- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.97.9.170 Thu, 08 Oct 2026, 18:22:05

Studio osservazionale

Monitoraggio dell'arteria polmonare in 9071 pazienti cardiochirurgici: analisi delle complicanze legate al posizionamento e alla permanenza *in situ* del catetere di Swan-Ganz

Beniamino Procaccini*§, Gianni Clementi*

**U.O.C. di Cardioanestesia e Terapia Intensiva Postoperatoria Cardiochirurgica, Dipartimento del Cuore, ASL 106, Teramo, §Scuola di Specializzazione in Cardiologia, Università degli Studi, L'Aquila*

Key words:
Catheterization; Complications; Hemodynamics.

Background. **The safety of pulmonary artery catheterization has been questioned. We report our experience on the incidence of complications in a large series of patients requiring cardiac operations by evaluating the learning curve of the operators.**

Methods. **Since 1988 at our Institution a pulmonary artery catheter (PAC) register records the following data from each patient: type of surgical procedure, insertion site of the venous introducer, type of PAC used, final position of the catheter, and complications associated with central venous access and those determined by PAC positioning and stay. During 16 years (from April 1988 to April 2004) 9071 PACs were registered.**

Results. **Complications associated with the access to the central venous pool consisted of carotid arterial puncture in 191 patients (2.1%) and pneumothorax in 4 patients (0.04%). Complications associated with PAC positioning consisted of runs of ventricular ectopic beats (> 6 s) in 62 patients (0.68%), atrial fibrillation in 2 patients (0.022%), complete atrioventricular block in 2 patients (0.022%), ventricular fibrillation in 1 patient (0.011%), nodal rhythm in 6 patients (0.066%), perforation of the right ventricular wall in 1 patient (0.011%), hematoma of the right ventricular wall in 2 patients (0.022%), anonymous vein lesion in 2 patients (0.022%), and pulmonary artery rupture in 2 patients (0.022%).**

Conclusions. **Pulmonary artery catheterization performed by experienced team appears to be a safe procedure in cardiac surgery patients.**

(Ital Heart J Suppl 2004; 5 (12): 891-899)

© 2004 CEPI Srl

Ricevuto il 9 luglio 2004; nuova stesura il 25 novembre 2004; accettato il 26 novembre 2004.

Per la corrispondenza:

Dr. Beniamino Procaccini

Viale Bovio, 167
64100 Teramo
E-mail: beniamino@tin.it

Introduzione

Dalla sua iniziale descrizione nel 1970[1] il cateterismo polmonare ha raggiunto un'enorme diffusione mondiale, diventando una pietra miliare nella diagnostica e nel trattamento dei pazienti critici. Ripetutamente nel corso degli anni sono stati stilati rapporti costo/beneficio e non sono mancati momenti di ripensamento nell'uso di tale dispositivo, in relazione a segnalazioni avverse provenienti da vari studi, principalmente negli anni '80[2] e '90[3]. Segnatamente alle complicanze associate all'impiego del catetere polmonare sono comparse casistiche internazionali con risultati variabili[4-6]. L'esperienza qui riferita è volta a valutare, in una serie molto ampia di pazienti, l'incidenza di complicanze nell'uso del dispositivo in sé, di confrontarla con altre esperienze presenti in letteratura e di investigare come la curva di apprendimento del team possa influire sul contenimento di tali complicanze.

Materiali e metodi

Dall'aprile 1988 è stato istituito nel nostro centro un registro prospettico per la catalogazione delle procedure di cateterismo dell'arteria polmonare; in tale documentazione sono stati riportati dati relativi al sito di accesso venoso centrale, al tipo di device utilizzato, alle complicanze legate alla cannulazione, inserimento e posizionamento del dispositivo intravascolare, alla posizione finale della punta del catetere e al tipo di intervento effettuato.

Il cateterismo dell'arteria polmonare è stato eseguito, con tecnica rigorosamente sterile (inclusi "scrubbing" e vestizione dell'operatore), dall'anestesista titolare della sala ed in una minima percentuale di

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.97.9.170 Thu, 08 Oct 2026, 18:22:05

casi dal medico specializzando, sotto la diretta supervisione del titolare. Il posizionamento del catetere è avvenuto sempre dopo l'induzione dell'anestesia ed è stato guidato mediante l'osservazione delle modificazioni della forma d'onda durante l'introduzione e confermato dalla radiografia del torace eseguita al ricovero del paziente in terapia intensiva. Il catetere è stato routinariamente rimosso entro le 48 ore postoperatorie e nei pazienti che hanno richiesto un monitoraggio prolungato il dispositivo è stato ugualmente rimosso (72ª ora) e sostituito. In tali casi la punta del catetere è stata inviata per l'esame colturale microbiologico.

Risultati

In un periodo di 16 anni (aprile 1988-aprile 2004) sono stati posizionati 9071 cateteri polmonari in pazienti sottoposti ad intervento cardiochirurgico. La procedura ha interessato fino al primo semestre del 2002 in maniera sistematica tutti i pazienti mentre successivamente sono stati esclusi i casi dotati di buona frazione di eiezione da sottoporre a procedure semplici di rivascolarizzazione miocardica o di sostituzione monovalvolare; in questi pazienti sono stati utilizzati sistemi di monitoraggio a minore invasività. La casistica operatoria ha compreso: rivascolarizzazioni miocardiche in circolazione extracorporea (4736 casi, 52.2%), rivascolarizzazioni miocardiche associate a rimodellamento della cavità ventricolare sinistra (1125 casi, 12.4%), rivascolarizzazioni miocardiche a cuore battente (1034 casi, 11.4%), sostituzioni valvolari aortiche (970 casi, 10.7%), sostituzioni valvolari e plastiche mitraliche (580 casi, 6.4%), sostituzioni plurivalvolari (254 casi, 2.8%), plastiche valvolari tricuspidaliche (27 casi, 0.3%), patologie dell'aorta (345 casi, 3.8%) (Tab. I).

Nel periodo dello studio in 4 pazienti non è stato possibile posizionare correttamente il catetere per mancata progressione in ventricolo destro (1 caso) o in arteria polmonare (3 casi) nonostante l'impiego di tecniche appropriate (tilt up e tilt down del paziente, irrigidimento del catetere, miglioramento del flusso transvalvolare).

In 8827 pazienti (97.3%) l'accesso venoso centrale è stato ottenuto tramite la vena giugulare interna destra mentre in 244 pazienti (2.7%) sono stati impiegati approcci alternativi: vena succlavia destra (46 pazienti, 0.5%), vena succlavia sinistra (4 pazienti, 0.044%), vena giugulare interna sinistra (180 pazienti, 1.98%), vena giugulare esterna sinistra (4 pazienti, 0.044%), vena giugulare esterna destra (9 pazienti, 0.099%), vena basilica destra (1 paziente, 0.011%) (Tab. II).

L'analisi della tipologia dei dispositivi intravascolari ha mostrato una marcata prevalenza di cateteri trilume provvisti di guaina preassemblata e termistore atto alla rilevazione intermittente della gittata cardiaca (8717 casi, 96%). In 354 casi (4%) sono stati impiegati cateteri diversi: con termistore per la rilevazione della gittata cardiaca continua (n = 50, 0.55%), con termistore "fast response" per la misurazione della frazione di eiezione ventricolare destra (n = 54, 0.59%), con sensore a fibre ottiche per la misurazione in continuo della saturazione venosa mista (n = 30, 0.33%), dispositivi trilume sprovvisti di guaina preassemblata (n = 220, 2.42%) (Tab. III).

In 195 pazienti sono state registrate complicanze legate all'accesso venoso centrale (2.14%) consistenti in puntura della carotide (191 casi, 2.1%) e pneumotorace (4 casi, 0.04%) (Tab. IV) verificatisi con l'ago fornito con il kit dell'introduttore. La puntura della carotide,

Tabella I. Casistica operatoria (9071 casi).

CABG	4736 (52.2%)
CABG + rimodellamento ventricolo sinistro	1125 (12.4%)
CABG a cuore battente	1034 (11.4%)
Sostituzione valvolare aortica	970 (10.7%)
Sostituzione valvolare mitralica	580 (6.4%)
Sostituzione bivalvolare	254 (2.8%)
Anuloplastica tricuspidalica	27 (0.3%)
Patologia aorta toracica	345 (3.8%)

CABG = bypass aortocoronarico.

Tabella II. Accesso venoso centrale.

Giugulare interna destra	8827 (97.3%)
Giugulare interna sinistra	180 (1.98%)
Succlavia destra	46 (0.5%)
Succlavia sinistra	4 (0.044%)
Giugulare esterna destra	9 (0.099%)
Giugulare esterna sinistra	4 (0.044%)
Basilica destra	1 (0.011%)

Tabella III. Tipologia dei cateteri polmonari.

Trilume CO con guaina preassemblata	8717 (96%)
Trilume CO continua	50 (0.55%)
Trilume RVEFCO	54 (0.59%)
Trilume SvO_2	30 (0.33%)
Trilume CO senza guaina preassemblata	220 (2.42%)

CO = gittata cardiaca; RVEFCO = gittata cardiaca + frazione di eiezione ventricolare destra; SvO_2 = saturazione venosa mista.

Tabella IV. Complicanze.

Da accesso venoso centrale	195 (2.14%)
Pneumotorace	4 (0.04%)
Puntura carotide	191 (2.1%)
Da catetere polmonare	80 (0.88%)
Tachicardia ventricolare	62 (0.68%)
Fibrillazione atriale	2 (0.022%)
Blocco atrioventricolare	2 (0.022%)
Fibrillazione ventricolare	1 (0.011%)
Ritmo nodale	6 (0.066%)
Perforazione parete ventricolo destro	1 (0.011%)
Rottura ramo periferico arteria polmonare	2 (0.022%)
Lesione tronco anonimo	2 (0.022%)
Ematoma parete ventricolo destro	2 (0.022%)

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.97.9.170 Thu, 08 Oct 2026, 18:22:05

nei casi dubbi, è stata diagnosticata mediante esame gasanalitico del sangue e sua comparazione con quello campionato dalla linea arteriosa. In 5 pazienti in cui non era stata sospettata la puntura arteriosa è stato posizionato in carotide un introduttore 7F, immediatamente rimosso e la lesione trattata con compressione esterna di almeno 5 min. In nessun caso sono state registrate sequele immediate e a distanza. Il pneumotorace è stato diagnosticato con l'osservazione diretta, dopo sternotomia, di aria presente nello spazio pleurico omolaterale all'accesso vascolare centrale.

Le complicanze da posizionamento di catetere in arteria polmonare sono state osservate in 80 pazienti (0.88%) (Tab. IV) e consistite per lo più in episodi di tachiaritmia ventricolare (> 6 complessi ectopici consecutivi) (62 casi, 0.68%). Minore incidenza hanno avuto complicanze più severe quali: fibrillazione atriale (2 casi, 0.022%), blocco atrioventricolare totale transitorio (2 casi, 0.022%), ritmo nodale (6 casi, 0.066%), fibrillazione ventricolare (1 caso, 0.011%), lesione del tronco anonimo senza perforazione (2 casi, 0.022%), ematoma ventricolare destro (2 casi, 0.022%), perforazione ventricolare destra (1 caso, 0.011%). In 2 casi sono state registrate rotture di un ramo distale dell'arteria polmonare (0.022%) in pazienti sottoposti a trattamento anticoagulante. L'evento si è evidenziato in ambedue i casi alla ripresa dell'attività cardiaca dopo circolazione extracorporea, probabilmente legato a manovre di insufflazione del palloncino del catetere, in occasione della valutazione emodinamica routinaria eseguita a fine del bypass cardiopolmonare. L'emorragia intrapolmonare ha comportato un profuso sanguinamento attraverso il tubo endotracheale ed in 1 caso si è dimostrata refrattaria sia all'applicazione di pressione positiva di fine espirazione sia al trattamento chirurgico di resezione polmonare, comportando il decesso del paziente. In questo caso hanno certamente giocato come concause la preesistente ipertensione polmonare secondaria alla valvulopatia mitralica reumatica, l'ipotermia moderata a cui era stato sottoposto il paziente durante l'intervento e l'impiego di un particolare tipo di catetere più rigido, a controllo di torsione, resosi necessario per il difficile posizionamento del device in arteria polmonare. Il caso a prognosi favorevole riguardava invece un paziente sottoposto a rivascolarizzazione miocardica in epoca più recente e quindi trattato con bypass normotermico in cui probabilmente la mancata retrazione della punta del catetere durante la circolazione extracorporea ha determinato la rottura del ramo dell'arteria polmonare con un meccanismo di frizione.

Eventi minori registrati durante il posizionamento del catetere in arteria polmonare sono stati per lo più costituiti da disritmie transitorie (sporadiche extrasistoli atriali e ventricolari) legate al passaggio della punta del catetere in ventricolo destro (5987 casi, 66%), migrazione della punta del catetere distalmente durante circolazione extracorporea (479 casi, 5.28%), rottura del palloncino del catetere (5 casi, 0.055%), comparsa di anse in vena cava superiore (1 caso, 0.011%) (Fig. 1), in arteria polmonare (1 caso, 0.011%) e atrio destro (2 casi, 0.022%), impossibilità di raggiungere la posizione di incuneamento (46 casi, 0.50%), difficoltà di progressione della punta del catetere in atrio destro (2 casi, 0.022%), in ventricolo destro (56 casi, 0.61%) e in arteria polmonare (81 casi, 0.89%), malfunzionamento del termistore (4 casi, 0.044%) (Tab. V).

In 45 pazienti portatori di pacemaker definitivo il posizionamento del catetere in arteria polmonare non ha comportato malposizioni di elettrodi endocavitari né fenomeni di intreccio dei cateteri; il cateterismo polmonare è stato comunque eseguito con un periodo di latenza rispetto all'impianto di pacemaker di almeno 6 mesi. La posizione finale della punta del catetere è stata il ramo principale dell'arteria polmonare di destra nel 92.4% dei casi e il ramo principale di sinistra nel rimanente 7.6%. In un paziente sottoposto a sostituzione valvolare aortica il decorso anomalo del catetere polmonare, evidenziato dalla radiografia del torace, ha indirizzato la diagnosi di "persistenza di vena cava superiore sinistra senza agenesia della vena cava superiore destra", altrimenti misconosciuta (Fig. 2). In tal caso

Figura 1. *Presenza di anse del catetere localizzate in vena cava superiore e atrio destro.*

Tabella V. Complicanze minori.

Disritmie transitorie	5987 (66%)
Migrazione distale punta catetere	479 (5.28%)
Rottura palloncino	5 (0.055%)
Anse in vena cava superiore	1 (0.011%)
Anse in atrio destro	2 (0.022%)
Anse in arteria polmonare	1 (0.011%)
Impossibilità di incuneamento	46 (0.50%)
Malfunzione termistore	4 (0.044%)
Difficile progressione in atrio destro	2 (0.022%)
Difficile progressione in ventricolo destro	56 (0.61%)
Difficile progressione in arteria polmonare	81 (0.89%)

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.97.9.170 Thu, 08 Oct 2026, 18:22:05

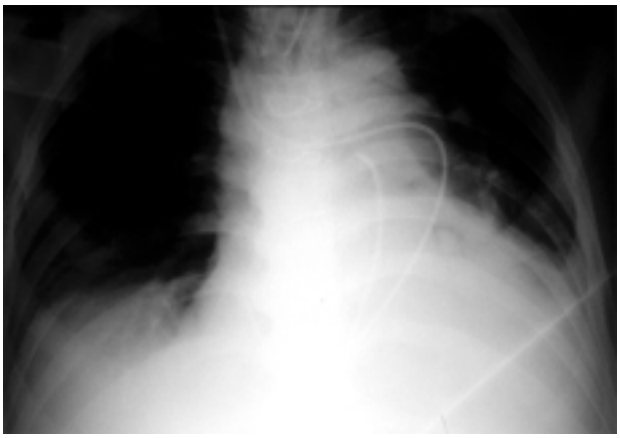

Figura 2. *Decorso anomalo del catetere polmonare attraverso la vena cava superiore persistente sinistra.*

l'eccessiva lunghezza del catetere introdotto per raggiungere la posizione di incuneamento e la riduzione dell'ampiezza, fino alla quasi scomparsa, della morfologia della traccia atriale destra, avrebbero potuto indurre al sospetto clinico della presenza dell'anomalia congenita[7,8]; non ci sono state invece apprezzabili alterazioni nei parametri monitorizzati, a differenza di quanto osservato in condizioni analoghe da altri autori che hanno segnalato valori abnormemente elevati[7] o abnormemente ridotti[8] di gittata cardiaca, misurata con la termodiluizione, in relazione all'eventuale presenza di fenestrazione del seno coronarico o all'anomalo posizionamento della porta atriale del catetere polmonare[7,8].

La colonizzazione batterica della punta del catetere è stata studiata in un campione di 91 pazienti sottoposti a ventilazione meccanica prolungata il cui catetere era stato rimosso a 72 ore dall'inserzione. La colonizzazione si è dimostrata positiva nel 38.5% dei casi. I batteri implicati erano (espressi come percentuale dei positivi): stafilococco coagulasi negativo (35%), flora mista (26%), *Klebsiella pneumoniae* (5.9%), *Pseudomonas aeruginosa* (8.8%), *Staphylococcus epidermidis* (5.9%), altri (23.5%). In questa ultima categoria sono stati raggruppati: stafilococco aureo, *Serratia* odorifera, *Morganella morgani*, streptococco gruppo D, *Escherichia adecarboxylata, Enterobacter cloacae, Enterobacter aerogenes, Pseudomonas fluorescens*. Non è stata evidenziata correlazione clinica tra cateterismo polmonare e segni di infezione sistemica.

Discussione

Il cateterismo cardiaco prende origine dalle prime esperienze di Bernard e successivamente di Chauveau e Marey[9] su animali vivi nel 1863; nel 1929 Forssmann[10] effettuò su se stesso un cateterismo atriale destro e nell'anno seguente Jiménez Díaz e Sánchez Cuenca[11] riportarono la prima serie di pazienti sottoposti a cateterismo atriale destro. Negli anni a seguire Cournand et al.[12] validarono il metodo di Fick attraverso prelievi in atrio destro e successivamente in arteria polmonare. Il primo catetere con palloncino per l'occlusione di un ramo terminale dell'arteria polmonare fu sperimentato nel cane nel 1953[13]. Bradley[14] descrisse l'uso "bedside" del cateterismo destro nel 1964 e 4 anni più tardi Branthwaithe e Bradley[15] validarono il metodo della termodiluizione. Nel 1970 infine Swan et al.[1] descrissero l'uso del catetere polmonare occludente nell'uomo. Da allora il monitoraggio invasivo comprendente il cateterismo dell'arteria polmonare è divenuto parte integrante della sorveglianza emodinamica e del trattamento dei pazienti critici. Uno studio osservazionale, condotto tra il 1989 e il 1994, coinvolgente 5735 pazienti ricoverati in 15 unità di terapia intensiva statunitensi, ha riportato un incremento significativo del rischio di morte a 30 giorni nei pazienti in cui era stato inserito un catetere polmonare, ipotizzando che tale dispositivo potesse essere in parte responsabile dell'incremento di mortalità sia direttamente sia attraverso l'induzione di errate scelte terapeutiche[3]. Tale studio, pur essendo stato fonte di notevoli controversie, ha comunque innescato una rivalutazione delle indicazioni dell'impiego del cateterismo polmonare. La Pulmonary Artery Catheter Consensus Conference[16], tenutasi nel 1997 sulla scia delle polemiche suscitate dall'articolo di Connors, ha tracciato delle linee guida per l'uso del cateterismo polmonare con indicazioni rivisitate, basate sullo stato delle attuali conoscenze. Tra le varie raccomandazioni vengono sottolineati due aspetti: la necessità di un miglioramento delle conoscenze da parte dello staff medico ed infermieristico e l'importanza di una corretta interpretazione dei dati che poi è quella che concorre a determinare, attraverso algoritmi diagnostico-terapeutici, l'outcome del paziente. Due indagini[17,18] condotte nell'ambiente delle terapie intensive statunitensi ed europee hanno in effetti evidenziato un'insufficiente preparazione teorica dello staff medico ed infermieristico nella gestione dei dati provenienti dal monitoraggio polmonare mediante catetere di Swan-Ganz.

La nostra piattaforma metodologica di monitoraggio prevede per ogni paziente oltre al trend in continuo, 10 rilevazioni emodinamiche (gittata cardiaca, registrazioni delle pressioni, emogasanalisi arteriosa e venosa mista, calcolo dei dati derivati) eseguite a tempi prestabiliti e sovrapponibili, dall'induzione dell'anestesia fino all'estubazione del paziente in terapia intensiva. Tale esperienza ha portato sinteticamente a due tipi di risultato. Innanzi tutto l'evidenziare precocemente episodi di ipertensione polmonare venocapillare in risposta prevalentemente a stimolo algogeno (incremento del postcarico durante ad esempio la sternotomia), a somministrazione di solfato di protamina[19] od in emergenze ischemiche richiedenti trattamento immediato e che altrimenti sarebbero progredite fino ad un più grave quadro clinico. In aggiunta lo stesso atteggiamento metodologico ha permesso di titolare meglio sul pa-

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.97.9.170 Thu, 08 Oct 2026, 18:22:05

ziente coronaropatico la conduzione dell'anestesia con farmaci progressivamente introdotti in clinica, alla ricerca di uno standard in grado di esercitare la massima protezione cardiovascolare[20,21] ed influenzare favorevolmente i principali indici di consumo di ossigeno miocardico[22]. Analogamente, sui dati emergenti dal monitoraggio cardiorespiratorio integrato, è stata sempre titolata la conduzione della terapia cardiocinetica e vasoattiva come pure la strategia di manipolazione di pre- e postcarico e la scelta del tipo e modalità del supporto ventilatorio.

La problematica su costo/beneficio del cateterismo polmonare è comunque tuttora insoluta e ciò deriva anche da particolari aspetti della questione, quali ad esempio il facile e puntuale riscontro dei costi sia monetari sia in termini di complicanze da un lato e, dall'altro, l'evidente difficoltà di validare scientificamente un effetto positivo della metodica sull'outcome generale dei pazienti. Esistono dei problemi obiettivi, difficilmente superabili: se si volesse evidenziare una riduzione della mortalità dello 0.2% in un gruppo trattato con il cateterismo polmonare rispetto ad un controllo, il quale esibisca di base una mortalità del 3%, si avrebbe la necessità, con intervallo di confidenza del 95% e potenza del test dell'80%, di reclutare un campione di elevate dimensioni, pari a 233 010 casi di pazienti con catetere polmonare[23]. D'altra parte motivi etici spesso impediscono una corretta investigazione; è facile il caso di interruzione di un trial, per il rifiuto da parte dei medici di effettuare una randomizzazione completa su pazienti critici. Alcune recenti metanalisi inglobanti trial randomizzati e controllati depongono invece per una riduzione significativa della morbilità impiegando strategie terapeutiche guidate dal monitoraggio arterioso polmonare[24]. Al di là comunque delle numerose segnalazioni apparse in letteratura le conclusioni cliniche si possono ricondurre essenzialmente alle seguenti considerazioni: una moratoria nell'uso del cateterismo polmonare non è al momento necessaria, è auspicabile l'impiego di risorse finanziarie nello sviluppo futuro di metodiche alternative al cateterismo polmonare, è necessario un miglioramento nelle tecniche di inserzione ed implementazione del catetere polmonare nonché dell'interpretazione dei dati provenienti da tale monitoraggio[25]. Modificare favorevolmente il rapporto costo/beneficio del monitoraggio polmonare richiede comunque la minimizzazione dei costi in termini di complicanze.

Le complicanze associate all'incannulazione del vaso centrale (pertanto non specifiche dell'uso del monitoraggio polmonare) consistono in danni da perforazione di varie strutture del collo e del torace: vasi arteriosi (ematoma, emotorace), vasi venosi intratoracici (emotorace, idrotorace, idromediastino, versamento pericardico, tamponamento), vasi linfatici (chilotorace), vie aeree (perforazione trachea, pneumotorace), strutture nervose (plesso brachiale, frenico, paralisi corde vocali, sindrome di Horner). Nelle casistiche più numerose, di per sé gravate da un numero ridotto di complicanze rispetto a quelle minori[4-6], gli eventi avversi che si manifestano sono per lo più la puntura arteriosa (1.9%)[6] ed il pneumotorace (0.5%)[6]. La nostra esperienza ha evidenziato un'incidenza di puntura arteriosa del 2.1% e di pneumotorace dello 0.04%, quest'ultimo presente solo nel primo periodo della nostra esperienza[26] (Tab. IV, Fig. 3).

Direttamente dipendenti dal monitoraggio dell'arteria polmonare sono invece i danni legati all'avanzamento/retrazione del catetere (aritmie, perforazione atriale o ventricolare, annodamento del catetere, rottura corde tendinee, insufficienza valvolare) e quelli associati al suo mantenimento *in situ* (trombosi, rottura

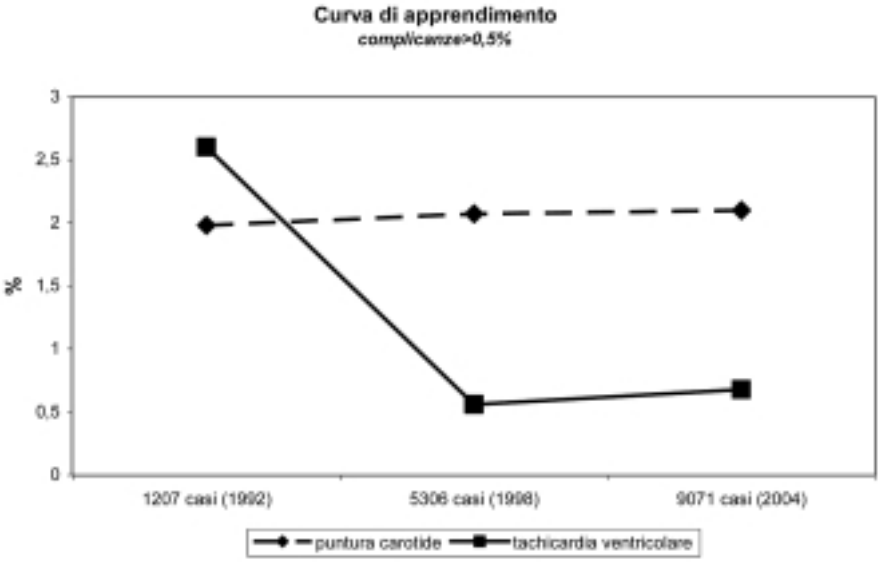

Figure 3. *Nella curva di apprendimento l'incidenza di puntura della carotide resta invariata negli anni mentre il riscontro di tachiaritmie è massimo agli inizi dell'implementazione della procedura. Esiste una quota comunque non abbattibile di complicanze e non influenzabile dall'esperienza del team.*

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.97.9.170 Thu, 08 Oct 2026, 18:22:05

dell'arteria polmonare, colonizzazione batterica, sepsi, infarto polmonare, rottura del pallone, endocardite). Le complicanze riscontrate (0.88% globalmente) comprendono aritmie di una certa gravità richiedenti trattamento e lesioni anatomiche da catetere quali: ematoma ventricolare destro, perforazione ventricolare destra, lesione tronco anonimo senza rottura e rottura dell'arteria polmonare (Tab. IV). Quasi tutte le lesioni anatomiche sono occorse nell'uso di cateteri più rigidi (a controllo di torsione), impiegati per ottenere un posizionamento altrimenti difficoltoso. La rottura dell'arteria polmonare è un evento temibile e rappresenta un'emergenza non sempre controllabile. Difatti in 1 caso sono state vane le manovre sia mediche sia chirurgiche di controllo dell'emorragia intrapolmonare, con conseguente decesso del paziente; resta comunque un'evenienza molto rara (nella nostra esperienza 0.022%, Shah et al.[6] 0.064%) ed in larga parte prevenibile con un corretto uso del dispositivo. Ulteriore complicanza di rilievo è la sepsi correlata all'uso del catetere; la colonizzazione batterica è un'evenienza abbastanza frequente e direttamente collegata al tempo di permanenza: nella nostra esperienza, dopo 72 ore, il 38.5% di 91 cateteri era stato colonizzato prevalentemente dallo stafilococco coagulasi negativo, senza peraltro segni generali di sepsi. Il ricorso a rigidi protocolli nell'inserzione del dispositivo ridurrebbe (da 5 ad 8 volte) l'incidenza di infezioni: massima sterilità durante la fase di posizionamento, impiego di un team esperto, rimozione e/o sostituzione del catetere dopo 72 ore[27], utilizzo di dispositivi intravascolari provvisti di guaina preassemblata[28].

Di minore impatto clinico appaiono le aritmie transitorie non richiedenti trattamento, la migrazione del catetere dopo circolazione extracorporea (incremento del rischio di perforazione, soprattutto se associata ad ipotermia) ed una miscellanea di situazioni che vanno dal malfunzionamento delle connessioni elettriche del catetere, alla rottura del palloncino, alle difficoltà incontrate nel transito attraverso le valvole tricuspide e polmonare (Tab. V). Non si è mai verificato un annodamento del catetere ma talvolta sono comparse delle anse, particolarmente in caso di strutture cardiache e vascolari dilatate (Fig. 1). La valutazione della curva di apprendimento del nostro centro (1207 casi[26], 5306 casi[29] e 9071 casi) ha evidenziato come alcune complicanze siano risultate indipendenti dall'esperienza accumulata, permanendo in maniera costante durante tutto il periodo considerato (ad esempio puntura della carotide) mentre la maggior parte abbia mostrato un trend in discesa restando limitata ai primi anni dell'utilizzo della procedura (Figg. 3 e 4). Per la cannulazione della vena giugulare non si è mai fatto ricorso al reperimento ecoguidato della vena medesima, in grado secondo alcuni autori, in base ai risultati di una metanalisi su 208 trial, di ridurre l'incidenza di complicanze[30]. Con il progredire del training, della conoscenza e dell'esperienza dell'intero team i rischi intrinseci al cateterismo dell'arteria polmonare diminuiscono, influenzandone favorevolmente il rapporto costo/beneficio[31,32] ma, oltre una certa numerosità, ulteriore esperienza non conferisce ulteriore miglioramento e si evidenzia dunque una quota basale, non abbattibile, di complicanze insita nella procedura e indipendente dall'abilità degli operatori.

Altre metodiche nel corso degli anni si sono presentate come alternative od almeno parzialmente sostitutive del monitoraggio polmonare. Talora l'alternatività consiste esclusivamente in minori costi economici senza riduzione dell'invasività della procedura, come nel caso della rilevazione della pressione atriale sinistra mediante cateterismo diretto della cavità cardiaca, effettuato in fase intraoperatoria attraverso la breccia

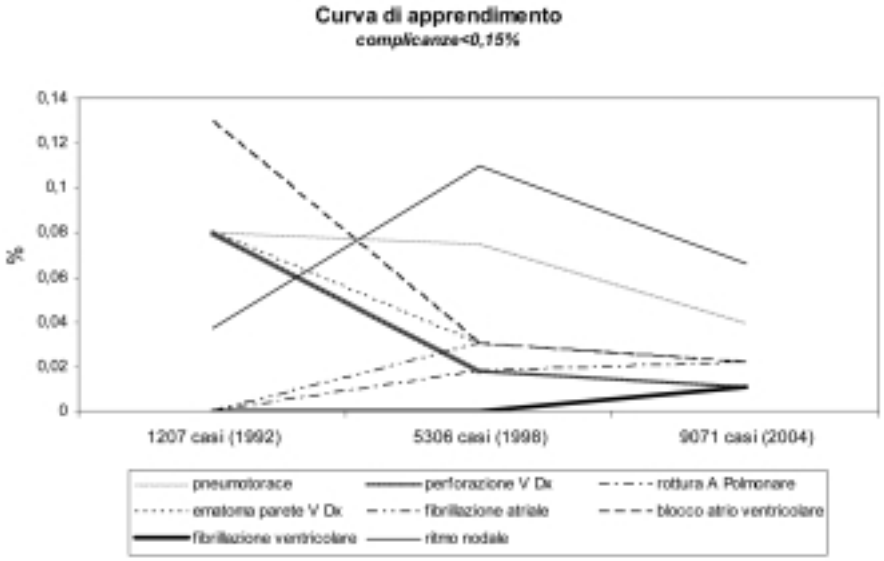

Figura 4. *Nella curva di apprendimento la quasi totalità delle complicanze a bassa incidenza diminuisce con il progredire della numerosità della casistica. Esiste una quota comunque non abbattibile di complicanze e non influenzabile dall'esperienza del team.*

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.97.9.170 Thu, 08 Oct 2026, 18:22:05

sternotomica. Ampiamente impiegata nei primi anni '70[33], tale metodica di monitoraggio ha subito un successivo ridimensionamento in quanto, oltre ad un'incompletezza diagnostica (mancanza di informazioni circa pressione polmonare, saturazione venosa mista, gittata cardiaca), è gravata da un'incidenza variabile di complicanze emorragiche all'atto della rimozione del catetere e di una pericolosità intrinseca legata all'accesso diretto al circolo sistemico. La microembolia gassosa può essere presente in più del 50% dei casi[34] ed esiste la possibilità di embolizzazione di porzioni del catetere in seguito a frattura dello stesso durante la rimozione percutanea[35]. Nonostante tali limitazioni continua ad essere impiegata anche estensivamente (94% delle procedure) da alcuni autori con un'incidenza di complicanze definita accettabile (0.24%)[36,37]. La disponibilità di un catetere atriale sinistro può consentire inoltre l'infusione di catecolamine direttamente nel circolo sistemico in modo da ridurne l'effetto vasocostrittivo polmonare[38]. In epoca più recente la comparsa di nuove apparecchiature e l'importazione nel monitoraggio di metodologie già note hanno significativamente inciso nella scelta intraoperatoria dei device da impiegare. Dall'esperienza del COLD System (Circulation Oxygenation Lung water and Liver function Diagnosis) del 1990[39] capace di misurare parametri volumetrici con la tecnica del doppio indicatore è stato derivato il "pulse contour cardiac output" (PiCCO, Pulsion Medical Systems, Monaco, Germania) in grado sia di eseguire una termodiluizione arteriosa mediante bolo freddo sia di monitorare in continuo, mediante l'analisi del profilo dell'onda arteriosa, gittata cardiaca, resistenze vascolari sistemiche, dp max, frequenza cardiaca, pressione arteriosa, gittata sistolica[40]. Il tutto viene ottenuto mediante l'inserzione di un catetere venoso centrale e di un catetere arterioso femorale (o più recentemente catetere arterioso radiale lungo[41]). La termodiluizione arteriosa fornisce oltre alla gittata cardiaca (ampiamente validata rispetto al *gold standard* del cateterismo polmonare[42]) anche una misura in termini volumetrici del precarico, espresso come volume telediastolico globale, una stima del volume del sangue intratoracico e dell'acqua extravascolare polmonare. Il PiCCO consente altresì il monitoraggio in continuo della variazione di gittata sistolica intesa come il valore medio dei 4 valori massimi e minimi di gittata sistolica durante 12 s di flottazione del catetere secondari a ventilazione meccanica. Tale parametro viene considerato un indicatore dinamico di precarico[43]. Rispetto al cateterismo polmonare la procedura si presenta con una minore invasività, richiede ugualmente un accesso venoso centrale e manca della misura diretta delle pressioni polmonari. Ha guadagnato consensi crescenti[44] e nella nostra routine clinica viene impiegato, associato all'ecocardiografia transesofagea, nei pazienti con buona funzione contrattile, sottoposti a procedure chirurgiche relativamente semplici e prevedibilmente non complicate (bypass aortocoronarico, sostituzioni monovalvolari), in cui l'utilizzo del monitoraggio polmonare non sembra migliorare l'outcome[45,46]. Diffusasi come monitoraggio intraoperatorio dagli Stati Uniti, dove già nel 1991 le procedure erano state più di 10 000[47], l'ecocardiografia transesofagea rappresenta attualmente la metodica di maggiore interesse nel periodo intraoperatorio di pazienti cardiochirurgici. Gravata di scarsa morbilità intrinseca presenta tutti i vantaggi delle tecniche di imaging per la valutazione della funzionalità e morfologia cardiache e permette la misurazione di innumerevoli indici di performance emodinamica. La valutazione specifica dei volumi cardiaci viene comunemente assunta come indicatore di precarico[48,49]. L'ecocardiografia transesofagea permette altresì di vicariare, mediante la flussimetria Doppler, il catetere polmonare nella stima delle pressioni atriale sinistra e destra, polmonare e telediastolica ventricolare sinistra[50]. L'uso intraoperatorio dell'ecocardiografia transesofagea si è dimostrato in grado di evidenziare, con un'incidenza significativa, nuovi particolari clinici in grado di modificare la strategia chirurgica in oltre il 5% dei casi[51], di orientare cambiamenti di scelta terapeutica nel 98% dei pazienti[52] e di ridurre l'incidenza dello stroke perioperatorio fornendo una guida morfologica alla cannulazione aortica[53]. Una recente segnalazione attribuisce all'ecocardiografia transesofagea l'identificazione di alcuni parametri indipendenti, significativamente predittivi della necessità di inotropi all'atto della separazione dal bypass cardiopolmonare quali l'indice di cinesi parietale, la frazione di eiezione e l'entità del rigurgito mitralico[54].

Il suo limite, al di là della disponibilità tecnologica, è rappresentato principalmente dalla presenza di un operatore qualificato; dati recenti suggeriscono come un esame transesofageo durante l'intervento chirurgico sia più probabilmente realizzabile quando è l'anestesista (per il quale è necessaria una lunga fase di formazione) anziché il cardiologo a rivestire il ruolo di ecocardiografista abituale[55]. Attualmente viene costantemente impiegata nella nostra realtà clinica, in sostituzione del monitoraggio polmonare, nei casi a gestione prevedibilmente semplice (integrata con il PiCCO System) ed associata al monitoraggio polmonare nei casi complessi. Mentre l'ecocardiografia transesofagea risulta comunque routinariamente impiegabile in sala operatoria essa resta attualmente meno operativa come monitoraggio longitudinale in terapia intensiva, dove la possibilità di ottenere facilmente in continuo parametri quali la saturazione venosa mista e la gittata cardiaca giustifica, nella gestione di pazienti complessi ed emodinamicamente instabili, l'impiego di una metodica invasiva ma tutto sommato a bassa morbilità intrinseca quale il cateterismo polmonare.

La revisione attenta delle indicazioni all'uso del catetere di Swan-Ganz, l'utilizzo combinato delle risorse tecnologiche ed umane disponibili, la competenza nell'analisi e nell'interpretazione dei dati costituiscono, a nostro avviso, l'atteggiamento clinico maggiormente

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.97.9.170 Thu, 08 Oct 2026, 18:22:05

condivisibile nell'ambito del monitoraggio emodinamico perioperatorio dei pazienti cardiochirurgici. *"Only a bad workman blames his tools"*[56].

Riassunto

Razionale. Viene riportata un'esperienza pluriennale nell'uso del cateterismo dell'arteria polmonare valutando l'incidenza di complicanze in un'ampia serie di pazienti sottoposti ad intervento cardiochirurgico e l'andamento della curva di apprendimento del team.

Materiali e metodi. Dal 1988 è stato istituito nel nostro centro un registro prospettico per la catalogazione delle procedure di cateterismo polmonare; in tale documentazione sono stati riportati dati relativi al sito di accesso venoso centrale, al tipo di dispositivo utilizzato, alle complicanze legate alla cannulazione, inserimento e posizionamento del catetere intravascolare, al tipo di intervento effettuato. In 16 anni (aprile 1988-aprile 2004) sono stati registrati 9071 cateterismi polmonari.

Risultati. Complicanze associate alla cannulazione venosa centrale: puntura della carotide (191 pazienti, 2.1%) e pneumotorace (4 pazienti, 0.04%). Complicanze associate al posizionamento del catetere polmonare: tachiaritmie ventricolari (62 pazienti, 0.68%), fibrillazione atriale (2 pazienti, 0.022%), blocco atrioventricolare completo (2 pazienti, 0.022%), ritmo nodale (6 pazienti, 0.066%), perforazione della parete ventricolare destra (1 paziente, 0.011%), ematoma della parete ventricolare destra (2 pazienti, 0.022%), lesione del tronco anonimo (2 pazienti, 0.022%) e rottura dell'arteria polmonare (2 pazienti, 0.022%).

Conclusioni. Eseguita da personale esperto il cateterismo dell'arteria polmonare si rivela una procedura sicura in cardiochirurgia.

Parole chiave: Cateterismo; Complicanze; Emodinamica.

Bibliografia

1. Swan HJ, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. N Engl J Med 1970; 283: 447-51.
2. Robin ED. Death by pulmonary artery flow-directed catheter: time for a moratorium. Chest 1987; 92: 727-31.
3. Connors AF Jr, Speroff T, Dawson NV, et al. The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients. SUPPORT Investigators. JAMA 1996; 276: 889-97.
4. Sise MJ, Hollingsworth P, Brimm JE, Peters RM, Virgilio RW, Shackford SR. Complications of the flow-directed pulmonary artery catheter: a prospective analysis in 219 patients. Crit Care Med 1981; 9: 315-8.
5. Davies MJ, Cronin KD, Domaingue CM. Pulmonary artery catheterization. An assessment of risks and benefits in 220 surgical patients. Anaesth Intensive Care 1982; 10: 9-14.
6. Shah KB, Rao TL, Laughlin S, El-Etr AA. A review of pulmonary artery catheterization in 6245 patients. Anesthesiology 1984; 61: 271-5.
7. Horrow JC, Lingaraju N. Unexpected persistent left superior vena cava: diagnostic clues during monitoring. J Cardiothorac Anesth 1989; 3: 611-5.
8. Choudhry AK, Conacher ID, Hilton CJ, Roy RC, McGregor CG. Persistent left superior vena cava. J Cardiothorac Anesth 1989; 3: 616-9.
9. Chauveau A, Marey EJ. Physiologie medicale de la circulation du sang. Paris: Delahaye, 1863.
10. Forssmann W. Die Sondierung des Rechten Herzens. Klin Wochenschr 1929; 8: 2085-9.
11. Jimenéz Díaz C, Sánchez Cuenca B. El sondaje del corazón derecho. Archivos de Cardiología y Hematología 1930; 11: 105-8.
12. Cournand A, Lauson HD, Bloomfield RA, Breed ES, Baldwin E de F. Recording of right heart pressures in man. Proc Soc Exp Biol Med 1944; 55: 34-6.
13. Lategola M, Rhan H. A self-guiding catheter for cardiac and pulmonary arterial catheterization and occlusion. Proc Soc Exp Biol Med 1953; 84: 667-8.
14. Bradley RD. Diagnostic right heart catheterization with miniature catheters in severely ill patients. Lancet 1964; 2: 941-2.
15. Branthwaithe MA, Bradley RD. Measurement of cardiac output by thermodilution in man. J Appl Physiol 1968; 24: 434-8.
16. Pulmonary Artery Catheter Consensus Conference Participants. Pulmonary artery catheter consensus conference: consensus statement. Crit Care Med 1997; 25: 910-25.
17. Iberti TJ, Fischer EP, Leibowitz AB, Panacek EA, Silverstein JH, Albertson TE, and the Pulmonary Artery Catheter Study Group. A multicenter study of physicians' knowledge of the pulmonary artery catheter. JAMA 1990; 264: 2928-32.
18. Gnaegi A, Feihl F, Perret C. Intensive care physicians' insufficient knowledge of right heart catheterization at the bedside: time to act? Crit Care Med 1997; 25: 213-20.
19. Procaccini B, Clementi G, Bersanetti L, et al. Cardiorespiratory effects of protamine sulphate in man: intra-aortic versus intra-right atrial rapid administration after cardiopulmonary bypass. J Cardiovasc Surg 1987; 2: 112-9.
20. Clementi G, Procaccini B. Coronary perfusion pressure and stroke index during inhalation and intravenous anaesthesia for coronary artery bypass surgery. (abstr) J Cardiothorac Anesth 1990; 4 (Suppl 3): 121.
21. Procaccini B, Clementi G. Il propofol nel coronaropatico: valutazione emodinamica di vari regimi anestetici. Minerva Anestesiol 1996; 62: 249-57.
22. Procaccini B, Clementi G, Varrassi G. Effetti della clonidina vs la trinitroglicerina sul bilancio di ossigeno miocardico e sullo scambio gassoso polmonare durante e dopo intervento di rivascolarizzazione miocardica. Minerva Anestesiol 1993; 59: 235-45.
23. Spackman TN. A theoretical evaluation of cost-effectiveness of pulmonary artery catheters in patients undergoing coronary artery surgery. J Cardiothorac Vasc Anesth 1994; 8: 570-6.
24. Ivanov R, Allen J, Calvin JE. The incidence of major morbidity in critically ill patients managed with pulmonary artery catheters: a meta-analysis. Crit Care Med 2000; 28: 615-9.
25. Sandham JD, Hull RD, Brant RF. The pulmonary artery catheter takes a great fall. Crit Care Med 1998; 7: 1288-9.
26. Taraschi F, Procaccini B, Clementi G. Ricognizione sulla cateterizzazione dell'arteria polmonare in 1207 pazienti. Minerva Anestesiol 1992; 58: 151-8.
27. Raad I, Darouiche R. Prevention of infections associated

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.97.9.170 Thu, 08 Oct 2026, 18:22:05

with intravascular devices. Curr Opin Crit Care 1996; 2: 361-5.
28. Cohen Y, Fosse JP, Karoubi P, et al. The "hands-off" catheter and the prevention of systemic infections associated with pulmonary artery catheter: a prospective study. Am J Resp Crit Care Med 1968; 157: 284-7.
29. Procaccini B, Clementi G, Miletti E, Lattanzi W. A review of pulmonary artery catheterization in 5306 consecutive patients undergoing cardiac surgery. (abstr) Br J Anaesth 1998; 80 (Suppl 2): 13.
30. Randolph AG, Cook DJ, Gonzales CA, Pribble CG. Ultrasound guidance for placement of central venous catheters: a meta-analysis of the literature. Crit Care Med 1996; 24: 2053-8.
31. Gomez CM, Palazzo MG. Pulmonary artery catheterization in anaesthesia and intensive care. Br J Anaesth 1998; 81: 945-56.
32. Vincent JL, Dhainaut JF, Perret C, Suter P. Is the pulmonary artery catheter misused? A European view. Crit Care Med 1998; 26: 1283-7.
33. Yamada T. Simplified technique for the insertion of indwelling catheters in the pulmonary artery and left atrium. J Cardiovasc Surg 1975; 16: 205-7.
34. Feerick AE, Church JA, Zwischenberger J, Conti V, Johnston WE. Systemic gaseous microemboli during left atrial catheterization: a common occurrence? J Cardiothorac Vasc Anesth 1995; 9: 395-8.
35. Yeo TC, Miller FA Jr, Oh JK, Freeman WK. Retained left atrial catheter: an unusual cardiac source of embolism identified by transesophageal echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 1998; 11: 66-70.
36. Santini F, Gatti G, Borghetti V, Oppido G, Mazzucco A. Routine left catheterization for the post-operative management of cardiac surgical patients: is the risk justified? Eur J Cardiothorac Surg 1999; 16: 218-21.
37. Zahorec R, Holoman M. Transatrial access for left atrial pressure monitoring in cardiac surgery patients. Eur J Cardiothorac Surg 1997; 11: 379-80.
38. Haider W, Zwolfer W, Hiesmayr M, et al. Improved cardiac performance and reduced pulmonary vascular constriction by epinephrine administration via a left atrial catheter in cardiac surgical patients. J Cardiothorac Vasc Anesth 1933; 7: 684-7.
39. Pfeiffer UJ, Backus G, Blumel G. A fiberoptics based system for integrated monitoring of cardiac output, intrathoracic blood volume, extravascular lung water, O_2 saturation, and a-v differences. In: Lewis F, Pfeiffer UJ, eds. Practical applications of fiberoptics in critical care monitoring. Berlin: Springer-Verlag, 1990: 114-25.
40. Neumann P. Extravascular lung water and intrathoracic blood volume: double versus single indicator dilution technique. Intensive Care Med 1999; 25: 216-9.
41. Procaccini B, Clementi G. Hemodynamic monitoring using a long radial catheter with PiCCO system for cardiac output measurements. In: Aurilio C, Belloni L, Chiefari M, Grella A, Lettieri B, Piazza L, eds. Update on "Il monitoraggio emodinamico in area critica". Maddaloni (CE): Protografiche, 2004: 3-6.
42. Della Rocca G, Costa MG, Pompei L, Coccia C, Pietropaoli P. Continuous and intermittent cardiac output measurement: pulmonary artery catheter versus aortic transpulmonary technique. Br J Anaesth 2002; 88: 350-6.
43. Michard F, Teboul JL. Predicting fluid responsiveness in ICU patients. A critical analysis of the evidence. Chest 2002; 121: 2000-8.
44. Reuter DA, Felbinger TW, Kilger E, Schmidt C, Lamm P, Goetz AE. Optimizing fluid therapy in mechanically ventilated patients after cardiac surgery by on-line monitoring of left ventricular stroke volume variations. Comparison with aortic systolic pressure variations. Br J Anaesth 2002; 88: 124-6.
45. Valentine RJ, Duke ML, Inman MH, et al. Effectiveness of pulmonary artery catheters in aortic surgery: a randomized trial. J Vasc Surg 1998; 2: 203-11.
46. Stewart RD, Psyhojos T, Lahey SJ, Levitsky S, Campos CT. Central venous catheter use in low-risk coronary artery bypass grafting. Ann Thorac Surg 1998; 4: 1306-11.
47. Clements F. The evolution of the anesthesiologist-echocardiographer. In: deBrujin NP, Clements FM, eds. Intraoperative use of echocardiography. Philadelphia, PA: Lippincott, 1991: 1-12.
48. Buhre W, Weyland A, Schorn B, et al. Changes in central venous pressure and pulmonary capillary wedge pressure do not indicate changes in right and left heart volume in patients undergoing coronary artery bypass surgery. Eur J Anaesthesiol 1999; 1: 11-7.
49. Fontes ML, Bellows W, Ngo L, Mangano DT. Assessment of ventricular function in critically ill patients: limitations of pulmonary artery catheterization. J Cardiothorac Vasc Anesth 1999; 5: 521-7.
50. Vargas F, Gruson D, Valentino R, et al. Transesophageal pulsed Doppler echocardiography of pulmonary venous flow to assess left ventricular filling pressure in ventilated patients with acute respiratory distress syndrome. J Crit Care 2004; 19: 187-97.
51. Quaddoura FE, Abel MD, Mecklenburg KL, et al. Role of intraoperative transesophageal echocardiography in patients having coronary artery bypass graft surgery. Ann Thorac Surg 2004; 78: 1586-90.
52. Cabrera MC, Santelices E, Hernandez R. Intraoperatory hemodynamic monitoring with transesophageal echocardiography. Rev Med Chil 2004; 132: 823-31.
53. Gold JP, Torres KE, Maldarelli W, Zhuravlev I, Condit D, Wasnick J. Improving outcomes in coronary surgery: the impact of echo-directed aortic cannulation and perioperative hemodynamic management in 500 patients. Ann Thorac Surg 2004; 78: 1579-85.
54. McKinlay KH, Schinderle DB, Swaminathan M, et al. Predictors of inotrope use during separation from cardiopulmonary bypass. J Cardiothorac Vasc Anesth 2004; 18: 408-9.
55. Morewood GH, Gallagher ME, Gaughan JP, Conlay LA. Current practice patterns for adult perioperative transesophageal echocardiography in the United States. Anesthesiology 2001; 95: 1507-12.
56. Soni N. Swan song for the Swan-Ganz catheter? BMJ 1996; 313: 763-4.