in Ingegneria Meccanica

Tesi di laurea

TITOLO della TESI

**Studio teorico e sperimentale di
un sistema di locomozione per una
capsula endoscopica**

Candidato

Marco Quirini

Relatori:

Prof. Paolo Dario

Dott.ssa Francesca di Puccio

Dott.ssa. Arianna Menciassi

Dott. Cesare Stefanini

Data di laurea: 20 Dicembre 2004
Archivio tesi corso di laurea in ingegneria meccanica: 113/04
Anno accademico: 2004/2005
Consultazione consentita

Titolo della tesi

**Studio teorico e sperimentale di
un sistema di locomozione per una
capsula endoscopica**

di

Marco Quirini

Tesi proposta per il conseguimento del
titolo accademico di
DOTTORE IN INGEGNERIA MECCANICA

presso la

Facoltà di Ingegneria

della

Università degli Studi di Pisa

Data della laurea

20 dicembre 2004

Autore:

Marco Quirini

Approvata da:

Prof. Paolo Dario

Dott.ssa Francesca di Puccio

Dott.ssa Arianna Menciassi

Dott. Cesare Stefanini

*Ai miei genitori, che mi
hanno sempre sostenuto nei
momenti difficili*

Ringraziamenti

Desidero esprimere la mia riconoscenza al Prof. Paolo Dario ed alla Dott.ssa Di Puccio per la disponibilità offertami durante questo lavoro. Desidero inoltre ringraziare la Dott.ssa Arianna Menciassi e il Dott. Cesare Stefanini per il prezioso aiuto ed il sostegno offertomi durante tutto lo svolgimento della tesi.

Un sincero ringraziamento è dovuto anche a tutto il Crim Lab, in particolare ad Alberto Arena, Giuseppe Pernorio e Samuele Gorini per l'aiuto e l'affetto che mi hanno saputo dare.

INDICE

INDICE	5
Capitolo 1: Introduzione al problema medico	8
1.1 Il cancro del colon-retto: un'emergenza sociale	8
1.2 Fattori di rischio	8
1.3 Tecniche di Screening	11
1.3.1 Ricerca del sangue occulto fecale (<i>Fecal Occult Blood Test</i>)	11
1.3.2 Test endoscopici: rettosigmoidoscopia e colonscopia	13
1.3.2.1 Rettosigmoidoscopia	15
1.3.2.2 Colonscopia	16
1.4 Difficoltà nello sviluppo di programmi di screening	17
1.5 Motivazione e scopi della trattazione	18
1.5.1. <i>Pillole Endoscopiche</i>	20
Capitolo 2: Analisi del problema	27
2.1 Introduzione: la biomimetica	27
2.2 I sistemi di locomozione in natura: come si muovono gli animali	27
2.2.1 <i>Analisi delle forze</i>	28
2.2.2 <i>Influenza dell'ambiente esterno sulla locomozione</i>	35
2.2.3 <i>Il controllo della locomozione</i>	37
2.2.4 <i>Il ruolo svolto dai muscoli</i>	38
2.2.5 <i>Conclusioni</i>	40
2.3 Scelta del sistema di locomozione	41
Capitolo 3: Introduzione alla locomozione su gambe	47
3.1 Locomozione di base	47
3.2 Terminologia	47
3.3 Definizione di "gait" o andatura di locomozione	49
3.4 Stabilità	53

Capitolo 4: Stato dell'Arte	55
4.1 I primi passi	55
4.2 Robot "dinamici"	56
4.3 Robot "biomimetici"	57
4.3.1. <i>Robot Sprawlita</i>	57
4.3.1.1 <i>Postura del corpo auto-stabilizzante</i>	58
4.3.1.2 <i>Funzione propulsiva e stabilizzante delle gambe</i>	59
4.3.1.3 <i>Struttura visco-elastica passiva</i>	60
4.3.1.4 <i>Controllo in anello aperto</i>	61
4.3.1.5 <i>Costruzione integrata del corpo</i>	63
4.3.1.6 <i>Risultati sperimentali</i>	64
4.3.2. <i>RHex 0</i>	65
4.3.3. <i>Whegs II</i>	67
Capitolo 5: Principi e metodi	71
5.1 Introduzione	71
5.2 Caratterizzazione dell'ambiente	71
5.2.1 <i>Definizione dell'Intestino</i>	71
5.2.2 <i>Anatomia dell'intestino</i>	73
5.2.2.1 <i>Intestino tenue</i>	73
5.2.2.2 <i>Struttura macro e microscopica dell'intestino tenue</i>	74
5.2.2.3 <i>Intestino crasso</i>	77
5.2.2.4 <i>Conformazione esterna e interna dell'intestino crasso</i>	78
5.2.2.5 <i>Struttura dell'intestino crasso</i>	79
5.3 Biomeccanica e Biotribologia del tratto gastro intestinale.	80
5.3.1 <i>Elasticità del TGI</i>	81
5.3.2 <i>Coefficiente di attrito del TGI</i>	83
5.4 Specifiche	84
5.4.1 <i>Sicurezza</i>	85
5.4.2 <i>Ingombri</i>	85
5.4.3 <i>Velocità</i>	86
5.4.4 <i>Forza propulsiva</i>	86
5.4.5 <i>Consumo energetico</i>	89

5.5 Descrizione della capsula per la valutazione della locomozione su gambe	90
5.5.1 <i>Introduzione</i>	90
5.5.2 <i>Corpo capsula</i>	91
5.5.3 <i>Unità di locomozione</i>	93
5.5.4 <i>Microgambe</i>	98
5.5.4.1 <i>Prima soluzione: gamba rigida</i>	99
5.5.4.2 <i>Seconda soluzione: gamba con inserto in poliuretano</i>	102
5.5.4.3 <i>Terza soluzione: gamba semirigida in superelastico</i>	103
5.5.5 <i>Sistema di creazione dello spazio intraluminale</i>	105
5.5.6 <i>Gruppo motore</i>	108
5.5.7 <i>Software di gestione del sistema</i>	110
Capitolo 6: Test Sperimentali	112
6.1 <i>Introduzione</i>	112
6.2 <i>Sessioni di prove sperimentali</i>	113
6.2.1 <i>Prima sessione</i>	113
6.2.2 <i>Seconda sessione</i>	115
6.2.3 <i>Terza sessione</i>	117
6.2.4 <i>Valutazione del danno sul tessuto</i>	118
Capitolo 7: Conclusioni e Sviluppi futuri	120
7.1 <i>Conclusioni</i>	120
7.2 <i>Sviluppi futuri</i>	121
Bibliografia	123