



# ORGANIZZAZIONE 7

di un Servizio di Endoscopia Digestiva

*Il libro bianco dell'endoscopista*  
F. Cosentino, G. Battaglia, E. Ricci

## Caratteristiche tecnologiche delle apparecchiature per la magnificazione endoscopica

*Giuseppe Galloro*



il libro bianco dell'endoscopista

**PROGETTARE, REALIZZARE**

**ORGANIZZARE e**

**GESTIRE**

**un Servizio  
di Endoscopia Digestiva**

Felice Cosentino

Giorgio Battaglia

Enrico Ricci

# Caratteristiche tecnologiche delle apparecchiature per la magnificazione endoscopica

*Giuseppe Galloro*



in questo *fascicolo*  
di **ORGANIZZAZIONE** 

Introduzione.....	5
Che cosa è la magnificazione? .....	5
Variabili che condizionano la qualità dell'immagine .....	6
Caratteristiche del CCD .....	6
Profondità del colore .....	8
Tecnologia di ingrandimento .....	9
Caratteristiche tecnologiche dell'endoscopio a magnificazione ideale.....	10
Bibliografia essenziale .....	12



© 2003 AREA QUALITÀ® S.r.l.  
Via Comelico, 3 - 20135 MILANO  
E-mail: info@areaqualita.it  
Tutti i diritti riservati

Questo fascicolo è stato stampato dalla tipografia  
Vigrafica di Monza nel mese di dicembre 2003  
Impaginazione: Area Qualità - Maurizio Duranti

## Caratteristiche tecnologiche delle apparecchiature per la magnificazione endoscopica

Giuseppe Galloro

Area Centralizzata di Endoscopia Digestiva Operatoria, Dipartimento di Chirurgia Generale, Geriatrica, Oncologica e Tecnologie Avanzate, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Università degli Studi "Federico II" di Napoli

### INTRODUZIONE

La magnificazione endoscopica è una tecnica ad alto contenuto tecnologico, introdotta e perfezionata dalla Scuola giapponese per lo studio delle neoplasie coliche precoci, con particolare riferimento alle forme piatte e depresse [1,2]. La necessità di disporre di apparecchiature ad elevatissima risoluzione ha spinto l'industria a realizzare strumenti e processori dalle *performances* sempre più avanzate, dalle capacità di definizione sempre maggiore e, parallelamente, dalle caratteristiche tecnologiche sempre più avanguardistiche e complesse.

L'ampia diffusione delle teorie nipponiche circa la cancerogenesi colica *de novo* [3] ha suscitato, anche in occidente, un notevole interesse sulla endoscopia a magnificazione di immagine, come è dimostrato dall'aumento del numero delle referenze bibliografiche disponibili e dal numero di convegni sull'argomento, anche nel nostro paese.

Per tale motivo, ci è sembrato utile dedicare un capitolo specifico a questa affascinantissima tecnica, con particolare riferimento a quelli che sono i fondamenti tecnologici (ottici, elettronici ed informatici) che la rendono così peculiare ed unica.

### CHE COSA È LA MAGNIFICAZIONE?

La domanda appare più che scontata e certamente giustificata, visto che allo stato attuale esiste una notevole confusione tecnica sull'argomento. Confusione, peraltro, alimentata anche dalla letteratura internazionale che spesso risulta inappropriata, dal punto di vista terminologico mescolando i termini di *magnifying endoscopy* e *zoom endoscopy*.

Il primo passo da compiere è necessariamente rappresentato dallo stabilire il significato lessicale prima e tecnologico poi, dei termini di "magnificare" e di "zoomare".

Consultando un moderno ed aggiornato dizionario della lingua italiana [4], il significato dei due verbi è il seguente:

#### Significato lessicale

- **zoomare:** (neologismo, anglismo) uso di obiettivo foto/cinematografico a focale variabile che consente notevoli ingrandimenti (o riduzioni) del soggetto ripreso, senza spostare la camera utilizzata
- **magnificare:** (ottico) ingrandire.

Da un punto di vista lessicale i due termini sembrano avere un significato assolutamente sovrapponibile, esprimendo entrambi il concetto dell'ingrandimento.

Consultando invece un testo tecnico [5] il significato dei due termini varia alquanto:

#### Significato tecnologico

- **zooming:** ingrandimento del soggetto di una immagine per variazione (aumento) della focale dell'ottica utilizzata
- **magnification:** ingrandimento di una immagine ottenuta con tecnologia ottica od elettronica. Per convenzione si intende come tecnologia elettronica (con interpolazione) in contrapposizione allo zooming ottico.

Da un punto di vista tecnico i due termini differiscono, riferendosi a due tecnologie differenti: una ottica e l'altra elettronica.

A questo punto sorgono spontanee alcune domande:

- Se le due tecnologie di ingrandimento dell'immagine (zoom e magnificazione) sono differenti, lo saranno anche le immagini da esse generate?
- Se la risposta è affermativa, in cosa differiscono?
- Dal punto di vista della qualità, quali immagini sono le più dettagliate ed a maggiore risoluzione di ingrandimento?
- La qualità dell'immagine è sola funzione della tecnologia di ingrandimento?
- Se la risposta è negativa, quali altre variabili la influenzano?

## VARIABILI CHE CONDIZIONANO LA QUALITÀ DELL'IMMAGINE

L'immagine generata da una moderna colonna endoscopica può essere assimilata, in tutto e per tutto, ad una immagine generata da una videocamera digitale. In questa ottica, le variabili che condizionano la qualità dell'immagine e la sua risoluzione di ingrandimento sono le seguenti:

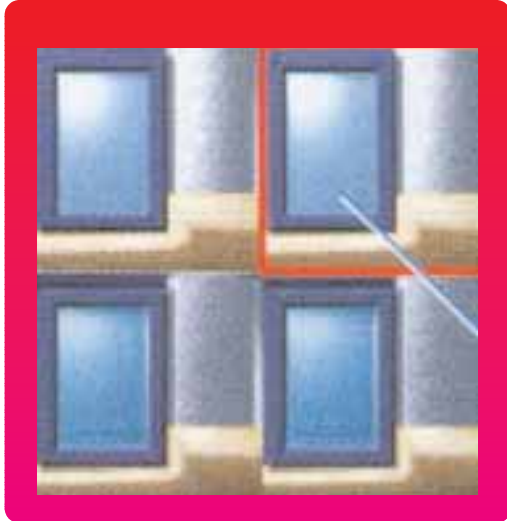
- **le caratteristiche del CCD (densità ottica e CTR)**
- **la profondità di colore**
- **la tecnologia di ingrandimento.**

Analizziamole singolarmente e cerchiamo di comprenderne l'importanza.

### CARATTERISTICHE DEL CCD

Il CCD (Charge Coupled Device o dispositivo ad accoppiamento di carica) di un video-endoscopio (come quello di una videocamera o di una fotocamera digitale) rappresenta il vero cuore pulsante dell'apparato che genera le immagini. In realtà si tratta di un trasduttore di tipo optoelettronico: è un elemento che trasforma l'impulso luminoso in impulso elettronico. È formato da varie unità rettangolari di silicio, variabili per numero e dimensioni, che prendono il nome di pixel (o fotodiodi) disposti in file e colonne, come a formare un mosaico. Ciascun singolo pixel è accoppiato ad un'area di trasferimento di carica (Charge Transfer Region) che svolge la vera funzione di trasduttore [6] (FIGURA 1).

**FIG. 1: I PIXEL SONO DISPOSTI IN FILE E COLONNE**



Quando la luce riflessa da un oggetto (ovvero la sua immagine), nelle proprie diverse lunghezze d'onda (colori), colpisce il CCD, ogni pixel viene eccitato dalla luce ed accumula una certa carica, proporzionale alla luce da cui è stato colpito. In pratica, se il CCD è stato colpito da molta luce (immagine molto luminosa), genererà una carica molto elevata (segnale elettronico molto forte). Se immaginiamo il CCD come un mosaico di pixel, allora si verrà a costituire una vera e propria matrice dell'immagine punto per punto. Quando il CCD viene colpito da un impulso luminoso, a livello di ciascun pixel si crea una carica proporzionale alla luce della porzione dell'immagine che lo ha colpito, illuminato ed eccitato.

Un CCD costituito da molti pixel genera una immagine caratterizzata da molti punti, quindi molto definita, dettagliata e luminosa. Parallelamente, ad una buona qualità della CTR corrisponderà un ottimo segnale di trasduzione ed una immagine pulita cioè priva di aberrazioni. Ne deriva, quindi, che la qualità dell'immagine è funzione diretta del numero di pixel del CCD o, per meglio dire, della sua densità ottica.

Inoltre, all'aumento del numero dei pixel si riducono, secondo un rapporto di proporzionalità inversa, le loro dimensioni [7]. Questo ultimo punto è molto importante: infatti, una immagine generata da un CCD con pochi pixel e di grandi dimensioni sarà costituita da pochi punti e di grandi dimensioni con quel tipico effetto di "scalettatura" (o "pixelatura", evidente soprattutto lungo i contorni non rettilinei) che farà perdere chiarezza e definizione all'immagine stessa. Di conseguenza, una immagine ad alta densità ottica sarà caratterizzata da un elevato dettaglio sia per la presenza di molti punti, sia per le loro ridottissime dimensioni (FIGURA 2).

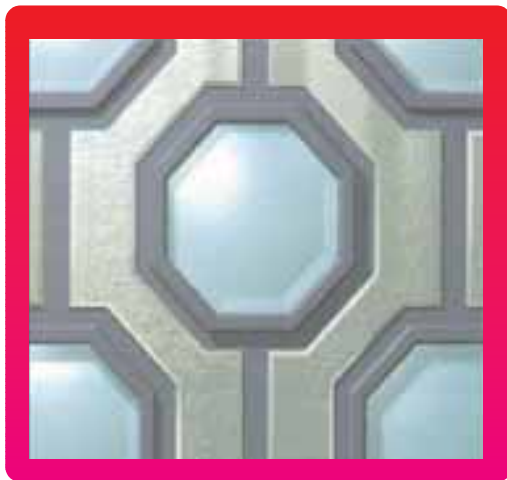
**FIG. 2: LA DEFINIZIONE AUMENTA COL CRESCERE DEL NUMERO DEI PIXEL**



Altro aspetto importante delle caratteristiche del CCD è rappresentato dal numero dei cosiddetti interlacciamenti. L'interlacciamento è il punto di connessione fra un pixel e la rispettiva CTR e normalmente si trova nel punto di mezzo di un lato del pixel [7]. Di conseguenza, se il pixel ha forma rettangolare (come nell'enorme maggioranza dei casi), il numero di interlacciamenti potrà variare da uno a quattro (FIGURA 1).

Di recentissima introduzione è il cosiddetto SUPER-CCD con pixel di forma ottagonale, ciascuno dei quali è caratterizzato dall'aver otto interlacciamenti. Poiché la qualità dell'immagine è influenzata (secondo un rapporto di proporzionalità diretta) dal numero degli interlacciamenti, viene da sé che gli apparecchi equipaggiati con SUPER-CCD saranno caratterizzati da una qualità delle immagini notevolmente superiore, rispetto agli altri. Questo tipo di CCD è un brevetto Fuji ed è attualmente montato solo su fotocamere, videocamere e video-endoscopi Fujinon (FIGURA 3).

**FIG. 3: SUPER-CCD OTTAGONALE DI BREVETTO FUJI**



## PROFONDITÀ DEL COLORE

Il concetto di profondità del colore è fra i più ostici da comprendere per un utente alle prime armi. Tenteremo quindi di approcciarlo in modo semplice e graduale, per riuscire a capirlo al meglio.

Pensare che un colore sia chiaro o scuro, intenso o sbiadito, saturo o tendente al neutro risulta abbastanza chiaro. Invece è più difficile pensare che un colore sia più o meno "profondo" anche perché il termine risulta fuorviante se messo in relazione con il significato che normalmente ed intuitivamente diamo al termine "profondità".

Nel campo della rappresentazione informatica dei colori, la profondità del colore si esprime in bit (unità di misura di volume o capienza informatica) ed indica la quantità di informazioni disponibile sui colori per visualizzare, o stampare, ciascun singolo pixel di un'immagine [8]. Più alta è la profondità di colore, maggiore è il numero di bit di informazioni per singolo pixel, e più alto sarà il numero di colori (o sfumature di colori) che potrà essere rappresentato per singolo pixel e quindi per singolo punto dell'immagine. In pratica, all'aumentare della profondità del colore, aumenterà la qualità della rappresentazione cromatica nell'immagine.

Ad esempio, un pixel con profondità di colore in bit pari ad 1, assumerà solo due possibili valori: 0 o 1, vale a dire bianco o nero.

Un pixel con profondità pari a 8 potrà assumere una valore che va da 0 a  $2^8$ : quindi, per ciascun pixel, ci potranno essere 256 valori possibili. Con 24 bit di profondità si codificano tre canali da 8 bit ciascuno e, considerando che ogni canale potrà assumere un valore fra 0 e  $256^3$ , ciascun pixel potrà esprimere 16 milioni di colori.



Ne deriva che all'aumentare della profondità di colore del processore a nostra disposizione aumenta la capacità della macchina di esprimere, nell'immagine, il ventaglio cromatico tipico del soggetto ripreso: nel nostro caso aumenta la capacità dell'endoscopio di rendere sul monitor, o in stampa, i reali colori della mucosa che stiamo studiando, con tutte le possibili sfumature.

Appare chiaro quanto sia importante tutto ciò nel nostro campo, in cui la giusta interpretazione di un'area discromica può essere determinante per formulare correttamente una diagnosi.

Le profondità di colore più utilizzate, in campo di fotografia digitale, sono le seguenti:

- 8 bit per le immagini in scala di grigio
- 24 bit per le immagini in RGB (lo standard utilizzato dai processori endoscopici)
- 32 bit per le immagini in quadricromia (CMYK).

## TECNOLOGIA DI INGRANDIMENTO

Come abbiamo già detto prima, la tecnologia di ingrandimento dell'immagine non è l'unica variabile che influenza la qualità di visione di un endoscopio a magnificazione, ma è certamente quella che la condiziona maggiormente.

Trattiamo quindi la tecnologia dello zoom e quella della magnificazione per poi, metterle a confronto e trarre le dovute considerazioni conclusive.

Quando parliamo di *zoom endoscopy* ci riferiamo ad una endoscopia eseguita con apparecchi dotati di un sistema di ingrandimento ottico, che sfrutta l'aumento della distanza focale dell'ottica (obiettivo) utilizzata. Il meccanismo riproduce, in pratica, quanto avviene in un obiettivo fotografico zoom modificandone la focale (distanza fra il punto di mezzo della lente più esterna dell'obiettivo e punto di intersezione fra le diagonali del fotogramma) o quanto avviene in un microscopio ottico. L'ingrandimento, quindi, si ottiene prima che l'immagine vada ad impressionare i pixel del CCD in modo che questi ultimi contengano informazioni riguardanti un'immagine già ingrandita.

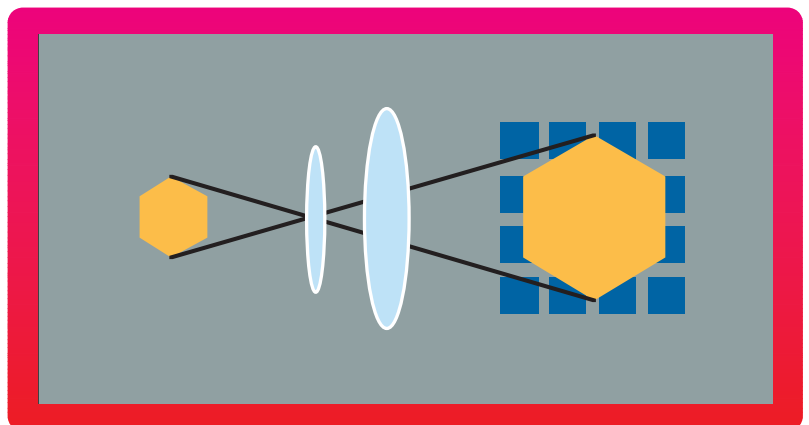
La *magnifying endoscopy*, invece, sfrutta una tecnologia in grado di ingrandire un'immagine registrata precedentemente dal CCD in dimensioni reali. In pratica, l'immagine viene registrata dal CCD in dimensioni reali e poi viene ingrandita attraverso un protocollo digitale.

Il risultato finale potrebbe sembrare identico: una immagine ingrandita in entrambi i casi. In realtà, sebbene le due immagini siano ingrandite in modo eguale, sussistono enormi differenze da un punto di vista qualitativo e, soprattutto, di risoluzione.

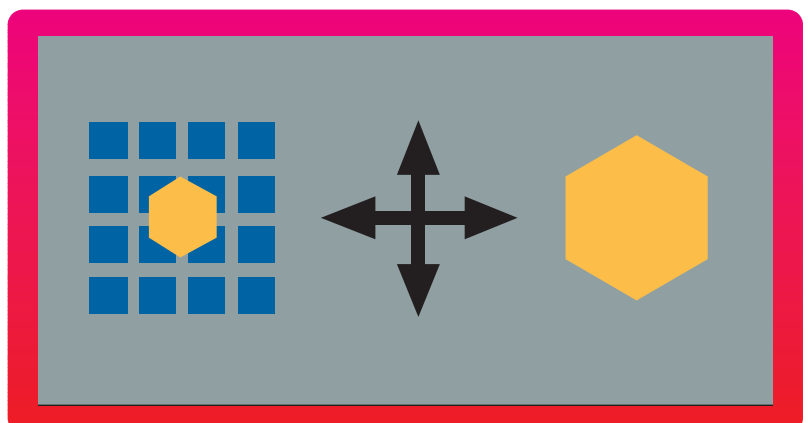
Lo zoom ottico ci da un'immagine ingrandita i cui singoli punti saranno analizzati da ciascun pixel del CCD (FIGURA 4A). La magnificazione elettronica ci da un'immagine ingrandita attraverso l'ingrandimento dei punti corrispondenti all'analisi dei singoli pixel. La magnificazione, in pratica, genera immagini ingrandite attraverso un software di manipolazione digitale, con conseguente sgranamento dell'immagine stessa (FIGURA 4B).



**FIG. 4A: SCHEMA RIASSUNTIVO DEL FUNZIONAMENTO DELLA TECNOLOGIA ZOOM**



**FIG. 4B: SCHEMA RIASSUNTIVO DEL FUNZIONAMENTO DELLA TECNOLOGIA MAGNIFYING**



Quando una immagine digitale (ingrandita elettronicamente) si sgrana, le informazioni (ottiche, steriche e cromatiche) relative ai singoli pixel si frazionano ed in alcuni casi si perdono, creando dei veri e propri punti vuoti (neri) nell'immagine finale, con notevole riduzione della densità ottica. Per evitare tale dannosissimo procedimento, il processore mette in atto, attraverso un apposito software, un protocollo di interpolazione che ricostruisce e riposiziona i pixel sgranati. In realtà, però, i punti vuoti vengono colmati con informazioni ricostruite arbitrariamente dal processore, sulla base di calcoli statistici eseguiti su tutti i punti dell'immagine processata.

Sulla base della complessità dei protocolli di interpolazione, questi si distinguono in:

- **protocolli di interpolazione lineare** in cui viene ricostruito il pixel perduto copiando integralmente quello di fianco
- **protocolli di interpolazione bilineare** in cui si ricostruisce il pixel perduto copiando i quattro pixel attorno a quello perduto (sopra, sotto, a destra, a sinistra) ed elaborando una media dei dati di ingombro e di quelli cromatici
- **protocolli di interpolazione bicubica** in cui si ricostruisce il pixel perduto copiando gli otto pixel attorno a quello perduto (sopra, sotto, a destra, a sinistra, angolo superiore destro, angolo superiore sinistro, angolo inferiore destro, angolo inferiore sinistro) ed elaborando una media dei dati di forma, di ingombro e cromatici.

Per quanto possa essere sofisticato il sistema di ricostruzione, questo genera sempre un'immagine in parte reale ed in parte virtuale. Questo aspetto rappresenta il vero limite della tecnologia elettronica, motivo per il quale i sistemi endoscopici a magnificazione elettronica sono caratterizzati da una risoluzione (più piccola dimensione di un elemento distinguibile) notevolmente inferiore rispetto a quelli dotati di tecnologia ottica o di tecnologia combinata (ottica + elettronica).

## CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE DELL'ENDOSCOPIO A MAGNIFICAZIONE IDEALE

Da quanto abbiamo detto precedentemente, emerge che la qualità dell'immagine endoscopica è direttamente proporzionale:

- alla densità ottica (numero di pixel contenuti nel CCD)
- alla qualità della CTR
- al numero degli interlacciamenti
- alla profondità di colore.

Inoltre, va detto che la capacità di risoluzione è maggiore negli apparecchi dotati di tecnologia di ingrandimento ottica (zoom) o mista (zoom + magnificazione) rispetto agli apparecchi a sola tecnologia elettronica (magnificazione/interpolazione).

Sulla base di queste considerazioni, la macchina ideale (posto che la macchina ideale esista) dovrebbe avere le seguenti caratteristiche:

- SUPER-CCD ad elevata densità ottica
- profondità di colore a 24 bit
- zoom ottico da solo o associato a magnificazione elettronica.

Nella TABELLA 1 sono riassunte le principali caratteristiche degli endoscopi a magnificazione disponibili sul mercato italiano alla data di pubblicazione di questo contributo.

**TAB. 1: PRINCIPALI CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE DEGLI ENDOSCOPI A MAGNIFICAZIONE/ZOOM ATTUALMENTE IN VENDITA IN ITALIA**

Parametro tecnico	Olympus CF Q 160 Z	Fujinon EC 450 ZW 5	Pentax EC 3830 Z	Fujinon EC 485 ZW 5
Campo di visione visione normale visione ingrandita	140° 50°	140° 65°	120° 40°	140° 55°
Profondità di campo visione normale visione ingrandita	7-100 mm 2-3 mm	6-100 mm 1,5-3 mm	3-100 mm 2-3 mm	6-100 mm 1,5-3 mm
Tipologia del CCD	colori	colori	sequenziale	colori-super
Densità ottica del CCD	non dichiarata	450.000 p	non dichiarata	1.000.000 p
Ingrandimento max	100 x elettrico	100 x (50+2) elettrico	100 x manuale	100 x (50+2) elettrico
Tecnologia ingrandimento	elettronica	ottica + elettronica	elettronica	ottica + elettronica
Risoluzione a 30 x a 70 x a 100 x	31 μ 12,4 μ 9 μ	28μ 11μ 7μ	non dichiarata	15μ 6μ 4,4μ





## BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

1. Kudo S. Early colorectal cancer: detection of depressed type of colorectal cancer. Igaku-Shoin Ed Tokio, New York 1996.
2. Tada M et al. Magnified observation of minute changes of polypoid lesions in large intestine. I to Cho (Stomach and Intestine) 1978;13:625.
3. Tsujinaka Y et al. IIc (depressed) type of early carcinoma of the rectum originating "de novo" Report of a case. I to Cho (Stomach and Intestine) 1983;18:211.
4. Sabatini F, Coletti V. Nuovo dizionario della lingua italiana. Giunti Ed 2000.
5. International development in technology and research. Universal Technical Press Ed New York 2001.
6. McClelland D. Photoshop 6. Tutto ed oltre. 596, Apogeo Ed 2001.
7. Fratti L. Tutto sul CCD. Foto computer 2002;42:34.
8. Galiazzo M. Come è profondo il colore. Applicando 2003;209:96.

*Note*

Area for handwritten notes, consisting of multiple horizontal dotted lines.

Note





nei prossimi *fascicoli* di

# ORGANIZZAZIONE

*saranno trattati  
i seguenti argomenti:*



Informazioni ai pazienti  
sulle procedure endoscopiche



La dimissione in endoscopia



CODICE ARTICOLO 34050018

LA REALIZZAZIONE DI QUESTO PROGETTO EDUCAZIONALE È RESA POSSIBILE GRAZIE AL CONTRIBUTO DI

