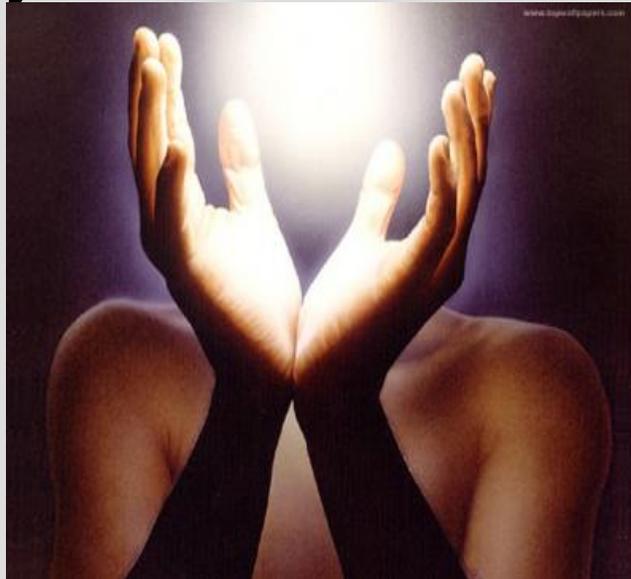


# ***Fluidoterapia***



El *poder* para vivir lo otorgan las reacciones químicas que se producen en el cuerpo.

El *poder* que moviliza esas reacciones lo aporta la energía del universo, que opera con las leyes de la termodinámica.



## *¿Qué leyes de la termodinámica?*

La **primera ley**, que indica, que la energía del universo es constante (vale decir que ni se produce ni se destruye).

Todos los sistemas de la naturaleza tienen distintas propiedades, como la presión, la temperatura, la energía o el volumen.



Una de esas propiedades es la ***ENTROPIA***:  
*que es una medida del grado de desorden  
de un sistema.*



La **segunda ley** hace mención a que las reacciones espontáneas se caracterizan por un aumento en su nivel de entropía.

Otro concepto importante es el de *energía libre*  
(desarrollado por Gibbs en 1878)

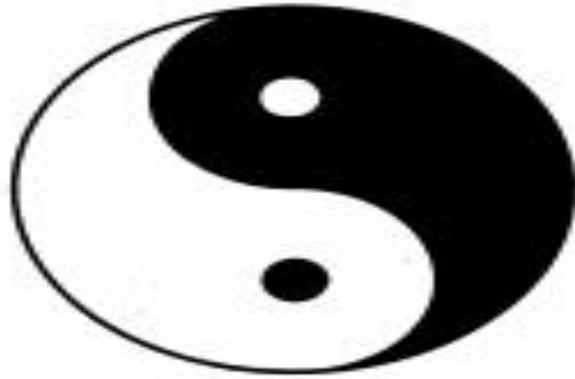
*Es una función que combina la primera y segunda ley de la termodinamia.*



El desarrollo matemático de este concepto da lugar a la ecuación de  $E$  libre o ecuación de Gibbs, que sirve para predecir si una reacción química puede producirse de forma espontánea o no.

Si una reacción se presenta en forma espontánea es porque los reactantes (en la concentración y en la temperatura dada), contienen la energía necesaria para movilizar el proceso químico: *por ese motivo pueden reaccionar sin intervención externa*.

## *Concepto de equilibrio...*



Hay tres principios que rigen el equilibrio hidroelectrolítico:

- **Equilibrio químico:** Los solutos se desplazan de medios de mayor a menor concentración.
- **Equilibrio osmótico:** El agua se desplaza de medios muy diluidos a medios muy concentrados.
- **Equilibrio eléctrico:** Principio de neutralización de cargas.

El movimiento de agua a través de las membranas, puede ser visto desde 2 ópticas:



## ***Primera óptica...(desde el punto de vista del agua)***



El flujo de agua a través de la membrana celular se encuentra vinculado en gran medida al fenómeno de *OSMOSIS*.

Esto implica el pasaje de agua en relación con su diferencia de concentración de acuerdo a los compartimentos en los que se encuentra.

***Segunda óptica...(desde el punto de vista del soluto)***



La atracción por el agua del soluto, se conoce como *OSMOLALIDAD*.

Y depende del número de partículas disueltas en la solución.

A mayor número de partículas más atracción por el agua.

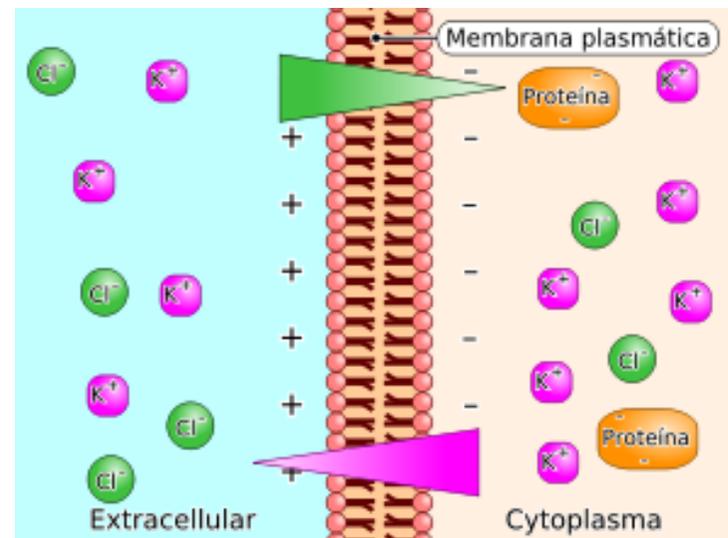
La presión osmótica depende del número de partículas en solución y no de su masa.

La cc. de una solución en términos de número de partículas (y no de masa de soluto) se expresa en osmol o miliosmoles/L.

Un osmol = PM en gramos de una molécula no dissociable en solución x número de partículas en las que se disocia.

Todos los procesos de transporte de moléculas a través de la membrana celular se hallan subordinados a una condición básica conocida como ***efecto Donnan***. Este “efecto” puede objetivarse ser a nivel:

- **Intracelular**
- **Extracelular.**



## ***Intracelular...***

A nivel **celular** se encuentran:

- Aniones no difusibles o “atrapados”
- Aniones difusibles

Los primeros determinan el reordenamiento de los segundos. Este reordenamiento se genera por el predominio de osmoles dentro de la célula, situación que provoca el influjo de agua.

La capacidad de penetración de un soluto a través de una membrana se expresa mediante el **coeficiente de reflexión** de la membrana para ese soluto.

**Na:** tiene un coeficiente de reflexión de 1 (o 100%), es decir que no puede atravesar la membrana.

**Urea:** posee un coeficiente de reflexión de 0,3 a 0,5, la  $U_r$  aumenta al inicio en el LEC pero luego difunde al interior del LIC hasta equilibrarse.

Si una sustancia tiene un coeficiente de reflexión de 0, esta sustancia tiene libre pasaje, por lo que no existe flujo de agua neto.

## ***Extracelular...***

A nivel **extracelular** entre el compartimento intersticial e intravascular:

Este “efecto” se encuentra formando parte de lo que es la concentración de proteínas y determina la presión oncótica del plasma que es de 28 mmHg. A un pH dado (7,40) en las proteínas predominan las cargas negativas, lo que determina que diferentes cationes se unan a ellas con el fin de neutralizar las cargas. De los 28 mmHg de presión oncótica 19 provienen de la albumina y los 9 restantes de los cationes que se unen a ellas.

El mecanismo de transferencia mas importante entre capilares e intersticio es la ***difusión.***

Tanto el Na, el agua , la glucosa, difunden a través de la hendidura intercelular, el tamaño de estas es de 60 Amstrong (la molécula de albúmina se halla levemente por arriba de este valor).

No obstante existe variabilidad del tamaño del poro de los capilares según el órgano que se trate.

## ***Osmolaridad vs tonicidad...?***

Una Sc. es isotónica con respecto al plasma si no altera el volumen del GR.

La osmolalidad efectiva tiene en cuenta la presencia de los iones no penetrantes e ignora a los penetrantes, que se equilibran entre ambos lados de la membrana.

**LA OSMOLALIDAD EFECTIVA O TONICIDAD ES LA QUE DETERMINA EL PASAJE DE AGUA ENTRE LOS COMPARTIMENTOS.**

## ***Como se determina la osmolalidad...?***

Hay 2 formas:

- OSMOLALIDAD medida: osmometro



- OSMOLALIDAD calculada:



$$\text{Osm: } 2(\text{Na} + \text{K}) + \frac{(\text{Urea})}{6} + \frac{(\text{Glucosa})}{18}$$

Dado que la Ur atraviesa la membrana su contribución a la OSM es despreciable y la glucosa salvo que se saturen sus mecanismos de transporte transcelular también es despreciable.

# OSMOLARIDAD

---

- La osmolaridad de los líquidos corporales está entre 275-290 mosm/l
- Es bastante constante entre los 3 compartimentos, gracias a que algunos solutos pasan libremente las barreras biológicas y el agua difunde libremente entre los diferentes compartimentos.

# Agua Orgánica Total. AOT

---

- AOT: 50-60 % del peso corporal
- LIC: intracelular 2/3
- LEC: extracelular 1/3
  - intravascular 1/3
  - intersticial 2/3



70 %



50 %



70 %

# Soluciones cristaloides

---

- Las soluciones cristaloides son aquellas soluciones que contienen agua, electrolitos y/o azúcares en diferentes proporciones y que pueden *ser hipotónicas, hipertónicas o isotónicas* respecto al plasma.
- Su capacidad de expandir volumen va a estar relacionada con la concentración de sodio de cada solución, y es este sodio el que provoca un gradiente osmótico entre los compartimentos extravascular e intravascular.
- Así las soluciones cristaloides isotónicas respecto al plasma, se van a distribuir por el fluido extracelular, presentan un alto índice de eliminación y se puede estimar que a los 60 minutos de la administración permanece sólo el 20 % del volumen infundido en el espacio intravascular.

## **Salino 0.9 % ( Suero Fisiológico )**

- **La solución salina al 0.9 % también denominada Suero Fisiológico, es la sustancia cristalóide estándar.**
- **Contiene 9 gramos de ClNa o 154 mEq de Cl y 154 mEq de Na<sup>+</sup> en 1 litro de H<sub>2</sub>O, con una osmolaridad de 308 mOsm/L.**
- **La normalización del déficit de la volemia es posible con la solución salina normal , aceptando la necesidad de grandes cantidades, debido a la libre difusión entre el espacio vascular e intersticial de esta solución.**
- **Después de la infusión de 1 litro de suero salino sólo un 20-30 % del líquido infundido permanecerá en el espacio vascular después de 2 horas.**

- **Como norma general es aceptado que se necesitan administrar entre 3 y 4 veces el volumen perdido para lograr la reposición de los parámetros hemodinámicos deseados.**
- **Estas soluciones cristaloides pueden generar: hipoalbuminemia, con el consecuente descenso de la presión coloidosmótica capilar (pc) y la posibilidad de inducir edema, el excedente de Cl del líquido extracelular desplaza los bicarbonatos dando una acidosis hiperclorémica.**
- **Es una solución indicada en la alcalosis hipoclorémica e hipocloremias en general como las causadas por shock y quemaduras extensas, se administra para corregir los volúmenes extracelulares y provoca la retención de sal y agua en el líquido extracelular.**

## Ringer Lactato

- La mayoría de las soluciones cristaloides son acidóticas y por tanto pueden empeorar la acidosis tisular que se presenta durante la hipoperfusión de los tejidos ante cualquier agresión.
- La solución de Ringer Lactato contiene 45 mEq/L de cloro menos que el suero fisiológico, causando sólo hipercloremia transitoria y menos posibilidad de causar acidosis.
- Es de preferencia cuando debemos administrar cantidades masivas de soluciones cristaloides. Diríamos que es una solución electrolítica “ balanceada”, en la que parte del sodio de la solución salina isotónica es reemplazada por calcio y potasio.

La solución de Ringer Lactato contiene por litro la siguiente proporción iónica:  $\text{Na}^+ = 130 \text{ mEq}$ ,  $\text{Cl} = 109 \text{ mEq}$ ,  $\text{Lactato} = 28 \text{ mEq}$ ,  $\text{Ca}^{2+} = 3 \text{ mEq}$  y  $\text{K}^+ = 4 \text{ mEq}$ . (osmolaridad de 273 mOsm/L.

**• La solución de Ringer Lactato contiene por litro la siguiente proporción iónica:  $\text{Na}^+ = 130 \text{ mEq}$ ,  $\text{Cl} = 109 \text{ mEq}$ ,  $\text{Lactato} = 28 \text{ mEq}$ ,  $\text{Ca}^{2+} = 3 \text{ mEq}$  y  $\text{K}^+ = 4 \text{ mEq}$ .**

**• La infusión de Ringer Lactato, contiene 28 mEq de buffer por litro de solución, que es primeramente transformado en piruvato y posteriormente en bicarbonato durante su metabolismo como parte del ciclo de Cori.**

# Solución Salina Hipertónica

- Las soluciones hipertónicas e hiperosmolares han comenzado a ser más utilizados como agentes expansores de volumen en la reanimación de pacientes en shock hemorrágico.
- El volumen requerido para conseguir similares efectos, es menor con salino hipertónico que si se utiliza el fisiológico normal isotónico.
- Entre sus efectos beneficiosos, además del aumento de la tensión arterial, se produce una disminución de las resistencias vasculares sistémicas, aumento del índice cardíaco y del flujo esplénico.
- El mecanismo se debe al incremento de la concentración de sodio y aumento de la osmolaridad que se produce al infundir el suero hipertónico en el espacio extracelular ( compartimento vascular ).

- **Así pues, el primer efecto de las soluciones hipertónicas sería el relleno vascular. Habría un movimiento de agua del espacio intersticial y/o intracelular hacia el compartimento intravascular.**
- **Recientemente se ha demostrado que el paso de agua sería fundamentalmente desde los glóbulos rojos y células endoteliales (edematizadas en el shock ) hacia el plasma, lo que mejoraría la perfusión tisular por disminución de las resistencias capilares.**
- **La rápida infusión de solución hipertónica puede precipitar una mielinolisis pontina y debe ser usado con precaución en pacientes con insuficiencia renal.**
- **La solución recomendada es al 7.5 % con una osmolaridad de 2.400 mOsm/L. Es aconsejable monitorizar los niveles de sodio para que no sobrepasen de 160 mEq/L y que la osmolaridad sérica sea menor de 350 mOsm/L.**

## Suero glucosado al 5 %

- Es una solución isotónica ( entre 275-300 mOsmol/L ) de glucosa, cuya dos indicaciones principales son la rehidratación en las deshidrataciones hipertónicas ( por sudación o por falta de ingestión de líquidos ) y como agente aportador de energía.
- La glucosa se metaboliza en el organismo, permitiendo que el agua se distribuya a través de todos los compartimentos del organismo, diluyendo los electrolitos y disminuyendo la presión osmótica del compartimento extracelular.

- **El suero glucosado al 5 % proporciona, además, un aporte calórico nada despreciable.**
- **Cada litro de solución glucosada al 5 % aporta 50 gramos de glucosa, que equivale a 200 kcal.**
- **Este aporte calórico reduce el catabolismo protéico, y actúa por otra parte como protector hepático y como material de combustible de los tejidos del organismo más necesitados ( sistema nervioso central y miocardio ).**

## **Suero glucosado al 10 %, 20 % y 40 %**

- **Las soluciones de glucosa al 10 %, 20 % y 40 % son consideradas soluciones glucosadas hipertónicas, que al igual que la solución de glucosa isotónica, una vez metabolizadas desprenden energía y se transforma en agua.**
- **A su vez, y debido a que moviliza sodio desde la célula al espacio extracelular y potasio en sentido opuesto.**
- **La indicación más importante de las soluciones de glucosa hipertónica es el tratamiento del colapso circulatorio y de los edemas cerebral y pulmonar, porque la glucosa produciría una deshidratación celular y atraería agua hacia el espacio vascular, disminuyendo así la presión del líquido cefalorraquídeo y a nivel pulmonar.**

# CRISTALOIDES

	mOsm/l Tonicidad	Na <sup>+</sup> mEq/l	Cl <sup>-</sup> mEq/l	K <sup>+</sup> mEq/l	Ca <sup>2+</sup> mEq/l	Gluc g/l	Lact mEq/l	Energía kcal/l
Salino 0,9 %	308 Iso	154	154					
Salino 0,45 %	154 Hipo	77	77					
Salino 7,5 %	2566 Hiper	1283	1283					
RL	278 Iso	131	111	5	2		29	
Gluc 5%	253 Hipo					50		400
Glucosalino 1/3	285 Iso	51	51			33		132
Glucosalino 1/5	320 Iso	31	31			40		188

# Soluciones coloidales

---

- Contienen partículas en suspensión de alto peso molecular que no atraviesan las membranas capilares, de forma que son capaces de aumentar la presión osmótica plasmática y retener agua en el espacio intravascular.
- Incrementan la presión oncótica y la efectividad del movimiento de fluidos desde el compartimento intersticial al compartimento plasmático deficiente. Es lo que se conoce como agente expansor plasmático.
- Producen efectos hemodinámicos más rápidos y sostenidos que las soluciones cristaloides, precisándose menos volumen que las soluciones cristaloides, aunque su coste es mayor.

- Las características que debería poseer una solución coloidal son:
  1. Tener la capacidad de mantener la presión osmótica coloidal durante algunas horas.
  2. Ausencia de otras acciones farmacológicas.
  3. Ausencia de efectos antigénicos, alérgicos o pirogénicos.
  4. Ausencia de interferencias con la tipificación o compatibilización de la sangre.
  5. Estabilidad durante períodos prolongados de almacenamiento y bajo amplias variaciones de temperatura ambiente.
  6. Facilidad de esterilización .
  7. Características de viscosidad adecuadas para la infusión.
- Podemos hacer una clasificación de los coloides como: 1) Soluciones coloidales *naturales* y 2) Soluciones coloidales *artificiales*

# **Soluciones Coloidales Naturales**

## **Albumina**

- **La albúmina se produce en el hígado y es responsable de aproximadamente un 70-80 % de la presión oncótica del plasma, constituyendo un coloide efectivo.**
- **Su peso molecular oscila entre 66.300 y 66.900.**
- **La albúmina se distribuye entre los compartimentos intravascular ( 40 % ) e intersticial ( 60 %).**
- **La concentración sérica normal en suero es de 3.5 a 5.0 g/dL y está correlacionado con el estado nutricional e inflamatorio del sujeto.**

- Si disminuyese la concentración de albúmina en el espacio intravascular, la albúmina del intersticio pasaría al espacio vascular a través de los canales linfáticos o bien por reflujo transcapilar.
- Un gramo de albúmina incrementa el volumen plasmático aproximadamente en 18 mL, y 100 mL de albúmina al 25 % incrementan el volumen plasmático una media de más o menos  $465 \pm 47$  mL, comparado con los  $194 \pm 18$  mL que aumenta tras la administración de 1 L. de Ringer Lactato.
- La albúmina administrada se distribuye completamente dentro del espacio intravascular en dos minutos y tiene aproximadamente una vida media entre 4 y 16 horas.
- El 90 % de la albúmina administrada permanece en el plasma unas dos horas tras la administración, para posteriormente equilibrarse entre los espacios intra y extravascular durante un período de tiempo entre 7 a 10 días.

- **Un 75 % de la albúmina comienza a desaparecer del plasma en 2 días. Su catabolismo tiene lugar en el tracto digestivo, riñones y sistema fagocítico mononuclear.**
- **La albúmina humana disponible comercialmente se encuentra al 5 % y 25 % en soluciones de suero salino con acetiltrifosfanato de sodio y caprilato de sodio como estabilizadores, con un pH de 6.9 y con unas presiones oncóticas coloidales de 20 mm Hg y de 70 mm Hg respectivamente.**

# Soluciones Coloidales Artificiales

## Dextranos

- Los dextranos son polisacáridos de origen bacteriano producidos por el *Leuconostoc mesenteroides*.
- Tiene propiedades oncóticas adecuadas pero no es capaz de transportar oxígeno . Mediante hidrólisis parcial y fraccionamiento de las largas moléculas nativas, el dextrán puede ser convertido en polisacáridos de cualquier peso molecular deseado.
- En la actualidad disponemos de 2 formas de dextrán, dependiendo de su peso molecular medio: Uno con un peso molecular medio de 40.000 daltons (dextrano 40 o Rheomacrodex) y el otro con peso molecular medio de 70.000 daltons( dextrano 70 o Macrodex) .

- **Las soluciones de dextrano utilizadas en clínica son hiperoncóticas y promueven tras su infusión una expansión de volumen del espacio intravascular por medio de la afluencia del líquido intersticial al vascular.**
- **Puesto que el volumen intravascular aumenta con mayor proporción que lo que corresponde a la cantidad de líquido infundido, los dextrans pueden considerarse como expansores plasmáticos.**
- **Los dextrans también poseen una actividad antitrombótica por su acción sobre la hemostasia primaria ( disminuyen la agregación plaquetaria ) y sobre los factores de la coagulación ( facilitan la lisis del trombo ).**
- **Estas acciones aparecen a las 4-6 horas de su administración y perduran durante unas 24 horas.**

## Hidroxietil-almidón ( HEA )

- El hetaalmidón es un almidón sintético, que se prepara a partir de amilopectina mediante la introducción de grupos hidroxietil éter en sus residuos de glucosa.
- El propósito de esta modificación es retardar la degradación del polímero por medio de las alfa-amilasas plasmáticas.
- El hetaalmidón tiene un peso molecular promedio de 450.000, con límites entre 10.000 y 1.000.000. Las moléculas con peso molecular más bajo se excretan fácilmente por orina y, con el preparado habitual, alrededor del 40 % de la dosis es excretada en 24 horas. Las moléculas de peso molecular mayor son metabolizadas más lentamente; sólo alrededor del 1 % de la dosis persiste al cabo de dos semanas.

- **Está disponible para su uso clínico en soluciones al 6 % ( 60 gr/L ) en solución salina isotónica al 0.9 %.**
- **La solución al 6 % tiene una presión oncótica de 30 mm Hg.**
- **La expansión aguda de volumen producida por el HEA es equivalente a la producida por la albúmina al 5 %, pero con una vida media sérica más prolongada, manteniendo un 50 % del efecto osmótico a las 24 horas.**
- **Los efectos adversos del HEA son reacciones alérgicas, precipitación de fallo cardíaco congestivo, fallo renal, hiperamilasemia respuesta normal para degradar el hetaalmidón y no indica pancreatitis e incremento en los tiempos de protrombina, tromboplastina activada y tiempo de hemorragia.**

## Derivados de la gelatina

- Las gelatinas son polipéptidos obtenidos por desintegración del colágeno, y podemos distinguir 3 grupos: 1) Oxipoligelatinas, 2) Gelatinas fluídas modificadas y 3) Gelatinas modificadas con puentes de urea ( estas dos últimas, las gelatinas fluídas y las modificadas con puentes de urea, se obtienen de colágeno bovino ).
- La de utilización más frecuente es la modificada con puentes de urea, comúnmente conocida como Hemocé, que consiste en una solución de polipéptidos al 3.5 % obtenida después de un proceso de disociación térmica y posterior polimerización reticular mediante puentes de urea.
- Posee un peso molecular aproximado de 35.000 y una distribución entre 10.000 y 100.000.

- **Su eliminación es esencialmente renal. A las 4 horas de la administración los niveles séricos de gelatina modificada son ligeramente superiores al 40 % de la cantidad infundida.**
- **Transcurridas 12 horas, la cantidad que permanece aún en el espacio vascular es del 27 % y a las 48 horas se ha eliminada prácticamente toda.**
- **Esta capacidad de poder eliminarse tan fácilmente es lo que permite la utilización de elevadas cantidades de este coloide.**
- **El efecto volumétrico se encuentra entre el 65 y el 70 % del volumen total administrado, disminuyendo progresivamente durante las 4 horas siguientes.**

- **Tiene una capacidad de retener agua en torno a 14 y 39 mL/g. A fin de obtener una reposición adecuada del volumen intravascular deben administrarse cantidades superiores al déficit plasmático en un 30 %.**
- **Las características principales de este tipo de coloide son eliminación rápida , pero de efecto leve y corto.**
- **El efecto tóxico más significante de las gelatinas modificadas es su capacidad de producir reacción anafiláctica (superior a la de los dextranos).**
- **Los preparados de gelatina estimulan la liberación de mediadores de reacciones alérgicas como son la histamina, la SRL-A y las prostaglandinas. El grado de hipotensión que puede acompañar a este tipo de reacciones se deben a la histamina principalmente.**

# COLOIDES

	$P_M$	GRADO DE SUST	$Na^+$	$Cl^-$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	Gluc
<b>GELAFUNDINA</b> (Gelatina succinilada)	30000		154	125				
<b>HEMOCÉ</b> (Con puente de urea)	35000		145	145	5	6		
<b>RHEOMACRODEX</b> (Dextrano 40)	40000		154	154				
<b>MACRODEX</b> (Dextrano 70)	70000		154	154				
<b>VOLUVEN</b> (Tetrast)	130000	0.4 (6 h)	154	154				
<b>EXPAFUSIN</b> (Pentast)	70000	0.5 (2-3 h)	154	154				
<b>HESTERIL</b> (Pentast)	200000	0.5 (6 h)	154	154				
<b>ELOHES</b> (Hexast)	200000	0.6 (12 h)	154	154				
<b>HEXTEND</b> (Hetast)	670000	0.7	143	124	3	5	0.9	99