

(12)

# PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2045/90

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : **A61K 38/36**  
A61L 27/00

(22) Anmeldetag: 11.10.1990

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 9.1996

(45) Ausgabetag: 25. 4.1997

(56) Entgegenhaltungen:

EP 307847A2 EP 353218A2

(73) Patentinhaber:

IMMUNO AKTIENGESELLSCHAFT  
A-1221 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

EIBL JOHANN DR.  
WIEN (AT).  
PHILAPITSCH ANTON  
EBENFURT, NIEDERÖSTERREICH (AT).  
SCHWARZ HANS PETER DR.  
WIEN (AT).

(54) PHARMAZEUTISCHE ZUBEREITUNG AUF BASIS VON LYS-PLASMINOGEN

(57) Pharmazeutische Zubereitung auf Basis von Lys-Plasminogen, in lyophilisierter Form mit einem Gehalt eines Serin-Protease-Inhibitors und gegebenenfalls eines Inhibitor-Kofaktors in einer Menge an Inhibitor von 0,5 bis 30 nMol, vorzugsweise von 5 bis 25 nMol, pro mg Lys-Plasminogen. Die erfindungsgemäße nebenwirkungsfreie Zubereitung kann zur Behandlung oder Prophylaxe von Plasminogenmangelzuständen und Thrombosen verwendet werden sowie zur Herstellung thromboseresistenter künstlicher Organe.

Die Erfindung betrifft eine pharmazeutische Zubereitung auf Basis von Lys-Plasminogen aus Plasma oder rekombinant hergestelltem Lys-Plasminogen. Diese erfindungsgemäße Zubereitung kann in der Thrombose-Prophylaxe und Thrombose-Therapie verwendet werden.

5 Ziel jeder medizinischen Behandlung thrombotischer Zustände ist die Wiederherstellung der Gefäßintegrität durch die Auflösung des Thrombus. Das kann erreicht werden, indem im Blut und insbesondere am Thrombus selbst Plasmin - und damit fibrinolytische Aktivität - freigesetzt wird.

Die herkömmliche medizinische Behandlung besteht darin, Substanzen in hoher Dosis in die Blutbahn zu infundieren, die im Blut vorhandenes Plasminogen in Plasmin umwandeln. (Lancet, 1985 I, Seiten 842 bis 847). Als derartige Aktivoren werden Streptokinase, Urokinase, ein Plasminogen-Streptokinase-Komplex und Tissue-Typ-Plasminogen Aktivator verwendet.

Ein Nachteil aller dieser Aktivoren ist, daß sie zu schweren Komplikationen beim Patienten führen können, weil sie systemisch wirken und nicht nur jenes Plasminogen aktivieren, das am Thrombus selbst adsorbiert ist (vgl. z.B. Circulation, 1985, Vol. 72, No. 6, Seiten 1321 bis 1326). Dies führt zum Abbau von Fibrinogen und -Gerinnungsfaktoren und schließlich zur hämorrhagischen Diathese.

15 "Lys-Plasminogen" ist ein in der Literatur verwendeter Sammelbegriff für proteolytisch modifizierte Formen des nativen Plasminogens (= Glu-Plasminogen), die aus diesem durch Abspaltung eines Polypeptids vom NH<sub>2</sub>-Terminus erhalten werden. Als N-terminale Aminosäure der heute bekannten Species des Lys-Plasminogens wurden bisher Lysin, Methionin und Valin nachgewiesen. Als Molekulargewicht werden in der Literatur für Glu-Plasminogen Werte zwischen 90.000 und 94.000 und für Lys-Plasminogen Werte von etwa 80.000 angegeben.

Lys-Plasminogen besitzt eine höhere Bindungsaffinität an Thromben als Glu-Plasminogen. Außerdem läßt es sich um ein Vielfaches schneller zu Plasmin aktivieren.

In der Literatur wird auch eine Behandlung mit Lys-Plasminogen beschrieben, das entweder allein oder in Kombination mit einem Aktivator infundiert wird (z.B. in "Konservative Therapie arterieller Durchblutungsstörungen", G. Trübestein, Bonn, 1986, Seiten 343 bis 351 und Seiten 430 bis 432).

Alle heute bekannten Methoden und Präparationen zur Behandlung oder Prophylaxe von Thrombosen und Plasminogenmangelzuständen lassen hinsichtlich ihrer Effizienz noch zu wünschen übrig. Der thrombolytische Effekt könnte durch Verabreichung von Lys-Plasminogen gesteigert werden.

Die Erfindung stellt sich daher die Aufgabe, eine pharmazeutische Zubereitung auf Basis von Lys-Plasminogen zur Verfügung zu stellen, die auch in hohen Dosen verabreicht werden kann, wobei die unerwünschten Nebenwirkungen minimiert oder vermieden werden. Solche Nebenwirkungen sind: kardiovaskuläre Erscheinungen, wie Gefäßdilatation, Blutdruckabfall, Steigerung des Atemwiderstandes (Bronchokonstriktion), Beeinflussung der Herzfrequenz; weiters eine Aktivierung des Endothels, des Gerinnungssystems, der Thrombozyten, einschließlich des Kallikreinsystems mit Thrombingenerierung. Eine weitere Nebenwirkung ist die Freisetzung von aktivem Thrombin aus dem Thrombus während und nach der Lyse-Therapie. Eine weitere Nebenwirkung ist eine Stimulierung des Wachstums glatter Muskelzellen der Gefäßwand, was zu einer gesteigerten Reocclusionsneigung führt.

Die erfindungsgemäße Zubereitung soll in lyophilisierter Form vorliegen und zu einer gebrauchsfertigen Lösung rekonstituierbar sein.

40 Die erfindungsgemäße pharmazeutische Zubereitung auf Basis von Lys-Plasminogen, hergestellt aus Plasma oder auf Basis von rekombinant hergestelltem Lys-Plasminogen in lyophilisierter Form, ist gekennzeichnet durch einen Gehalt an einem Serin-Protease-Inhibitor und gegebenenfalls an einem Inhibitor-Kofaktor in einer Menge an Inhibitor von 0,5 bis 30 nMol, vorzugsweise von 5 bis 25 nMol, pro mg Lys-Plasminogen. Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß die Applikation des Lys-Plasminogens zu keinen der angeführten Nebenwirkungen führt, wenn es zusammen mit einem Inhibitor und gegebenenfalls einem Inhibitor-Kofaktor in der oben angegebenen Menge verabreicht wird.

Bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Zubereitung enthalten als Serin-Protease-Inhibitoren Aprotinin, Antithrombin III,  $\alpha_1$ -Antitrypsin,  $\alpha_2$ -Macroglobulin oder C<sub>1</sub>-Esterase Inhibitor.

Als weitere bevorzugte Ausführungsform hat sich die Kombination von Antithrombin III als Serin-Protease-Inhibitor und einem Inhibitor-Kofaktor, vorzugsweise Heparin, erwiesen.

Die gebrauchsfertige Lösung der erfindungsgemäßen Zubereitung enthält vorteilhaft Lys-Plasminogen in einer Konzentration von 1 bis 50 mg, vorzugsweise 2,5 mg bis 25 mg pro ml der gebrauchsfertigen Lösung.

Die Erfindung umfaßt auch die Verwendung von Lys-Plasminogen in Verbindung mit einem Serin-Protease-Inhibitor zur Herstellung von Präparationen zur Behandlung oder Prophylaxe von Plasminogenmangelzuständen und Thrombosen und für die Herstellung von thromboseresistenten künstlichen Organen.

Das in der erfindungsgemäßen Zubereitung vorliegende Plasminogen weist auch ein besseres Adsorptionsverhalten an Blutgefäßen und künstlichen Oberflächen auf, wie weiter unten noch gezeigt wird.

Mit den nachfolgenden Beispielen wird die Erfindung noch näher erläutert.

## 1. Herstellung einer Lys-Plasminogen-Lösung

### 5 Präparation 1

1 kg Cohn III-Niederschlag wurde bei 0 °C in 10 l eines Phosphatpuffers suspendiert, dem vorher 10 KIE/ml Aprotinin (1 KIE entspricht 0,022 nMol) zugesetzt worden waren. Nach einer Fällung mit Äthanol (10 %, -2 °C) wurde zentrifugiert und der Überstand über ein Tiefenfilter auf Cellulose-Basis (AMF Cuno Zeta Plus 50 S) filtriert. Anschließend wurde mit 5 l Phosphatpuffer verdünnt und 500 g Lysin-Polyacrylamidgel (hergestellt nach E.E. Rickli u. P.A. Cuendet, Biochem. Biophys. Acta 250, 447-451 (1971)) eingebracht. Nach einer Rührzeit von einer Stunde bei 0 °C wurde das mit Plasminogen beladene Gel durch Filtration über einen Büchnertrichter abgetrennt und so lange mit einem Phosphatpuffer gewaschen, bis im Filtrat kein Protein mehr nachweisbar war. Durch Rühren mit einer Lösung von 6-Amino-Caprinsäure (0,1 mol/l) in Phosphatpuffer wurde Plasminogen eluiert und durch Zusatz von Ammonsulfat (261 g je kg Eluat) ausgefällt.

Der durch Zentrifugation gewonnene Niederschlag wurde in einem isotonen Phosphat/Kochsalzpuffer gelöst und während 36 Stunden bei einer Temperatur von 5 °C dialysiert; die Präparation enthielt 15 mg Plasminogen pro ml; in der SDS-PAGE wurde ein Gehalt an "Lys-Plasminogen" von 98 % gefunden.

### 20 Präparation 2

Die Extraktion von Cohn III-Niederschlag mit Phosphatpuffer wurde nach Zusatz von 2 KIE/ml Aprotinin durchgeführt; die Fällung mit Äthanol, Zentrifugation und Filtration erfolgte analog Präparation 1. Nach der Verdünnung mit Phosphatpuffer wurde die Lösung über eine mit Lysin-Polyacrylamidgel gepackte Säule gepumpt. Waschung und Elution wurden mit den oben beschriebenen Lösungen, aber in der Säule durchgeführt. Nach der Fällung mit Ammonsulfat, Zentrifugation und dem Lösen des Niederschlages analog Präparation 1 wurde während 40 Stunden bei einer Temperatur von 7 °C dialysiert; die Präparation enthielt 15 mg Plasminogen pro ml; in der SDS-PAGE wurde ein Gehalt an "Lys-Plasminogen" von 93 % gefunden.

### 30 2. Einfluß von Aprotinin auf Nebenreaktionen der Spontanlyse (in vivo)

Eine Lys-Plasminogenpräparation mit einem Gehalt von 500 CU (33 mg) wurde wie oben beschrieben hergestellt und mit 9 mg NaCl und mit 5000 (110 nMol) Einheiten Aprotinin (1 KIE entspricht 0,022 nMol; F. Markwardt, H. Landmann und H.P. Klöcking in: "Fibrinolytika und Antifibrinolytika", VEB Gustav Fischer Verlag, Jena (1972), S. 95-101) versetzt (diese Mengen beziehen sich auf 1 ml gebrauchsfertiger Lösung). Dies entspricht 3,3 nMol Inhibitor pro mg Lys-Plasminogen. Die Mischung verblieb eine Stunde bei Raumtemperatur. 2 ml obiger Lys-Plasminogenpräparation wurden pro kg einem narkotisierten Kaninchen als Bolus intravenös appliziert. Damit ergab sich eine Menge von 1000 Einheiten Lys-Plasminogen (66 mg) und 10 000 Einheiten Aprotinin pro kg Körpergewicht. Vor Applikation der Präparation, nach 30 min, 1 Std., 2 Std., 3 Std., 4 Std., 5 Std. nach Lys-Plasminogengabe wurden Blutproben gezogen und die Thrombocytenzahl im Blut mittels Coulter Counter (Coulter Electronics GmbH., Krefeld) gemessen. Als Vergleich wurde in parallel laufenden Versuchen die gleiche Menge Lys-Plasminogen ohne Aprotininzusatz injiziert. Die Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle 1 zusammengefaßt:

45 Tabelle 1

	Thrombocytenzahl G/l	
	Lys-Plasminogen ohne Aprotinin	Lys-Plasminogen mit Aprotinin
vor Applikation	366	395
30 min nach Appl.	238	422
1 Std. nach Appl.	174	369
2 Std. nach Appl.	285	367
3 Std. nach Appl.	245	342
4 Std. nach Appl.	304	360
5 Std. nach Appl.	325	376

Wie ersichtlich, kam es während des spontan einsetzenden fibrinolytischen Prozesses nach Applikation von Plasminogen, zu einer 52 % Verminderung von Thrombocyten. Diese unerwünschte Nebenreaktion des thrombolytischen Geschehens wurde durch die Kombination von Plasminogen und Aprotinin vermieden.

### 3. Einfluß von Antithrombin III/Heparin auf Nebenreaktionen der Spontanlyse (in vivo)

Eine Lys-Plasminogenpräparation mit 33 mg (500 CU) Plasminogen wurde mit 9 mg NaCl und mit einem Gemisch aus Antithrombin III und Heparin (1:6) versetzt, sodaß 25 U Antithrombin III (115 nMol) und 150 U Heparin zusätzlich pro ml Lösung resultierten. Dies entspricht 3,5 nMol Antithrombin III pro mg Lys-Plasminogen. Von dieser Mischung aus Wirkstoff und Inhibitoren wurden 2 ml/kg Körpergewicht einem narkotisierten Kaninchen verabreicht. Vor Applikation und nach Gabe von Lys-Plasminogen und den Inhibitoren wurde in bestimmten Zeitabständen Blut gezogen und die Thrombocyten im Coulter Counter gemessen. Ebenso wurde aus dem Plasma der Plasminogenspiegel amidolytisch bestimmt. Die Bestimmung erfolgt mittels chromogenem Plasminsubstrat S 2251 der Firma Kabi. In an sich bekannter Weise wurde mittels Überschuß von Aktivatoren Lys-Plasminogen zu Lys-Plasmin gespalten und in einem Trispuffermedium (pH = 7,4) die amidolytische Aktivität des Lys-Plasmins über die Freisetzung des Farbstoffes p-Nitroanilin gemessen. Aus diesen Werten wurde mittels Regressionsberechnung die Halbwertszeit des infundierten Lys-Plasminogens bestimmt. Verglichen wurde in einem parallel laufenden Versuch ohne Inhibitorzusatz. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefaßt:

Tabelle 2

Lys-Plasminogen ohne Inhibitor			Lys-Plasminogen mit AT III/Heparin	
Thrombocyten G/l		Plasminogen CU/ml	Thrombocyten G/l	Plasminogen CU/ml
vor Appl.	366	0,02	233	0,06
30 min nach Appl.	238	18	220	6,4
1 Std. nach Appl.	174	11,5	242	6,4
2 Std. nach Appl.	285	11	209	4,8
3 Std. nach Appl.	245	7	238	5,2
4 Std. nach Appl.	304	-	211	3,8
5 Std. nach Appl.	325	5	202	3,6
Halbwertszeit		129 min		296 min

Wie ersichtlich, zeigte sich in den Kaninchen, die mit Lys-Plasminogen und Antithrombin III/Heparin behandelt wurden, daß einerseits der spontane Abfall von Thrombocyten als Nebenreaktion der Thrombolyse vermieden wurde, andererseits die Halbwertszeit für Lys-Plasminogen im Plasminogen-Inhibitorgemisch verlängert wurde.

### 4. Einfluß von Cl-Inhibitor auf Nebenreaktionen der der Spontanlyse (in vivo)

Eine Lys-Plasminogenpräparation enthaltend per ml 500 CU (= 33 mg) Lys-Plasminogen und 9 mg NaCl wurde mit 125 U (= 212 nMol) Cl-Inhibitor versetzt. Das entspricht 6,4 nMol Cl-Inhibitor per mg Lys-Plasminogen (1 E entspricht 1,7 nMol; P.C. Harpel in: "Proc. int. Workshop on Protein Separation and Plasma Fractionation"; Ed. H. E. Sandberg (1977); S. 289-302). An einem narkotisierten Kaninchen wurden 2 ml obiger Lösung intravenös injiziert. Vor und nach der Applikation wurde Blut abgenommen. Als Vergleich diente eine Lys-Plasminogenpräparation ohne Inhibitorzusatz. Es wurde die Gerinnungsfähigkeit des Vollblutes mittels eines Thromboelastographen (Fa. Hellige) gemessen. Gemessen wurde in vitro die Reaktionszeit bis zur Gerinnungsbildung nach Zusatz von  $\text{CaCl}_2$  zu einem citratstabilisierten Vollblut. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3 zusammengefaßt:

Tabelle 3

	Gerinnungszeit in min	
	Lys-Plasminogen ohne Inhibitor	Lys-Plasminogen + CI-Inhibitor
vor Applikation	18	15
1 Std. nach Appl.	21	16
2 Std. nach Appl.		12
3 Std. nach Appl.	keine Gerinnung	13
4 Std. nach Appl.	> 60 min	12
5 Std. nach Appl.		10

Die Aktivierung des fibrinolytischen Systems stellt eine schwere Belastung des Körpers dar. Im Extremfall kann es zu schweren Blutungskomplikationen durch Ungerinnbarkeit des Blutes kommen. Das zeigte sich im Falle der Applikation von Lys-Plasminogen ohne Inhibitoren. Wird jedoch Lys-Plasminogen mit CI-Inhibitor injiziert, so können Zwischenfälle wie Blutungskomplikationen vermieden werden.

#### 5a. Einfluß auf den Atemdruck beim Meerschweinchen

Appliziert man in einem narkotisierten Meerschweinchen 66 mg (1000 U) Lys-Plasminogen/kg intravenös und beginnt nach einer Stunde mit der Thrombolysetherapie durch Applikation von 200 000 Einheiten Urokinase (UK) pro kg Körpergewicht, so zeigt sich ein spontaner Anstieg des Atemdrucks nach UK-Gabe. Wird jedoch Lys-Plasminogen mit  $\alpha_2$ -Macroglobulin vorgemischt und in einem Verhältnis von 230 mg  $\alpha_2$ -Macroglobulin (= 317 nMol) und 1000 Einheiten (66 mg) Lys-Plasminogen pro kg Körpergewicht (entspricht 4,8 nMol  $\alpha_2$ -Macroglobulin per mg Lys-Plasminogen) appliziert und nach 60 min Latenzzeit ebenfalls mit 200 000 Einheiten UK/kg die Therapie begonnen, so findet kein Atemdruckanstieg nach Applikation von UK statt.

Tabelle 4

	Atemdruck (in % des Ausgangswertes)		
	vor Appl. von UK	nach Appl. von UK	Variationskoeffizient
Lys-Plasminogen	100 %	140 % (rel.)	10 %
Lys-Plasminogen + $\alpha_2$ M	100 %	93 % (rel.)	20 %

#### 5b. Einfluß auf den Blutdruck beim Meerschweinchen

In ähnlicher Weise zeigten sich unerwünschte Nebenreaktionen auch im spontanen Abfall des Blutdrucks. Wie oben beschrieben, wurde am Meerschweinchen-Modell der Blutdruck während der Thrombolysetherapie mit Urokinase und Lys-Plasminogen verfolgt.

Es kam bei Applikation von 1000 Einheiten (66 mg) Lys-Plasminogen/kg zu keiner signifikanten Änderung des Blutdruckes. Nach Applikation von 200 000 UK/kg kam es zu einem spontanen Abfall der bis Ende des Versuches (etwa 20 min) anhielt. Eine Erholungsphase konnte nicht beobachtet werden. Wurde jedoch Lys-Plasminogen mit CI-Inhibitor vorgemischt und diese Mischung von 1000 Einheiten Lys-Plasminogen (66 mg) und 1000 Einheiten CI-Inhibitor (1700 nMol) pro kg appliziert (entspricht 25 nMol CI-Inhibitor pro mg Lys-Plasminogen) mit anschließender UK-Gabe, so zeigte sich zwar ein geringer Blutdruckabfall, der aber nach etwa 5 min den Ausgangswert erreichte und sich normalisierte.

#### 5c. Einfluß auf Atemdruck beim Meerschweinchen

Im gleichen Tiermodell wurde die Kombination Lys-Plasminogen [ $\alpha_2$ -Macroglobulin] CI-Inhibitor getestet. 230 mg  $\alpha_2$ -Macroglobulin wurden mit 1000 Einheiten CI-Inhibitor und 1000 Einheiten (66 mg) Lys-Plasminogen vorgemischt und dieses Gemisch pro kg Meerschweinchen injiziert. Es kam nach UK-Gabe

von 200 000 Einheiten/kg zu keinem Anstieg des Atemdrucks.

## 6. Adsorption von Lys-Plasminogen

### 5 a) Adsorption an Blutgefäßen

Eine Lys-Plasminogen-Lösung mit Inhibitorgehalt (Aprotinin, Cl-Esterase-Inhibitor) von 0,6 nMol/mg Plasminogen wurde in ihrem Adsorptionsverhalten an einer Kaninchenaorta getestet. Als Vergleich dazu diente das native Glu-Plasminogen ohne Inhibitorzusatz.

10 Eine Aorta wurde einem getöteten Kaninchen entnommen und umgestülpt in Stücken auf Glasstäben aufgezogen. (Lys- und Glu-) Plasminogenlösungen wurden in einer Tyrodelösung vorbereitet und die Aorten mit etwa 1 cm<sup>2</sup> Oberfläche mit 0,5 ml Plasminogen-Lösung mit einer Konzentration von 0,015 mg Plasminogen pro ml bei 37 °C 10 min, 30 min und 60 min inkubiert. Nach der Kontaktzeit wurden die Aortenstücke aus den Plasminogen-Lösungen entfernt und mit Tyrodelösung gewaschen. Die mit Plasmino-  
15 gen adsorbierten Aorten wurden in eine Gefäß gebracht, das 500 µl Tyrodelösung, 50 µl Urokinase (Fa. Medac) mit 25.000 IE/ml, 50 µl chromogenes Substrat S 2251 (Fa. Kabi) enthielt. Bei 37 °C wurde 10 min inkubiert. Dabei wurde an der Aorta adsorbiertes Plasminogen mittels UK in Lys-Plasmin umgewandelt. Die Spaltungsraten, mit denen Lys-Plasmin vom chromogenen Substrat P-Nitroanilin abspaltet, wurde photometrisch vermessen, nachdem mit 400 µl Eisessig die Reaktionen gestoppt worden waren.

20

Tabelle 5

Kontaktzeit	nMol/min.cm <sup>2</sup>	
	Lys-Plasminogen (incl. Inhibitor)	Glu-Plasminogen (nativ)
	Plasminogen - Aorta	
10 min	0,56	0,03
30 min	1,2	0,2
60 min	2,1	0,16

Die Lys-Plasminogen-Präparation adsorbiert viel stärker an das Blutgefäß und läßt sich mit Aktivator in Plasmin überführen, die Inhibitoren im Präparat verhindern weder die Adsorption noch den Aktivierungsschritt.

### b) Adsorption an künstlichen Oberflächen

40 Lys-Plasminogen mit einem Inhibitorgehalt von 0,6 nMol/mg Plasminogen wird in seinem Adsorptionsverhalten an künstlichen Oberflächen getestet. Als Vergleich dazu dient ein natürlich vorkommendes Glu-Plasminogen ohne Zusatz von Inhibitoren.

Sowohl Lys-Plasminogen als auch Glu-Plasminogen werden in physiologischen NaCl-Lösungen auf eine Konzentration von 4 mg Plasminogen pro ml gestellt. 250 µl der Probe werden in Nöpfchen pipettiert. In die  
45 vollgefüllten Nöpfchen werden Plastikplättchen (Kämme) gehängt (Polystyrol 158K der Fa. BASF), an deren Oberfläche eine Adsorption von Plasminogen stattfindet. Nach 60 min, 120 min Kontaktzeit bei Raumtemperatur werden die Plastikplättchen entfernt, gewaschen und in ein Reaktionsgemisch mit 100 µl Trispuffer, pH 7,2, 50 µl Urokinase (Fa. Medac) 25.000 IE/ml, und 50 µl chromogenes Substrat S 2251 (Fa. Kabi) gebracht. Nach 10 min Raumtemperatur wird 50 µl Eisessig zugesetzt und die Reaktionen gestoppt.  
50 Adsorbiertes Plasminogen wird mit UK in Plasmin umgewandelt, das das chromogene Substrat spaltet. Die Umsetzung des chromogenen Substrates läßt auf die Adsorption an künstlichen Oberflächen schließen.

55

Tabelle 6

	nMol/min. cm <sup>2</sup>	
	Lys-Plasminogen (incl. Inhibitor)	Glu-Plasminogen (nativ)
Kontaktzeit		
60 min	0,23	0,09
120 min	1,2	0,19

Auch hier wird gezeigt, daß Lys-Plasminogen mit Inhibitoren deutlich besser und schneller adsorbiert als Glu-Plasminogen ohne Inhibitoren und auch aktivierbar ist, ohne Einfluß der im Präparat enthaltenen Inhibitoren.

#### 7. Herstellung der erfindungsgemäßen pharmazeutischen Zubereitung

Nachfolgend ist die Herstellung zweier erfindungsgemäßer pharmazeutischer Zubereitungen, ausgehend von den in Präparation 1 und Präparation 2 erhaltenen Dialysaten, beschrieben. Die beiden Zubereitungen unterscheiden sich in ihrem Gehalt an Inhibitoren.

- a) 32 ml des Dialysates der Lys-Plasminogenpräparation 1 mit einem Gehalt von 15 mg Lys-Plasminogen pro ml wurden mit 6,4 ml einer C<sub>1</sub>-Esterase-Inhibitorpräparation (C<sub>1</sub> Esterase Inhibitor STIM 3 Human Haemoderivate 500 Einheiten pro 10 ml) versetzt. Anschließend wurden 20 mg Aprotinin zugesetzt, wodurch sich eine Konzentration von 10 Einheiten (= 17 nMol) C<sub>1</sub>-Esterase-Inhibitor und 4469 KIE (= 98 nMol) Aprotinin pro ml Lys-Plasminogen-Lösung mit 15 mg Lys-Plasminogen ergab. Daraus berechnet sich ein Inhibitorgehalt von 7,7 nMol pro mg Lys-Plasminogen. Die Lösung verblieb mindestens 15 min bei 4 °C, wurde mit 20 mmol Lysin pro Liter versetzt, auf einen pH-Wert von 7 gestellt, lyophilisiert, zwecks Virusinaktivierung hitzebehandelt, gelöst, steriltfiltriert, abgefüllt und im Endbehältnis lyophilisiert.
- b) 32 ml des Dialysates der Lys-Plasminogenpräparation 2 mit einem Gehalt von 15 mg Lys-Plasminogen pro ml wurden mit 1280 ml einer C<sub>1</sub>-Esterase-Inhibitorpräparation (siehe oben) und 1,79 mg Aprotinin versetzt und wie oben beschrieben aufgearbeitet. Bei dieser Zubereitung ergab sich ein Inhibitorgehalt von 0,81 nMol pro mg Lys-Plasminogen.

#### 8. Anwendungen

Personen mit angeborenen Plasminogenmangelzuständen, die sowohl durch quantitative als auch qualitative Störungen gekennzeichnet sind, haben ein erhöhtes Risiko, an thrombotischen Zuständen zu erkranken. Oft werden diese thrombotischen Ereignisse durch äußere Umstände, wie Traumen, Operationen, Schwangerschaften, Infektionen, entzündliche Geschehen, ausgelöst.

Für Behandlung und Prophylaxe dieser Plasminogenmangel-Patienten kann Lys-Plasminogen 2 bis 4 mal täglich in Dosen von 10 bis 100 E/kg infundiert werden. Lys-Plasminogen kann auch für Prophylaxe und Therapie, entweder allein oder in Kombination eines Aktivators, für eine Reihe von erworbenen Erkrankungen, wie disseminierte intravaskuläre Gerinnung, periphere arterielle Thrombose, Myokardthrombose, Insult, Myokardinfarkt, eingesetzt werden. Die systemische oder lokale (intracoronare) Thrombolyse mittels Urokinase, Streptokinase, Tissue-Plasminogen-Aktivator ist heute etablierte Therapie eines Myokardinfarktes.

Der Erfolg der Lyserate ist allerdings abhängig vom Alter des Thrombus, und in vielen Fällen bleiben die Coronarthromben, wegen zu später Hospitalisierung, lyseresistent. Die Applikation der erfindungsgemäßen Zubereitung, entweder systemisch oder lokal (auch in Körperhöhlen) kann eine Anreicherung von Lys-Plasminogen am Thrombus bewirken und kann daher die Lyserate der anschließenden Aktivator-Proaktivator-Applikation erhöhen.

Die erfindungsgemäße Zubereitung kann sofort bei Einsetzen der klinischen Symptomatik oder bei Verdacht auf Myokardinfarkt, noch vor der Diagnosesicherung, entweder intravenös, subkutan oder peroral appliziert werden und sich in dem sich noch in Bildung befindlichen thrombus anreichern. Damit wird eine Verlängerung des Zeitintervalles erreicht, in welchem fibrinolytisch wirksame Aktivatoren eine effektvolle Thrombolyse erreichen.

Ein häufiges Problem der Thrombolyse besteht in der Reokklusion des Gefäßes nach erfolgter Öffnung. Die lokale oder systemische Applikation nach erfolgter Thrombolyse kann ein filmartiges Überziehen der geschädigten oder arteriosklerotisch veränderten Gefäßoberfläche mit Lys-Plasminogen bewirken und durch

die so hergestellte thromboseresistente Oberfläche die Reokklusion verhindern.

Die nach angioplastischen Eingriffen beobachtete Restenose wird durch Applikation der erfindungsgemäßen Zubereitung vor, während und nach der Angioplastik verhindert.

Die gegenüber konventionellen Therapien resistente tiefe Beinvenenthrombose kann durch Applikation distal von der Thrombose, bei gleichzeitiger systemischer Lysetherapie, erfolgreich behandelt werden.

Die Herstellung thromboseresistenter Gefäßprothesen wird durch Beschichtung der Oberfläche mit Lys-Plasminogen erreicht; ebenso eignet sich Lys-Plasminogen für die Herstellung künstlicher thromboseresistenter Organe, z. B. Herzklappe, künstliche Gelenke. Lys-Plasminogen kann mit Proenzymen und/oder Enzymen gemischt werden, diese in vitro hergestellten Präparationen entfalten ihre thrombolytischen Wirkungen nach Applikation in vivo.

Das mit der erfindungsgemäßen Zubereitung verabreichte Lys-Plasminogen mit anschließender Aktivatorbehandlung (z.B. Urokinase) verringert das Reokklusionsrisiko.

Patienten mit Fettstoffwechselstörungen, insbesondere mit erhöhtem Lp (a) sind durch schwere Artherosklerose, bedingt durch fehlerhaftes Resorptionsverhalten ihrer Gefäßwand gekennzeichnet. Die Substitution durch Lys-Plasminogen verhindert bei diesen Patienten aufgrund der strukturellen Ähnlichkeit die Aufnahme von Lp (a) in die Gefäßwand, verlangsamt den artherosklerotischen Prozeß und macht ihn reversibel.

### Patentansprüche

1. Pharmazeutische Zubereitung auf Basis von Lys-Plasminogen aus Plasma oder rekombinant hergestelltem Lys-Plasminogen in lyophilisierter Form mit einem Gehalt eines Serin-Protease-Inhibitors und gegebenenfalls eines Inhibitor-Kofaktors, vorzugsweise Heparin, in einer Menge an Inhibitor von 0,5 bis 30 nmol, vorzugsweise von 5 bis 25 nmol, pro mg Lys-Plasminogen.
2. Pharmazeutische Präparation nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Serin-Protease-Inhibitor ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend Aprotinin,  $\alpha_2$ -Macroglobulin,  $\alpha_1$ -Antitrypsin, Antithrombin III und C1-Esterase-Inhibitor humanen, tierischen oder rekombinanten Ursprungs.
3. Pharmazeutische Präparation nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Serin-Protease-Inhibitor Antithrombin III und als Inhibitor-Kofaktor vorzugsweise Heparin vorgesehen sind.
4. Pharmazeutische Zubereitung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie zu einer gebrauchsfertigen Lösung rekonstituierbar ist, welche Lys-Plasminogen in einer Konzentration von 1 mg bis 50 mg, vorzugsweise 2,5 mg bis 25 mg, pro ml der gebrauchsfertigen Lösung enthält.
5. Verwendung von Lys-Plasminogen in Verbindung mit einem Serin-Protease-Inhibitor zur Herstellung von Präparationen nach den Ansprüchen 1 bis 4 zur Behandlung oder Prophylaxe von Plasminogenmangelzuständen und Thrombosen und für die Herstellung von thromboseresistenten künstlichen Organen.