



FISICA E FISIOLOGIA DEL VOLO ACROBATICO

FERRARA 11 FEBBRAIO 2005

AEROFISIOLOGIA

Dr. Luca ZOLDAN
Medico di Stormo



BIO MONITORAGGIO

Dr. Massimo SANDRI
Dirigente Servizio Sanitario

AEROFISIOLOGIA

Dr. Luca ZOLDAN
Medico di Stormo

2° Stormo Caccia
Rivolto - Udine



VOLO SPORTIVO ED ACROBATICO

Definizione (secondo il prof. Dal Monte) :

Attività di destrezza con impegno distrettuale muscolare solitamente moderato ma che può essere anche di elevata intensità per contrastare forze direzionali e posturali non sempre prevedibili e per resistere alle reazioni inerziali alle accelerazioni molto sostenute e protratte spesso in situazioni ergonomicamente sfavorevoli.



Il volo militare aggiunge degli elementi peculiari e specifici che si possono sintetizzare in :

- A) CAPACITA' DECISIONALE
- B) CAPACITA' DI ORIENTAMENTO
- C) REATTIVITA' NEURO-SENSORIALE E NEURO-PSICHICA
- D) COINVOLGIMENTO EMOTIVO PECULIARE



REAZIONI FISIOLOGICHE ALLE ACCELERAZIONI DELL'UOMO IN VOLO

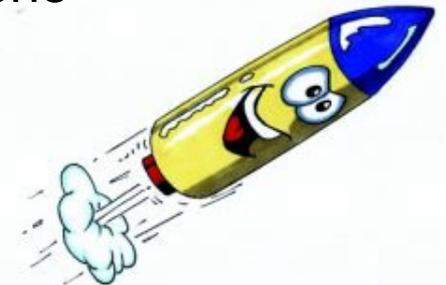
ACCELERAZIONE : si intende una variazione in senso vettoriale della velocità di un corpo e viene espressa in m/sec^2 .

Il tipo più familiare di accelerazione è quella di gravità (g), che è costante ed ha un valore di $9,8 \text{ m}/\text{sec}^2$. Per praticità, la forza in grado di produrre quella accelerazione è detta di 1g .



Durante il volo si è sottoposti a 3 tipi di accelerazione :

1. **LINEARE** : dovuta ad una variazione di velocità prodotta mantenendo la stessa direzione e verso (es.,decolli verticali,impatti,eiezione con seggiolino,ecc.)
2. **RADIALE** : accelerazione caratterizzata da variazione nella direzione ma non nel valore assoluto della velocità
3. **ANGOLARE** : accelerazione complessa dove intervengono variazioni in valore assoluto e in direzione di velocità . Questo tipo di accelerazioni non vengono espresse in g ma in gradi per secondo.





In base alla direzione si individuano 6 tipi di accelerazione il cui effetto è legato alla forza inerziale agente . Infatti, quando ad un corpo è applicata un'accelerazione, si sviluppa una forza uguale ed opposta detta Forza Inerziale .

Per convenzione le forze G sono descritte dalla direzione e dall'entità delle forze inerziali rispetto all'asse del corpo .

- $+G_z$ Forza Inerziale con direzione TESTA-PIEDI
- $-G_z$ Forza Inerziale con direzione PIEDI-TESTA
- $+G_x$ Forza Inerziale con direzione ANTERO-POSTERIORE
- $-G_x$ Forza Inerziale con direzione POSTERO-ANTERIORE
- $+G_y$ Forza Inerziale con direzione LATERALE DESTRA-SINISTRA
- $-G_y$ Forza Inerziale con direzione LATERALE SINISTRA-DESTRA

Le accelerazioni radiali sono le più comuni durante il volo . La formula matematica che le governa mostra che esse variano con il quadrato della velocità .

$$G_R = \frac{V^2}{g \times r}$$

V = Velocità

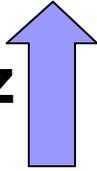
r = Raggio della curva



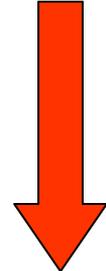
A
S
S
E

Z

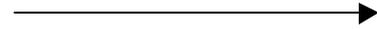
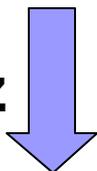
+Gz



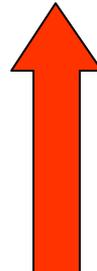
MASSA
SANGUIGNA



-Gz

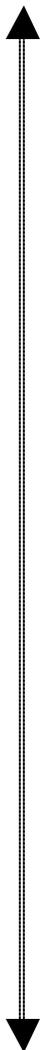
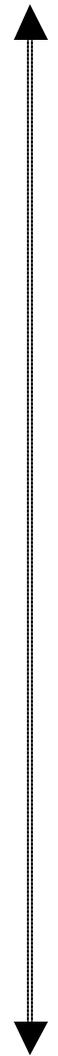


MASSA
SANGUIGNA



A
S
S
E

Z



REAZIONI FISILOGICHE

■ REAZIONI CARDIOVASCOLARI :

- Aumento della frequenza cardiaca ai G +
- Riduzione della frequenza cardiaca ai G-
- Riduzione della P.A. ai G+ sino a meno di 40mmHg
- Aumento della P.A. ai G- sino a 240mmHg

■ REAZIONI RESPIRATORIE :

Shunt destro-sinistro a livello del circolo polmonare per marcata alterazione del rapporto ventilazione-perfusione quindi =ipossia (il sangue non viene ossigenato completamente e la % di HbO₂ è ridotta con minore disponibilità di ossigeno per cervello, occhi e tessuti)

■ REAZIONI SUI GAS SANGUIGNI :

La pressione parziale di O_2 nel sangue scende a livelli inferiori o critici per lo scambio . Di conseguenza le tre reazioni combinate portano ad un grado di ipossia tissutale generalizzata .

■ REAZIONI MUSCOLARI :

Le contrazioni muscolari in parte istintive e in parte guidate per opporsi all'insaccamento verso l'estremità declivi del corpo del sangue sviluppano energie con meccanismo anaerobico alattacido in parte lattacido per stimolazioni sostenute e protratte . Da ciò ne consegue una fatica progressiva e crescente che si manifesta nel pilota impedendogli il coordinamento muscolare e riducendo la tolleranza a elevati carichi di G .

EFFETTI DELLE ACCELERAZIONI $+G_z$

Sono legati essenzialmente all'aumento di peso :

- i tessuti lassi vengono stirati (cute del volto)
- le masse muscolari divengono insufficienti a garantire i movimenti delle varie parti del corpo (es., se il capo è flesso diviene impossibile riestenderlo)
- anche il sangue aumenta il suo peso.
Pooling (accumulo) di sangue a livello degli arti inferiori, riduzione del ritorno venoso, caduta dell'ossigenazione arteriosa)
- dislocazione del cuore in basso con aumento della distanza verticale dal cuore alla testa

EFFETTI DELLE ACCELERAZIONI +G_Z

I disturbi circolatori che insorgono sotto carico di G, sono :

- Encefalo e Retina sono temporaneamente privati di O₂ :
VISIONE GRIGIA (GREY-OUT)
- Dopo un ulteriore aumento di 1G, perdita della visione :
VISIONE NERA (BLACK-OUT)
- Se la manovra continua insorge perdita di coscienza :
G-INDUCED LOSS OF CONSCIOUSNESS
(G-LOC)

G-LOC (G-INDUCED LOSS OF CONSCIOUSNESS) :

A volte può comparire senza sintomi premonitori .

E' caratterizzata :

- Da un periodo di incapacitazione assoluta (~12 sec)
- Da un periodo di incapacitazione relativa (12-30 sec) :
confusione mentale, difficoltà a focalizzare

Sintomi : perdita di coscienza , convulsioni , scosse tonico cloniche , amnesia per gli eventi immediatamente precedenti il periodo di perdita di coscienza.

Accelerazione Positiva (+Gz) (Sostenuta)



Fig. 1: sequenza dei sintomi in relazione ai G

TOLLERANZA AI G_z

La riserva di energia endocellulare consente di tollerare G a rapido incremento per brevi periodi di tempo (<5sec) anche in assenza di flusso .

Quando intervengono i riflessi barocettivi (~10sec) la tolleranza può migliorare di circa 1G .

La tolleranza ai G è influenzata anche da fattori personali quali : uso di alcolici , fumo , ipossia , ipoglicemia .

Fattori che aumentano la tolleranza ai $+G_z$:

- POSIZIONE DEL CORPO (guadagno fino a 1G)
- MANOVRE VOLONTARIE :
 - 1) M1 : si piega il tronco in avanti, si contraggono i muscoli addominali ed i muscoli degli arti inferiori e superiori e si espira lentamente a glottide semichiusa (vocalizzazione) : GROAN MANEUVER (GEMITO)
 - 2) L1 : stesse procedure con espirazione a glottide chiusa : GRUNT MANEUVER (GRUGNITO), mantenuta per 2-3 secondi seguita da una inspirazione della durata di 0,5 sec .
(guadagno fino a 4G)

TOLLERANZA AI G_z

- TUTE ANTI-G : costituite da 5 vesciche a gonfimento variabile, in funzione del carico di "G": due poste sulle gambe, due sulle cosce, una sulla porzione inferiore dell'addome .
Effetti della tuta :
 1. Riduzione marcata della compliance vascolare
 2. Aumento della pressione endoaddominale, sollevamento del diaframma e del cuore con riduzione della distanza cuore-cervello
 3. Migliore esecuzione delle manovre volontarie (guadagno fino a 1,5G)
- APPB (ASSISTED POSITIVE PRESSURE BREATHING) : meccanismo d'azione : aumento della pressione intratoracica, aumento della pressione nel cuore e nei vasi
- SEAT CONFIGURATION : reclinando il seggiolino si trasforma una accelerazione $+G_z$ in una $+G_x$ (guadagno di 0,5-1G)

TOLLERANZA AI G_z

- FREQUENZA DELL'ESPOSIZIONE : essere esposti frequentemente a G incrementa la tolleranza (adattamento barocettoriale?)
- ATTIVITA' FISICA :
 - Anaerobica : attività che richiede sforzi isometrici notevoli (sollevamento pesi) . Incrementa la tolleranza essenzialmente per miglioramento nell'esecuzione delle manovre volontarie M1 ed L1 .
 - Aerobica : controversa la sua efficacia . Attualmente viene consigliato allenamento con pesi o contro resistenze 3 giorni non consecutivi della settimana e negli altri 3 giorni sports aerobici non superando le 3 miglia o 30 min/die di corsa .



BIO MONITORAGGIO

Dr. Massimo SANDRI
Dirigente Servizio Sanitario

2° Stormo Caccia
Rivolto - Udine



CONTROLLO MEDICO CONTINUO DEL PILOTA

- ISTITUTI MEDICO LEGALI
DELL'AERONAUTICA MILITARE



- PERSONALE MEDICO DEGLI
STORMI



CONTROLLO MEDICO CONTINUO DEL PILOTA

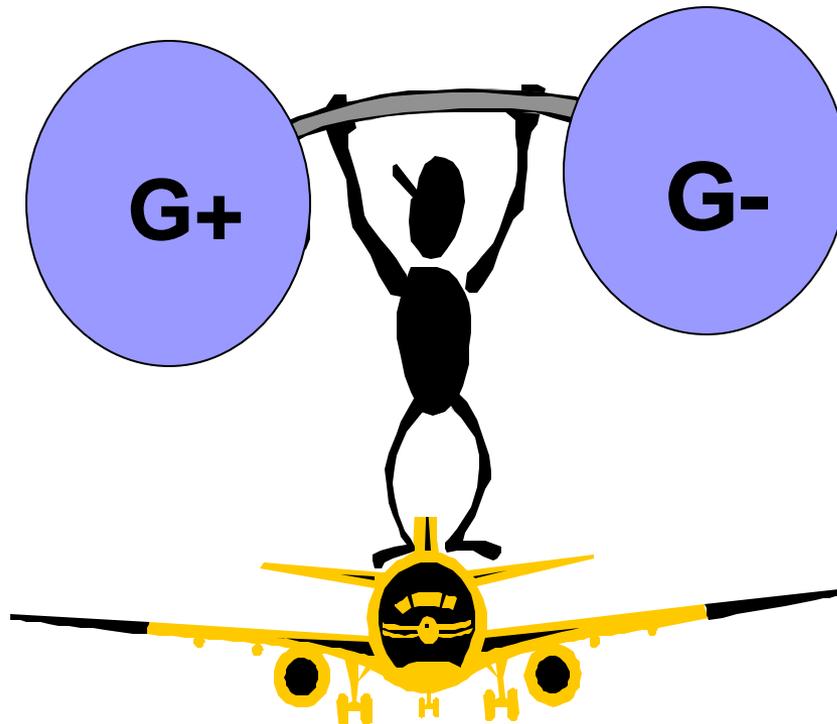
- TUTELA MEDICA DEL PERSONALE
- OTTIMIZZAZIONE DEI PARAMETRI SANITARI E DEL PERFORMANCE STATUS IN CORSO DI ADDESTRAMENTO
- SICUREZZA VOLO – TUTELA DELLA POPOLAZIONE E DEGLI SPETTATORI



EFFETTI DEI "G" SUI PARAMETRI VITALI

? **FC** (>180 bpm)

? **PA** (<40 mm Hg)



? **FC** (<40bpm)

? **PA** (>240 mm Hg)

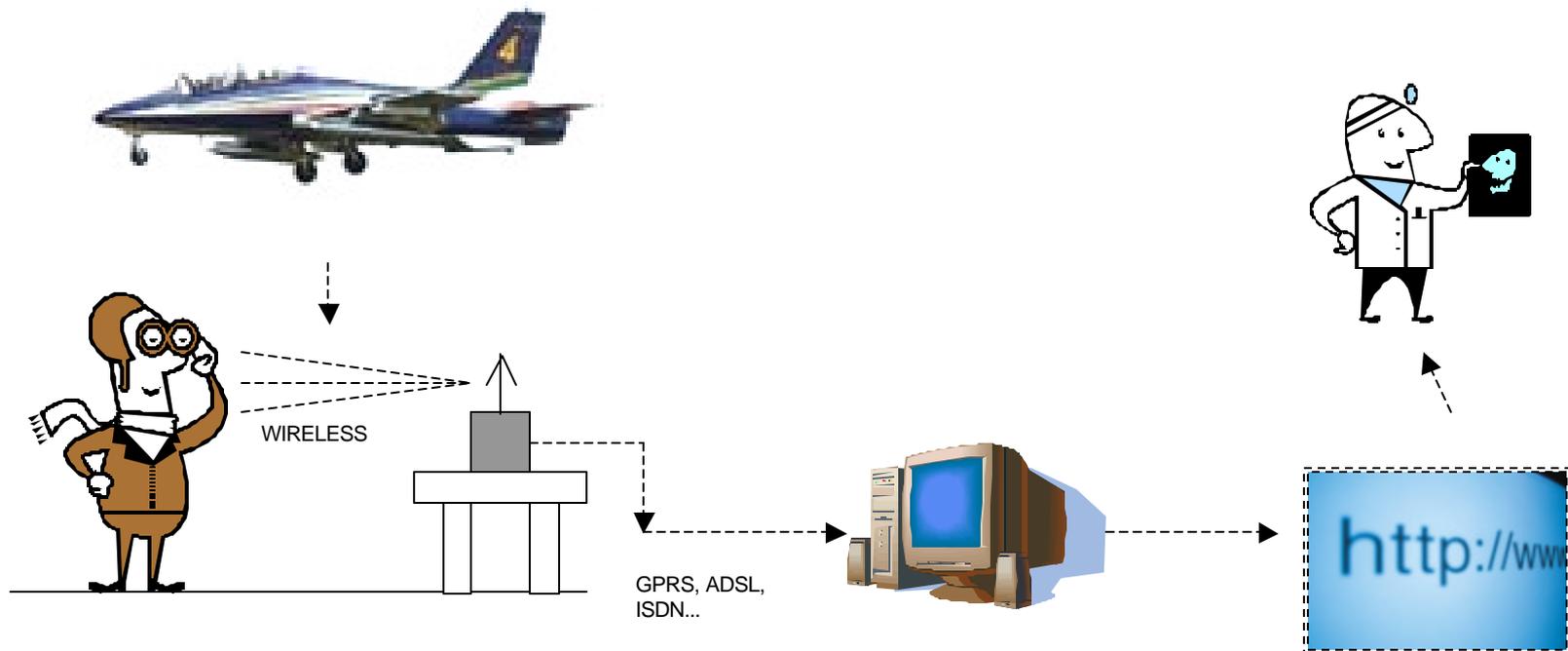


FC 70 bpm

PA 120/80 mm Hg

Sat%O2 98-100%

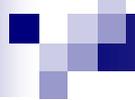
MONITORAGGIO FUNZIONI VITALI CON SENSORI E DISPOSITIVI WIRELESS



MODELLO DI SENSORE







MONITOR - v2.0

ECG SpO2 Temp.

Wireless ON

SpO2: 255%
Battito: 255bpm
Temp: 46°C

Menu Personal Alarm

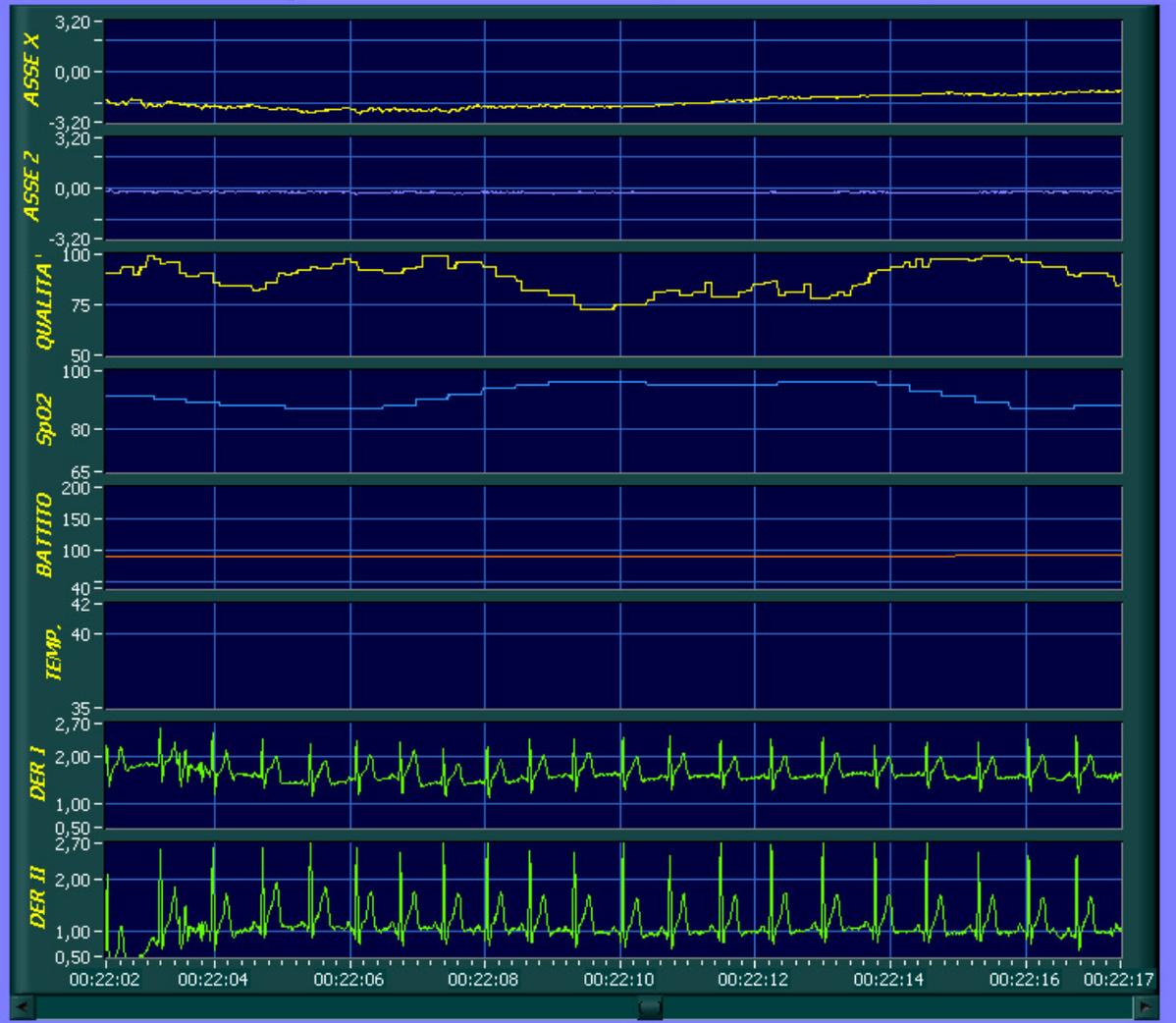
Serial output




DEP

- DOWNLOAD DATA
- DOWNLOAD FLASH
- FILE
- STOP
- EXIT

MULTIPARAMETRO ECG & ACCELEROMETRO SATURIMETRIA TEMPERATURA



ECG SpO2 Temp

Wireless ON

SpO2: 255%
Battito: 255bpm
Temp: 46°C

Menu Personal Alarm

Serial output



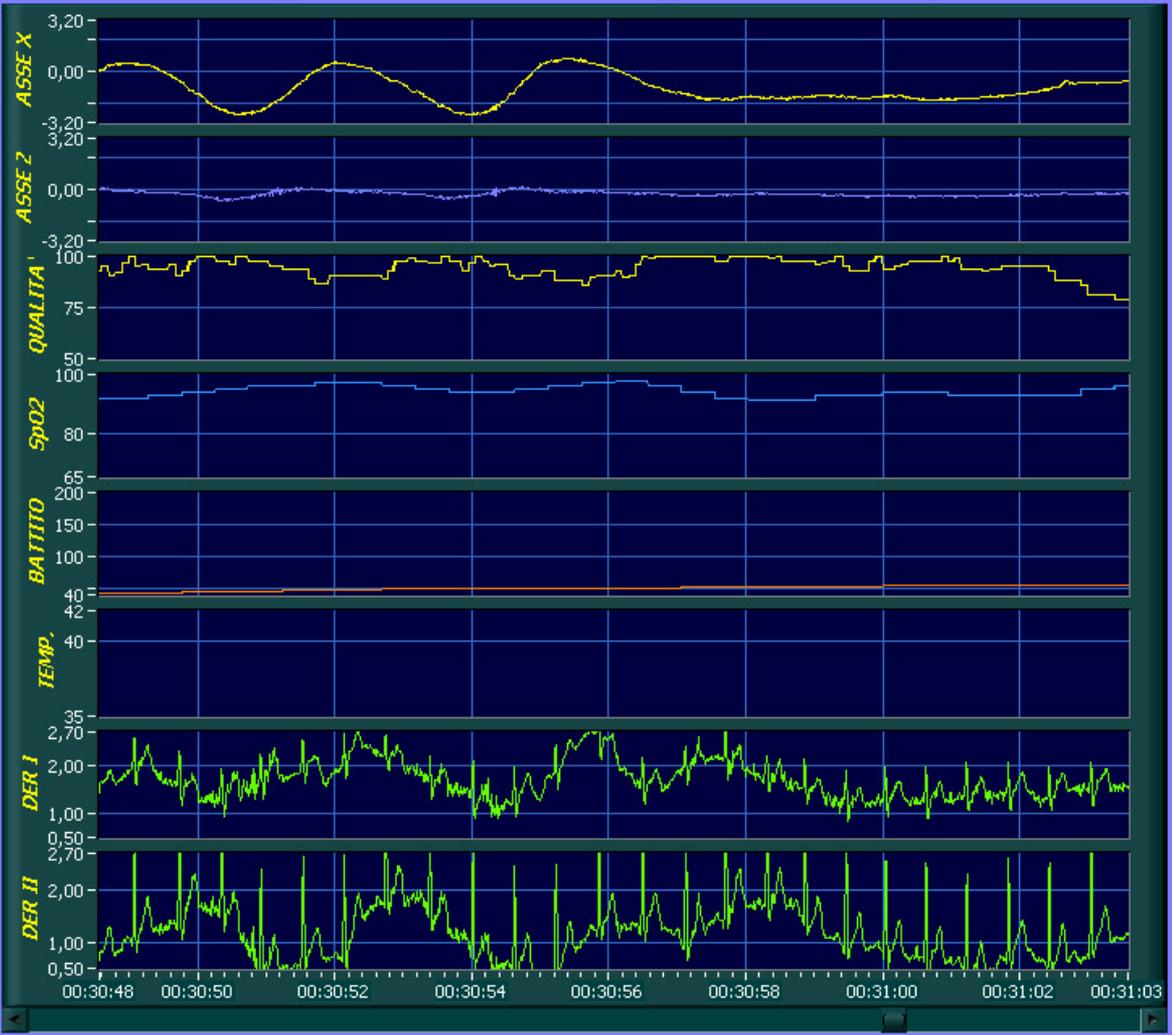

DEP

MULTIPARAMETRO

ECG & ACCELEROMETRO

SATURIMETRIA

TEMPERATURA



DOWNLOAD DATA

DOWNLOAD FLASH

FILE

STOP

EXIT

Fare clic per iniziare.





