

potuta concentrare solamente lungo le seguenti linee:

- biomateriali;
- ponte al trapianto.

Sottoprogetto 1 - Biomateriali.

Temi di ricerca:

Tests su materiali polimerici per il loro impianto in campo cardiovascolare (cuore artificiale) e stesura dei relativi protocolli.

L'attività di ricerca ha portato alla individuazione dei tests ai quali deve essere sottoposto un biomateriale ed una protesi prima dell'impiego clinico. All'interno di ogni test è stata valutata la normativa internazionale e nazionale, suggerendo di volta in volta i protocolli di prova. In assenza di normativa sono stati presi in considerazione dei parametri generali e sono state elencate delle regole generali che possono aiutare nella stesura del protocollo e nella lettura dei risultati.

Nel corso dell'attività è risultato che la sterilizzazione, momento finale e necessario a cui deve essere sottoposto un materiale o una protesi prima dell'impianto su paziente avrebbe potuto alterare le proprietà chimicofisiche del materiale se non addirittura quelle biologiche, rimettendo in discussione la sua biocompatibilità. Tale constatazione ha portato ad una ricerca bibliografica sulla sterilizzazione e sui vari modi di sterilizzare. Si è quindi rivalutato il problema in funzione delle classi dei materiali e dei parametri chimicofisici nella sterilizzazione.

Le sterilizzazioni attualmente utilizzate sono:

- autoclave a secco o umida;
- con liquidi batteriostatici;
- a ossido di etilene;
- a raggi gamma;
- a microonde;

- a fascio elettronico.

Per i metalli ed i ceramici il problema non è così importante, mentre lo è per le materie plastiche che durante il ciclo di sterilizzazione, per esempio in autoclave, possono degradarsi, cedere, cambiare la loro struttura, per cui è necessario che la prova di biocompatibilità sia fatta sul materiale sterilizzato.

Sviluppo di matrici bioerodibili ed emocompatibili per protesi cardiovascolari.

La ricerca ha riguardato lo studio dell'innesto superficiale di poliuretanoammidi, ed in particolare del copolimero elastomerico denominato PEUFA (polietereuretano ammido derivato da politetrametileneossido 2000, esametilenediisocianato e acido fumarico), sintetizzato presso l'Università di Gerusalemme.

L'innesto superficiale ha lo scopo di aumentare le caratteristiche di emocompatibilità, mantenendo nel contempo le elevate proprietà meccaniche intrinseche del materiale, e riguarda due tipi di strutture innestabili:

- 1) Oligomeri sintetici dotati di attività eparinocomplessante, appartenenti alla categoria delle poliammidoammine (PAA).
- 2) Strutture peptidiche dotate di affinità specifica per componenti ematici, quali le cellule endoteliali, o per l'eparina stessa.

Grazie alla particolare struttura chimica del copolimero PEUFA, in entrambi i casi la reazione di innesto pur avvenire in condizioni blande, quali la temperatura fisiologica di 37°C, utilizzando soluzioni idroalcooliche, e segue un meccanismo di addizione di tipo Michael tra gruppi amminici presenti nelle strutture da innestare (PAA e peptidi) e doppi legami attivati presenti nel copolimero PEUFA.

Per quanto riguarda il punto 1), in questa fase della

ricerca sono state sintetizzate e caratterizzate a fondo due diverse poliammidoammine e sono state preparate lastrine omogenee di PEUFA per evaporazione da solvente (dimetilacetamide). In particolare, la messa a punto del processo di preparazione delle lastrine ha richiesto numerose prove, seguendo diverse metodologie:

- Preparazione di soluzioni a diversa concentrazione;
- Filtrazione e concentrazione delle soluzioni;
- Evaporazione sotto vuoto o sotto flusso di aria compressa.

La metodologia di ottenimento delle lastrine è particolarmente importante perchè da essa dipende in gran parte la morfologia della superficie del materiale, ed in questo caso la disponibilità di doppi legami in superficie. Si è alla fine optato per il processo di evaporazione sotto vuoto controllato. Sono state effettuate numerose prove di innesto mettendo a contatto le lastrine con soluzioni diluite di diversi campioni di poliammidoammine a 40°C per 5 ore. La successiva eparinizzazione è avvenuta immergendo le lastrine PAAinnestate in una soluzione all'1% di eparina in tampone acetato (pH=4.6) o tampone fosfato (pH=7.4) per una notte, a 37°C o a temperatura ambiente.

La presenza di PAAinnestate superficialmente è stata indagata con la spettroscopia infrarossa (ATRFT). La quantità di eparina trattenuta dai campioni PAAinnestati è stata valutata sia con un metodo, che utilizza test di coagulazione con plasma bovino citratato (aPTT), sia con il metodo di dosaggio dell'acido glicuronico (secondo Bitter e Muir, 1962, con carbazolo) che è stato appositamente messo a punto. I test aPTT consentono di misurare l'eparina biologicamente attiva, mentre il test del carbazolo valuta l'eparina globalmente presente. I risultati ottenuti sono molto interessanti in quanto il test chimico ha rivelato una quantità di eparina più elevata (anche tre volte) rispetto al test biologico. Rimane da chiarire se tale differenza sia dovuta ad una perdita di

attività durante il procedimento di complessazione, oppure di eluizione dell'eparina complessata.

Globalmente i risultati hanno confermato la possibilità dell'innesto superficiale di segmenti poliammidoamminici e la capacità eparinocomplessante dei materiali PAAinnestati. Tuttavia, per quanto riguarda la quantificazione dell'eparina adsorbita, i risultati sono variabili; questo pur essere ragionevolmente attribuito alla diversa morfologia superficiale presentata di volta in volta prima dell'innesto dalle lastre del materiale, che comunque apparteneva sempre alla stessa preparazione sintetica.

Per quanto riguarda il punto 2), è stata valutata la possibilità di innestare strutture peptidiche, tra cui il tripeptide RGD (ArgGlyAsp), dotato di attività specifica per le cellule ematiche. Tale struttura peptidica esiste in commercio unita ad una unità glicina (GlyArgGlyAsp) o a glicina e serina (GlyArgGlyAspSer), oppure pur essere sintetizzato ed opportunamente funzionalizzato per la reazione di innesto.

Un'altra linea di ricerca affrontata nel corso del 1991 è rappresentata dallo studio della capacità eparino adsorbente di idrogeli a struttura polietereammidoamminica.

L'eparinizzazione degli idrogeli è una strategia per produrre materiali non trombogenici, combinando le proprietà anticoagulanti dell'eparina con la biocompatibilità degli idrogeli.

Nel caso degli idrogeli polietereammidoamminici l'eparina viene trattenuta tramite due meccanismi combinati: a) complessazione di tipo ionico ed elettrostatico tra gruppi amminici terziari protonati dell'idrogelo e cariche negative dell'eparina; b) intrappolamento di tipo fisico dell'eparina tra le maglie del reticolo tridimensionale idratato dell'idrogelo.

Colture endoteliali su matrici polimeriche bioerodibili per protesi vascolari.

Nella presente ricerca sono stati utilizzati i tests messi a punto in precedenza per la valutazione della citotossicità di diversi polimeri usando le cellule endoteliali come cellule tipo e confrontando le loro risposte con quelle di una linea di cellule di criceto (BHK) comunemente in uso per i tests di citotossicità.

È stata utilizzata una camera per coltura cellulare (Transwell) dove il materiale allo studio pur essere deposto su un filtro che viene mantenuto separato dalle cellule attraverso un apposito sostegno. Questo sistema permette di valutare gli effetti delle sostanze liberate dal polimero evitando per l'eventuale danno meccanico da contatto diretto con le cellule.

Cinque diversi poliuretani sono stati così studiati e confrontati alla gomma naturale e a materiale assorbito a fenolo come controlli negativi. Il danno cellulare veniva valutato sia morfologicamente sia valutando la crescita cellulare a tempi diversi di contatto con i polimeri. La morfologia è stata valutata al microscopio a contrasto di fase e con l'uso di tecniche di immunofluorescenza. In particolare, per avere una valutazione più precisa della organizzazione del citoscheletro, i microfilmati di actina sono stati colorati con falloidina legata alla fluorescina.

I risultati mostravano che non vi erano danni apparenti, fino alle 72 ore, esponendo i due tipi cellulari (endotelio e BHK) ai diversi poliuretani. In contrasto, gravi danni sia alla morfologia che alla crescita si osservavano con le cellule BHK quando erano esposte a gomma naturale e a fenolo. Inaspettatamente sia la morfologia che la crescita delle cellule endoteliali restavano essenzialmente poco modificate anche quando le cellule erano in contatto con gomma naturale e fenolo. Questi dati hanno dimostrato che

l'endotelio e le BHK presentano caratteristiche di sensibilità ad agenti citotossici molto diverse. Ciò sottolinea la necessità di adeguare i tests di citotossicità al tipo di cellule umane che saranno presumibilmente esposte ai materiali in vivo.

È stata anche valutata l'adesione e la crescita delle cellule endoteliali seminate direttamente su questi cinque polimeri. I dati hanno mostrato che tutti i polimeri costituiscono buoni substrati di adesione e di crescita per le cellule anche se, in generale, meno efficienti della plastica di coltura. Come controllo negativo è stata usata la gomma naturale che promuoveva molto debolmente l'adesione delle cellule endoteliali e che non ne permetteva la crescita.

Nel corso del lavoro è stata anche misurata la capacità dei polimeri di assorbire le proteine plasmatiche; in particolare, è stato misurato l'assorbimento di fibrinogeno e di albumina. Queste due proteine sono state scelte sulla base delle loro proprietà. Il ricoprimento dei polimeri con albumina, infatti, è stato correlato negativamente alla loro trombogenicità. L'albumina, probabilmente per un effetto di ricoprimento passivo di gruppi reattivi riduce la capacità delle piastrine e del sistema della coagulazione di interagire con il materiale. Il fibrinogeno ha proprietà opposte, infatti promuove l'adesione delle piastrine e la successiva attivazione della coagulazione. L'assorbimento di queste due proteine sui polimeri è stato valutato a) attraverso la misura del legame delle proteine in precedenza purificate e marcate con ^{125}I sui materiali, e b) attraverso tests radioimmunologici utilizzando anticorpi specifici contro il fibrinogeno e l'albumina. I due tests hanno dato risultati sostanzialmente comparabili, mostrando che i polimeri assorbivano concentrazioni relativamente basse di fibrinogeno e di albumina almeno nei rapporti polimeri/proteine utilizzati. Non vi erano quindi differenze significative tra i

diversi poliuretani rispetto alla capacità di assorbimento di queste due proteine.

Caratterizzazione e modificazione di biomateriali.

Il programma di ricerca prevedeva una indagine sistematica di caratterizzazione di superficie di biopolimeri, con particolare riguardo alla classe di poliuretani di interesse nelle protesi cardiovascolari.

Il reperimento dei materiali adeguati è risultato problematico, ed è stato solo parzialmente superato acquisendo campioni messi a disposizione da altre Unità Operative (Clinica Odontoiatrica, Università, Modena; Dipartimento di Bioingegneria, Politecnico, Milano) operanti nell'ambito dello stesso Progetto. Conseguentemente sono stati sottoposti ad indagini sperimentali alcuni materiali commerciali (Desmopan, Bayer) per la messa a punto delle metodiche e alcuni poliuretani (Cardiothane, Biomer, Pellethane).

Sono state effettuate misure dell'angolo di contatto con acqua, utilizzando il sistema messo a punto a questo scopo; il sistema include una telecamera e un microprocessore per l'acquisizione e l'elaborazione automatica delle immagini. Sono state individuate le condizioni ottimali di misura che comprendono: **a)** intensità ed angolo di illuminazione; **b)** dimensioni della goccia; **c)** angolo di ripresa. Le prestazioni del sistema sono state validate con misure di angolo di contatto fra H₂O e Silicio monocristallino la cui superficie è stata preparata con diverse procedure di trattamento chimico.

Le misure su poliuretani non trattati hanno fornito risultati in buon accordo con i dati riportati in letteratura. Variazioni di energia superficiale indotte da sterilizzazione gamma di Cardiothane sono suggerite da differenze (di circa 1,5 deg.) dell'angolo di contatto con acqua. Tuttavia la disponibilità di campioni si è rivelata insufficiente ad eseguire indagini sistematiche e quindi ad ottenere risultati probanti.

Analisi in ATR/FTIR sono state effettuate su polietilene e sugli stessi poliuretani menzionati, prima e dopo trattamento per irraggiamento UV. Nel caso del polietilene si è osservato un sistematico aumento del rapporto di intensità fra le righe a 1720 e a 1254 cm^{-1} , all'aumentare della durata e/o della densità di potenza di irraggiamento, a conferma della capacità del metodo ATR/FTIR a mettere in luce effetti di fotoossidazione di questo polimero.

Nel caso dei poliuretani non è stato individuato alcun indice significativo di modifiche strutturali dopo irraggiamento UV; la complessità degli spettri IR di questi polimeri avrebbe richiesto infatti una serie di indagini sistematiche molto più estesa e accurata di quella resa possibile dalla quantità e dimensione dei campioni disponibili.

Analisi degli aspetti biochimici e microbiologici delle interazioni fra microorganismi e protesi cardiovascolari.

L'attività ha riguardato lo studio dell'effetto della cefalotina e della clindamicina sull'adesione di *S. Aureus* a biomateriali rivestiti con proteine plasmatiche.

In questa ricerca si è condotto uno studio sull'adesione di un ceppo stafilococcico (*S. Aureus* Newman) a substrati di poliuretano rivestiti con proteine adesive come la fibronectina ed il fibrinogeno o con plasma intero. Il coating dei biomateriali (Cardiothane 51, Esthane 5714 ed Esthane 58810) risultava essere funzione del tempo e raggiungeva le condizioni di plateau dopo 23 ore di incubazione. La fibronectina ed il fibrinogeno esibivano una affinità di attacco per l'Esthane più che doppio rispetto al Cardiothane.

Il coating del Cardiothane 51 con fibronectina o

fibrinogeno aumentava in modo significativo l'adesività batterica al poliuretano, mentre l'adesione degli stafilococchi al substrato rivestito con albumina risultava marginale e comunque confrontabile a quella ottenuta con il biomateriale crudo.

Risultati analoghi a quelli ottenuti con il Cardiothane 51 si sono avuti con l'Esthane 5714 e l'Esthane 58810.

Per saggiare l'effetto di antibiotici sull'espressione di recettori di adesione di origine stafilococcica, cellule di *S. Aureus* Newman venivano cresciute in presenza di adenina e di concentrazioni subinibitorie di clindamicina, un antibiotico che interferisce con i normali processi di sintesi proteica o di cefalotina, un farmaco che influenza l'organizzazione della parete cellulare batterica. Le cellule quindi venivano incubate per tre ore con dischi di dimensione uniforme di Cardiothane 51 "coated" con fibronectina o fibrinogeno. Dopo ripetuti lavaggi i substrati venivano contati per la radioattività ad essi associata. In queste condizioni l'esposizione di stafilococchi a concentrazioni subinibitorie crescenti di clindamicina (1/8, 1/4, 1/2 di MIC) causava una concomitante riduzione dell'adesione batterica al biomateriale rivestito con fibronectina o fibrinogeno. Questo fenomeno è spiegabile se lo si correla al meccanismo d'azione della clindamicina e alla natura proteica dei recettori di adesione.

D'altra parte la crescita di *S. Aureus* Newman in presenza di cefalotina determinava un aumento dell'adesività batterica alla fibronectina, al fibrinogeno o al plasma totale immobilizzati sul poliuretano. Questa aumentata adesività è spiegabile se si considera la migliore "presentazione" dei recettori batterici a questi substrati a seguito del rilassamento della parete batterica ad opera di questo antibiotico. Nell'assieme queste informazioni potrebbero

rilevarsi utili per le loro implicazioni cliniche nella profilassi antimicrobica dei biomateriali.

Sottoprogetto 2 - Ponte al trapianto.

Le ricerche più significative sono risultate le seguenti:

Marcatori solubili di danno miopatico.

Lo studio delle isoforme della mioglobina, sia con isoelettrofocusing sia con cromatografia a scambio ionico, si è positivamente concluso da un punto di vista metodologico in quanto con entrambe le tecnologie è stato possibile separare nei loro punti isoletttrici le due isoforme con sistemi veloci e relativamente semplici.

Dall'analisi dei risultati ottenuti non sono emerse significative differenze tra omogenati tissutali provenienti da cuori espantati durante trapianto cardiaco e cuori di controllo normali autoptici. L'eventuale applicazione clinica di tali risultati metodologici rimane pertanto estremamente limitata.

Studio della funzione cardiovascolare in pazienti sottoposti ad assistenza meccanica ventricolare pulsata.

Nel corso del 1991 è stato costituito un archivio computerizzato di segnali derivanti da registrazioni multiparametriche in pazienti con scompenso cardiaco terminale in attesa di trapianto sottoposti ad assistenza ventricolare pulsata con "device" di Pierce Donachy.

I segnali analogici (ECG, segnali emodinamici arteriosi e venosi, segnali correlati con la funzione delle pompe destra e sinistra e con l'attività respiratoria) sono stati digitalizzati ed elaborati con software messo a punto nell'ambito del progetto. In particolare sono state applicate tecniche di filtraggio adattativo allo scopo di individuare i contributi separati del cuore nativo e dei "devices" meccanici

alla funzione di pompa globale.

Le serie temporali derivate e i segnali originali digitalizzati sono confluiti a costituire un "data base" accessibile ad ulteriori indagini.

Valutazione dell'impiego della ultrafiltrazione extracorporea nel trattamento dello scompenso cardiaco grave.

La valutazione del ruolo della ultrafiltrazione extracorporea in pazienti affetti da scompenso cardiaco grave resistente a terapia medica è proseguita nel corso del presente anno specialmente nella valutazione della prognosi di tali pazienti e nella caratterizzazione dell'equilibrio ormonale.

Il 30% dei pazienti ha necessitato di una nuova seduta di ultrafiltrazione ed è stato necessario ospedalizzarli, mentre il resto della popolazione è stato seguito ambulatorialmente. Un paziente ha presentato invece una morte improvvisa probabilmente di tipo aritmico.

Considerando il tipo particolare di tali pazienti è da notare come sensibilmente basso è risultata la necessità di una nuova ospedalizzazione e, d'altra parte, la possibilità di trattare tali pazienti in via ambulatoriale.

Dal punto di vista invece del profilo neuroormonale di tali pazienti è iniziata tale caratterizzazione tesa a valutare come l'intervento di ultrafiltrazione alteri tale sistema e se le diverse risposte a tale tipo di trattamento possano trovare una giustificazione nella variazione di tali parametri.

Attualmente tale studio non permette di trarre alcuna conclusione definitiva, ma appare di particolare interesse.

Protocolli per la sperimentazione animale di dispositivi per assistenza ventricolare.

È stata effettuata un'ampia indagine bibliografica relativa ai dispositivi per assistenza meccanica circolatoria

in uso negli stati di scompenso intrattabile, di shock cardiogeno postcardiotomia o postischemia, come anche durante procedure di angioplastica coronarica ad alto rischio. Dalla valutazione generale è emerso che le pompe centrifughe costituiscono il dispositivo di gran lunga meno emolizzante e pertanto più sicuro.

Per la sperimentazione sul cane anestetizzato di strumenti progettati per uso umano è stato necessario un adattamento delle cannule di connessione e una messa a punto della tecnica chirurgica per ottenere un preparato sperimentale stabile dal punto di vista emodinamico che consentisse di poter eseguire tutte le fasi previste dai protocolli.

Nel corso dell'anno è stata realizzata la connessione del poligrafo della saletta chirurgica con un PS/2 IBM 8580 M21 per l'acquisizione online dei segnali elettrocardiografici ed emodinamici dei singoli esperimenti. è stato inoltre completato e trasferito su PS/2 il pacchetto software per il riconoscimento automatico dei segnali, l'elaborazione dei dati, la valutazione della variabilità del singolo parametro e l'analisi spettrale.

Valutazione di dispositivi per assistenza ventricolare.

La resistenza meccanica è di regola vista come un requisito essenziale che, insieme ad altre caratteristiche, deve essere mantenuto nel tempo al livello desiderato.

Nessun materiale può resistere indefinitamente, ma quello scelto deve consentire al manufatto di svolgere la sua funzione per un tempo giudicato ragionevole, se non ottimale, ai fini della risoluzione di uno specifico problema. Queste considerazioni assumono il loro più ampio significato nel caso dei biomateriali, i quali devono assolvere alla loro funzione negli ambienti biologici, la cui aggressività fisica e chimica è multiforme e comunque eccezionale rispetto a quella che si

verifica nei più normali o diffusi impieghi tecnici.

La maggior parte dei dispositivi di assistenza ventricolare (VAD) oggi utilizzati vengono realizzati con il Biomer, un elastomero poliuretanico, in quanto tale materiale presenta ottime caratteristiche di emocompatibilità, buone caratteristiche meccaniche di rigidezza a trazione e resistenza a fatica.

La conoscenza delle proprietà a rottura dei materiali polimerici impiegati nel settore cardiovascolare risulta importante al fine di valutare il livello di sicurezza che si è in grado di assicurare, tenendo anche conto degli effetti di riduzione della resistenza per azione concomitante dell'affaticamento del materiale e per l'azione dell'ambiente circostante.

In particolare una serie di normative proposte dall'ISO e dall'ASTM suggeriscono delle procedure di prova particolarmente adatte ai materiali polimerici per uso biomedico.

Presso il Reparto di Biomateriali del Laboratorio di Ingegneria Biomedica dell'Istituto Superiore di Sanità sono in corso prove meccaniche su campioni prelevati da dispositivi per assistenza ventricolare (VAD), nuovi ed espantati, realizzati con il Biomer. Per studiare le prestazioni in funzione del tempo di impianto sono state eseguite prove di trazione statiche seguendo alcune raccomandazioni fornite dalla normativa ASTM D88283, riguardante le prove di tensione su provini di materiali plastici con spessore inferiore al millimetro.

I provini del materiale sono stati ottenuti utilizzando una fustellatrice appositamente realizzata, rispettando la geometria suggerita dalla normativa citata, e risultano avere una lunghezza maggiore di 70 mm ed una larghezza di 5 mm.

Le prove di trazione sono state effettuate con

dinamometro elettronico gestito da un personal computer e con una cella di carico della capacità di 500 N. Per impedire lo scivolamento dei provini vengono utilizzati degli afferraggi di tipo pneumatico.

Per l'osservazione delle prestazioni meccaniche dei provini viene utilizzato un estensometro a raggi infrarossi che permette di seguire il comportamento di una zona compresa tra due markers riflettenti e lontana dagli afferraggi. Tale metodica permette di ottenere delle misure libere dalle alterazioni che il materiale potrebbe subire in vicinanza degli afferraggi.

Le prove effettuate sui provini di Biomer sono le seguenti:

- curve di sforzodeformazione;
- carico di rottura;
- allungamento percentuale.

Sono stati studiati tali parametri in quanto bisogna tenere presente che quanto è più lungo il tempo di impianto, tanto più è importante l'influenza dell'ambiente fisiologico stesso sul materiale che, a lungo termine, pur avere effetti deleteri sulle proprietà chimiche e fisicomeccaniche del materiale impiegato.

Comunque le caratteristiche meccaniche del materiale possono essere influenzate anche dal processo tecnologico di ottenimento e formatura per cui sono stati esaminati dei provini ricavati da dispositivi non impiantati.

I risultati preliminari ottenuti da provini ricavati da dispositivi espantati mostrano una elevata elongazione a rottura. Per quanto riguarda i provini prelevati da dispositivi non impiantati le prove sono ancora in corso.

Una volta terminate le prove i risultati ottenuti potranno essere utili anche per una valutazione comparativa con i valori ottenuti dalle prove meccaniche effettuate sui dispositivi espantati al fine di valutare e tenere conto

degli effetti di riduzione della resistenza dell'elastomero in studio (Biomer), per azione concomitante dell'affaticamento del materiale e per l'azione dell'ambiente circostante.

Tale ricerca vuole essere un contributo al miglioramento delle tecniche utilizzate per il raggiungimento di una affidabilità sempre maggiore nella valutazione in vitro di tali dispositivi e per la messa a punto di procedure di valutazione tecnica di materiali usati in dispositivi biomedici.

Progetto Strategico: EV-K2-CNR

(Coordinatore: Prof. Ardito Desio)

Le spedizioni scientifiche in Asia Centrale effettuate sotto la sigla Ev-K2-CNR hanno avuto origine da un annuncio giornalistico apparso in U.S.A.: il K2 superava di 11m l'altezza dell'Everest. Questo era il risultato di misure effettuate da uno scienziato americano durante una spedizione alpinistica al versante settentrionale del K2.

A seguito di questo annuncio il Prof. Ardito Desio si è proposto di controllare l'altezza non soltanto del K2, ma anche quella dell'Everest con gli stessi strumenti e nello stesso periodo di tempo. Durante l'estate 1987 Desio ha organizzato una spedizione al fine di rimisurare le due montagne ed i risultati delle nuove misurazioni hanno confermato che l'Everest era sempre la cima più alta del mondo.

Grazie al finanziamento concesso dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e alla collaborazione dell'alpinista Agostino Da Polenza, per la parte logistica, e del Prof. Alessandro Caporali dell'Università di Padova per la parte scientifico-operativa, nel giro di un mese veniva allestita la spedizione e in un altro mese le misure erano effettuate; col risultato che l'Everest si confermava la montagna più alta del mondo.

Queste prime operazioni hanno costituito lo spunto per ulteriori ricerche in campo geodetico, geofisico e geologico in quelle regioni. In un primo tempo era stato previsto di effettuare le indagini nello stesso anno, iniziando dalla zona dell'Everest per poi passare a quella del K2. Ma poi per evidenti difficoltà logistiche il programma ha dovuto essere articolato in due anni, il 1988 dedicato al K2, il 1989 all'Everest.

Alla spedizione del 1988 era stato assegnato un duplice compito: da un lato effettuare misurazioni geodetico-