

Università “Campus Bio-Medico” di Roma

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Area di Otorinolaringoiatria

Corso di Dottorato:

Nuove Tecnologie Biomediche in Otorinolaringoiatria

**UN NUOVO DISPOSITIVO PER LA
VALUTAZIONE DELLA RESPIRAZIONE
NASALE: IL VIDEORINOIGROMETRO (VRH).
PROGETTAZIONE, SVILUPPO E
SPERIMENTAZIONE CLINICA.**

Coordinatore del corso:

Prof. Fabrizio Salvinelli

Tutor:

Prof. Roberto Setola

Dottorando:

Manuele Casale

ANNO ACCADEMICO 2005/2006

XXI CICLO

INDICE

Capitolo 1: Embriologia ed anatomia del naso	pag. 3
Capitolo 2: Fisiologia del naso	pag. 22
Capitolo 3 Diagnosi dell'ostruzione nasale:	
a. Anamnesi ed esame obiettivo	pag. 30
b. Metodiche di imaging e strumentali	pag. 36
Capitolo 4: VRH: principi di funzionamento	pag. 48
Capitolo 5: VRH: sviluppo del software	pag. 53
Capitolo 6: Valutazione accettabilità e comfort del VRH	pag. 61
Capitolo 7: Valutazione pre e post-operatoria con VRH di pazienti sottoposti a chirurgia funzionale nasale: confronto con SNOT-20, VAS e rinomanometria anteriore attiva	pag. 67
Bibliografia	pag. 88

CAPITOLO 1

ANATOMIA ED EMBRIOLOGIA DEL NASO

1.1 Embriologia

La faccia si sviluppa da 5 abbozzi, i processi facciali, che compaiono sulle pareti dello stomodeo durante la quarta settimana di sviluppo. Essi sono:

1. il processo frontale, che rappresenta il tetto dello stomodeo
2. due processi mandibolari, che formano il pavimento dello stomodeo
3. due processi mascellari, che rappresentano i lati dello stomodeo.

Alla fine della quarta settimana compaiono sul processo frontale due ispessimenti ectodermici, i placodi olfattivi, e il mesoderma che li circonda prolifera attivamente formando ai loro bordi due protuberanze che danno origine ad ulteriori abbozzi della faccia: i processi nasali.

1.1.1 Cavità nasali

I placodi olfattivi inizialmente risultano estroflessi, ma dopo la formazione dei processi nasali cominciano a invaginarsi verso l'interno e danno origine ai sacchi nasali primitivi. In un primo momento questi sacchi sono separati sia fra di loro che dalla cavità della bocca primitiva da una membrana oronasale, ma questa è una struttura transitoria che scompare gradualmente. Quando ciò avviene, i sacchi nasali formano un'unica cavità nasale primitiva che è in ampia comunicazione con la cavità orale attraverso l'apertura della coana primitiva. Durante l'ottava e la nona settimana di sviluppo, sul tetto della cavità nasale si forma una cresta mediana che

gradualmente si accresce verso il basso formando il setto nasale. Alla decima settimana il setto nasale si fonde sia con il palato primitivo che con il palato secondario, e in tal modo divide completamente la cavità nasale in due cavità distinte. Nello stesso periodo avviene la fusione dei due processi palatini che separano completamente, tuttavia in maniera transitoria, la cavità orale dalle cavità nasali. Sul fondo delle cavità nasali si formano presto due nuove aperture, le coane definitive, che metteranno in comunicazione le cavità nasali con la faringe. L'epitelio che tappezza la volta delle cavità nasali si differenzia in epitelio olfattivo, mentre nelle altre regioni si formerà epitelio mucoso di rivestimento. Sulle pareti laterali delle cavità del naso, infine, compaiono dei rilievi che rappresentano gli abbozzi dei 3 turbinati.

Lo sviluppo delle cavità sinusali si compie secondo un ordine cronologico, con la comparsa iniziale delle cavità etmoidali anteriori e mascellari, poi delle cavità frontali e sfenoidali. I meccanismi che regolano la loro cronologia di comparsa e il loro volume definitivo sono tuttora sconosciuti [1]

1.1.2 Seno mascellare

L'abbozzo iniziale si sviluppa dalla 12a settimana, mediante una fessura invaginata nella parete laterale della cavità nasale. Questa invaginazione aumenta con la crescita della faccia, invadendo a diversi gradi i corpi del mascellare. L'ostio del seno mascellare si modifica allo stesso modo. Nelle prime settimane l'orifizio è ampio, delimitato dalla parete orbitaria e dal dorso del turbinato inferiore. Progressivamente l'orifizio si restringe, parallelamente allo sviluppo del labirinto etmoidale, il cui processo uncinato e la cui parete inferiore della bulla vanno a formare rispettivamente la parete inferiore e superiore del canale ostiale nell'adulto.

La crescita del seno mascellare prosegue fino all'età di 15-18 anni a seconda degli Autori. Lo sviluppo è laterale, interessando e superando il canale infraorbitario, ed inferiore, verso la regione alveolare, in particolare dei premolari. Questa crescita sembra essere più marcata durante due periodi: i primi 6 mesi, e tra il terzo e il settimo anno dell'infanzia [2].

1.1.3 Labirinto etmoidale

Il turbinato medio è visibile già dal quinto mese. Già da questo stadio si può riconoscere la sua radice, la quale separa il labirinto etmoidale. La cellula bullare è identificabile, così come una cellula posteriore. Al sesto mese, i rilievi del meato medio sono simili a quelli dell'adulto: processo uncinato, bulla etmoidale. Alla nascita tutte le strutture sono in sede; le cellule anteriori sono spesso più pneumatizzate di quelle posteriori. Il labirinto etmoidale in seguito si allunga fino all'adolescenza, e il rapporto dei volumi delle cellule anteriori e posteriori si inverte. L'accrescimento è più marcato in lunghezza che in larghezza.

1.1.4 Seno frontale

Non è presente dalla nascita. Pur essendo la sua presenza già segnalata all'età di 2 o 3 anni, si evidenzia nella maggior parte dei casi verso l'età di 5-7 anni. La sua crescita prosegue fino all'età di 20 anni.

1.1.5 Seno sfenoidale

Non visibile alla nascita, compare sotto forma di invaginazione della parete anteriore del corpo dello sfenoide. La progressione di questa invaginazione continua fino all'adolescenza. L'asimmetria diventa frequente e le variazioni di volume

numerose, andando dall'ipoplasia alla pneumatizzazione completa dell'osso sfenoidale.

1.2 ANATOMIA DEL NASO

Il naso è posto nella parte mediana della faccia, al di sotto della fronte e al di sopra del labbro superiore. E' formato dal naso esterno e dalle cavità nasali, a cui sono annesse le cavità o seni paranasali.

1.2.1 Il naso esterno

Il naso esterno è un rilievo formato da cartilagini e ossa. E' posto al centro della faccia tra la fronte, il labbro superiore e le guance ed ha la forma di una piramide triangolare. Nella piramide nasale si considerano 3 facce, tre margini, un apice ed una base. Le facce si distinguono: una radice posta all'origine del naso fra le due arcate sopracciliari, un dorso, arrotondato, diretto verso il basso e in avanti e che termina con una punta o lobulo; due facce laterali, triangolari, le cui parti inferiori, cartilaginee e mobili, sono dette ali del naso; una faccia inferiore in cui si aprono due orifizi ellittici, le narici. La base del naso ha la forma di un triangolo il cui lato maggiore corrisponde al contorno inferiore dell'apertura piriforme. Il volume e la forma del naso presentano estese variazioni individuali in rapporto con razza, con il tipo somatico e con l'età.

Il naso esterno è formato da cute, sottocutaneo, da muscoli e da uno scheletro cartilagineo. Lo scheletro è dato in parte dalle ossa nasali e mascellari ed in parte dalla cartilagine del setto, dalle cartilagini laterali ed alari maggiori; queste ultime conferiscono alla sua parte distale una certa mobilità.

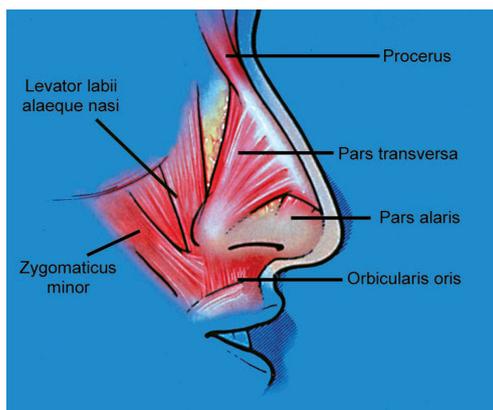


FIG 1.1. Anatomia dei principali muscoli perinasali

1.2.2 Vestibolo del naso

Il vestibolo rappresenta l'ingresso della cavità nasale. È un canale con un rivestimento interno cutaneo, dove si impiantano dei peli: le vibrisse. È costituito da un orifizio inferiore o superficiale, attraverso il quale la cavità nasale comunica con l'esterno, e un orifizio superiore o profondo, che costituisce l'inizio della cavità nasale propriamente detta [3].

L'orifizio profondo è una sezione più importante dell'orifizio superficiale, con un rapporto compreso tra 1,4 e 1,6. L'orifizio profondo corrisponde alla zona di giunzione tra il rivestimento cutaneo e mucoso. Esso è piriforme, più largo nella porzione inferiore. La sua parte superiore, affusolata, è la valvola nasale propriamente detta [4]

È formata esternamente dal bordo caudale della cartilagine laterale superiore (limen nasi), e internamente dalla parte superiore della cartilagine quadrangolare, che forma un angolo diedro. Il segmento inferiore è denominato regione infra- o sotto-valvolare, nella quale si proietta la testa del turbinato inferiore. La regione valvolare è costituita dall'associazione della valvola propriamente detta e della regione infravalvolare (FIG. 1.2). Controlla la direzione delle correnti aeree.

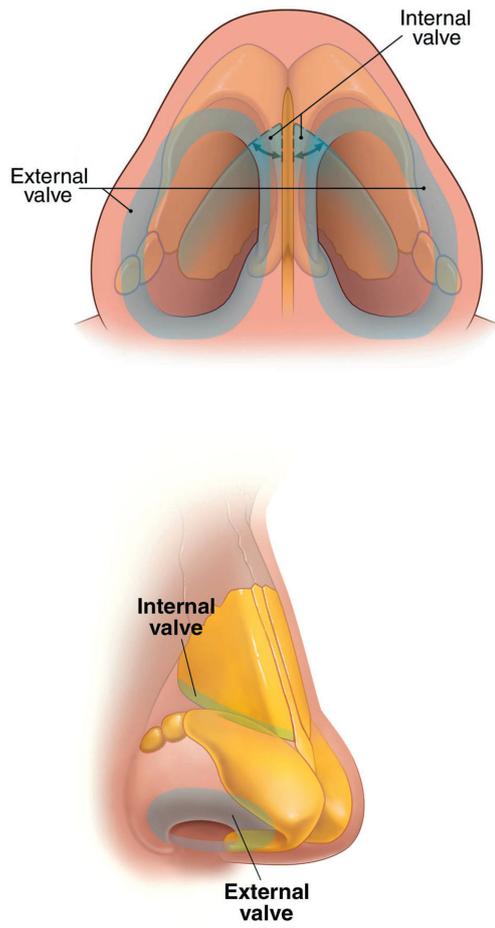


FIG. 1.2

La valvola settoturbinale, posteriore, è un'unità anatomofisiologica delimitata anteriormente dal setto nasale ed esternamente dalla mucosa del turbinato inferiore.

Regola la resistenza nasale [5].

(fig 1.3).

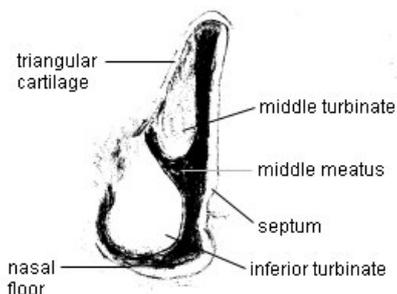


FIG. 1.3 Valvola nasale interna

1.2.3 Cavità nasali

Pavimento: parete inferiore delle fosse nasali

Il pavimento della fossa nasale ha forma di doccia che si prolunga lateralmente attraverso il meato inferiore. È delimitato medialmente dal setto nasale e posteriormente dalla soglia coanale (linea che unisce la coda del turbinato inferiore alla base dell'arco settale) [6]. Prosegue posteriormente con la faccia posteriore del velo palatino.

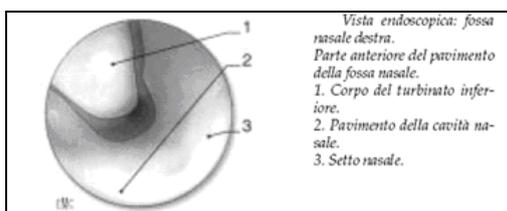


FIG. 1.4

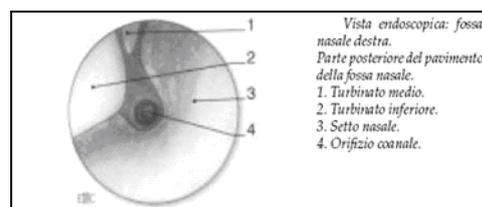


FIG 1.5

Setto nasale: parete mediale delle fosse nasali

È costituita da una parte anteriore cartilaginea, formata dalla cartilagine quadrangolare, e una parte posteriore ossea, composta dalla lamina perpendicolare dell'etmoide e dal vomere (FIG. 4-5).

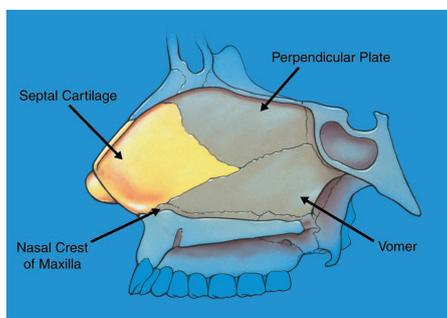


FIG. 1.6

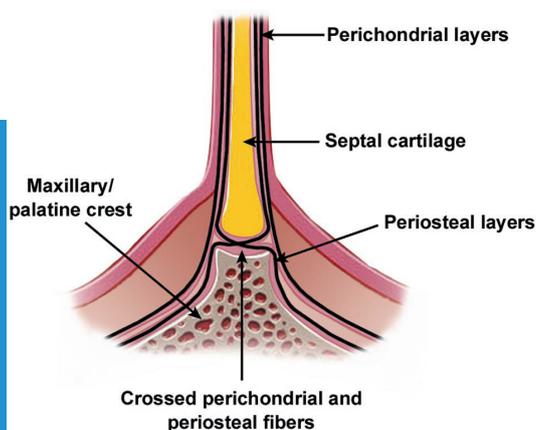


FIG. 1.7

Sul piano endoscopico, l'articolazione condrovomeriana forma una cresta inferiore obliqua inferiormente ed anteriormente, situata in corrispondenza del turbinato inferiore. L'articolazione condroetmoidale forma una cresta superiore obliqua verso l'alto e anteriormente, situata in corrispondenza del turbinato medio.

Queste due creste non sono sempre visibili. Il bordo posteriore del vomere forma il bordo posteriore del setto. Il limite interno delle coane descritto all'endoscopia è l'arco settale [7].

Parete turbinale: parete laterale delle fosse nasali

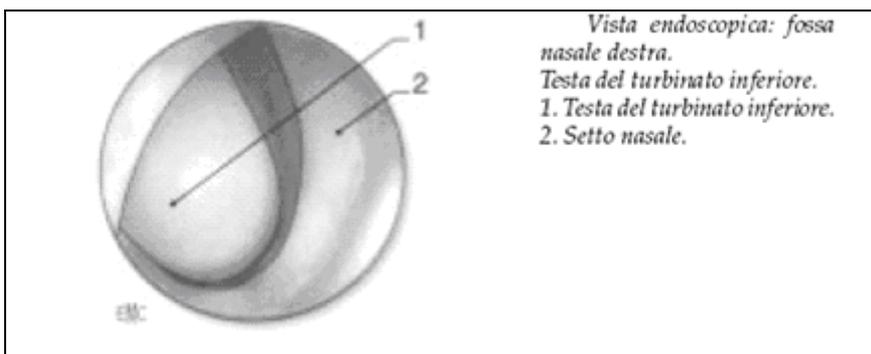
È costituita dal turbinato inferiore e dal suo meato, dal turbinato medio e dal suo meato. Il turbinato superiore e il suo meato fanno parte della volta delle fosse nasali [7].

Turbinato inferiore e suo meato

La testa del turbinato inferiore è in genere leggermente rigonfia, il corpo è più affusolato; la coda è affusolata o ricoperta da una mucosa di aspetto moriforme. Il turbinato inferiore è rivestito da una mucosa erettile sulla sua faccia laterale e sul suo margine libero, principalmente a livello della sua testa e della sua coda.

Il meato inferiore o meato lacrimale è situato sotto il turbinato inferiore. Prolunga lateralmente e verticalmente il pavimento delle fosse nasali. Ivi si riscontra l'orifizio del condotto nasolacrimale, circa 1 cm dietro la testa del turbinato inferiore. In generale è di piccole dimensioni e spesso difficile da vedere, anche con l'aiuto di un endoscopio. L'aspetto del meato inferiore varia a seconda della forma del turbinato inferiore [8].

FIG. 1.8



Turbinato medio e suo meato

Il turbinato medio presenta in genere una curvatura concava all'esterno. Tuttavia, molte variazioni anatomiche sono possibili: pneumatizzazione, curvatura paradossa convessa all'esterno, aspetto bifido. La piega preturbinale è un'ernia che unisce il

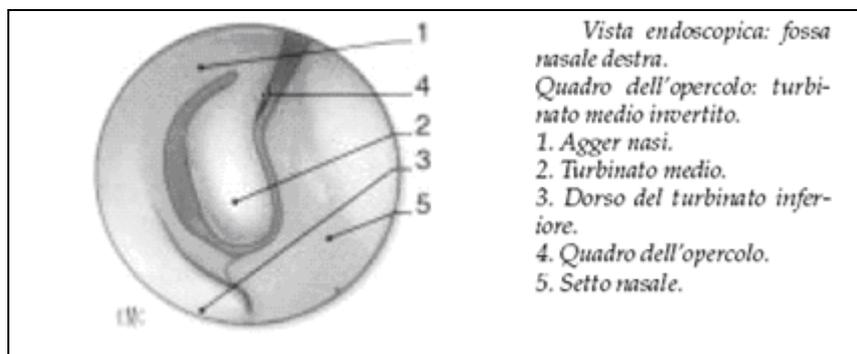
sostegno superiore della testa del turbinato medio, o collo dell'opercolo, al dorso del turbinato inferiore.

Racchiude una cellula etmoidale: l'**agger nasi** o cellula unciforme anteriore. Il becco del turbinato medio va dal collo dell'opercolo alla parete laterale della cavità nasale, dove raggiunge i becchi del processo unciforme e della bulla etmoidale. Il corpo del turbinato medio si assottiglia in genere dal davanti all'indietro. La coda del turbinato medio forma la parete laterale del recesso sfenoetmoidale. Dall'altra parte forma, con la coda del turbinato inferiore, il limite laterale dell'arco coanale.

Il meato medio è delimitato medialmente dal turbinato medio e lateralmente da tre rilievi con, dal davanti all'indietro, l'onda lacrimale, il processo unciforme e la bulla etmoidale.

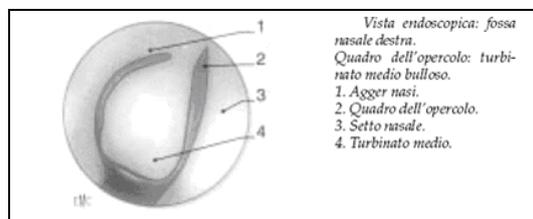
La fessura premeatica media di Terrier è delimitata lateralmente dal processo unciforme, medialmente dall'opercolo del turbinato medio: è l'ingresso del meato medio. Il processo unciforme ha una direzione verticale per 1-2 cm, poi si orizzontalizza verso la parte posteriore e termina al di sotto del rilievo della bulla etmoidale, che nasconde parzialmente. Il suo bordo posteriore è libero e di aspetto tagliente. La sua parte superiore è a volte sporgente e forma il becco del processo uncinato, che raggiunge il becco del turbinato medio.

FIG. 1.9



La **bulla etmoidale** è situata tra la testa del cornetto medio e il processo uncinato. Costituisce, grazie alla sua convessità prominente, un repere essenziale durante l'esame endoscopico del meato medio. È caratterizzata, alla sua estremità superiore, da due cornetti e un becco. Il suo becco separa anteriormente gli orifizi della cellula meatale anteriore, posteriormente della cellula meatale posteriore. Il corno laterale o uncibullare è anteriore. Separa la cellula uncinata terminale e la cellula meatale anteriore. Il corno mediale è posteriore, ricongiunge la bulla e il turbinato medio. Separa l'orifizio della cellula meatale posteriore (anteriormente) e l'orifizio della cellula soprabullare (posteriormente e al di sotto) [9].

FIG. 1.10



I tre becchi del turbinato medio, della bulla e del processo uncinato formano un'immagine stellata, visibile solo con un'ottica a 70°. Le tre branche della stella sono separate da tre docce:

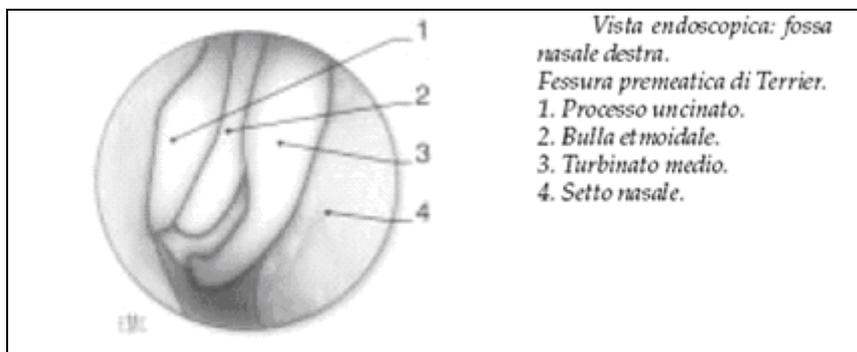
- la doccia anteriore o unciturbinale o meatale;
- la doccia inferolaterale o uncibullare o bullare o hiatus semilunare;
- la doccia superomediale o bulloturbinale o retrobullare.

Questa regione è stata denominata da Terrier il *rond-point bullare* o stella delle docce. La forma a stella delle docce varia a seconda dell'importanza della pneumatizzazione etmoidale, in particolare delle cellule meatali posteriori, uncinatae anteriori e posteriori, spesso incostanti [10].

La parete posteriore e inferiore del meato medio comprende:

- una zona deprimibile a volte con un orifizio mascellare accessorio (orifizio di Giraldès): è la zona delle fontanelle;
- una zona posteriore, resistente, corrispondente alla lamina verticale del palatino: è il campo precoanale, nel quale si trova l'orifizio sfenopalatino.

FIG. 1.11



Volta delle fosse nasali

Il soffitto delle fosse nasali ha la forma di una doccia limitata medialmente dal setto nasale e lateralmente dal prolungamento superiore della parete turbinale. È costituito da due porzioni:

- una parte anteriore: la fessura olfattiva;
- una parte posteriore, o piano dei meati superiori.

La fessura olfattiva è stretta, situata tra la parte superiore del setto nasale medialmente e il sostegno superiore del turbinato medio lateralmente. La sua parte anteriore è obliqua in basso e anteriormente e corrisponde alle ossa del naso. La sua parte posteriore è orizzontale, formata dalla lamina cribrosa dell'etmoide.

Il piano dei meati superiori è situato dietro la fessura olfattiva.

Comprende:

- il turbinato superiore fusiforme, che delimita medialmente il meato superiore;
- a volte un turbinato supremo, che delimita medialmente un meato supremo).

Parete posteriore

Comprende:

- una parte superiore o sfenoidale: il recesso sfenoetmoidale;
- una parte inferiore: le coane.

Il recesso sfenoetmoidale è delimitato:

- dal setto nasale medialmente;
- dal turbinato superiore e supremo lateralmente;
- dalla parte superiore delle coane o arco coanale in basso.

Comprende due segmenti:

- un segmento superiore verticale costituito dalla faccia anteriore dei corpi dello sfenoide, nel quale si trova l'ostio del seno sfenoidale;
- un segmento inferiore obliquo in basso e indietro, costituito dalla faccia inferiore del corpo dello sfenoide.

Le coane formano l'orifizio posteriore della cavità nasale.

Comprendono una parte superiore, arcata coanale o arco coanale, e una parte inferiore o soglia coanale. Le code del turbinato inferiore e medio si proiettano a livello della parte laterale dell'arco coanale. La soglia coanale corrisponde alla linea che unisce la coda del turbinato inferiore alla base dell'arco settale. È il limite posteriore del pavimento della cavità nasale [11].

1.2.4 Vascolarizzazione delle cavità nasali

Due sistemi partecipano alla vascolarizzazione delle cavità nasosinusali.

Sistema carotideo esterno

– Arteria mascellare, ramo terminale della carotide esterna, decorre dietro il seno mascellare per raggiungere il forame sfenopalatino. A questo livello, si divide in due rami: uno superiore (arteria nasopalatina), che dopo aver dato un ramo collaterale per il turbinato superiore, si dirige verso il setto, che raggiunge posteriormente, quindi scende anteriormente in un solco settale condrovomeriano, per raggiungere il canale incisivo (palatino anteriore) dove si anastomizza con l'arteria del sottosetto. Il braccio inferiore si distribuisce al turbinato medio e inferiore.

– Dall'arteria facciale parte l'arteria palatina ascendente e l'arteria buccale, che si anastomizza con la sua omologa, derivata dall'arteria mascellare. Da questa arcata buccale nasce l'arteria del sottosetto.

Sistema carotideo interno

L'arteria etmoidale anteriore e quella posteriore, collaterali dell'arteria oftalmica, si distribuiscono nella porzione superiore delle cavità nasali. L'arteria etmoidale anteriore genera l'arteria della falce cerebrale, prima di distribuirsi medialmente alla regione olfattiva, alla zona anteriore del setto e lateralmente alle cellule etmoidali

anteriori e al seno frontale. L'arteria etmoidale posteriore genera l'arteria del giogo sfenoidale e si distribuisce alle cellule etmoidali posteriori.

Vascularizzazione settale

Tutti i sistemi arteriosi sono coinvolti nella sua vascularizzazione, in particolare nella sua porzione anteriore, dove questa rete anastomotica è descritta con il termine di «stria vascolare» o zona di Kisselbach. Questa zona si situa a 1 cm circa dietro l'orifizio nasale da una parte all'altra del setto [12].

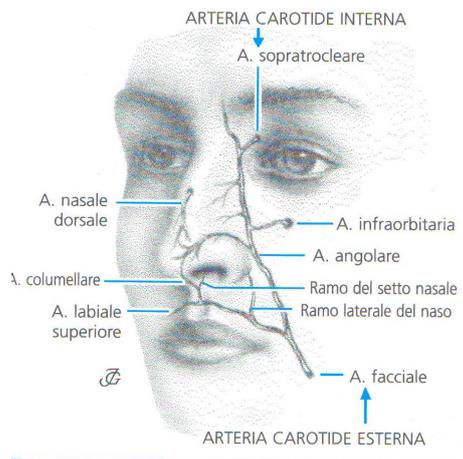


FIG. 1.12

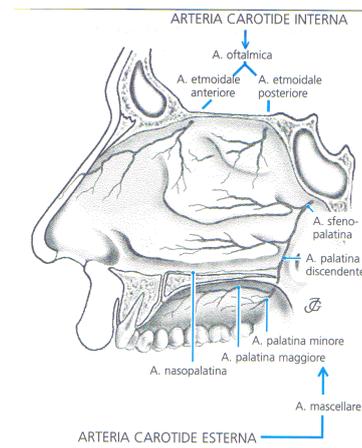


FIG. 1.13

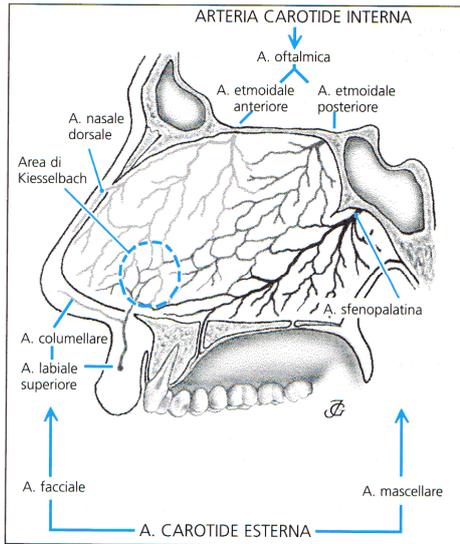


FIG. 1.14

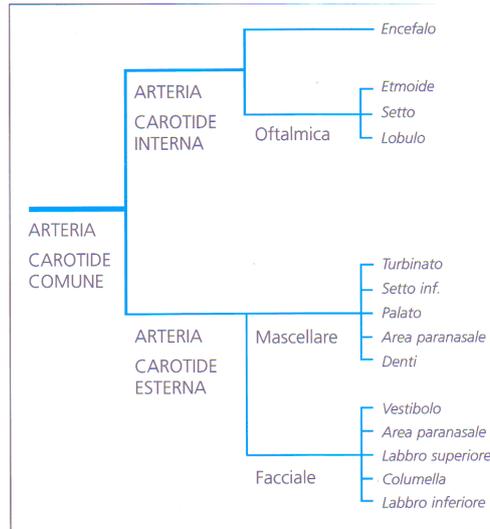


FIG. 1.15

Innervazione del naso

Il naso ha 4 diversi sistemi di innervazione: sensoriale, motorio, simpatico e parasimpatico

Innervazione sensoriale

Piramide nasale

Riceve la sua innervazione attraverso 5 rami diversi, di cui quattro originano dal nervo oftalmico ed uno dal nervo mascellare e vi un'ampia sovrapposizione tra le aree di distribuzione di queste branche.

Cavità nasale

L'innervazione origina da tutte e tre le branche del trigemino con ampia sovrapposizione tra le aree di innervazione. Le fibre del sistema parasimpatico decorrono insieme alla fibre sensoriali, mentre la maggior parte delle fibre del sistema simpatico seguono l'irrorazione ematica, sebbene alcune decorrono con i nervi sensoriali.

Innervazione motoria

Deriva dal nervo facciale, in particolare dallo zigomatico e dal buccale. L'innervazione dei muscoli dilatatori è parte di un riflesso consistente in mecanocettori polmonari, centro respiratorio del midollo allungato, e fibre motriche del facciale dirette alla muscolatura.

Vie efferenti Simpatiche

L'origine è a livello D1-D2, il secondo neurone è a livello del ganglio cervicale superiore. Le fibre post-gangliari formano i plessi carotidei esterno ed interno; seguendo infatti l'arborizzazione arteriosa il simpatico raggiunge le fosse nasali attraverso il plesso facciale, il plesso della mascellare interna (Carotide est.), e attraverso il plesso oftalmico (Carotide mt.). Il plesso della Carotide mt. prende parte con un ramo alla costituzione del N. Vidiano e tramite questo raggiunge il ganglio sfenopalatino per innervare, con rami efferenti di quest'ultimo, le fosse nasali e le cavità paranasali.

Vie efferenti parasimpatiche

Prendono origine da cellule situate nel bulbo, decorrono nell'ambito del Facciale fino al ganglio Genicolato. Le fibre partecipano alla costituzione del N. Vidiano, col quale raggiungono il ganglio sfeno-palatino dove si trovano le sinapsi [12].

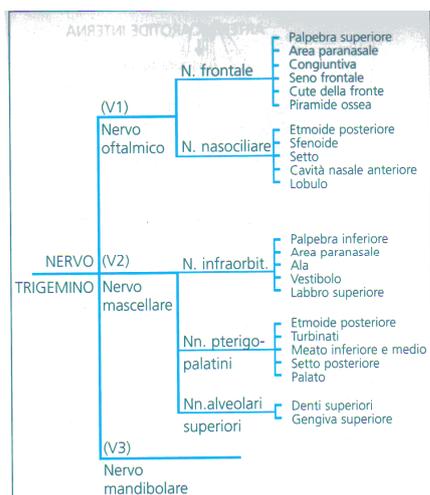


FIG. 1.16

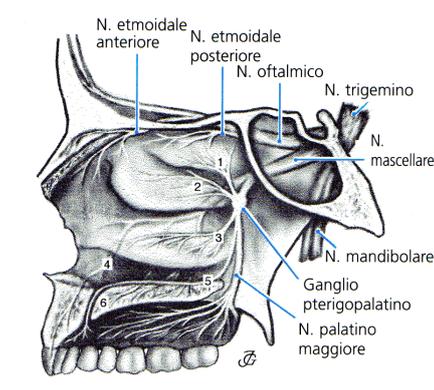


FIG. 1.17

2. FISILOGIA DEL NASO

Respirazione Nasale

Il naso è dotato di un'apertura esterna dilatabile a livello della narice, detta **valvola nasale esterna**. Nella inspirazione tranquilla il flusso dell'aria è quasi laminare, data la ristrettezza delle fosse nasali. La presenza dei turbinati genera però delle turbolenze, per cui un modello matematico preciso del flusso è difficile. Le correnti aeree durante l'inspirazione sono determinate dalla direzione delle narici e dalle ridotte dimensioni del limen nasi in rapporto delle dimensioni delle coane. Durante la respirazione tranquilla l'aria inspirata transita verso l'alto per incurvarsi poi sotto la volta delle cavità nasali e continuare in basso attraverso le coane. L'estremità anteriore del turbinato inferiore svolge un ruolo importante nella regolazione del flusso aereo [13].

Si ammette comunque che la parte principale dell'aria inspirata corra a livello del turbinato inferiore.

FIG. 2.1

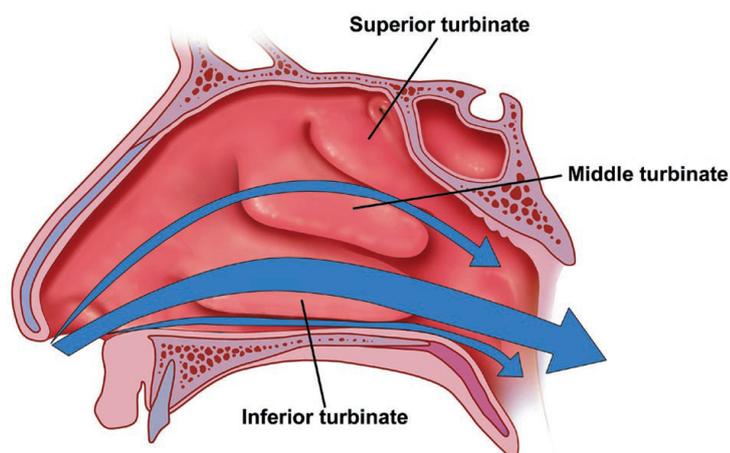
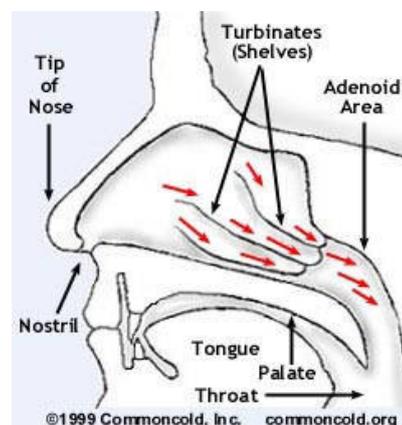


FIG. 2.2



Inspirazioni forzate, come durante l'atto di annusare, consentono all'aria di salire più

-in alto e raggiungere la fessura olfattiva. In condizioni ottimali (aria a 25 gradi centigradi con umidità del 60 %) si calcola che nella respirazione tranquilla passino, per il naso 15l d'aria al minuto [14].

Il Ciclo Nasale

Il tessuto erettile del naso è sotto il controllo dell'innervazione autonoma. Si è scoperto già alla fine del secolo scorso che quando in una fossa nasale prevale l'effetto adrenergico nell'altra prevale quello colinergico. Pertanto il calibro delle fosse nasali varia in continuazione con il tempo, in maniera speculare tra le due fosse. La resistenza globale del naso al flusso dell'aria (che è inversamente proporzionale alla quarta potenza del calibro) suo reciproco che è la conduttanza, rimane però sempre costante. La formula di Guillerme dice infatti:

$$R_{\text{globale}} = R_{\text{destra}} + R_{\text{sinistra}}$$

In questa equazione R destra e sinistra variano ciclicamente, ma la loro somma resta invariata.

La durata del ciclo nasale è relativamente stabile in ciascun soggetto, anche se è influenzata ovviamente dalle caratteristiche fisiche dell'aria inspirata. Essa oscilla tra i 30' e le 7 h. In circa il 15% dei soggetti il ciclo nasale è molto irregolare.

Il condizionamento dell'aria

Nei confronti dell'aria inspirata il naso non si comporta come un condotto passivo. Esso agisce attivamente sull'aria in modo che questa raggiunga gli alveoli in condizioni ottimali. Siamo quindi in presenza di un perfetto condizionatore d'aria, le cui tre principali funzioni sono:

1) la filtrazione

2) l'umidificazione

3) il riscaldamento.

1) Un primo grossolano filtraggio viene eseguito nel vestibolo nasale ad opera delle vibrisse. Il grosso della filtrazione avviene però a livello delle teste dei turbinati. Qui il 70-80% delle particelle con diametro da 3 a 5 micron (e quasi il 100% di quelle più grandi) resta incarcerato nel tappeto delle ciglia vibratili. Queste "battono" ad un ritmo variabile (da 150 a 1500 volte al 1') spostando verso l'esterno il "lenzuolo di muco" che riveste le cellule. L'aria molto secca arresta il battito ciliare e così pure l'aria fredda (sotto i 12°). L'arresto del battito comporta la stasi del muco e quindi la facilità alle infezioni

2) Il lenzuolo di muco che protegge tutte le vie respiratorie è essenziale per la vita in quanto impedisce l'evaporazione del contenuto cellulare. Si calcola che il naso produca circa 1l di muco nelle 24 ore. Esso ha un pH acido (azione antibatterica), contiene mucopolisaccaridi, sali minerali e un 95% di acqua che può aumentare o diminuire (la stimolazione colinergica produce un muco acquoso, o tipo saliva, quella adrenergica l'opposto) a seconda delle necessità. Contiene inoltre delle SIg, specie SIgA. Il muco viene in continuazione spostato dalle ciglia: il lenzuolo si rinnova pertanto ogni 15' circa.

Un'importante funzione del muco è quella di umidificare l'aria inspirata grazie al suo contenuto acquoso. Qualunque sia l'umidità di partenza, all'uscita dal naso l'umidità si aggira costantemente sull'80%. Quando l'aria è molto secca, per arrivare a tale valore il flusso deve farsi assolutamente laminare e deve aumentare la turbolenza: ciò si verifica in forza delle modificazioni di calibro realizzate dal tessuto erettile.

3) Il tessuto erettile del naso, con le sue estese reti capillari, gli shunt arterovenulari e i laghi venosi è in grado di cambiare di volume con estrema rapidità. L'aria fredda produce un'erezione, quella calda una deplezione. Grazie alle variazioni di calibro provocate da questi meccanismi, l'aria della faringe ha sempre una temperatura di 36°, qualunque sia quella dell'esterno [15].

In definitiva dunque il condizionamento dell'aria effettuato dal naso è importante ai fini di un'ottimale respirazione, come conferma che l'assoluta frequenza di episodi tracheobronchitici in coloro che inspirano attraverso una cannula tracheale

Un'ulteriore efficace azione protettiva svolge il naso mediante i riflessi che da esso partono. I riflessi naso-bronchiale e naso-polmonare, con arco afferente del V n.c. ed efferente del X n.c., controllano rispettivamente la dilatazione bronchiale e il ritmo respiratorio. Lo starnuto e la tosse hanno gli stessi archi (che si chiudono a livello bulbo-pontino) e consistono in un'espiazione forzata attraverso il naso o rispettivamente la bocca.

Possiamo ora definire gli svantaggi della respirazione orale rispetto a quella fisiologica nasale:

- 1) E' più rapida e meno profonda (quindi consente una minore diffusione di O₂ negli alveoli).
- 2) Il pretrattamento dell'aria è ridotto dell'80-90%
- 3). Mancano i riflessi regolatori a partenza nasale.

Olfatto

Il processo dell'olfatto consta di una prima fase, detta della trasmissione dello stimolo, in cui l'aria inspirata raggiunge la fessura olfattiva e le particelle odorose vengono adsorbite nel lenzuolo di muco che ricopre le cellule sensoriali.

E' del tutto sconosciuta la seconda fase, quella che si svolge a livello delle cellule. Le ipotesi sono numerose, ma in realtà non sappiamo neppure se differenti cellule, o differenti luoghi della loro membrana, siano recettivi per odori differenti. Si dice che l'odorato appartiene, come il gusto, ai sensi chimici, ma esistono teorie che sostengono che la sensazione sarebbe dovuta a fenomeni fisici basati sulla radio o fotosensibilità [14].

Iposmia e Anosmia

Possono essere "di trasmissione" per l'ostruzione del transito nasale, oppure "neurosensoriali" per lesioni dei recettore o delle sue proiezioni nervose. L'anosmia non è invalidante nell'uomo, che è un animale microsmatico: secondo le tabelle USA, essa comporta un tasso di invalidità del 3%, di fronte al 30% della sordità e al 60% della cecità (si parla sempre di deficit bilaterali totali). Un anosmico ha delle grosse limitazioni nell'apprezzamento dei cibi, dato che il senso del gusto si limita a percepire pochi sapori fondamentali (acido - amaro - salato - dolce) e soffre della mancanza di taluni segnali di allarme di tipo olfattorio. Poiché le cellule sensoriali possono rigenerare, talune anosmie sono reversibili, a volte dopo lungo intervallo di tempo.

Fattori che influenzano la resistenza nasale

Il range normale delle resistenze nasali è stato materia di controversia ma vi è accordo nell'accettare una resistenza nasale totale pari a $2 \div 3 \text{ cmH}_2\text{O/Ls}$ o di $0.2 \div 0.3 \text{ Pa/cm}^3\text{s}$, con una resistenza di ogni passaggio tra $2 \div 8 \text{ cmH}_2\text{O/L.s}$ o $0.2 \div 1.0 \text{ Pa/cm}^3\text{s}$.

Nel misurare le resistenze nasali, bisogna tener presente le molte situazioni fisiologiche che possono essere causa di alterazione. Nel seguito verranno brevemente descritti alcuni dei fattori più importanti che inducono variazioni delle resistenze nasali:

- **Ciclo nasale:** sin dalla fine del diciannovesimo secolo si è dimostrato un ritmo circadiano di congestione e decongestione nasale. Ciò è dovuto a cambiamenti nel tono simpatico, controllati probabilmente da aree del tronco encefalico, attive nel controllo dell'attività respiratoria. La durata del ciclo varia da $2 \div 7 \text{ h}$, in media $3 \div 4 \text{ h}$, e si ritrova nei soggetti in piedi o seduti. L'ampiezza del ciclo è massima nella posizione supina ed è minima nella posizione ortostatica. E' assente nei pazienti laringectomizzati e tracheotomizzati, per quanto in questi ultimi si ripresenta quando si ripristina la normalità delle vie aeree. E' temporaneamente abolito dalle sostanze vasoattive, dall'esercizio e dall'iperventilazione. Il ciclo è irregolare per frequenza ed ampiezza, ma è costante la reciprocità tra i due lati, come pure la resistenza totale. Nelle prime ore del giorno si verifica un incremento della resistenza unilaterale. Interessante la risposta alla postura, che può essere sovrastata dai riflessi provocati dalla posizione sul fianco. Se la postura laterale è transitoria (45 s), il ciclo si ristabilisce, mentre dopo un lungo periodo (12 min), la fase di reversione continua finché non comincia spontaneamente un nuovo ciclo [14].

- **Età:** la resistenza è inversamente proporzionale all'età. Nell'infanzia si ha un massimo di resistenza di 12 cmH₂O/Ls , che diminuisce fino a raggiungere i valori definitivi dell'adulto a 16 anni. Successivamente si nota un lieve declino, probabilmente per l'atrofia dei tessuti. Non vi sono correlazioni col sesso o con l'altezza.
- **Attività fisica:** con l'aumentare dell'attività fisica, le resistenze nasali diminuiscono, probabilmente per un incremento nel tono simpatico del tessuto erettile. Generalmente il soggetto non si accorge del cambiamento. L'insorgenza del cambiamento è rapida e non dura per molto dopo la cessazione dello stimolo, ritornando alla normalità entro 15 ÷ 30 min. Quando si induce con l'esercizio fisico una respirazione di 35 L/min, si ha un cambiamento dalla respirazione nasale a quella oronasale, con il 40% dell'aria inspirata che viene assunta oralmente, e questa proporzione aumenta in proporzione ai successivi incrementi del flusso inspiratorio.
- **Respirazione:** la respirazione di aria espirata o l'apnea, causando un aumento della PCO₂ arteriosa, stimolano una vasocostrizione ed una caduta della resistenza entro pochi atti respiratori. Questo è dovuto al sistema simpatico cervicale stimolato dalla PCO₂ che agisce sui recettori. Al contrario, una caduta della PCO₂ , come nell'iperventilazione, provoca vasodilatazione ed incremento delle resistenze. Si sono notate alcune oscillazioni nella resistenza nasale durante il ciclo respiratorio, con una lieve diminuzione durante l'inspirazione.
- **Postura:** cambiamenti nella postura provocano marcati cambiamenti nella resistenza nasale, associati probabilmente ad alterazioni della pressione venosa giugulare e del tono simpatico. Le resistenze aumentano non solo giacendo distesi,

ma anche su di un fianco, perché si verifica un incremento di resistenza sul lato interessato ed una diminuzione sul lato controlaterale.

Questi cambiamenti sono dovuti a dei riflessi mediati dalla pressione sulla cute, per quanto lo stimolo deve essere di una certa intensità e durata e deve interessare una ampia area di superficie. Questo riflesso posturale sovrasta il ciclo nasale e può essere mediato dalle stesse vie del riflesso per la sudorazione.

- **Temperatura della cute e dell'aria:** cambiamenti nella temperatura della cute possono portare ad alterazioni del flusso sanguigno mucosale nasale. Questa è parte del sistema termoregolatore che modula la conservazione o la perdita di calore in funzione del bisogno fisiologico. L'inspirazione di aria fredda provoca la congestione del tessuto erettile e l'aumento della secrezione, anche se quest'ultimo è in parte dovuto alla condensazione di aria satura espirata [16].

- **Risposta emozionale e psicologica:** disturbi emotivi possono portare a congestione nasale e talvolta ad aumento di secrezione, mentre lo stress riduce la resistenza incrementando la stimolazione simpatica. Tuttavia la sensazione soggettiva di flusso di aria può essere modificata da una serie di sostanze, quali il mentolo, mentre le resistenze rimangono inalterate. Questo può essere dovuto a recettori per il flusso aereo, localizzati nel vestibolo ed innervati dal ramo infraorbitario del trigemino. Altre sostanze, quali il fumo, possono portare, con analogo meccanismo, ad una sensazione di naso chiuso, mentre agenti irritanti quali il diossido di zolfo possono provocare un reale aumento di congestione e resistenza [17] [18] [19] [20].

CAPITOLO 3a

ANAMNESI ED ESAME OBIETTIVO

L'anamnesi e l'esame obiettivo svolgono un ruolo cruciale nel corretto inquadramento diagnostico e terapeutico della sindrome ostruttiva rino-sinusale. E' bene tenere a mente che una patologia rino-sinusale si può ripercuotere non raramente sull'orecchio medio, predisponendo alla disfunzione tubarica e può favorire l'insorgenza di processi flogistici cronici a carico del faringe, della laringe e di tutto l'albero respiratorio [21].

Le strutture interne del naso deve essere valutate contestualmente alla piramide nasale, considerando sia le strutture interne che le esterne come facenti parte di un'unica unità anatomico-funzionale. Al livello esterno le strutture che devono essere analizzate sono rappresentate dalla punta nasale che se "ptosica" ostacola il passaggio nasale, dalla valvola nasale esterna e da eventuale deformazione della piramide nasale. Il paziente dovrebbe essere osservato durante sia una respirazione tranquilla che un'inspirazione profonda e l'esaminatore dovrebbe valutare la competenza della cartilagine triangolare ed alare: un collasso durante la prima fase dell'inspirazione indica un'incompetenza valvolare.

Dal punto di vista endoscopico la prima area da valutare è la valvola nasale interna che l'area della fossa nasale fisiologicamente più stretta dove anche minime alterazioni anatomiche possono provocare importanti stenosi respiratorie. Per una migliore valutazione è bene ispezionarla senza l'ausilio di speculi nasali ma solo facendo iperestendere il collo del paziente. Utile può essere la manovra di Cottle che se positiva è suggestiva di stenosi valvolare interna [21].

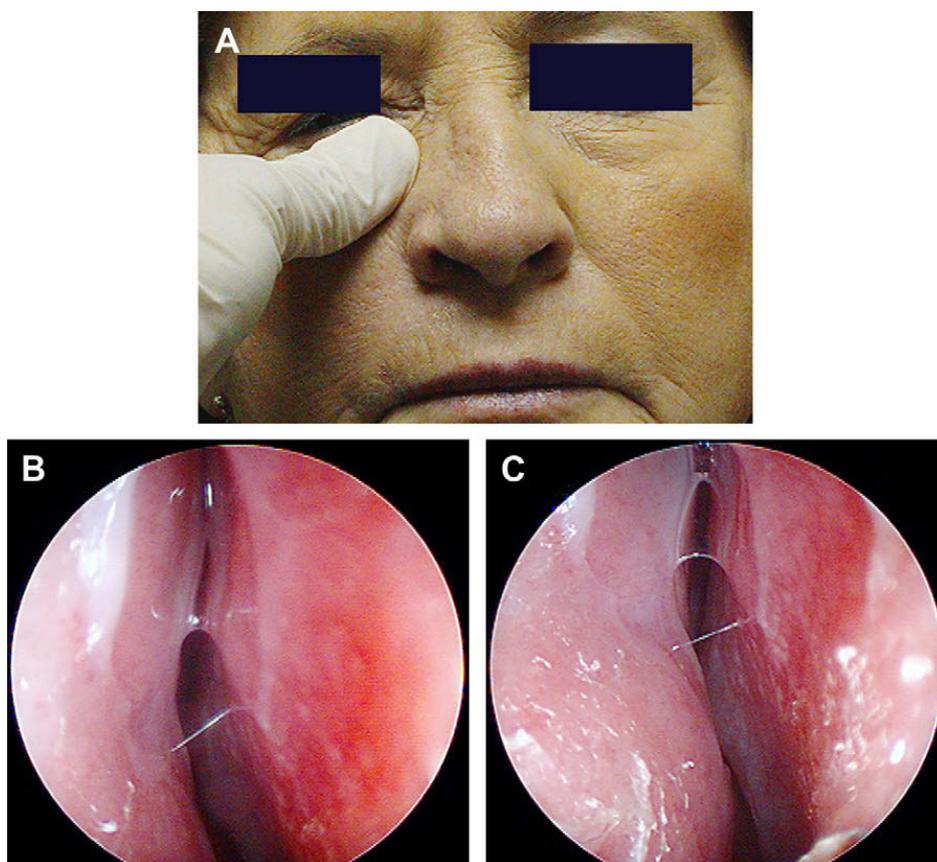


FIG 3.1 Manovra di Cottle (A). Si visualizza la valvola nasale interna dx prima (B) e durante la manovra (C).

L'Endoscopia, da eseguire sempre prima e dopo la decongestione, procederà con i classici "3 tempi" [21].

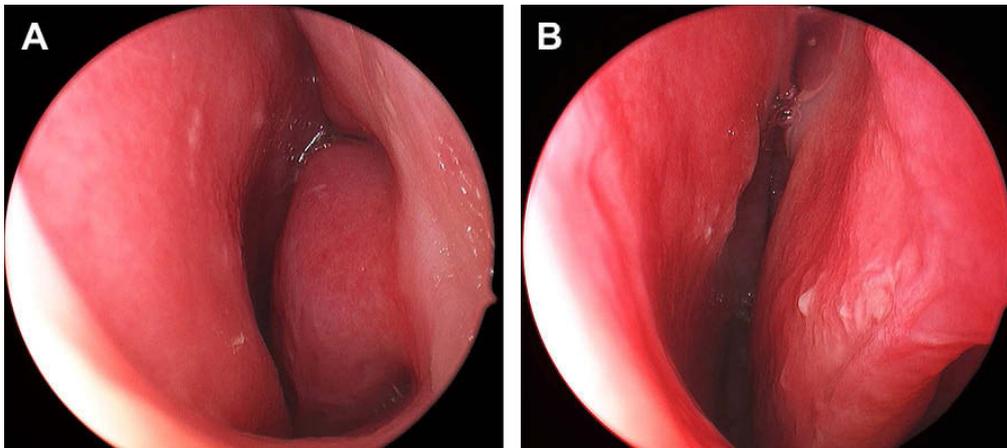


FIG. 3.2 Visione endoscopica del turbinato inferiore prima (A) e dopo (B) la decongestione con oximetazolina.

Il primo passaggio fornisce un'impressione generale e l'orientamento all'interno del naso, guardando verso il meato medio senza avvicinarsi troppo ad esso si ha un'ottima visione di insieme del naso e consente immediatamente il riconoscimento delle principali alterazioni anatomiche come deviazioni settali, creste e spicole, di eventuali secrezioni patologiche e del colore e del rigonfiamento della mucosa, così come la pervietà del vestibolo nasale.

La classificazione delle deformità settali secondo Mladina

La classificazione di Mladina prevede la distinzione in sei tipi di deviazioni e riconduce ogni deviazione come appartenente a uno dei sette “type” previsti [22]:

- **Type 1** indica una deformazione unilaterale basale situata nell’area della valvola nasale, ma che non disturba la funzione di quest’ultima.
- **Type 2** indica una deformazione unilaterale che causa un disturbo funzionale alla valvola.
- **Type 3** indica una deformazione unilaterale al livello della conca media con conto turbino-settale.
- **Type 4** indica una doppia deformazione una situata nella conca media, l’altra nel lato opposto, nell’area della valvola, disturbando il suo funzionamento.
- **Type 5** indica uno sperone unilaterale alla base del setto.
- **Type 6** indica una deformazione unilaterale con la presenza di uno sperone al lato opposto, con asimmetria della cavità nasale.
- **Type 7** indica la combinazione delle tipologie descritte precedentemente.

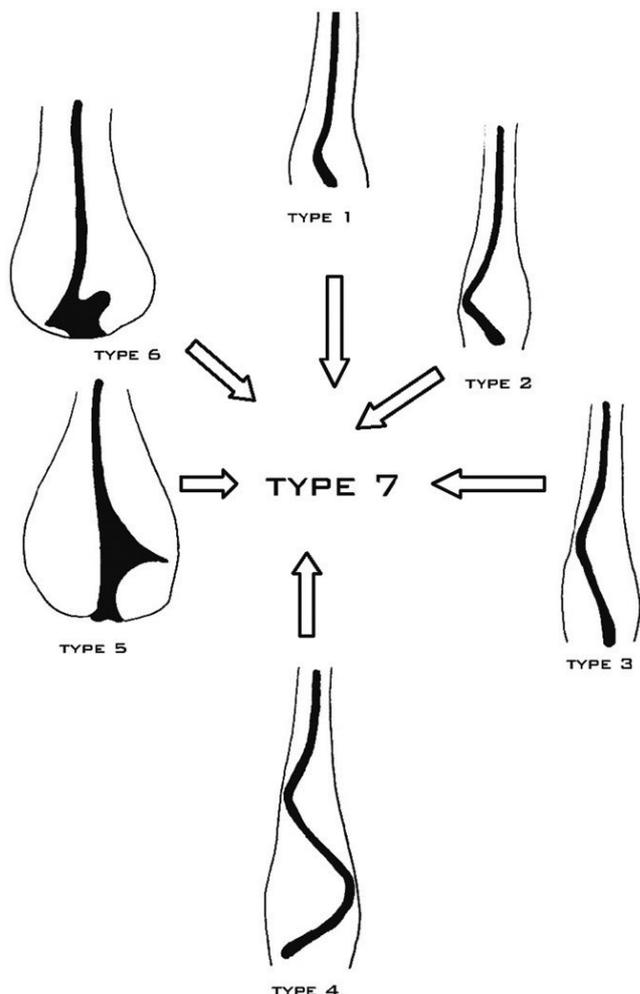
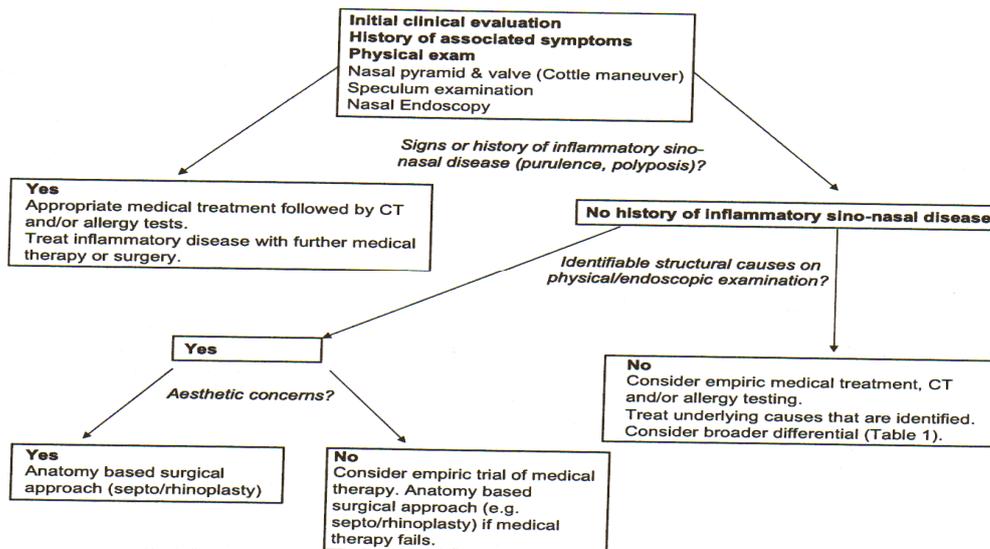


FIG. 3.3. Rappresentazione schematica della classificazione di Mladina delle deformità settali.

Si arriva al rinofaringe e si ispeziona, ritirando l'endoscopio di alcuni millimetri e ruotandolo completamente è possibile valutare l'interno perimetr della coana e la coda dei turbinati inferiori. Nel secondo tempo dell'endoscopia lo strumento viene fatto avanzare medialmente al turbinato medio in direzione del rinofaringe per identificare il limite posteriore del turbinato medio. Il terzo tempo consiste nell'esplorazione del meato medio e al suo interno della parete nasale laterale

adiacente. Talora è possibile entrare nel meato medio e vedere le porzioni superiore ed inferiore dello hiatus semilunaris.

Un algoritmo diagnostico per la diagnosi differenziale dell'ostruzione nasale è proposto qui di seguito [21]:



CAPITOLO 3b. METODICHE DIAGNOSTICHE DI IMAGING E STRUMENTALI PER LA VALUTAZIONE DELL'OSTRUZIONE NASALE

La diagnostica strumentale per la valutazione dell'ostruzione nasale può prevedere esami per immagini come la tomografia assiale computerizzata (TC) e la Risonanza Magnetica Nucleare in casi selezionati, tecniche rinomanometriche tra cui la rinomanometria anteriore attiva, rinometria acustica, rinostereometria, picco di flusso nasale. E' bene sottolineare che in tutte le indagini strumentali è estremamente utile la completa aspirazione delle secrezioni nasali e a volte l'uso di decongestionanti topici, come consigliato da Keans e Wichstead [23]. Se non si adottano questi piccoli accorgimenti la misura delle varie funzioni respiratorie nasali potrebbe risultare falsata con la possibile conseguenza di una errata diagnosi da parte del medico.

Si analizzano nel dettaglio le principali tecniche attualmente utilizzate per la diagnosi di ostruzioni nasali.

3.1 Tomografia assiale computerizzata

Le metodiche strumentali praticate in passato, come la radiografia standard del naso o con mezzo di contrasto endonasale sono state ormai superate dall'uso quasi routinario della TC ad alta risoluzione senza mezzo di contrasto (fig), tecnica non invasiva e di rapida esecuzione. Essa permette di definire l'entità dell'ostruzione, di definire con accuratezza eventuali anomalie ossee strutturali, come deviazione settale, fratture ossa nasali, atresia coanale, fistola liquorale, conca bullosa, identificare patologia sinusale, fornendo al chirurgo un'indispensabile mappa chirurgica completa rino-sinusale.

Un ulteriore progresso diagnostico è stato ottenuto con l'introduzione della T.C. spirale che, soprattutto a livello del massiccio facciale, oltre a ridurre i tempi di

esecuzione dell'esame, consente ricostruzioni di superficie tridimensionali di strutture anatomiche prescelte, isolate dalle strutture circostanti.

Maggiori informazioni nella tecnica di visualizzazione tridimensionale possono essere ottenute dalla possibilità di visualizzare queste strutture dal di dentro e di navigare al loro interno. Questa metodica chiamata endoscopia virtuale può trovare utile applicazione anche nel distretto rino-faringo-sinusale [21].



FIG. 3b.1. Immagine coronale di TC massiccio facciale senza mdc per lo studio rinosinusale

RMN massiccio facciale

Nella patologia rinosinusale è un esame di imaging complementare alla TC in alcune situazioni in cui è utile definire meglio le caratteristiche dei tessuti molli, come in casi di masse rino-sinusali, papilloma invertito, erniazioni meningeo o meningoencefaliche dalla volta nasale, o per valutare l'integrità della dura [21] [24].

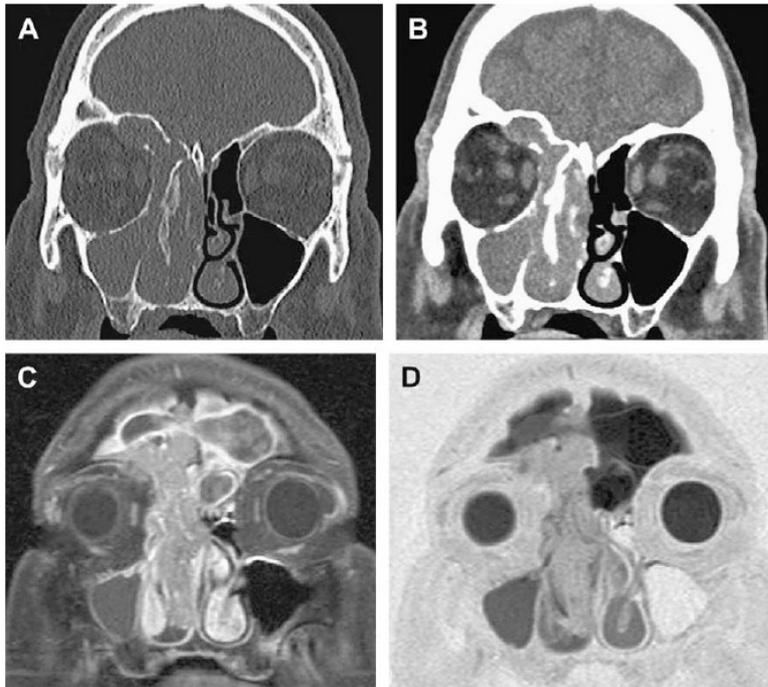


FIG. 3b.2 CT (A e B) evidenziano il sito di origine del papilloma invertito con un turbinato medio di destra osteitico. RMN T1 pesata con contrasto (C) e T2 pesata inverse che evidenziano l'estensione della neoplasia.

3.2 Rinomanometria

Si possono trovare diverse definizioni di rinomanometria: Tecnica destinata a registrare per mezzo strumentale la variazione di pressione che si produce all'interno delle fosse nasali in base agli atti respiratori. Studio della resistenza delle vie aeree a livello delle fosse nasali [25]. Tecnica di misura del flusso aereo nasale e della pressione durante il respiro in accordo con il comitato di standardizzazione della rinomanometria [26].

La rinomanometria misura la resistenza aerea nasale attraverso una misura quantitativa del flusso nasale e della pressione. Si basa sul principio secondo il quale l'aria all'interno del naso, si sposta dalle zone ad alta pressione a quelle di bassa pressione [27].

Questo avviene in presenza di una pressione differenziale che si crea a causa degli sforzi respiratori che modificano la pressione dello spazio retronasale rispetto a quella esterna, con un conseguente flusso interno-esterno attraverso le cavità nasali. La velocità del flusso aereo viene determinata dal gradiente pressorio, dal diametro e dalla lunghezza della cavità nasale e dalle caratteristiche di flusso, laminare o turbolento.

Dato che la lunghezza della cavità nasale è costante, i cambiamenti di diametro o la pervietà delle narici hanno una grande influenza. A bassa velocità di flusso, come nella fase precoce dell'inspirazione, è possibile un flusso laminare. Tuttavia a causa dell'anatomia irregolare, dovuta soprattutto ai turbinati, si verificano vortici di aria, che portano a turbolenza, più marcata nell'espiazione.

Nel flusso laminare, in analogia con i fenomeni elettrici, ci si può riferire alla legge di Ohm:

$$R = \Delta P / V \quad (2.1)$$

dove R è la resistenza al flusso, P è la pressione in pascal e V è il flusso in cm^3s^{-1} .

Mentre nel flusso turbolento vale la relazione:

$$R = \Delta P / V^2 \quad (2.2)$$

Tuttavia il flusso aereo attraverso il naso non è mai completamente turbolento né laminare, inoltre le relazioni tra pressione e flusso variano con la velocità del flusso, per cui si considera un determinato punto sulla curva pressione-flusso e si esprime la resistenza utilizzando l'espressione 2.1. Tale equazione ad una pressione determinata di 150 Pa è stata ufficialmente accettata nel 1984 dal Comitato Europeo per la standardizzazione della Rinomanometria. La standardizzazione ha permesso la comparazione dei risultati, che prima non era possibile, e l'adozione di "range" di normalità, tenendo presente fattori quali costituzione fisica, altezza ed età. Tuttavia ogni clinico, che si dedica a questo esame, dovrebbe definire i valori normali per la popolazione che esamina e al laboratorio rinologico di riferimento [26].

Sono stati istituiti diversi comitati di esperti per stabilire quale metodica usare nella misura dell'ostruzione nasale: la rinomanometria anteriore attiva, ad oggi la tecnica più usata, è stata considerata la metodica più attendibile e standardizzata. Si riportano di seguito le differenti opzioni della rinomanometria.

3.2.2 Rinomanometria anteriore attiva (RAA)

La rinomanometria anteriore attiva fornisce importanti dati quantitativi circa le pressioni, flussi e resistenze vigenti all'interno delle cavità nasali durante tutte le fasi del ciclo respiratorio. Come precedentemente accennato, allo scopo di ottenere una valutazione standardizzata della resistenza è stato stabilito di registrare il flusso alla pressione di 150 Pascal. A 150 Pascal il rapporto tra flusso e pressione può essere considerato lineare, pertanto il valore della resistenza è ricavabile dal rapporto tra queste due variabili [26]. In soggetti sani la resistenza totale è stata riportata intorno a 0.23 (range: 0.15-0.23) Pa cm⁻³s⁻¹. Una resistenza totale fino a 0.3-0.4 Pa cm⁻³s⁻¹ può essere considerata normale [28].

La pressione è misurata in una narice, mentre il paziente respira in posizione seduta attraverso l'altra. Per fare ciò un catetere è collegato alla narice in maniera serrata, utilizzando nastro adesivo che sembra la soluzione migliore perché altera poco la forma del naso, mentre il flusso è misurato attraverso l'altra cavità nasale, aperta. Quando si fissa alla narice il tubo che misura la pressione, è importante assicurarsi che non vi sia distorsione del tubo, perché questa porta alterazioni della resistenza delle vie aeree. In tale tecnica, inoltre, viene adoperata una maschera facciale trasparente, simile a quella usata per somministrare l'anestesia generale, che incorpora un pneumotacografo lineare ed è connessa ad un amplificatore ed un registratore di flusso. È possibile usare sia una maschera completa o semi-completa per la faccia. Nel caso si adoperi una maschera completa bisogna fare attenzione a non indossarla in maniera troppo aderente, in quanto potrebbe comprimere il collo, portando ad un'ostruzione del fuso venoso e ad una conseguente alterazione delle resistenze nasali. La maschera trasparente permette di assicurarsi che non vi sia una

torsione del tubo, una deformazione delle narici od una respirazione buccale così da poter intervenire in modo tempestivo per interrompere l'esame.

La RAA è una metodica sensibile ma non è specifica nella capacità di rilevare le anomalie nella resistenza nasale, quindi le informazioni rinomanometriche possono essere impiegate per convalidare i risultati rinoscopici e la sintomatologia nei pazienti e devono essere integrati con i reperti della rinometria acustica [29].



FIG.3b.3

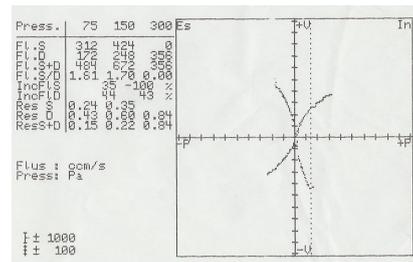


FIG. 3b.4

Nonostante la metodica sia molto utilizzata, i dati rinomanometrici non raramente sono discordanti con i sintomi del paziente o con l'obiettività [12].

3.2.1 Rinomanometria anteriore passiva (PAR)

E' una tecnica nata nel 1935. Si basa sull'introduzione di un flusso aereo nelle vie nasali mentre il paziente è in apnea e sulla misurazione della resistenza che le strutture nasali oppongono a tale flusso. Si riproduce una situazione non fisiologica, che non può rappresentare la respirazione spontanea. I risultati ottenuti con tale tecnica non consentono di ottenere risultati clinicamente utili e viene usata solo a livello sperimentale [30].

3.2.3 Rinomanometria posteriore attiva

In questa tecnica, presentata da Speiss nel 1899, la pressione faringea viene misurata con un sonda-catetere inserita nella bocca, attorno al quale le labbra del paziente sono chiuse utilizzando la stessa maschera trasparente adoperata per l'esame rinomanometrico anteriore. In questo caso l'epifaringe funziona da prolungamento della sonda nella coane così da poter misurare simultaneamente il flusso attraverso entrambe le cavità. La sua maggiore limitazione consiste nell'incapacità del 17÷25% dei pazienti a rilasciare il palato molle mentre il 40% non riesce a mantenere libero il tubo nella cavità orale per cui può verificarsi un abbassamento di pressione.

3.3 Rinometria acustica (RA)

La rinometria acustica, introdotta nella pratica rinologica nel 1989 da Hildberg, consente una valutazione obiettiva della morfologia delle cavità nasali, in base a parametri geometrici, permettendo di quantizzare, tramite la valutazione dei diametri e dei volumi nasali, il grado di pervietà del distretto rinosinusale. In termini metodologici si invia nella fossa nasale in esame uno stimolo acustico e sulla base delle onde riflesse si risale a specifici aspetti della conformazione anatomica.

La rinometria acustica produce in output l'immagine tridimensionale delle cavità nasali.

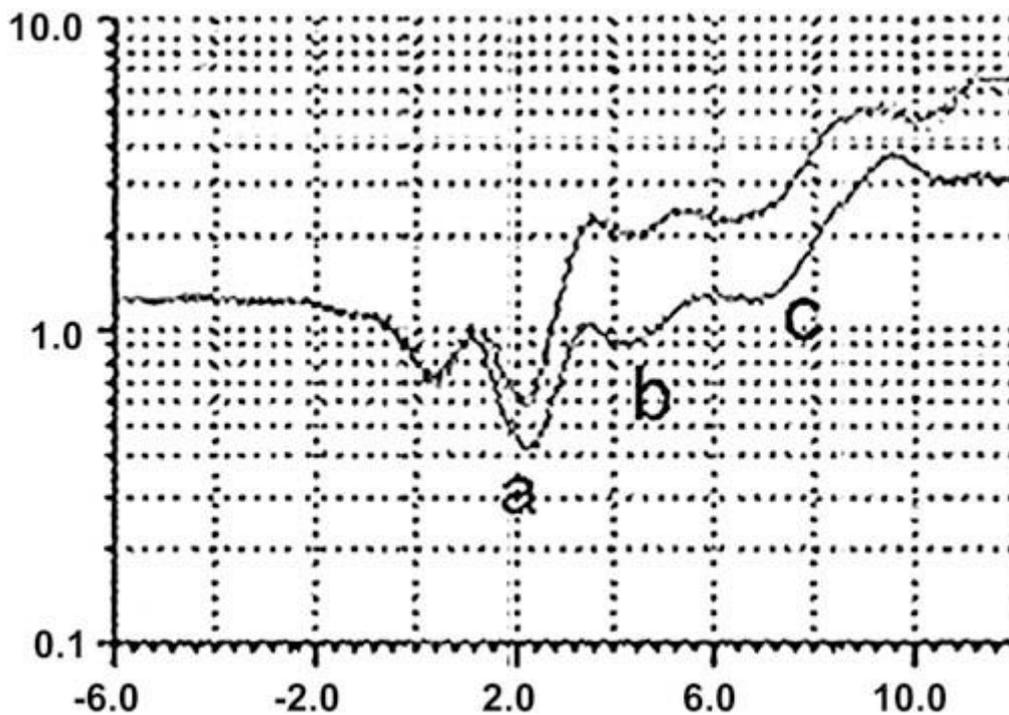


FIG. 3b.5 Esempio di output della rinometria acustica.

Nell'esempio di sopra riportato vi è un rinogramma acustico pre e post decongestione nasale. L'asse delle x riflette la distanza dalla narice, l'asse delle Y la sezione della fossa nasale. Nota l'aumento della sezione dopo la decongestione molto pronunciata a livello dell'incisura **b** e **c**. L'incisura **a** rappresenta l'area a livello della valvola nasale, la **b** è l'area a livello delle porzioni anteriori del turbinato inferiore e medio, la **c** è l'area corrispondente alla porzione media e posteriore del turbinato medio [21].



FIG. 3b.6 Paziente sottoposta a rinometria acustica

I principali vantaggi della RA sono rappresentati dalla scarsa collaborazione del paziente e soprattutto che fornisce un' immagine tridimensionale delle cavità nasali, gli svantaggi sono la deformazione delle narici dovuta all'uso del nasale, in presenza di una marcata ostruzione nasale è difficile ottenere misure delle porzioni di cavità retrostanti l'ostruzione e il costo elevato dello strumento [31].

La rinometria acustica è una tecnica veloce, obiettiva, non dolorosa, non invasiva per valutare l'ostruzione delle vie respiratorie nasale. Recentemente sono stati sviluppati degli standard che aiutano la sua espansione per uso clinico e sono stati effettuati degli studi che confermano l'utilità della metodica di questa tecnica [32].

Picco di flusso inspiratorio nasale

Il picco di flusso inspiratorio nasale (PNIF) è una metodica non invasiva, semplice da eseguire che indica il picco di flusso nasale in litri per minuto raggiunto con un'inspirazione nasale forzata massima. PNIF è molto influenzato dalla collaborazione del paziente e dal corretto utilizzo da parte dell'esaminatore, non sono

ancora standardizzati dei criteri di normalità [33] [34] [35].



FIG. 3b.7

Tecniche minori e sperimentali

3.4.1 Rinospirometria

Misura del flusso nasale al picco espiratorio o inspiratorio. I vantaggi di questa tecnica sono: basso costo dello strumento, buona riproducibilità, breve tempo dell'esame, lo strumento può essere usato dal paziente in casa ed è possibile effettuare studi dinamici. Gli svantaggi sono che analizza solo una delle fasi respiratorie, non si ottiene un output grafico e dipende completamente dalla collaborazione del paziente [36].

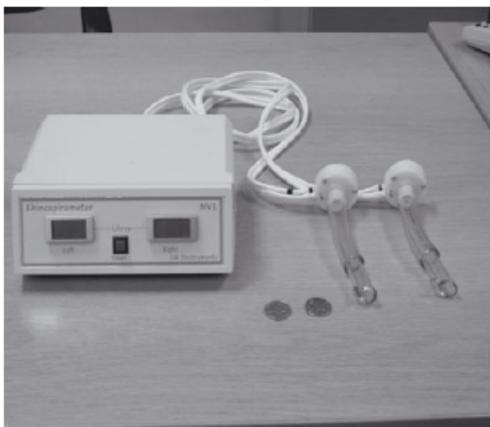


FIG. 3b.8

Capitolo 4

IL VIDEORINOIGROMETRO (VRH): PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Il VRH è uno strumento di diagnosi avente lo scopo di quantificare l'ostruzione nasale in modo non invasivo. Si basa sull'elaborazione delle immagini degli aloni di condensa formati su una lastra a seguito dell'espiazione nasale [37].

Criteri e specifiche di progetto per realizzazione dispositivo biomedicale

Nella progettazione di un dispositivo biomedicale, come di qualsiasi altro strumento di utilizzo clinico, è molto importante focalizzare l'attenzione non solo sul risultato ultimo che si intende ottenere ma anche sull'interazione tra paziente, operatore sanitario e macchinario.

Per tale motivo, il criterio, riportato qui di seguito, deve essere usato per stimare le tecniche disponibili di accertamento obiettivo di un esame clinico:

1. la tecnica dovrebbe essere non invasiva e semplice da attuare sia per il paziente che per il tecnico;
2. dovrebbe essere rapida, non difficile da effettuare, e facile da interpretare;
3. l'accuratezza e la riproducibilità della procedura devono essere abbastanza elevate da permettere una comparazione tra pazienti differenti ed esami eseguiti in tempi differenti;
4. la standardizzazione di una tecnica è importante per permettere di paragonare i risultati di diversi esami clinici;
5. in fine devono essere tenuti in considerazione anche la disponibilità di attrezzature in commercio ed il rapporto tra costo ed efficacia.

Principio di funzionamento del VRH

La tecnica su cui si basa il VRH è la “vecchia” e a lungo utilizzata Rinoigrometria. Nella Rinoigrometria l'aria espirata attraverso il naso su una superficie fredda, produce aree di condensazione. Durante l'esame tali aree vengono registrate mediante una telecamera. Successivamente viene elaborato il filmato mediante un software, che produce in uscita il rapporto tra le aree degli aloni, la loro posizione e inclinazione, le aree dei singoli aloni, i picchi e i tempi di salita e di discesa. Questo metodo di diagnosi dell'ostruzione nasale presenta i vantaggi di semplice e rapida esecuzione, non è invasivo, un test esclusivamente espiratorio che valuta simultaneamente le cavità nasali senza essere influenzato da eventuali insufficienze valvolari e/o alterare la morfologia delle cavità nasali, si può usare con pazienti di tutte le età richiedendo una minima collaborazione del paziente, si può effettuare la misura su una fossa nasale anche quando l'altra è completamente bloccata come in caso di marcate deviazioni settali o di masse nasali monolaterali occludenti totalmente la fossa nasale, si analizzano entrambe le fosse nasali contemporaneamente.

Strumentazione costituente il Videorinoigrometro

Considerando i criteri precedentemente elencati per la realizzazione di un dispositivo biomedicale, il presente lavoro propone di utilizzare lo strumento descritto di seguito per l'esecuzione del test rinoigrometrico.

In particolare lo strumento non richiede l'inserimento, all'interno della narice del paziente, di alcun elemento; è semplicemente richiesto che il soggetto respiri su un'opportuna superficie mentre un sistema di acquisizione riprende l'alone che si crea dinamicamente.

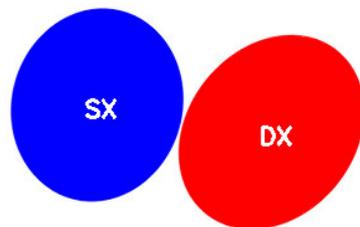
Al termine dell'esame un opportuno software provvede a rielaborare l'immagine così ottenuta, generando in modo automatico tutta una serie di indicatori utili per la diagnostica. In particolare, al momento lo strumento fornisce:

- l'andamento temporale delle aree degli aloni corrispondenti alle due narici;
- l'area media associata ad ogni narice;
- il rapporto fra le aree (indice di deviazione del flusso);
- la posizione del centroide medio associato a ciascuna narice;
- gli assi principali di inerzia medi associati ad ogni narice.

Fig. 4.1

Riepilogo risultati dell'esame VRH

Paziente: PaolaConti
Data e ora dell'esame: 24/01/2008 16:38
Rapporto area DX/SX = 1.07
Scostamento medio dal centro = -6 pixel
Numero di frame elaborati = 209
Medie Alone DX: Area = 16573 pixel
Asse minore = 67 pixel
Asse maggiore = 84 pixel
Orientamento asse maggiore = 37 gradi
Centroide: X = 382 pixel Y = 363 pixel
Medie Alone SX: Area = 15544 pixel
Asse minore = 68 pixel
Asse maggiore = 78 pixel
Orientamento asse maggiore = 13 gradi
Centroide: X = 242 pixel Y = 361 pixel



Il VRH è costituito dai seguenti elementi (**Fig.5.2**):

- Telaio metallico sul quale vengono montati gli altri componenti
- Lastra di alluminio raffreddata, su cui si formano gli aloni
- Mentoniera e supporto per la fronte, per vincolare la testa del paziente in modo da minimizzarne i movimenti
- Dispositivo di acquisizione immagini per acquisire le immagini, consiste nella UI-1225LE della famiglia delle uEye USB2.0
- Cella Peltier e sistema di raffreddamento, per raffreddare la lastra
- Box di controllo con microprocessore, e sensori; il controllore confronta la temperatura registrata sulla lastra con la temperatura ambiente e l'umidità relativa, in maniera tale da autoregolarsi

Fig. 4.2



Durante lo svolgimento dell'esame, il paziente appoggia il mento sulla mentoniera davanti alla quale è posta la telecamera, che acquisisce in modo continuo l'immagine formata sulla lastra. Quest'ultima è opportunamente illuminata dalle luci fissate tramite il supporto ai lati della telecamera. Al fine di ottenere un risultato attendibile è necessario ripetere l'esame per diversi atti respiratori successivi (almeno cinque), così da poter calcolare l'andamento dei parametri selezionati in funzione del tempo.

CAPITOLO 5

SVILUPPO DEL SOFTWARE DEL VIDEORINOIGROMETRO

Il software per l'acquisizione e l'analisi delle immagini è stato realizzato utilizzando Microsoft Visual C++ 6.0. Si tratta di un programma abbastanza complesso, per semplificare la spiegazione si può suddividere in due parti, una, funzionale, in cui sono implementate le funzioni di acquisizione, analisi e presentazione dei risultati, e l'altra, di interfaccia con l'utente, che permette di interagire col software e lo rende piacevole alla vista, intuitivo di facile interpretazione.

Acquisizione

L'acquisizione del filmato avviene sfruttando una specifica telecamera ed utilizzando le librerie OpenCV per la successiva elaborazione della sequenza video.

Nello specifico il filmato acquisito è registrato in formato .avi ed i primo 10 – 20 frame sono utilizzati quale “riferimento” per l'analisi degli aloni. Il numero esatto di frame da utilizzare quale riferimento è funzione dell'età del paziente.

Elaborazione

Nello specifico, la fase di elaborazione consta di

- a) Fase di pre-elaborazione
- b) Fase di selezione centroidi
- c) Fase di elaborazione finale con visualizzazione dei risultati

Nel seguito verranno dettagliate le diverse fasi.

5.A Pre-elaborazione

Durante la fase di pre-elaborazione vengono estratti i frame di riferimento e viene effettuata un'analisi statistica. Il risultato di questa analisi viene sottratto ai frame successivi del filmato, mettendo in risalto gli aloni, viene successivamente estrapolato il primo frame col più alto numero di aloni.

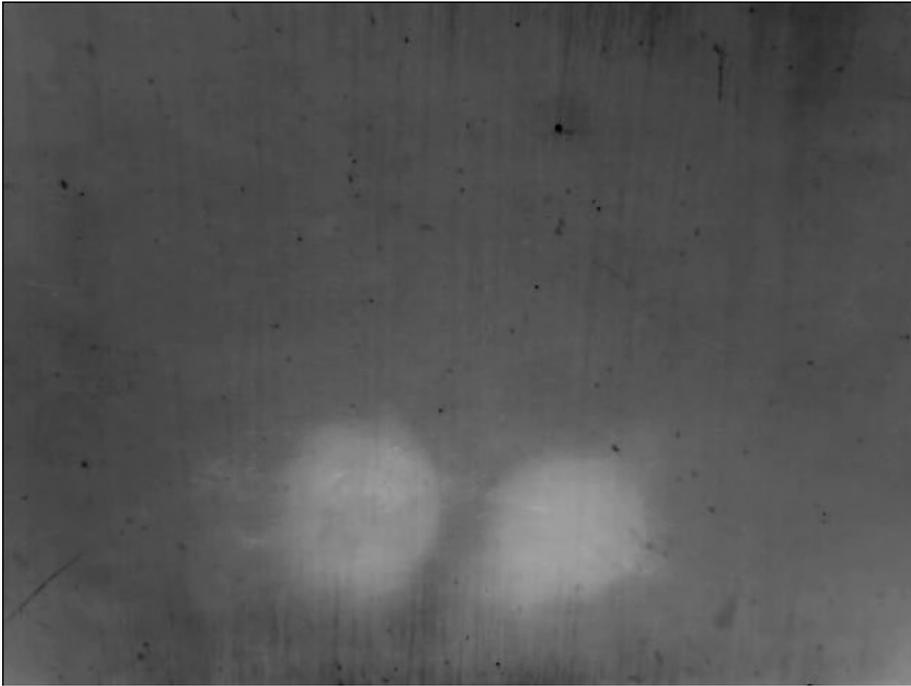


FIG. 5.1

Successivamente il programma approssima gli aloni ad ellissi, ne ricava centroidi e l'orientamento angolazione.

In seguito viene selezionata l'immagine con il maggior numero di aloni, dopo il quinto frame, l'immagine sarà utilizzata nella finestra di selezione centroidi:

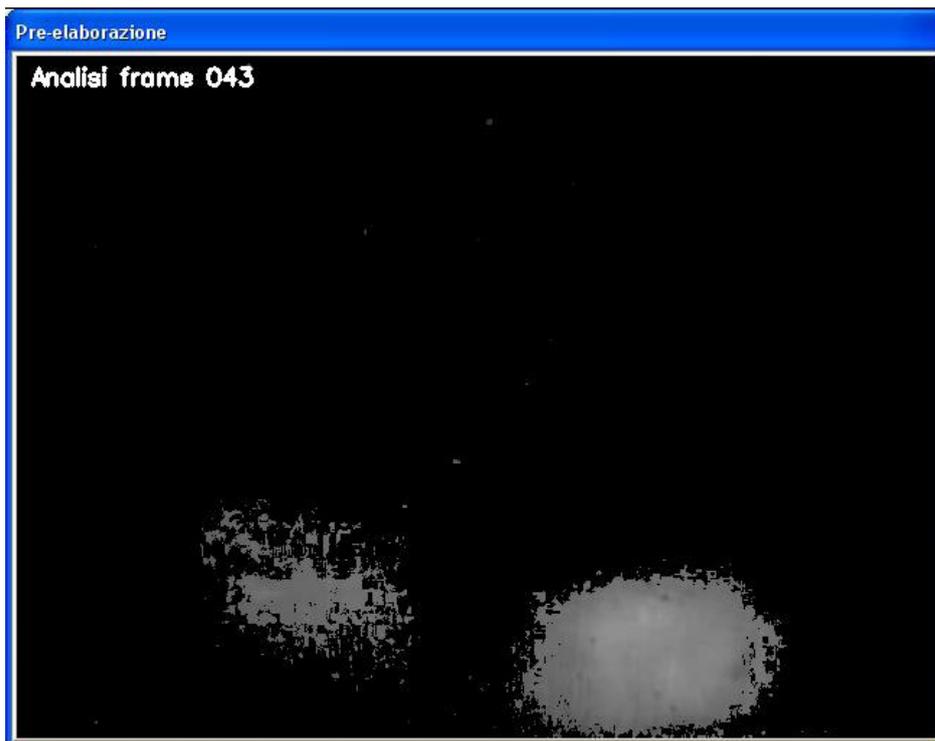


FIG. 5.2

6.B Selezione dei centroidi

Al termine della pre-elaborazione viene mostrata la finestra "Selezione Centroidi" che mostra un particolare frame del filmato, nello specifico quello con il maggior numero di aloni. Il software è in grado di gestire al massimo due aloni (minimo uno), per cui il medico dovrà selezionare i centroidi degli aloni più significativi. La selezione avviene in modo semplice, tramite click del mouse.

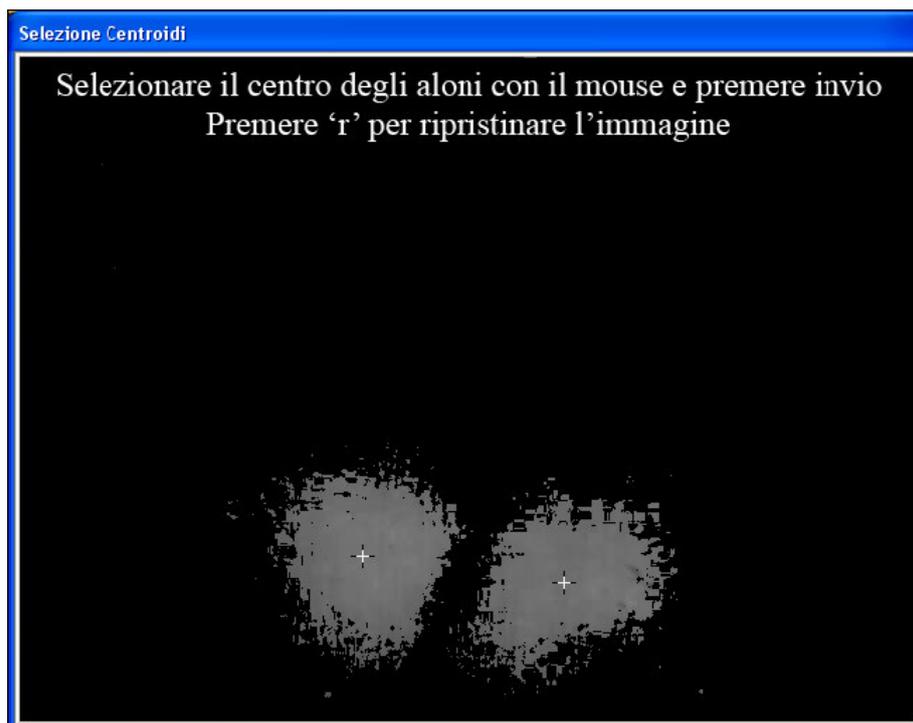


FIG. 5.3: Selezione dei centroidi

6.C Fase di elaborazione finale con visualizzazione dei risultati

Questa fase consiste nell'estrarre dal file .avi e di elaborare tutti i frame dal primo all'ultimo. L'analisi inizia dopo la selezione dei centroidi. I frame vengono inizialmente elaborati come descritto nella fase di pre-elaborazione, successivamente vengono disegnati gli ellissi che approssimano gli aloni, esclusi i falsi aloni (aloni piccoli o sul bordo della lastra), vengono selezionati gli aloni scelti nella selezione centroidi, viene ritagliato tutto ciò che non appartiene ai contorni dei due aloni. In caso non vi sia una netta distinzione tra i due aloni, ma vi sia una sovrapposizione degli stessi, viene chiamata una procedura che separa con una linea i due ellissi in base alla minima larghezza dell'alone.



FIG. 5.4



FIG 5.5. Aloni separati da linea

Presentazione dei risultati

I risultati dell'esame, così come tutte le operazioni da eseguire sullo strumento, sono gestiti da uno specifico software che include una interfaccia grafica



FIG. 5.6

Come si vede dalla figura precedente, la schermata è molto semplice ed intuitiva . I bottoni sono tre, a seconda che l'utente debba effettuare un analisi completa (acquisizione ed elaborazione) o debba effettuare solo l'acquisizione del filmato o debba effettuare solo l'elaborazione di un filmato precedentemente acquisito.

Come possiamo vedere nella figura 6.7, sulla destra della schermata viene visualizzato graficamente il controllo della temperatura e dei sensori dello strumento: se non sono presenti errori e la temperatura della lastra è prossima a quella ottimale, l'icona che in figura 6.6 è rossa verrà sostituita da una verde e verrà visualizzata

subito sotto la scritta verde: “Temperatura raggiunta”, la schermata sarà quindi visualizzata come in figura 6.7.

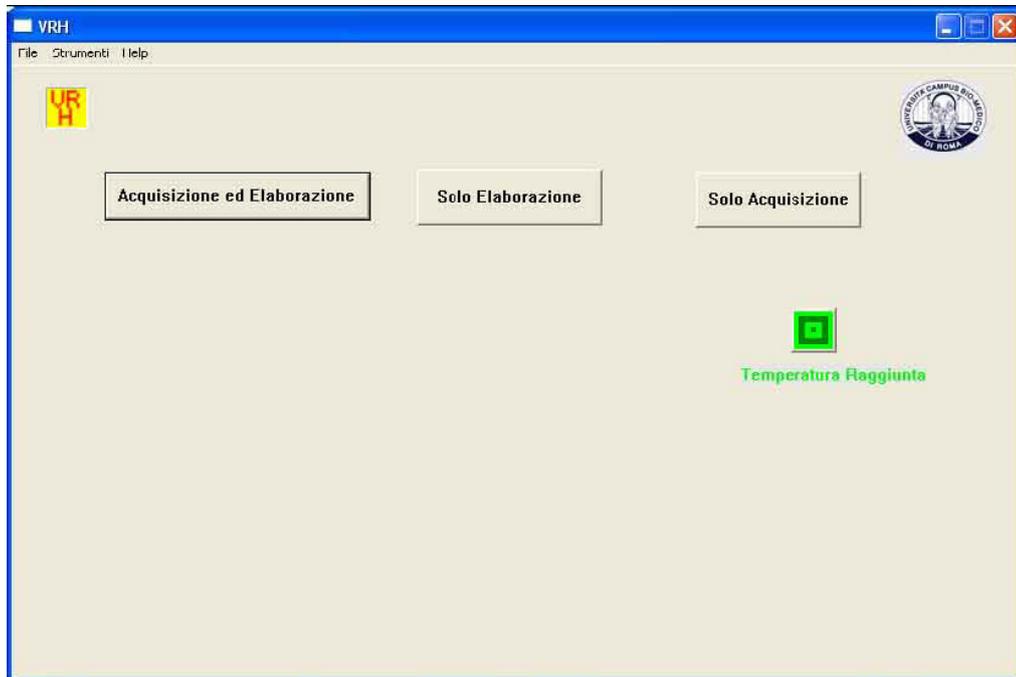
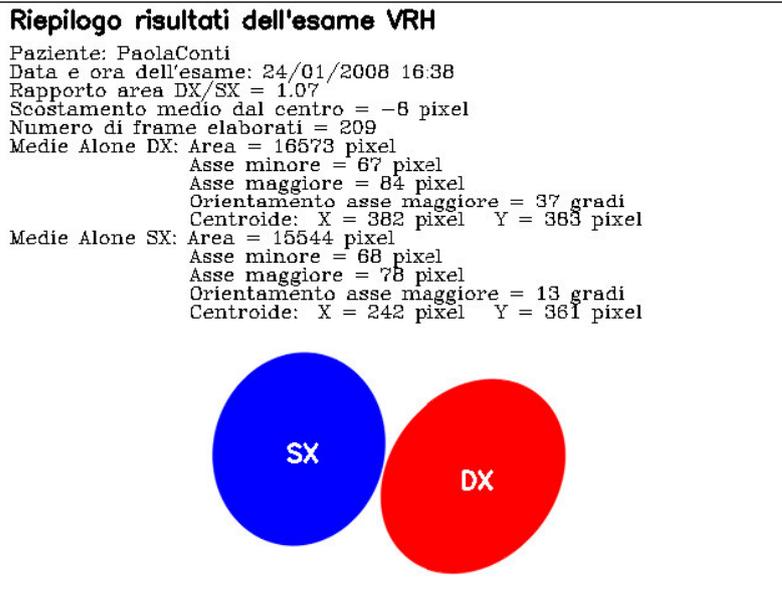


FIG. 5.7

Quello che segue è l'output grafico con i risultati del videorinoigrometro.

FIG. 5.8



Capitolo 6

STUDIO SU COMFORT ED ACCETTABILITÀ DEL VIDEORINOIGROMETRO

Sono stati raccolti dati dalle analisi svolte negli ambulatori di otorinolaringoiatria del Campus, su 28 soggetti volontari consecutivi [15 M, 13 F; Età media: 50 anni (29-66 aa)] sottoposti all'analisi col VRH sia alla RAA.

L'obiettivo del **questionario** da noi ideato era quello di valutare il comfort e l'accettabilità del VRH rispetto al Rinomanometro.

Di seguito riportiamo le domande a cui è stato sottoposto il paziente dopo aver eseguito la RAA e la VRI rispettivamente

- Il conseguimento del test le ha dato qualche particolare disturbo?

No. Poco. Qualche. Molti.

Se sì, potrebbe specificare quale?

- Crede che l'esame da lei condotto sia stato in qualche modo invasivo?

No. Poco. Qualche. Molti.

- Ha provato un senso di ansia o paura prima di effettuare l'esame?

No. Poco. Qualche. Molti.

- Ha provato un senso di ansia o paura Durante l'esame?

No. Poco. Qualche. Molti.

- Trova la preparazione all'esame semplice?

No. Poco. Qualche. Molti.

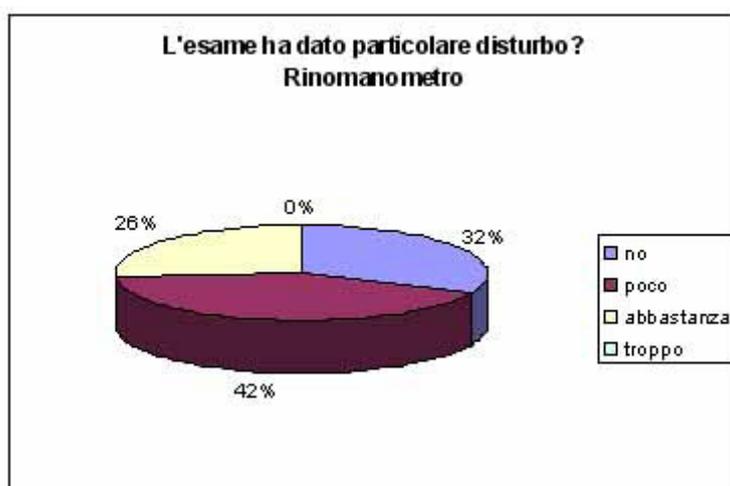
- Considera lunga o laboriosa la durata complessiva dell'esame?

No. Poco. Qualche. Molti.

Abbiamo rivolto all'esaminatore un questionario composto da 2 semplici domande, con lo scopo di individuare eventuali problemi e difficoltà nel sottoporre il paziente all'esame VRI rispetto al RAA. Sono stati intervistati 12 esaminatori (5 medici, 4 tecnici e 3 studenti).

Dall'analisi dei risultati ottenuto dal questionario di confronto mette in evidenza una netta preferenza, da parte del paziente, del VRH rispetto alla rinomanometria, considerata più fastidiosa e meno semplice.

Fig. 6.1



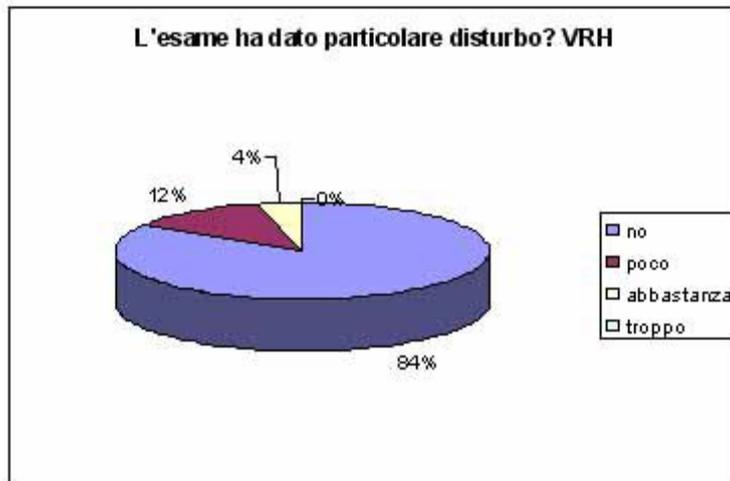


Fig. 6.2

Come mostrato in figura i disturbi causati dal VRH risultano minori di quelli della rinomanometria e consistono essenzialmente nella necessità di trattenere il respiro all'inizio dell'esame, mentre l'esame rinomanometrico da disturbi sia in fase di preparazione, a causa dell'inserimento del tampone nelle narici, sia durante l'esame per la necessità di respirare nella mascherina con un device inserito in una narice.

Fig. 6.3

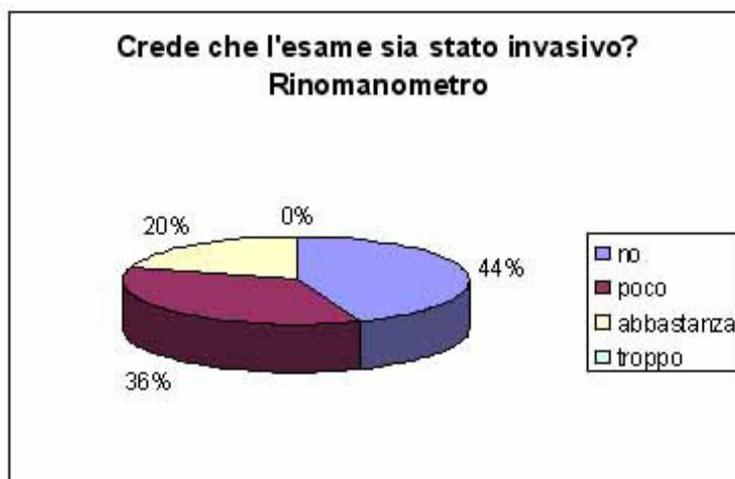
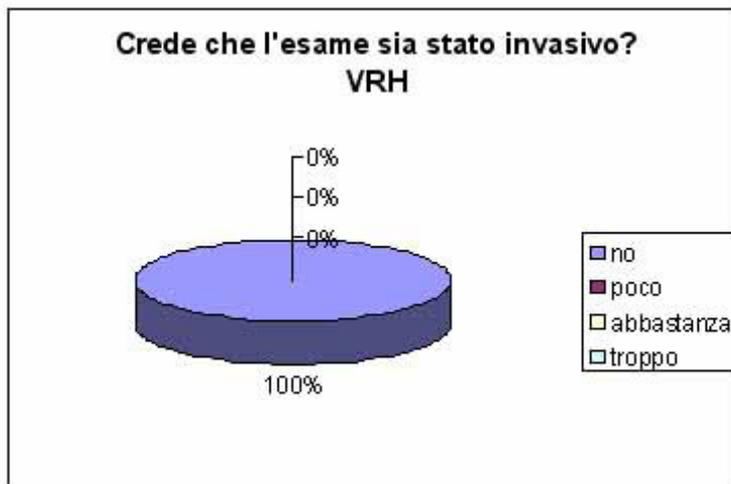
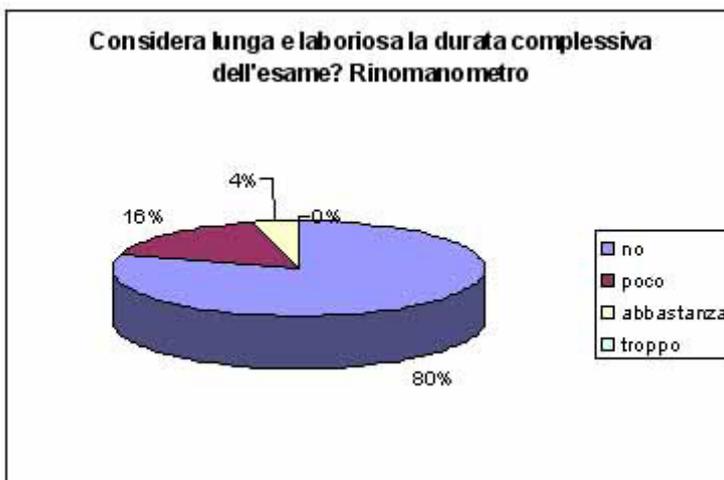


Fig. 6.4



Il grafico di cui sopra sottolinea la totale non invasività del VRH, a differenza del rinomanometro.

Fig. 6.5



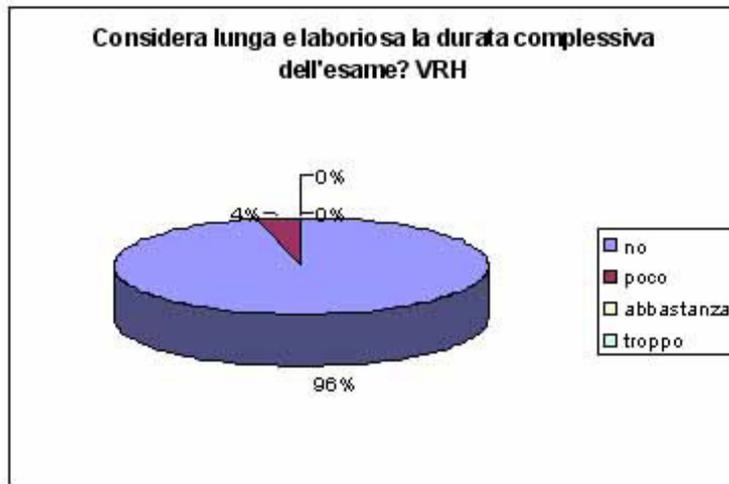


Fig. 6.6

Anche per quanto riguarda la durata degli esami i pazienti hanno espresso una netta preferenza per il VRH, come mostrato in figura. Nella RAA l'inserimento del tampone, l'adattamento della maschera al viso del paziente, la spiegazione della metodica al paziente sono dei passaggi delicati che possono richiedere anche più di un minuto.

Per quanto riguarda il parere degli esaminatori, tutti sono rimasti entusiasti della metodica VRI per rapidità, facilità di esecuzione. 4/12 esaminatori hanno riscontrato problemi del software del VRH che hanno costretto a ripetere più volte l'esame; tali problemi del software, a carico soprattutto del I prototipo, stati in gran parte risolti.

Capitolo 7

VALUTAZIONE PRE E POST-OPERATORIA CON VRH DI PAZIENTI SOTTOPOSTI A CHIRURGIA FUNZIONALE NASALE: CONFRONTO CON SNOT-20, VAS E RINOMANOMETRIA ANTERIORE ATTIVA. STUDIO SPERIMENTALE.

Introduzione

L'ostruzione nasale è un sintomo comune e ben noto nelle patologie nasali e rappresenta una delle cause più comuni di visita otorinolaringoiatrica [21]. Kimmelman ha stimato che si spendono circa 5 bilioni di dollari annualmente per alleviare il sintomo dell'ostruzione nasale e circa 60 milioni sono spesi per interventi chirurgici rino-sinusali [20].

La sensazione di stenosi respiratoria nasale dipende non solo dalle dimensioni e forma delle fosse nasali (valvola nasale esterna, interna, setto e turbinati) e dal flusso aereo intranasale, ma anche da una serie di input provenienti da recettori di pressione, termici e dolorifici [38]. Nei soggetti normali le cavità nasali sono responsabili di circa la metà della resistenza dell'aria di tutto l'albero respiratorio [39] [40]. Le dimensioni e la forma delle fosse nasali insieme alla velocità di flusso determinano la resistenza che l'aria incontra nel passaggio, che si modifica inversamente ed esponenzialmente all'area che attraversa.

La valutazione dell'ostruzione nasale consta di metodiche sia soggettive che oggettive. Tra le metodiche soggettive ricordiamo la scala analogica visiva e il questionario Sino-Nasal Outcome Test (SNOT 20). I metodi oggettivi possono valutare l'anatomia delle fosse nasali (endoscopia nasale, TC, RMN, rinometria acustica) o il flusso aereo nasale (rinomanometria, odiosoft-rino, rinospirometro)

[41] [42]. Nonostante la facile accessibilità allo studio delle fosse nasali e la elevata frequenza del sintomo ostruzione nasale nella popolazione generale, la diagnosi è ancora in gran parte affidata a metodiche soggettive difficilmente riproducibili come l'anamnesi e l'endoscopia nasale, a volte integrate con reperti di rinometria acustica e di rinomanometria [38].

Come descritto nel precedente capitolo abbiamo recentemente sviluppato in collaborazione con i Bio-ingegneri della Nostra Università un nuovo strumento per la valutazione della respirazione nasale, detto videorinoigrometro (VRH), che si basa essenzialmente sulla misurazione delle immagini degli aloni di condensa formatisi su una lastra a seguito dell'espiazione nasale. Realizzato il prototipo abbiamo iniziato la validazione clinica dello strumento, testando il VRH su 10 pazienti sani pre e post decongestione nasale e confrontando i risultati con la scala VAS; in tale studio preliminare abbiamo riscontrato una correlazione statisticamente significativa tra scala VAS e dati VRH (dati non pubblicati). Abbiamo quindi eseguito uno studio su più ampia scala che presentiamo di seguito su un gruppo sottoposti ad intervento di chirurgia funzionale nasale, confrontando i dati pre e post-operatori del VRH con scala analogica visiva, con la Rinomanometria anteriore attiva (RAA) e con le risposte del Sino-Nasal Outcome Test (SNOT-20).

Materiali e metodi

Abbiamo prospetticamente arruolato nello studio 60 pazienti (rapporto M:F 1,1:1, età media 46 anni, range di età 18-65 anni) giunti consecutivamente presso l'ambulatorio di Otorinolaringoiatria dal dicembre 08 ad aprile 2009 con sindrome ostruttiva nasale da deviazione settale più o meno associata da ipertrofia dei turbinati inferiori candidati all'intervento chirurgico di settoplastica eventualmente associato a decongestione dei turbinati inferiori. Pazienti con poliposi nasale, rinosinusite cronica, con controindicazioni sistemiche all'intervento di chirurgia funzionale nasale, pazienti già sottoposti a pregressa chirurgia settale, pazienti con perforazioni settali, claustrofobici e pazienti con persistenza della deviazione settale e/o della ipertrofia dei turbinati inferiori post-operatoria sono stati esclusi dallo studio.

Dei 60 pazienti reclutati pazienti, 20 pazienti (rapporto M:F 1,2:1, età media 38 anni, range di età 19-61 anni), affetti da deviazione settale sintomatica e candidati ad intervento chirurgico di settoplastica, sono stati inclusi nello studio. I pazienti che assumevano aspirina ed ibuprofene, hanno sospeso tale trattamento nelle due settimane precedenti e nella settimana successiva al trattamento.

Tutti i pazienti inclusi nello studio hanno dato il loro consenso informato scritto alle procedure chirurgica e alla valutazione clinico-strumentale a cui sono stati sottoposti.

Ciascun paziente è stato sottoposto alla seguente valutazione pre e post-operatoria:

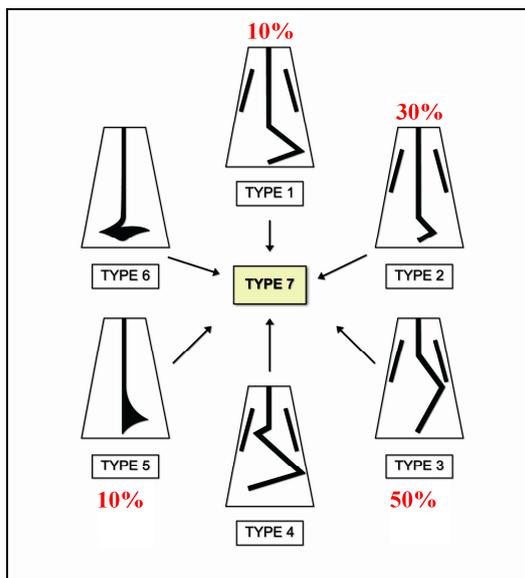
1. anamnesi ed esame obiettivo
2. questionario SNOT-20 (sino-nasal outcome test)
3. valutazione respiratoria soggettiva con scala analogica

4. rinoscopia endoscopica
5. Rinomanometria Anteriore Attiva (RAA)
6. Video-Rino-Igrometro

La valutazione post-operatoria è stata eseguita con le medesime indagini intorno al 90° giorno (70-120 giorni).

Secondo la classificazione di Mladina, dei 20 pazienti 2 presentavano una deviazione Type 1 (10 %), 6 una deviazione type 2 (30 %), 10 una deviazione type 3 (50%), nessun paziente presentava una deviazione type 4, 2 avevano una deviazione type 5 (10 %), nessuno aveva una deviazione type 6 e nessun paziente aveva una deviazione type 7.

Fig. 7.1



Anamnesi e fibroscopia delle alte vie respiratorie

L'indagine anamnestica è stata compiuta in maniera approfondita e dettagliata, dato particolare rilievo alle informazioni utili ai fini classificativi e ai criteri di esclusione.

Si è indagato in particolare su eventuale pregressa chirurgia settale, di neoformazioni nasali, sulla distinzione tra casi primari e secondari e sulla probabile eziologia della deviazione.

Sino-Nasal Outcome Test (SNOT-20)

Lo SNOT 20 (Sino-Nasal Outcome Test) [43] è un questionario sulla qualità della vita, legata ai problemi respiratori, composto da 20 domande. Il risultato dello SNOT 20 è quantificabile in un punteggio che si correla bene al grado di stenosi respiratoria nasale del paziente. Esso fornisce una valutazione nel range da 0 a 200 dove a valori bassi corrisponde una situazione di normalità o pauci-sintomatica, mentre valori elevati sono compatibili con un disturbo respiratorio nasale. La prima decade di domande è incentrata sui sintomi, mentre la seconda decade è incentrata sulle ripercussioni pratiche e psicologiche determinate dalla qualità della propria respirazione, in particolare del sonno e dei problemi emotivi.

A ciascuna domanda il paziente deve attribuire un punteggio compreso da 0 a 5.

Questionario SNOT-20		
ATTRIBUISCA A CIASCUN SINTOMO UN VALORE DA 0 A 5 IN BASE ALLA SUA INTENSITA'		
1.	Quanto ha bisogno di soffiarsi il naso?	0 1 2 3 4 5
2.	Quanto starnutisce?	0 1 2 3 4 5
3.	Quanto le cola il naso?	0 1 2 3 4 5
4.	Quanto tossisce ?	0 1 2 3 4 5
5.	Avverte la presenza di secrezioni (muco o altro) in gola?	0 1 2 3 4 5
6.	Quanto sono dense le sue secrezioni nasali?	0 1 2 3 4 5
7.	Ha la sensazione di avere un orecchio od entrambi pieno/i o chiuso/i?	0 1 2 3 4 5
8.	Avverte vertigini?	0 1 2 3 4 5
9.	Avverte dolore all'orecchio / orecchie?	0 1 2 3 4 5
10.	Avverte dolore o sensazione di oppressione o pressione al volto?	0 1 2 3 4 5
11.	Ha difficoltà ad addormentarsi?	0 1 2 3 4 5
12.	Si sveglia di notte?	0 1 2 3 4 5
13.	Pensa o sente di non dormire bene?	0 1 2 3 4 5
14.	Si sveglia stanco/a ?	0 1 2 3 4 5
15.	Si sente affaticato/a ?	0 1 2 3 4 5
16.	Ritiene che le sue attività attuali siano meno produttive che in passato?	0 1 2 3 4 5
17.	Ritiene di essere meno concentrato nelle sue attività rispetto al passato?	0 1 2 3 4 5
18.	Si sente frustrato/a o agitato/a o irritabile attualmente?	0 1 2 3 4 5
19.	Si sente triste?	0 1 2 3 4 5
20.	Ha sensazione di imbarazzo od inadeguatezza?	0 1 2 3 4 5

Fig. 7.2

Valutazione con scala analogica

La valutazione con scala analogica consiste nel somministrare al paziente un righello graduato con valori da 0 a 10. Successivamente si chiede al paziente di attribuire un punteggio da 0 a 10 alla qualità della respirazione nasale. Il valore 10 corrisponde al massimo della soddisfazione riguardo la propria respirazione nasale; il valore 0 deve essere attribuito qualora si ritenga la propria respirazione nasale assolutamente insufficiente. Tale metodica considerata singolarmente ha scarsa sensibilità e specificità ma acquisisce valore quando, come nel nostro studio, i valori sono stati integrati da altre indagini diagnostiche.

Rinomanometria anteriore attiva (RAA)

Questa tecnica prevede la registrazione della pressione in una narice, mentre il paziente respira con l'altra. La registrazione si ottiene con un catetere connesso alla narice in maniera serrata, mentre il flusso è misurato attraverso l'altra cavità nasale, aperta [26]. Vi sono tuttavia diverse circostanze in cui non può essere usata, come in presenza di perforazioni settali o quando una o entrambe le cavità sono totalmente ostruite.

Il parametro misurato è la resistenza al flusso misurata in pascal. È considerata patologica una resistenza superiore a $0,35 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$ [26].

Attualmente la rinomanometria anteriore attiva rappresenta la tecnica più utilizzata per la misurazione delle resistenze respiratorie nasali e da molti è considerata una attendibile indagine per l'obiettivazione del guadagno respiratorio dopo interventi chirurgici effettuati per ostruzione respiratoria nasale. Secondo linee guida

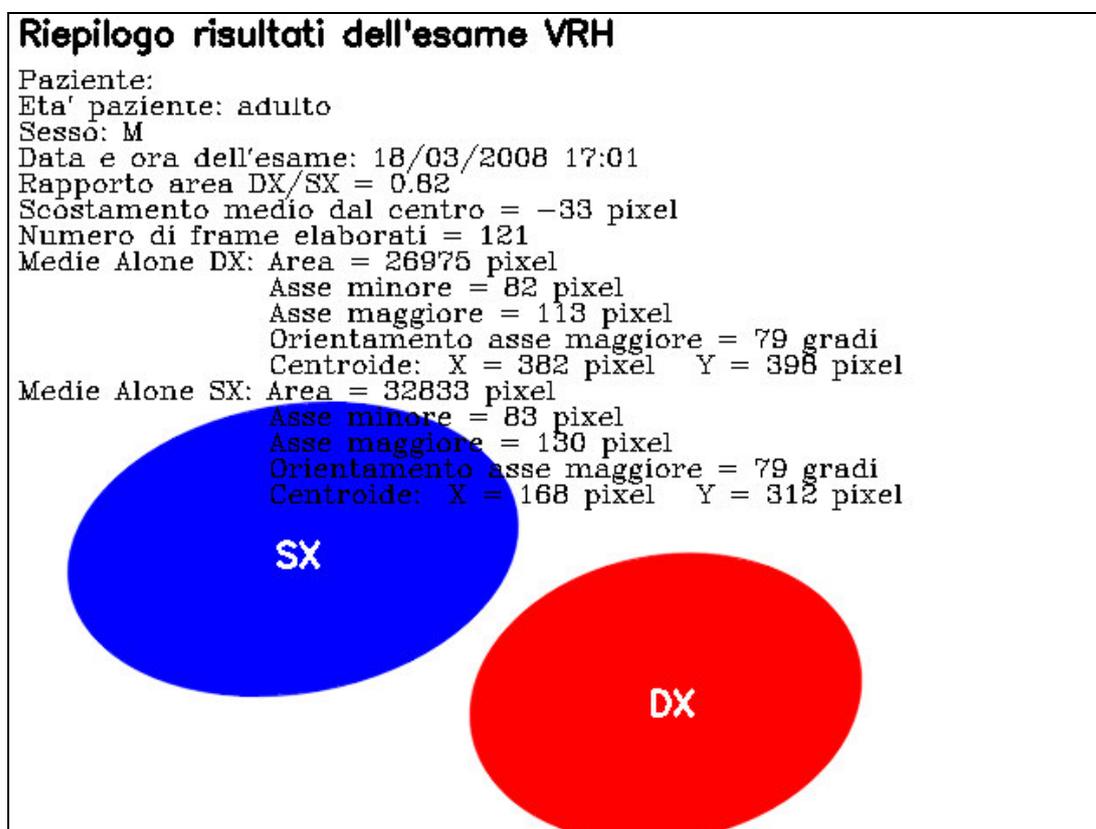
internazionali la valutazione rinomanometrica è maggiormente attendibile a 150 Pa [44].

Videorinoigrometria

Il videorinoigrometro (VRH), come ampiamente illustrato nei capitoli precedenti [37], è uno strumento di diagnosi avente come scopo quello di quantificare l'ostruzione nasale in modo non invasivo e semplice, rapido ed efficace. Si basa sull'elaborazione delle immagini degli aloni di condensa formati su una lastra a causa dell'espiazione nasale. Durante l'esame le aree di condensazione vengono registrate tramite telecamera e successivamente il filmato viene elaborato mediante un software che produce in uscita gli aloni, la loro posizione ed inclinazione, la misura delle aree e il loro rapporto.

Pertanto, dei valori registrabili con il VRH riportati qui di seguito, abbiamo utilizzato per il nostro studio area alone narice destra e sinistra, somma delle aree totali pre-intervento e la somma delle stesse aree post intervento.

Fig. 7.3 Esempio dei risultati ottenuti con VRH



Analisi statistica

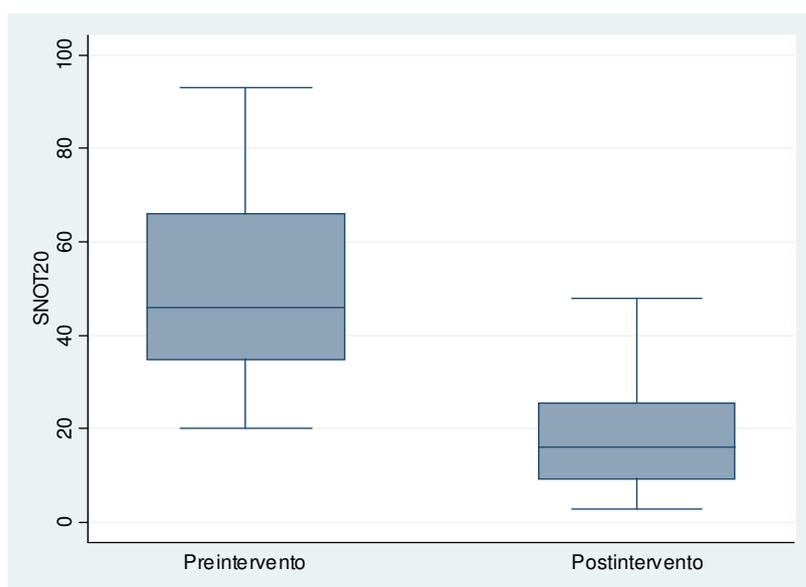
L'analisi statistica è stata eseguita utilizzando il programma per l'analisi statistica STATA. I dati sono stati espressi come mediana e range interquartile o come media e deviazione standard. Test parametrici (Student's *t*-test), non parametrici (Wilcoxon test per dati appaiati e Mann-Whitney *U* test per dati non appaiati) ed il test di correlazione secondo Spearman sono stati utilizzati per analizzare e confrontare i diversi valori. Valori di $P < 0,05$ sono stati considerati significativi.

Risultati

Dall'analisi dello **SNOT-20** preoperatoriamente, 8 pazienti (40%) presentavano un'ostruzione severa, 8 pazienti (40%) un'ostruzione moderata ed altri 4 pazienti (20%) appartenevano alla classe compatibile con ostruzione paci-sintomatica. Alla **scala analogica** 4 pazienti (20%) avevano un'ostruzione severa, 14 pazienti (70%) ostruzione moderata), mentre 2 pazienti si collocavano in classe ostruzione lieve.

Post-operatoriamente i valori ottenuti attraverso gli strumenti "soggettivi" (questionario SNOT-20 e scala analogica) hanno evidenziato una notevole riduzione della sintomatologia ostruttiva nasale: allo SNOT-20 la maggior parte dei pazienti (17/20, 85%) tranne 3 hanno collezionato un punteggio inferiore a 30, compatibile con una situazione di respirazione nasale fisiologica. Soltanto 3 pazienti (15%) mostravano valori superiori a 30 ma sempre inferiori a 50 (ostruzione respiratoria lieve)

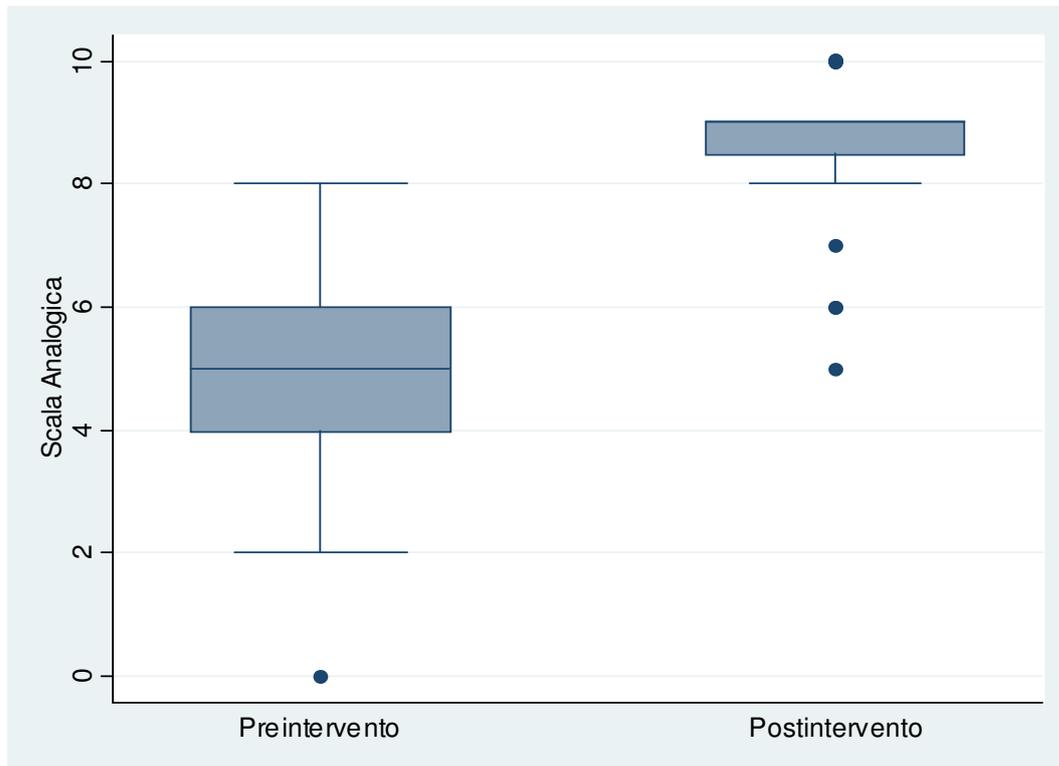
Fig. 7.4



$P < 0.05$

Alla scala analogica la mediana dei valori risultava essere nettamente spostata verso i valori cui corrisponde un ottimale percezione respiratoria soggettiva.

Fig. 7.5



$P < 0.05$

Tutti i pazienti avevano una **RAA** pre-operatoria patologica $> 0,35 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$, in particolare: nessun paziente mostrava valori di NAR inferiori a $0,35 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$, 5 pazienti (25%) mostravano NAR compresa tra $0,35 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$ e $1 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$ mentre 15 pazienti (75%) mostravano NAR $> 1 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$. Nell'ambito della valutazione **VRH** i risultati preoperatori mettono in evidenza non solo la variabilità interindividuale del flusso respiratorio nasale ma anche la notevole differenza tra i flussi delle due narici (evidenziabile dai rapporti di flusso), causata dalla deviazione settale. E' da osservare inoltre che in 7 pazienti (35%) il flusso era talmente ridotto, a causa della marcata deviazione settale, da non generare alone corrispondente alla narice con deviazione settale.

Dai risultati ottenuti con RAA tutti i pazienti presentavano un miglioramento dei flussi nasali misurati sia alla narice con deviazione settale che alla controlaterale post-operatoriamente.

Analizzando i valori di VRH post-operatorio, i dati evidenziano una riduzione delle differenze dei flussi nasali per narice. Il rapporto tra i flussi risulta essere spesso inferiore all'1,5 e sempre al di sotto di 2,5.

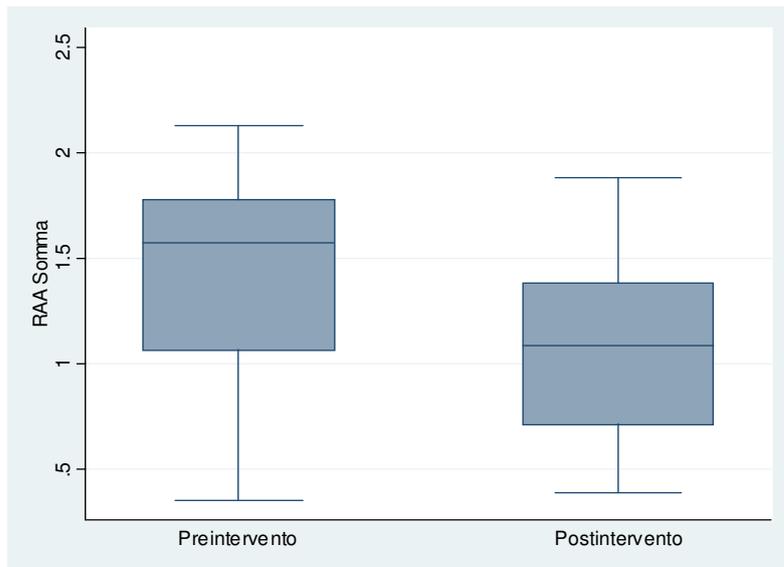


Fig. 7.6

$P < 0.05$

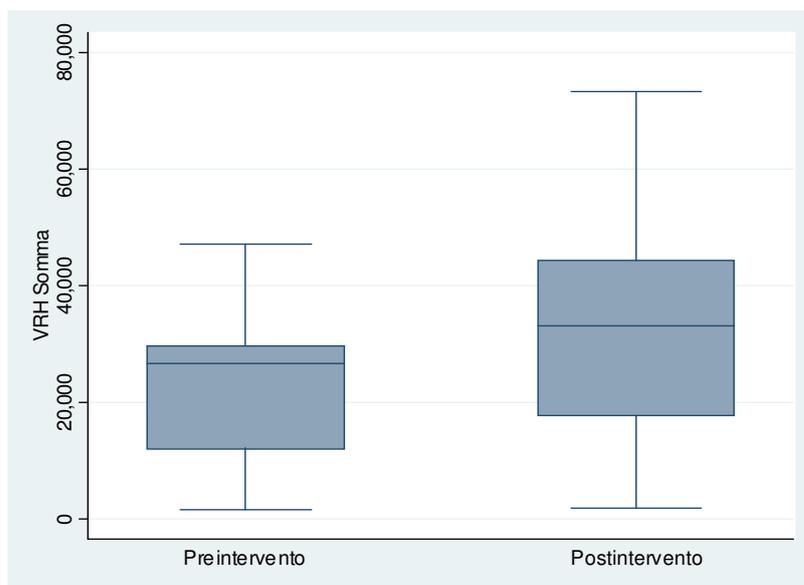


Fig. 7.7

$P < 0.05$

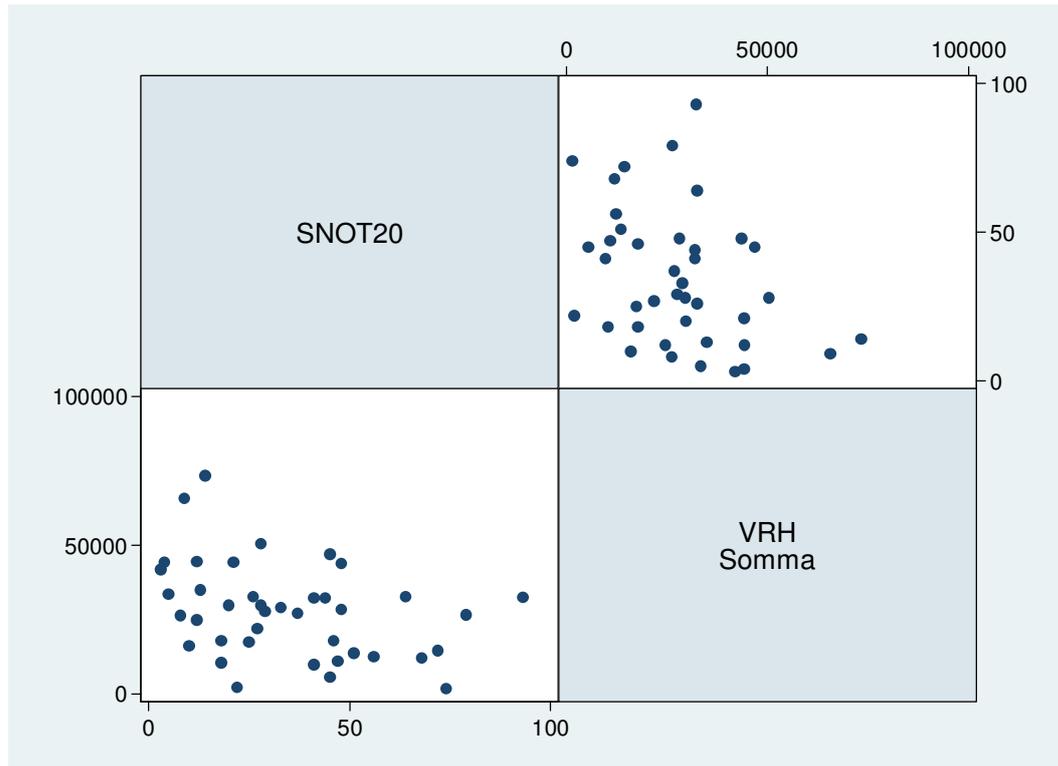
Riportiamo una tabella riassuntiva dei risultati ottenuti.

	Snot20	Scala					RAAsomma
		Analogica	VRHdx	VRHsn	VRHratio	VRHsomma	
Preintervento							
Media	49.9	5	10283.4	11881.95	5820.628	22165.35	1.429
SD	19.66	1.946657	11366.62	11367.46	10251.91	11480.57	0.4894132
Min.	20	0	0	0	3.07	1547	0.35
25° percentile	35	4	732.5	1640.5	5.91	12182.5	1.065
Mediana (50° percentile)	46	5	6556	7510.5	9.265	26691.5	1.575
70° percentile	66	6	14958	24711.5	8737	29705	1.775
Max.	93	8	39432	29675	29675	46975	2.13
Postintervento							
Media	19.3	8.55	16691.25	16951.3	1.472	33642.55	1.079
SD	13.59605	1.431782	9905.366	9181.812	0.4766616	17974.78	0.4270326
Min.	3	5	709	1242	1.03	1951	0.39
25° percentile	9.5	8.5	10062	8691	1.095	17786	0.715
Mediana (50° percentile)	16	9	13458.5	21707	1.28	33015.5	1.085
70° percentile	25.5	9	22308	22923.5	1.8	44209	1.38
Max.	48	10	38333	35829	2.41	73298	1.88
Totale							
Media	34.6	6.775	13487.33	14416.63	2911.05	27903.95	1.254
SD	22.76953	2.465012	11012.36	10517.33	7738.612	15980.99	0.4867675
Min.	3	0	0	0	1.03	1547	0.35
25° percentile	16	5	4459.5	4947.5	1.28	15301.5	0.825
Mediana (50° percentile)	28.5	6.5	11467	11920	2.74	27866.5	1.315
70° percentile	47.5	9	21692	23592	9.265	34143	1.675
Max.	93	10	39432	35829	29675	73298	2.13

Valutando la correlazione tra punteggi dello SNOT-20 e VRH somma dx/sin sia pre che post-op, si può constatare una correlazione inversa statisticamente significativa ($P=0.02$).

Fig. 7.8

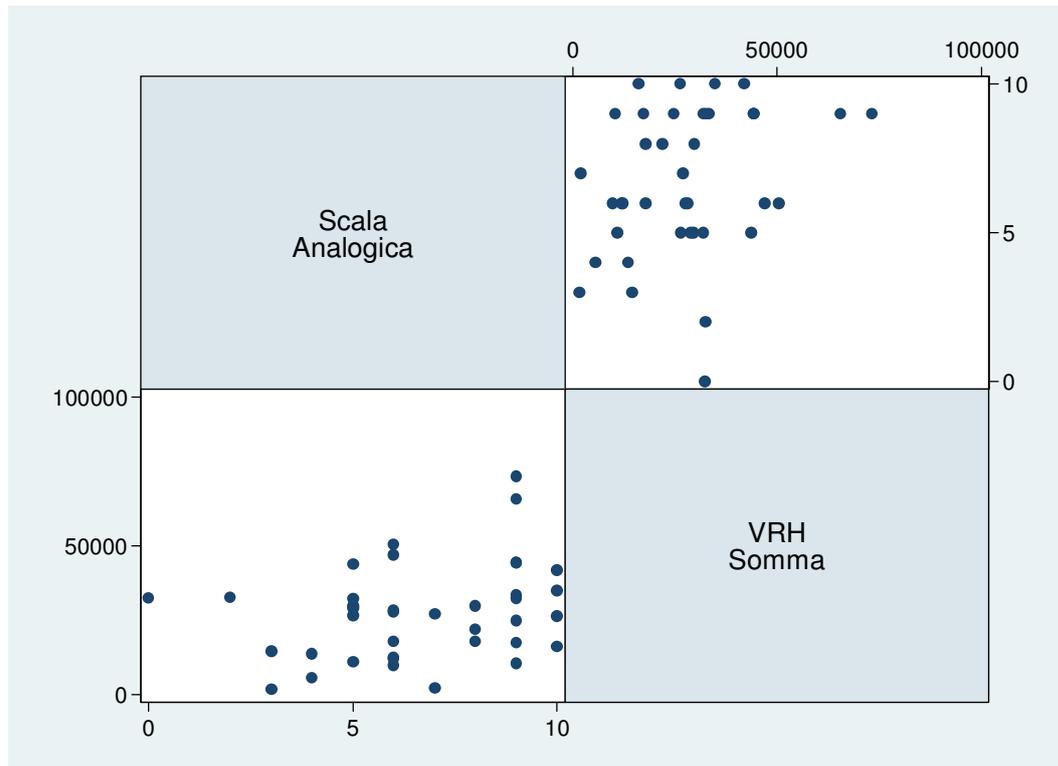
$P < 0.05$



Una correlazione diretta anch'essa statisticamente significativa è stata riscontrata sia pre che post-operatoriamente tra scala analogica e VRH somma dx/sin.

Fig. 7.9

$P < 0.05$



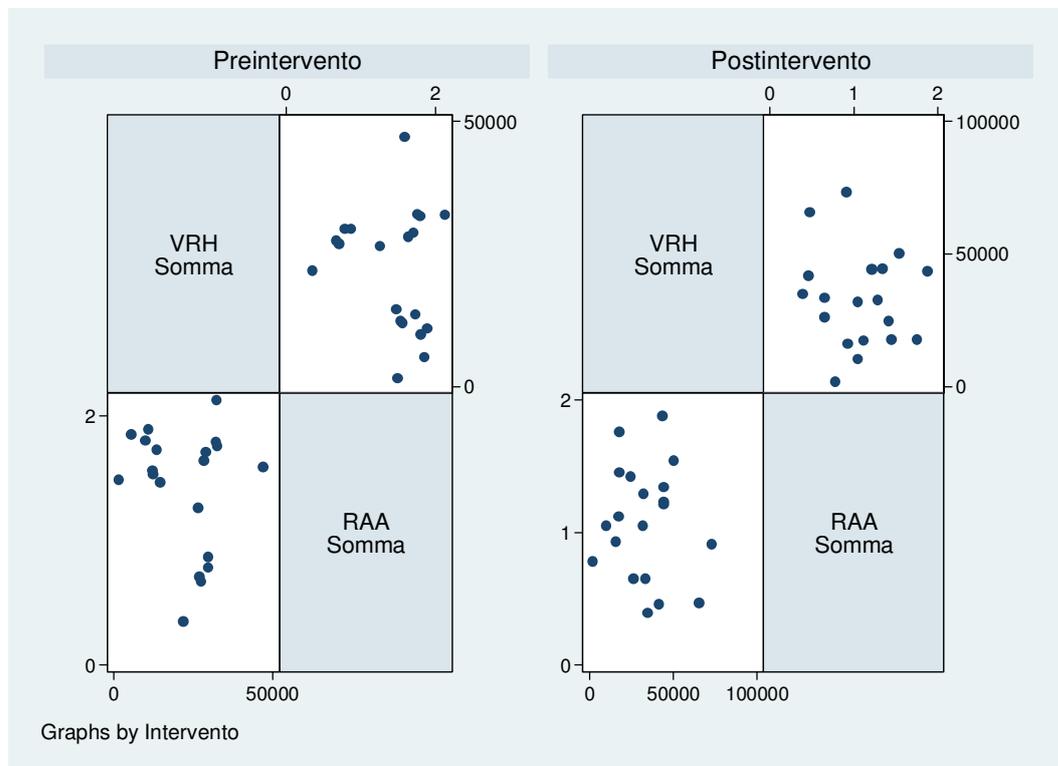
Nonostante la RAA sia correlata in maniera statisticamente significativa sia con SNOT-20 che con scala analogica ($p < 0.05$),

Fig. 7.10



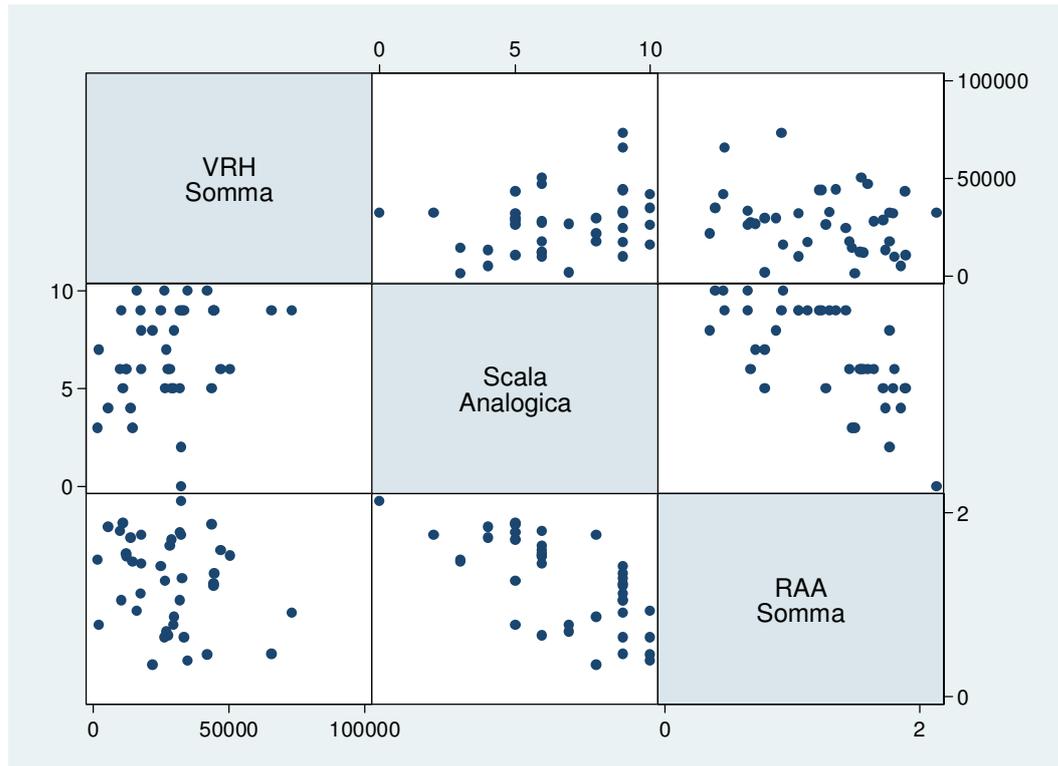
non vi è una correlazione statisticamente significativa tra RAA e VRH.

Fig. 7.11



Confrontando la correlazione tra VRH somma e RAA somma rispetto alla scala analogica, entrambi correlano in maniera statisticamente significativa, anche se la correlazione della scala analogica con RAA ($P < 0.001$) è maggiore rispetto al VRH ($p = 0.05$).

Fig. 7.12



Discussione

Il flusso aereo nasale è un evento complesso dipendente da numerosi fattori, come la forma delle cavità nasali, il diametro delle aree che fisiologicamente sono di maggiore resistenza, le brusche variazioni di direzione del flusso e meccanismi di feedback recettoriale ancora in gran parte poco noti.

Nel 1901 Glatzel mostrò che alcune informazioni sulla deviazione del setto nasale possono essere ricavate analizzando l'immagine del respiro condensato su una superficie riflettente. Tale test, sebbene sia da sempre considerato molto interessante, sia per la sua semplicità sia per il confort del paziente, produce solo dati qualitativi e non quantitativi. Ciò è dovuto essenzialmente al fatto che il tempo di persistenza delle immagini è molto basso (è lo stesso tempo di persistenza dell'alone quando respiriamo sul vetro di una finestra!) e la forma ed estensione dell'alone prodotto dipendono molto dai parametri ambientali, primi fra tutti la temperatura, l'umidità e la pressione ambientale. Negli anni sono stati proposti una serie di tentativi per rendere più quantitativo il metodo di Glatzel, attraverso l'uso di griglie graduate sulla superficie e materiale igroscopico, ma con scarsi risultati.

Dall'analisi del nostro studio, abbiamo potuto constatare che il VRH, sia pre che post-operatoriamente è un parametro affidabile di stima della respirazione nasale, correlando in maniera statisticamente significativa con i parametri soggettivi (SNOT-20 e scala analogica) del paziente ed anche con i dati RAA, sebbene con questa ultima la correlazione non sia statisticamente significativa; la mancanza di correlazione tra VRH e RAA potrebbe essere ricondotta alla diversa modalità di esecuzione dell'esame o ai diversi parametri presi in considerazione dalle metodiche.

Nonostante la RAA rappresenti il test strumentale più largamente utilizzato nei laboratori sinologici [47] [48] [49] [50], presenta alcune importanti limitazioni che rendono poco diffuso il suo utilizzo; tra le limitazioni più importanti ricordiamo che non può essere utilizzata in caso di perforazioni settali, non può essere utilizzato in caso di ostruzione completa mono o bilaterale, sia l'introduzione del tampone nella narice sia l'uso di una maschera facciale possono causare difficoltà al paziente di portare a termine l'esame specialmente nel caso di gravi stenosi nasali o di sindromi claustrofobiche, necessità di alcuni minuti per il riscaldamento del macchinario, necessità di periodiche calibrazioni del macchinario, il paziente deve essere a riposo per almeno 30 minuti prima della misurazione, gli artefatti nella misurazione connessi alla deformazione della valvola nasale sia per l'introduzione del tampone nella narice sia l'utilizzo di una maschera facciale rendono non sempre riproducibile la a metodica (la deviazione dei risultati per uno stesso paziente può raggiungere il 20-25% ripetendo l'esame dopo soli 15 minuti e addirittura il 50% dopo 1 giorno) [45] [46].

Il VRH è un test propriamente espiratorio che fornisce una stima "statica" del grado di ostruzione della narice, non risentendo di eventuale collasso della valvola nasale interna. Il VRH garantisce una immediata, semplice e pratica valutazione della respirazione nasale comparando simultaneamente il flusso respiratorio delle singole narici senza alterare la forma della narice, poiché non prevede l'introduzione di alcun device nella narice.

Il VRH può essere utilizzato anche nei bambini [51], non richiede una grande cooperazione del paziente, è rapido (pochi secondi) e potrebbe diventare parte integrante della visita otorinolaringoiatrica ed essere utilizzato anche dai medici di

famiglia come metodica di screening per la valutazione della stenosi respiratoria nasale [52] che, oltre ad inficiare sulla qualità di vita del paziente condizionando l'ossigenazione del sangue [53] [54] [55] [56], può essere considerata un fattore di rischio per patologie cardiovascolari e respiratorie.

Ulteriori studi saranno necessari per confermare gli incoraggianti risultati preliminari di validazione del VRH trovando la sensibilità e la specificità del test che dovranno necessariamente tener conto anche della forma e della grandezza del naso [57] e per comprendere l'eventuale utilità clinica delle altre informazioni fornite dal VRH oltre all'area degli aloni, in particolare:

- l'andamento temporale delle aree degli aloni corrispondenti alle due narici;
- il rapporto fra le aree (indice di deviazione del flusso);
- la posizione del centroide medio associato a ciascuna narice;
- gli assi principali di inerzia medi associati ad ogni narice.

Come tutti i test diagnostici anche le informazioni VRH devono essere impiegate per convalidare ed integrare l'anamnesi[58][59], i dati rinoscopici e i risultati dei test strumentali.

Bibliografia

1. *Barbieri M, Carinci P. Embriologia. Casa Editrice Ambrosiana. Milano 1997.*
2. *Lang J. Clinical Anatomy of the Nose, Nasal Cavity and Paranasal Sinuses. New York, NY: Thieme Verlag.*
3. *Williams RI. The anatomy and function of the nasal vestibule. Trans Pac Coast Otoophthalmol Soc Annu Meet. 1955;36:339-54.*
4. *Sieur C, Jacob O. 1901 Recherches anatomiques cliniques et opératoires sur les fosses nasales et leurs sinus. Paris: J Rueff.*
5. *Freche Ch, Fontanel JP, et coll (1996) L'obstruction nasale. Arnette, Paris*
6. *Terrier G. Rhinosinusal endoscopy. Diagnosis and surgery. Milano: Zambon group, 1991: 259 p.*
7. *Guerrier Y., Rouvier P. - Anatomie du nez et des fosses nasales. Encycl Med Chir Otorhinolaryngologie, 20-265-A10 Paris Elseier, 1986]*
8. *Terrier G. 1991. Rhinosinusal endoscopy: diagnosis and surgery. Milano: Zambon. .*
9. *Agrifoglio A, Terrier G, Duvoisin B. étude anatomique et endoscopique de l'ethmoïde antérieur. Ann Otolaryngol 1990; 107: 249-258.*
10. *Mouret J. Anatomie des cellules ethmoïdales. Rev Hebd Laryngol Otol Rhinol 1898; 31: 913-924.*
11. *Daele J, Melon J. L'endoscopie des fosses nasales et des sinus de la face (Acta Otorhinolaryngol Belg 1979; 33: 805-863.*

12. *Huizing M.D., Egbert H. Chirurgia Nasale Funzionale Ricostruttiva- Verduci Editore.*
13. *Jones N. The nose and paranasal sinuses physiology and anatomy. Adv Drug DelivRev. 2001 Sep 23;51(1-3):5-19. Review.*
14. *Howard BK, Rohrich RJ. Understanding the nasal airway: principles and practice. Plast Reconstr Surg. 2002 Mar;109(3):1128-46.*
15. *Howard BK, Rohrich RJ. Understanding the nasal airway: principles and practice. Plast Reconstr Surg. 2002 Mar;109(3):1128-46.*
16. *Ballenger JJ. Symposium: the nose versus the environment. Laryngoscope. 1983 Jan;93(1):56-7.*
17. *Baraniuk JN, Merck SJ. Nasal reflexes: implications for exercise, breathing, and sex. Curr Allergy Asthma Rep. 2008 Apr;8(2):147-53.*
18. *Widdicombe JG. The physiology of the nose. Clin Chest Med. 1986 Jun;7(2):159-70.*
19. *Widdicombe JG. Neuroregulation of the nose and bronchi. Clin Exp Allergy. 1996 May;26 Suppl 3:32-5.*
20. *Kimmelman CP. The problem of nasal obstruction. Otolaryngol Clin North Am. 1989 Apr;22(2):253-64.*
21. *Chandra RK, Patadia MO, Raviv J. Diagnosis of nasal airway obstruction. Otolaryngol Clin North Am. 2009 Apr;42(2):207-25.*
22. *Mladina R, Cujic E, Subarić M, Vuković K. Nasal septal deformities in ear, nose, and throat patients: an international study. Am J Otolaryngol. 2008.*

23. Kearns DB, Wickstead M, Choa DI, Leitch RN, Bailey CM, Evans JN. *Computed tomography in choanal atresia. J Laryngol Otol. 1988 May;102(5):414-8.*
24. Harvey RJ, Sheahan PO, Schlosser RJ. *Surgical management of benign sinonasal masses. Otolaryngol Clin North Am. 2009 Apr;42(2):353-75.*
25. Lund VJ. *Objective assessment of nasal obstruction. Otolaryngol Clin North Am. 1989 Apr;22(2):279-90.*
26. Clement PA, Gordts F; *Standardisation Committee on Objective Assessment of the Nasal Airway, IRS, and ERS. Consensus report on acoustic rhinometry and rhinomanometry. Rhinology. 2005 Sep;43(3):169-79.*
27. Cole P, Fenton RS. *Contemporary rhinomanometry. J Otolaryngol. 2006 Apr;35(2):83-7.*
28. Nathan RA, Eccles R, Howarth PH, Steinsvåg SK, Togias A. *Objective monitoring of nasal patency and nasal physiology in rhinitis. J Allergy Clin Immunol. 2005 Mar;115(3 Suppl 1):S442-59. Review.*
29. Hirschberg A. *Rhinomanometry: an update. ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec. 2002 Jul-Aug;64(4):263-7.*
30. Gleeson MJ, Youlten LJ, Shelton DM, Siodlak MZ, Eiser NM, Wengraf CL. *Assessment of nasal airway patency: a comparison of four methods. Clin Otolaryngol Allied Sci. 1986 Apr;11(2):99-107.*
31. Roithmann R, Cole P, Chapnik J, Shpirer I, Hoffstein V, Zamel N. *Acoustic rhinometry in the evaluation of nasal obstruction. Laryngoscope. 1995*

Mar;105(3 Pt 1):275-81.

32. Uzzaman A, Metcalfe DD, Komarow HD. *Acoustic rhinometry in the practice of allergy. Ann Allergy Asthma Immunol. 2006 Dec;97(6):745-51.*
33. Clarke RW, Jones AS. *The limitations of peak nasal flow measurement. Clin Otolaryngol Allied Sci. 1994 Dec;19(6):502-4.*
34. Dufour X, Gohler C, Delagranda A, Fontanel JP, Klossek JM. *Peak Nasal Inspiratory Flow: learning curve for the measurement method and reproducibility. Ann Otolaryngol Chir Cervicofac. 2007 Jul;124(3):115-9.*
35. Ottaviano G, Scadding GK, Coles S, Lund VJ. *Peak nasal inspiratory flow; normal range in adult population. Rhinology. 2006 Mar;44(1):32-5.*
36. Boyce JM, Eccles R. *Assessment of subjective scales for selection of patients for nasal septal surgery. Clin Otolaryngol. 2006 Aug;31(4):297-302.*
37. Casale M, Cusimano V, Salvinelli F, Setola R, Soda P. *Video-Rhino-Hyrometer(VRH). Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2006;1:543-6*
38. Kjaergaard T, Cvanarova M, Steinsvåg SK. *Does nasal obstruction mean that the nose is obstructed? Laryngoscope. 2008 Aug;118(8):1476-81.*
39. Tahamiler R, Edizer DT, Canakcioglu S. *Nasal expiratory sound analysis in healthy people. Otolaryngol Head Neck Surg. 2006 Apr;134(4):605-8.*
40. Cole P. *Biophysics of nasal airflow: a review. Am J Rhinol. 2000 Jul-Aug;14(4):245-9.*
41. Tahamiler R, Canakcioglu S. *Evaluation of nasal obstruction with Odiosoft-Rhino in nasal septal deviation. J Otolaryngol Head Neck Surg. 2008 Apr;37(2):285-91.*

42. Tahamiler R, Edizer DT, Canakcioglu S, Dirican A. *Odiosoft-Rhino versus rhinomanometry in healthy subjects. Acta Otolaryngol.* 2008 Feb;128(2):181-5.
43. Browne JP, Hopkins C, Slack R, Cano SJ. *The Sino-Nasal Outcome Test (SNOT): can we make it more clinically meaningful? Otolaryngol Head Neck Surg.* 2007 May;136(5):736-41.
44. Zhang G, Solomon P, Rival R, Fenton RS, Cole P. *Nasal airway volume and resistance to airflow. Am J Rhinol.* 2008 Jul-Aug;22(4):371-5.
45. Kim CS, Moon BK, Jung DH, Min YG. *Correlation between nasal obstruction symptoms and objective parameters of acoustic rhinometry and rhinomanometry. Auris Nasus Larynx.* 1998 Jan;25(1):45-8.
46. Dinis PB, Haider H. *Septoplasty: long-term evaluation of results. Am J Otolaryngol.* 2002 Mar-Apr;23(2):85-90.
47. Numminen J, Ahtinen M 3rd, Huhtala H, Laranne J, Rautiainen M. *Correlation between rhinometric measurement methods in healthy young adults. Am J Rhinol.* 2002 Jul-Aug;16(4):203-8.
48. Hilberg O. *Objective measurement of nasal airway dimensions using acoustic rhinometry: methodological and clinical aspects. Allergy.* 2002;57 Suppl 70:5-39.
49. Pirilä T, Nuutinen J. *Acoustic rhinometry, rhinomanometry and the amount of nasal secretion in the clinical monitoring of the nasal provocation test. Clin Exp Allergy.* 1998 Apr;28(4):468-77.

50. Nathan RA, Eccles R, Howarth PH, Steinsvåg SK, Togias A. *Objective monitoring of nasal patency and nasal physiology in rhinitis. J Allergy Clin Immunol.* 2005 Mar;115(3 Suppl 1):S442-59.
51. Rizzi M, Onorato J, Andreoli A, Colombo S, Pecis M, Marchisio P, Morelli M, Principi N, Esposito S, Sergi M. *Nasal resistances are useful in identifying children with severe obstructive sleep apnea before polysomnography. Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2002 Aug 1;65(1):7-13.
52. Gosepath J, Amedee RG, Mann WJ. *Nasal provocation testing as an international standard for evaluation of allergic and nonallergic rhinitis. Laryngoscope.* 2005 Mar;115(3):512-6.
53. Devulapally K, Pongonis R Jr, Kheyat R. *OSA: the new cardiovascular disease : Part II: overview of cardiovascular diseases associated with obstructive sleep apnea. Heart Fail Rev.* 2008 Aug 29.
54. Armengot M, Hernandez R, Miguel P, Navarro R, Basterra J. *Effect of total nasal obstruction on nocturnal oxygen saturation. Am J Rhinol.* 2008 May-Jun;22(3):325-8.
55. Li HY, Lin Y, Chen NH, Lee LA, Fang TJ, Wang PC. *Improvement in quality of life after nasal surgery alone for patients with obstructive sleep apnea and nasal obstruction. Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2008 Apr;134(4):429-33.
56. Schechter GL, Ware JC, Perlstrom J, McBrayer RH. *Nasal patency and the effectiveness of nasal continuous positive air pressure in obstructive sleep apnea. Otolaryngol Head Neck Surg.* 1998 May;118(5):643-7.

57. *Kjaergaard T, Cvancarova M, Steinsvåg SK. Relation of nasal air flow to nasal cavity dimensions. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2009 Jun;135(6):565-70.*
58. *Kjaergaard T, Cvancarova M, Steinsvåg SK. Does nasal obstruction mean that the nose is obstructed? Laryngoscope. 2008 Aug;118(8):1476-81.*
59. *Boyce JM, Eccles R. Assessment of subjective scales for selection of patients for nasal septal surgery. Clin Otolaryngol. 2006 Aug;31(4):297-302.*