

I.3 L'endoscopia e lo stato attuale dell'arte

L'endoscopia rappresenta oggi una delle realtà più attive della medicina moderna in grado spesso di portare questa a stretto contatto con i settori più avanzati della ricerca ingegneristica.

L'endoscopia nasce da un progressivo e importante mutamento del punto di vista proprio della medicina degli ultimi decenni, non più semplicemente interessata alla cura delle patologie ma particolarmente attenta alla necessità di garantire ai pazienti sottoposti a cure tempi di degenza sempre più limitati e soprattutto maggiori possibilità di pieno recupero.

Interventi capaci di risolvere affezioni anche gravi che provochino però sofferenza e, a volte, menomazione per l'individuo non possono più essere accettati come veri e propri successi della scienza medica attuale quanto piuttosto come degli stimoli allo sviluppo di tecniche alternative miranti in special modo alla riduzione dell'invasività tipica di molti approcci.

L'endoscopia si inserisce lungo questa strada e rappresenta una sorta di ponte tra la chirurgia classica, che comunque spesso è ancora l'unica possibile soluzione a determinate problematiche, e il dispositivo oggetto di discussione in questa tesi che, pur essendo uno strumento endoscopico, differisce da ciò che è attualmente in uso potendo combinare l'autonomia di lavoro con la capacità di controllare il proprio moto.

All'inizio del secolo scorso furono condotti alcuni tentativi di osservare l'interno dell'organismo attraverso un tubo telescopico rigido illuminato, ma in realtà l'endoscopia mosse i primi passi solo negli anni '30 con l'invenzione di un gastroscopio semiflessibile per osservare lo stomaco. Alla fine degli anni '50, si verificò una vera e propria rivoluzione con l'introduzione delle fibre ottiche, fasci flessibili di fibre di vetro o di polimero, lungo le quali si trasmette la luce. Questa tecnologia permise di mettere a punto strumenti più versatili e rese l'endoscopia una specializzazione di quotidiana applicazione nella pratica medica.

Queste tecniche hanno due scopi principali: diagnostico e terapeutico. In pazienti in cui si sospetti la presenza di un tumore o altra lesione dello stomaco, della vescica urinaria, dei bronchi o di altri organi, l'endoscopia consente al medico di studiare l'organo interessato e di prelevare un campione biotico, un piccolo pezzetto di tessuto sospetto da analizzare; procedure che un tempo richiedevano un intervento di chirurgia maggiormente invasiva.

Dato che è innocua può essere ripetuta ad intervalli frequenti in modo, per esempio, da controllare il grado di guarigione di un'ulcera.

L'endoscopia può essere utilizzata per scoprire la sede o la causa di una emorragia e, in alcuni casi, di curarla con elettrocauterio o laser.

Altre applicazioni sono l'asportazione dei polipi e di corpi estranei inghiottiti, la somministrazione locale di farmaci e interventi ginecologici.

L'endoscopio

L'endoscopio è uno strumento ottico, dotato di un apparato di illuminazione interno, che è inserito in una cavità corporea allo scopo di indagare e trattare malattie.

Il tipico endoscopio flessibile a fibre ottiche è formato da un fascio di fibre che trasmettono la luce. Ad una estremità vi è la testa dotata di una lente ottica e di un dispositivo di comando. La punta dello strumento è un apparato di illuminazione dotato di una lente e di una presa per l'aria o l'acqua. Attraverso canali laterali è anche possibile inserire altri accessori.

L'endoscopio rigido è una sonda ottica stretta e dritta, non flessibile ed è dotato di una fonte luminosa, che in genere trasmette la luce mediante fibre ottiche.

Sono disponibili diversi accessori specialistici che consentono al medico di seguire procedure diagnostiche e terapeutiche, come il prelievo di un campione di tessuto.

- **Pinza “a dente di topo”**: pinza a denti appuntiti per afferrare saldamente i corpi estranei e asportarli;
- **Pinza per biopsia**: preleva piccoli campioni di tessuto da sottoporre ad analisi microscopica;
- **Forbici**: piccole forbici chirurgiche per tagliare i tessuti e asportare piccole escrescenze;
- **Spazzole**: piccoli accessori a spazzola usati per prelevare cellule per l'esame citologico;
- **Laccio**: sottile ansa di filo metallico per asportare i polipi, in cui passa una corrente elettrica;

- **Canestro:** canestro di filo metallico talvolta usato per isolare e asportare i calcoli delle vie biliari.

Nel corso degli anni la ricerca si è però progressivamente indirizzata verso la realizzazione di soluzioni che sempre più fossero in grado di operare autonomamente rispetto all'intervento diretto del medico, invece strettamente necessario con gli endoscopi tradizionali.

Nel 1957 Jacobsen ed altri proposero un sistema di monitoraggio senza fili che utilizzava delle endoradiosonde chiamate “radio-pills”. Cinque anni più tardi, 1962, Naguno ed altri realizzarono invece una eco-capsula per il controllo della temperatura e del Ph.

In entrambi i casi i dispositivi proposti sono completamente autonomi ma non ancora dotati di locomozione propria, peculiarità propria del sistema multi-legged.

Soprattutto negli ultimi anni la ricerca ha avuto a disposizione grossi investimenti da parte di numerosi centri e istituti.

Così un sistema di visione autonomo con trasmissione dei dati senza fili (Fig. I.2) ha ricevuto recentemente l'autorizzazione per la sperimentazione clinica negli Usa. Anche in questo caso però si assiste alla mancanza di un controllo attivo sulla locomozione. Il sistema sfrutta la naturale peristalsi del tratto gastrointestinale e non può essere arrestato durante il proprio viaggio:

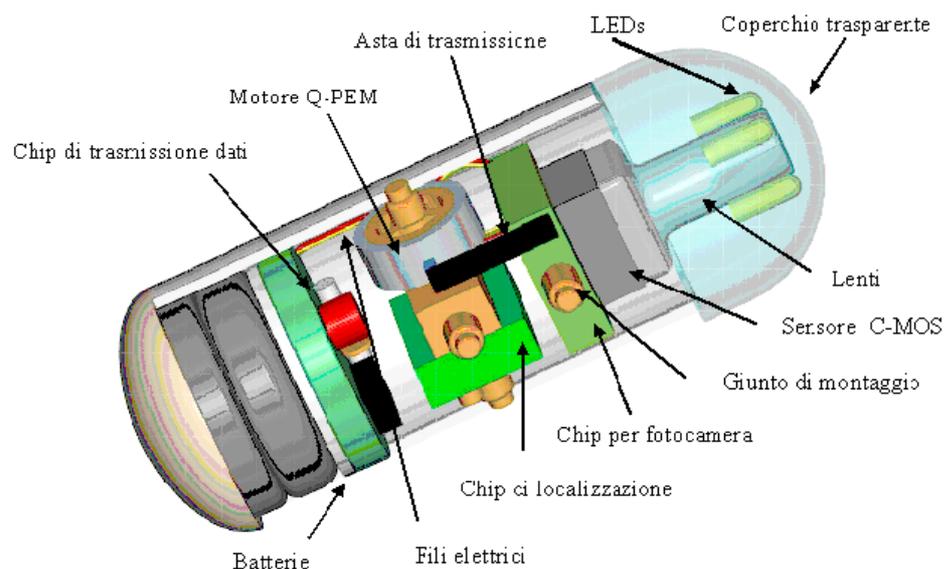


Fig. I.2 Dispositivo Given Imaging-M2A

Questo problema potrebbe essere parzialmente risolto da un dispositivo simile (Fig. I.3), allo studio da parte della RF Norika, che utilizza una trasmissione di potenza senza fili e possiede la possibilità di ruotare attivamente grazie all'interazione di una serie di campi magnetici opportunamente indotti:

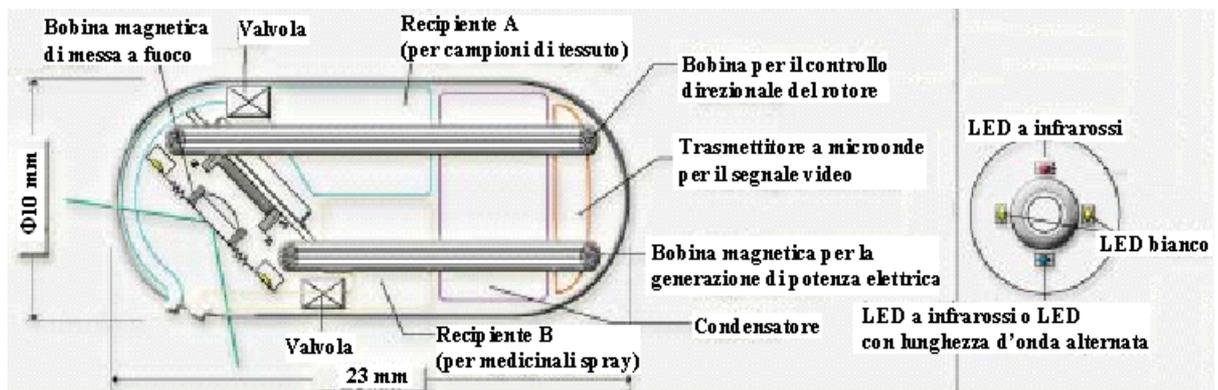


Fig I.3 Dispositivo Norika 3

La produzione di un sistema dotato di moto proprio attivo in un ambiente come l'intestino umano richiede l'integrazione di due sistemi rispettivamente dedicati a:

- Realizzazione del contratto con il tessuto in modo che le forze di locomozione possano essere prodotte;
- Spostamento del punto di contatto in modo da poter produrre la locomozione;

Le dimensioni di entrambi devono necessariamente tenere in conto la biomeccanica di un tessuto vivente che è fortemente deformabile, non lineare, viscoelastico, tipicamente coperto da uno spesso strato di muco lubrificante, con coefficiente di attrito inferiore a 10^{-3} .

Un recente progetto di colonscopio presentato da Dario et al. ha proposto la realizzazione di un dispositivo semiautonomo dotato di un sistema di contatto in grado di risucchiare il tessuto tra due elementi di presa e di un sistema di locomozione di tipo "inchworm" (che imita cioè il meccanismo di contrazione ed estensione tipico del moto dei vermi).

Una serie di constatazioni pratiche ha spinto però gli stessi a ribaltare il proprio punto di vista nel tentativo di mettere a punto una soluzione in cui, invece di forzare il tessuto contro una zona di adesione/presa, la stessa area è spinta contro il substrato vivente attraverso delle zampe miniaturizzate dispiegabili nello spazio.

La locomozione con zampe garantisce infatti una serie di evidenti vantaggi rispetto all'inchworm:

- Aumento di sicurezza e controllo: nella locomozione tipo inchworm infatti il corpo della capsula scivola sul tessuto, senza poter evitare aree danneggiate da ferite o patologie. Le zampe permettono invece un miglior controllo della traiettoria di moto;
- Miglior adattamento all'ambiente: le zampe permettono alla capsula di lavorare in aree dimensionalmente, anatomicamente e biomeccanicamente differenti;
- Maggior velocità: l'inchworm infatti non permette l'amplificazione cinematica del moto. Se l'attuatore garantisce una corsa pari a ΔL , il massimo spostamento della capsula sarà minore di ΔL a causa di una efficienza comunque inferiore a 1;
- Semplificazione del meccanismo di adesione: concentrando il contatto in una regione limitata si possono realizzare pressioni di contatto maggiori.

Da queste nasce l'idea che sta alla base delle considerazioni contenute nei capitoli di questa tesi.