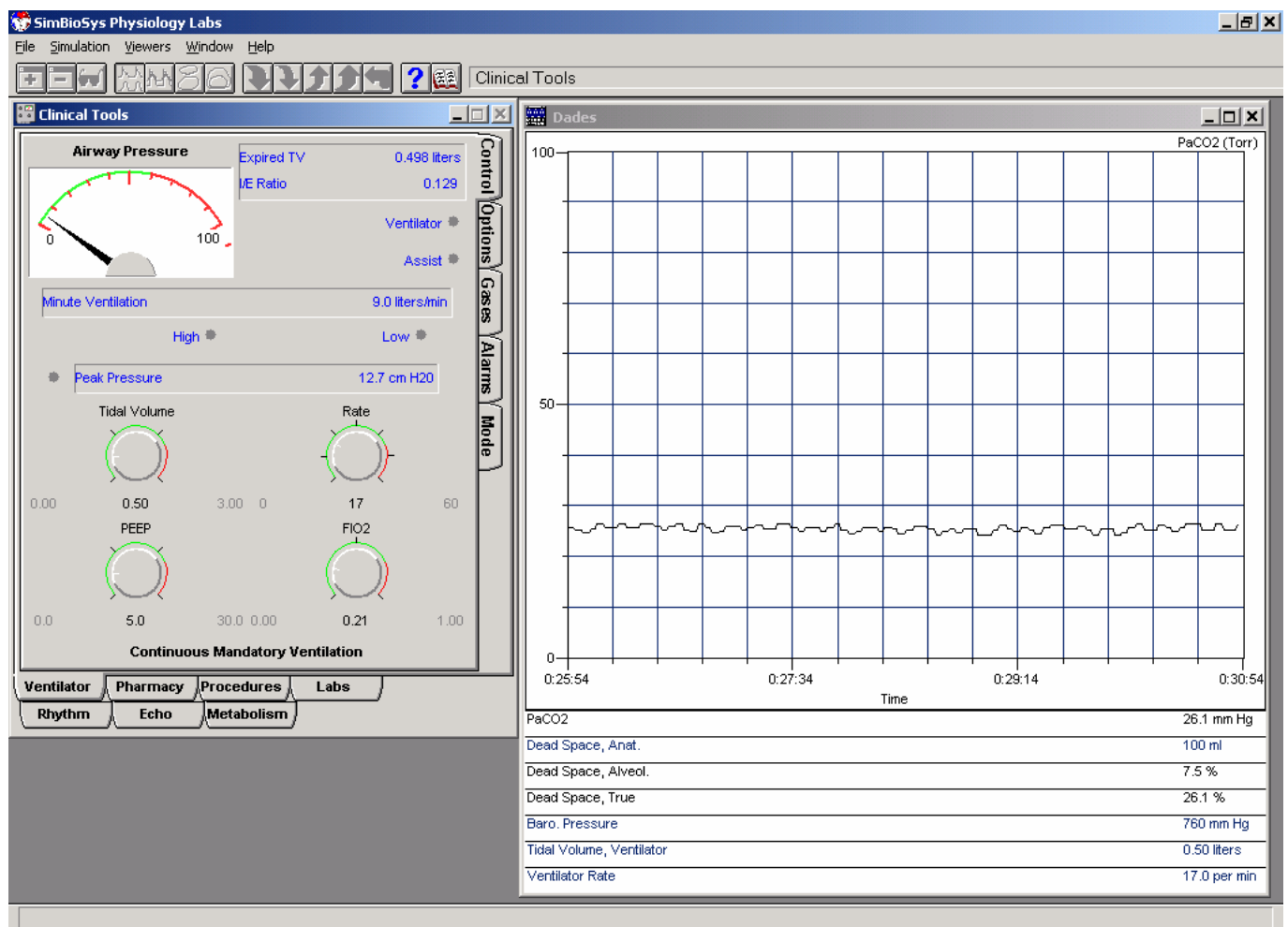


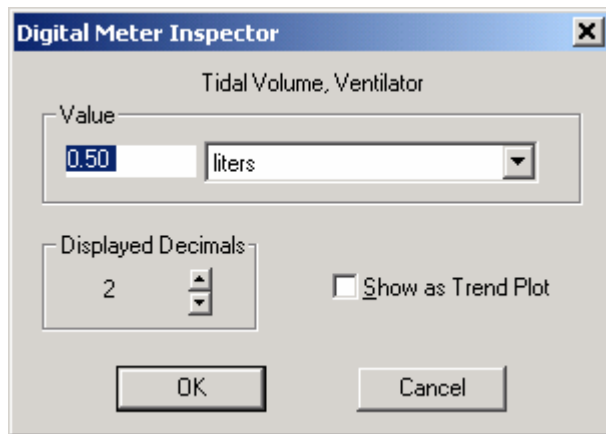
L'objectiu general d'aquesta sessió és valorar com depèn l'intercanvi d'O₂ i de CO₂ de la ventilació.

Per assolir aquest objectiu s'utilitza una simulació de la funció cardiorespiratòria. En el procediment de la pràctica el subjecte es ventila mecànicament per a poder imposar lliurament (sense regulació neurològica) les condicions de ventilació. A més, **s'assumeix que la producció de CO₂ es manté constant.**

La figura mostra el tipus de pantalla que apareix durant la simulació. A la part esquerra hi ha un dibuix del pannel frontal del ventilador, i a la part de la dreta es mostra una gràfica en la que es pot veure l'evolució temporal de diferents variables (segons l'exercici). Al peu de la gràfica, es mostren els valors numèrics de les variables representades, dels paràmetres de ventilador (freqüència, volum corrent i ventilació minut) i d'altres paràmetres característics del subjecte o de les condicions ambient (en la figura, l'espai mort anatòmic, l'espai mort alveolar relatiu, l'espai mort relatiu i la pressió baromètrica)



Per modificar qualsevol d'aquests paràmetres, marqui el paràmetre amb el ratolí i després cliqui sobre les ulleres que hi ha a la barra superior de la pantalla. Apareixerà un pannel (com el que es mostra en la figura) en el que es pot modificar el valor del paràmetre. Només es poden modificar els paràmetres que estan en color blau.



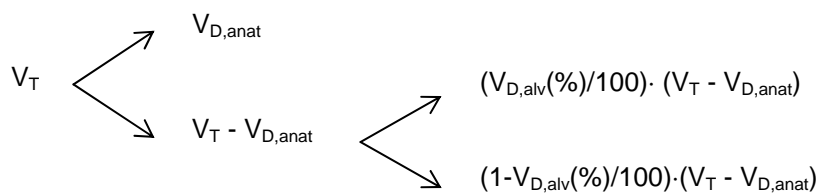
La simulació es fa en temps real. Això vol dir que cada vegada que es modifiquin els paràmetres del ventilador, caldrà esperar 3 o 4 minuts perquè les condicions del subjecte s'estabilitzin (cal esperar que la sang circuli per l'organisme i que es reequilibrin les reserves de CO₂ perifèric).

VENTILACIÓ I INTERCANVI DE CO₂

L'objectiu d'aquest exercici és analitzar com depèn l'intercanvi de CO₂ de la ventilació minut (\dot{V}_E) i de l'espai mort (V_D).

La pantalla que apareix és la que es mostra en la introducció. La gràfica correspon a l'evolució temporal de la P_{a,CO_2} i els paràmetres al peu de la gràfica són (a part dels del ventilador): la P_{a,CO_2} , l'espai mort anatòmic ($V_{D,anat}$), l'espai mort alveolar relatiu ($100 \cdot V_{D,alv} / (V_T - V_{D,anat})$), l'espai mort relatiu (*Dead Space, True*, $100 \cdot V_D / V_T$) i la pressió baromètrica. L'espai mort relatiu dona el % de la ventilació total que va a l'espai mort; la resta ($100 - V_D(\%)$) correspon a la ventilació alveolar.

La interpretació de les diferents definicions d'espai mort és pot veure a partir de la distribució del volum corrent en cada cicle.



Procediment:

En la primera columna de la taula hi ha el nom de les variables a analitzar. En la resta de columnes, hi ha els valors prefixats dels paràmetres del ventilador, de l'espai mort anatòmic i de l'espai alveolar relatiu del subjecte. Els paràmetres que es modifiquen en cada un dels apartats estan marcats en vermell i en negreta.

- Comprovi que, en les condicions de ventilació actuals ($V_T = 0.5$ l i $f = 17$ rpm), $P_{a,CO_2} \approx 25$ mmHg. Calculi els paràmetres corresponents a les caselles buides de la columna 'a' i comprovi que coincideixen amb els resultats de la simulació.
- Raoni quins dels paràmetres corresponents a les caselles buides de la columna 'b' no es veuran afectats si es modifica la freqüència del ventilador. Un cop determinats aquests paràmetres, calculi quina hauria de ser la freqüència del ventilador per a augmentar la P_{a,CO_2} fins el seu valor normal (40 mmHg). *Suggeriment: raoni primer com han de variar la ventilació alveolar i la ventilació minut.*

Modifiqui la freqüència del ventilador i esperi aproximadament 3 minuts fins que s'estabilitzi. Mentre espera, calculi els paràmetres restants. Un cop s'hagi estabilitzat la P_{a,CO_2} (pot haver-hi oscil·lacions d'1 o 2 mmHg), comprovi si les dades resultants coincideixen amb les que ha calculat.

- c. Mantenint la freqüència, redueixi el volum corrent del ventilador a 0.4 l. Raoni si algun dels paràmetres corresponents a les caselles buides de la columna 'c' no es veurà afectat pel canvi de volum corrent, calculi els paràmetres restants. *Suggeriment: comenci per calcular els volum d'espai mort, l'espai mort relatiu i la ventilació minut.*

Un cop s'hagi estabilitzat la P_{a,CO_2} , comprovi si les dades resultants coincideixen amb les que ha calculat..

- d. Observi les diferències d'espai mort relatiu entre les columnes 'a' i 'b', i entre les columnes 'b' i 'c'. Tenint en compte que en els dos casos els canvis van associats a un canvi de ventilació minut, expliqui perquè el comportament de la ventilació alveolar i dels espais morts, no és similar.
- e. Retorni els valors de la freqüència i del volum del ventilador, als valors de la columna 'b' i augmenti l'espai mort anatòmic en 150 ml ($V_{D,anat}=250ml$). L'espai mort anatòmic és constant però quan s'afegeix un espai mort instrumental (tubs de connexió, filtre antibacterià, ...) l'efecte és el mateix que si s'augmentés l'espai mort anatòmic. Raoni si hi ha algun paràmetre que es mantingui en els mateixos valors de la columna 'b' i calculi la resta de paràmetres comprovi si les dades resultants de la simulació, coincideixen amb les que ha calculat. Observarà un augment P_{a,CO_2} . Raoni com caldria modificar el volum corrent del ventilador per a compensar l'efecte de l'augment d'espai mort i mantenir la P_{a,CO_2} entorn dels 40 mmHg..
- f. Modifiqui el volum corrent d'acord amb les seves previsions i verifiqui que la P_{a,CO_2} s'estabilitza entorn de 40 mmHg (i.e., que la seva estima és correcte). No cal que calculi la resta dels paràmetres però alguns dels paràmetres els pot conèixer per comparació amb els resultats en d'altres apartats; analitzi quins son. (* aquest apartat es pot fer a posteriori) .
- g. Utilitzi les dades de la primera columna per a estimar la producció metabòlica de CO_2 (≈ 200 ml/min). Repeteixi el càlcul amb les dades d'una altra columna per a comprovar que es manté aproximadament constant. (* aquest apartat es pot fer a posteriori)

Resultats:

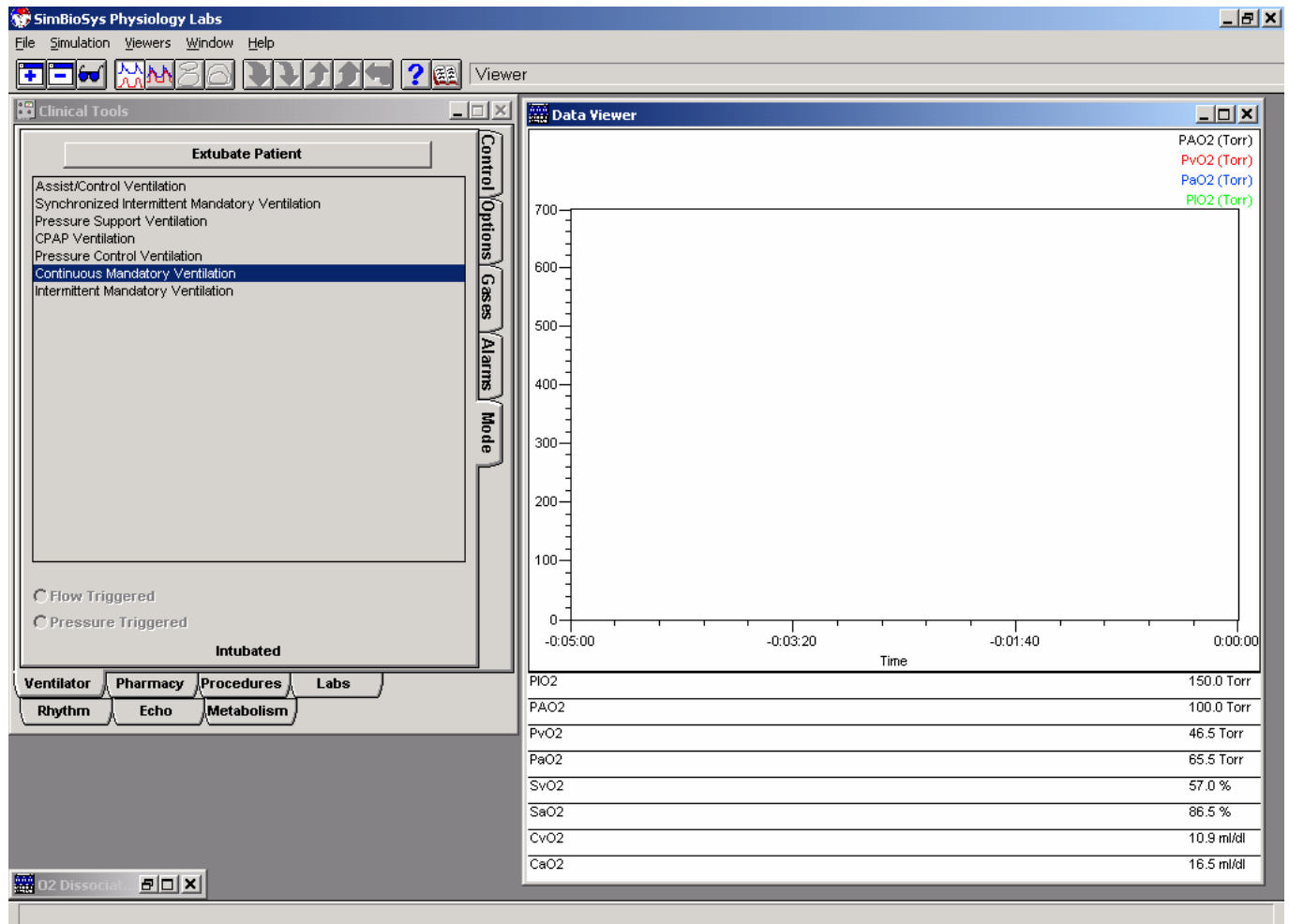
	a	b	c	e	f
P_{a,CO_2} (mmHg)	25				
$V_{D,anat}$ Espai mort anatòmic (ml)	100	100	100		
Espai mort alveolar relatiu (%)	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
$V_{D,alv}$ Espai mort alveolar (ml)					
V_D Espai mort fisiològic (ml)					
Espai mort relatiu (%)					
Volum corrent: V_T (ml)	500	500		500	
Freqüència (rpm)	17				
Ventilació minut: V_E (l/min)					
Ventilació alveolar: V_A (l/min)					

PRESSIÓ PARCIAL I CONTINGUT D'O₂ EN SANG.

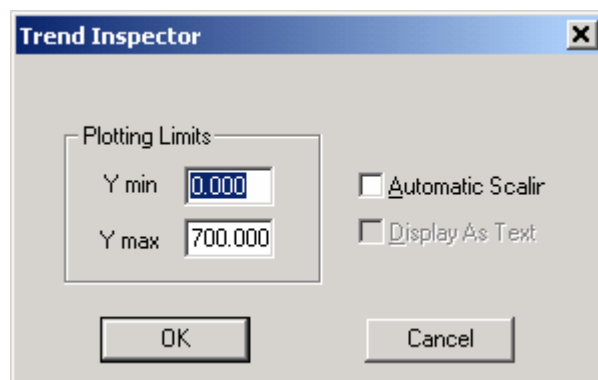
L'objectiu d'aquest exercici és comprendre els successius canvis de pressió parcial d'O₂ des del gas inspirat fins a la sang i la relació entre pressió parcial i contingut d'O₂ en sang.

Càrrega i manipulació del programa.

Per carregar l'exercici cliqui sobre l'opció **File**, seleccioni **Load Exercise** i després **PO2.EXR**. Apareixerà una pantalla com la que mostra la figura.



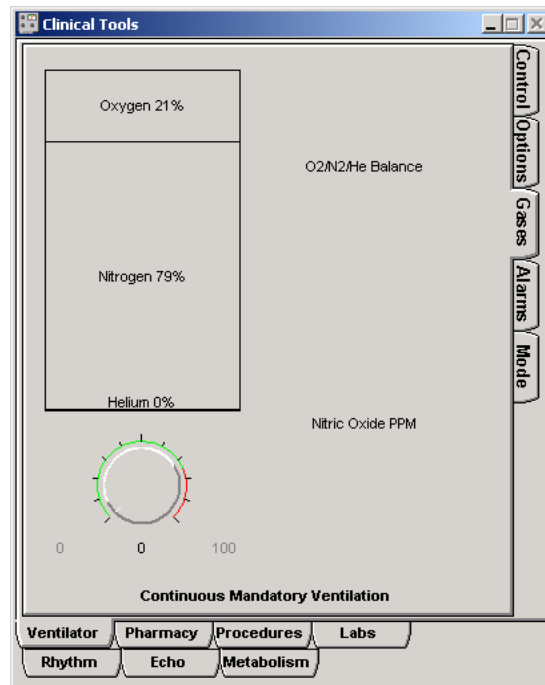
Cliqui en la pestanya **control** per a veure la caràtula frontal del ventilador. Després cliqui amb el botó dret del ratolí sobre qualsevol punt de la gràfica i després cliqui sobre les ulleres de la barra superior de la pantalla, apareixerà un pannel (com el que es mostra en la figura) que permet modificar l'escala vertical de la gràfica. Per tenir una escala més raonable, fixi el valor de Ymax a 400.



La gràfica mostra l'evolució temporal de les pressions parcials d'O₂ en el gas inspirat a la tràquea (PIO2), en el gas alveolar (PAO2), en la sang venosa (PvO2) i en la sang arterial (PaO2). Al peu

d'aquesta gràfica, es mostren els valors numèrics d'aquestes pressions, el grau de saturació d'O₂ de l'hemoglobina en la sang venosa mixta (S_{v,O2}) i en l'arterial (S_{a,O2}), i el contingut d'O₂ en la sang venosa mixta (C_{v,O2}) i en l'arterial (C_{a,O2}).

En algun dels apartats, caldrà modificar la fracció molar d'O₂ del gas inspirat. Per fer-ho, cliqui sobre la pestanya **gasos** del ventilador. Apareixerà el pannel que es mostra més avall. Cliqui amb el botó esquerra del ratolí la línia de separació entre l'O₂ i el N₂ (la icona del ratolí es transformarà en una mà) i desplaci la línia fins a aconseguir les fraccions molars desitjades.



Observi que a la part inferior de la pantalla hi ha una icona. Clicant amb el ratolí sobre aquesta icona apareix la corba de dissociació de l'hemoglobina-O₂. Utilitzi-la per explicar els canvis que es produeixen en el contingut d'O₂ en sang en els diferents punts d'aquest exercici. Si cal, es pot tornar a minimitzar la gràfica clicant a l'extrem superior dret del marge de la gràfica.

Procediment.

- Comprovi que en les condicions de ventilació actuals ($V_T = 0.50$ l, $f = 10$ rpm i $F_{I,O_2} = 0.21$), el nivell d'O₂ en sang és normal. Anoti les dades corresponents en la primera columna de la taula.
- Observi els gradients de pressió parcial d'O₂ entre l'aire inspirat a la tràquea, l'aire alveolar, la sang arterial i la sang venosa mixta. Interpreti a que és degut cada un d'ells.
- Augmenti la fracció molar d'O₂ fins a 0.42. . Mentre espera que el subjecte s'estabilitzi, raoni quins canvis es produiran en les pressions parcials.
- Expliqui l'evolució de les variables quan s'augmenta la fracció molar d'O₂ del gas inspirat. Observi, en particular, l'evolució del contingut d'O₂ arterial en relació a la de la P_{a,O_2} , l'oxigen dissolt en sang ($\alpha_{O_2} \cdot P_{a,O_2}$) i la saturació de l'hemoglobina. Per què la P_{v,O_2} es manté pràcticament constant mentre que totes les altres augmenten significativament?
- Discuteixi, en base a aquests resultats si, per un subjecte en les condicions de l'apartat 'a', un augment en la quantitat d'O₂ inspirat modifica en forma apreciable el contingut d'O₂ en sang. Discuteixi també

que passaria amb el contingut d'O₂ en sang si en lloc d'un augment de la fracció molar d'O₂, es produís un augment de ventilació.

- f. Redueixi la fracció molar d'O₂ del gas inspirat (ventilador) a 0.15. S'obté una P_{I,O₂} ≈ 100 mmHg. Aquesta reducció en la P_{I,O₂} és aproximadament la mateixa que es produeix quan s'està a 2700 m d'altura sobre el nivell del mar. Un cop s'hagin estabilitzat les pressions, verifiqui que realment P_{I,O₂} ≈ 100 mmHg i anoti els valors de la resta de variables.
- g. Discuteixi si un augment de la ventilació minut milloraria el contingut d'O₂ d'aquest subjecte sotmès a un ambient hipoxic. Per comprovar-ho, dupliqui el volum corrent del ventilador, esperi que les pressions s'estabilitzin i anoti els nous valors de les variables en la taula. *(Per augmentar el volum corrent cliqui amb el ratolí al contorn del botó corresponent de la caràtula del ventilador, el valor canviarà automàticament al corresponent al punt sobre el que s'ha clicat)*
- h. Observi que, tant l'augment de la fracció molar a partir de la situació de l'apartat 'a' com l'augment de ventilació a partir de la situació de l'apartat 'f', la quantitat d'O₂ inspirat per unitat de temps es multiplica per dos. Discuteixi en termes de la saturació de l'hemoglobina l'efectivitat dels canvis de ventilació en la modificació del contingut d'O₂ en sang segons sigui el valor de la P_{A,O₂}.

Resultats:

	F _{I,O₂} = 0.21 V _E = 5 l/min	F _{I,O₂} = 0.42 V _E = 5 l/min	F _{I,O₂} = 0.15 V _E = 5 l/min	F _{I,O₂} = 0.15 V _E = 10 l/min
P _{I,O₂} (mmHg)				
P _{A,O₂} (mmHg)				
P _{a,O₂} (mmHg)				
P _{v,O₂} (mmHg)				
S _{a,O₂} (%)				
S _{v,O₂} (%)				
C _{a,O₂} (mlO _{2,STPD} /dl)				
C _{v,O₂} (mlO _{2,STPD} /dl)				
* α·P _{a,O₂} (mlO _{2,STPD} /dl)				

* aquesta variable la pot calcular a posteriori