



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 298 444 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983

in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 01 N 33/68
A 61 K 37/02

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD G 01 N / 342 731 5	(22)	12.07.90	(44)	20.02.92
(31)	P3923340.5	(32)	14.07.89	(33)	DE

(71)	siehe (73)
(72)	Dessauer, Andreas, Dr. rer. nat.; Herz, Reinhard; Lill, Helmut, Dr. rer. nat., DE
(73)	Boehringer Mannheim GmbH, Sandhofer Straße 112-132, W - 6800 Mannheim-Waldhof, DE
(74)	Weickmann u. Fincke, Patentanwälte, Postfach 86 08 20, W - 8000 München 86, DE

(54) Verfahren und Reagenz zur Bestimmung von Antithrombin III

(55) Antithrombin III; Bestimmung in Körperflüssigkeiten; chromogenes Substrat; Thrombineinwirkung; Farbmessung; Tetrapeptid Gly-Pro-Arg-Pro; Denaturierungsmittel; Oligopeptid-Substrat mit herabgesetzter Empfindlichkeit im Vergleich zu Tos-Gly-Pro-Arg-pNA

(57) Zur Bestimmung von Antithrombin III in Körperflüssigkeiten durch Umsetzung der Probe mit Thrombin und einem chromogenen Substrat, das unter Einwirkung von Thrombin eine Farbe bildet und Messung der entstehenden Farbe, führt man die Umsetzung in Gegenwart von denaturierenden Agentien oder von Tetrapeptid Gly-Pro-Arg-Pro durch und verwendet als Substrat ein Oligopeptid, dessen Empfindlichkeit, verglichen mit Tos-Gly-Pro-Arg-pNA, um den Faktor 5 bis 100 geringer ist.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bestimmung von Antithrombin III in Körperflüssigkeiten durch Umsetzung der Probe mit Thrombin und einem chromogenen Substrat, das unter Einwirkung von Thrombin eine Farbe bildet und Messung der entstehenden Farbe, **dadurch gekennzeichnet**, daß man die Umsetzung in Gegenwart von denaturierenden Agentien oder von Tetrapeptid Gly-Pro-Arg-Pro durchführt und daß man als Substrat ein Oligopeptidsubstrat verwendet, dessen Empfindlichkeit gegenüber Thrombin, verglichen mit Tos-Gly-Pro-Arg-pNA, um den Faktor 5 bis 100 geringer ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man als denaturierendes Agens Harnstoff oder Guanidiniumhydrochlorid verwendet.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das denaturierende Agens in einer Konzentration von 0,1 bis 1 mol/l im Test verwendet.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das Tetrapeptid in einer Konzentration von 0,04 bis 1 mg/ml im Test verwendet.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß man als Oligopeptidsubstrat ein Peptid mit der Formel



worin R ein Alkylrest mit 1 bis 3 C-Atomen ist, verwendet.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß man ein Oligopeptidsubstrat verwendet, dessen Empfindlichkeit verglichen mit Tos-Gly-Pro-Arg-pNA um den Faktor 10 bis 30 geringer ist.
7. Reagenz zur Bestimmung von Antithrombin III, **dadurch gekennzeichnet**, daß es Thrombin, ein denaturierendes Agens oder das Tetrapeptid Gly-Pro-Arg-Pro und als Substrat, das unter Einwirkung von Thrombin eine Farbe bildet, ein Oligopeptidsubstrat enthält, dessen Empfindlichkeit verglichen mit Tos-Gly-Pro-Arg-pNA um den Faktor 5 bis 100 vermindert ist.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung von Antithrombin III in Körperflüssigkeiten durch Umsetzung der Probe mit Thrombin und einem chromogenen Substrat, das unter Einwirkung von Thrombin eine Farbe bildet und Messung der entstehenden Farbe sowie ein dazu geeignetes Reagenz.

Antithrombin III ist ein Faktor des Blutgerinnungssystems, der der Regulation dient. Die Blutgerinnung wird in Gang gesetzt durch das kaskadenartige Zusammenwirken verschiedener Proteasen. Der letzte der hintereinandergeschalteten Aktivierungsschritte setzt Thrombin frei, das wiederum durch Spaltung von Fibrinogen Fibrinmonomere erzeugt, die sich zusammenlagern und einen Thrombus bilden. Wichtigster Regulator ist Antithrombin III, (AT III) das mit Thrombin und auch mit anderen an der Blutgerinnung beteiligten Proteasen einen Komplex bilden kann, der das aktive Zentrum blockiert. Der Antithrombin III-Gehalt im Blut liegt bei gesunden Menschen in einem relativ engen Bereich. Verminderte Antithrombin III-Gehalte können durch eine Verbrauchskoagulopathie, eine schwere Lebererkrankung oder erblich bedingt sein. Ein verminderter Antithrombin III-Gehalt wird heute allgemein als Thromboserisiko gewertet. Deshalb ist in manchen Fällen der Antithrombin III-Gehalt auch bei einer akuten Thrombose reduziert. Der Antithrombin III-Gehalt ist daher ein wertvoller Parameter in der klinischen Diagnostik.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind bereits verschiedene Verfahren zum Nachweis von Antithrombin III bekannt, sowohl auf Basis immunologischer Methoden als auch unter Verwendung chromogener Substrate. Im letzteren Fall wird der Probe Thrombin zugesetzt, das mit in der Probe vorhandenen AT III reagiert und inaktiviert wird. Überschüssiges Thrombin wird dann durch Inkubation mit einem chromogenen Substrat, das durch Einwirkung von Thrombin eine gefärbte Substanz bildet, und Auswertung der Farbbildung nachgewiesen, wobei der Antithrombin III-Gehalt in indirektem Verhältnis zu der Farbbildung steht. Verfahren zur Bestimmung von Antithrombin III sind beispielsweise beschrieben in Bergmeyer, „Methods of Enzymatic Analysis“, 3d edition, Verlag Chemie, Vol. 5, S. 441–448; I. Witt, ed., „Neue Methoden der Gerinnungsanalyse mit chromatogenen Substraten“, Stormorken, Neue Methoden der Gerinnungsanalyse, Seite 119–121; Odegard et al., Haemostasis 7: 202–209 (1978); Fareed et al. in Chromogenic Peptide Substrates (eds. M.F. Scully and V.V. Kakkar) Churchill Livingstone (1979) 183–191 und Abildgaard et al. Thromb. Res. 11, 549–553 (1977).

In der Regel werden, um Störungen im Test zu vermeiden, die Proben sehr stark verdünnt, da Eigenfarbe, Trübung und Abweichungen im pH-Wert sowie Salzgehalt der Probe das Meßergebnis um so weniger beeinflussen, je kleiner die Probenmenge im Testansatz bemessen werden kann. Bei Durchführung kinetischer Bestimmungen insbesondere an Analyseautomaten wird daher mit Probenverdünnungen im Bereich von bis zu 1:1500 gearbeitet. Dies ist jedoch für die Routine (speziell Notfallsituation) unpraktisch.

Ziel der Erfindung

Es war daher Aufgabe der Erfindung, bekannte Nachweismethoden zu verbessern und ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, das in Analyseautomaten durchgeführt werden kann, in kurzer Zeit und ohne Probenverdünnung durchführbar ist und den Einsatz eines einzigen Standards ermöglicht.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Bestimmung von Antithrombin III in Körperflüssigkeiten durch Umsetzung der Probe mit Thrombin und einem chromogenen Substrat, das unter Einwirkung von Thrombin eine Farbe bildet und Messung der entstehenden Farbe, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man die Umsetzung in Gegenwart von denaturierenden Agentien oder von Tetrapeptid Gly-Pro-Arg-Pro durchführt und daß man als Substrat ein Oligopeptidsubstrat verwendet, dessen Empfindlichkeit gegenüber Thrombin, verglichen mit Tos-Gly-Pro-Arg-pNA, um den Faktor 5 bis 100 geringer ist. Überraschenderweise gelingt es durch Zusatz von denaturierenden Agentien bzw. eines Tetrapeptids und durch Einsatz eines relativ unempfindlichen Oligopeptid-Substrates für Thrombin, Antithrombin III genau und reproduzierbar zu bestimmen, wobei auch längere Testserien ohne Beeinträchtigung am Analyseautomaten durchgeführt werden können. Zur Bestimmung von Antithrombin III in einer Körperflüssigkeit wird eine Probelösung mit Thrombin im Überschuß (bezogen auf Antithrombin III) versetzt. Dabei bilden sich aus Antithrombin III und Thrombin Komplexe. Derartig komplexiertes Thrombin hat keine Protease-Aktivität mehr. Zu der Lösung wird dann ein Substrat, das von Thrombin unter Farbbildung gespalten werden kann, zugegeben. Nur das im Überschuß vorhandene, nicht komplexierte Thrombin reagiert mit dem Substrat. Das gemessene Signal ist umgekehrt proportional zur Antithrombin III-Konzentration der Probe. Bevorzugt wird zur Durchführung des Verfahrens Heparin zugesetzt, das die Reaktion zwischen Antithrombin III und Thrombin beschleunigt. Es gibt eine Vielzahl von für dieses Verfahren geeigneten Substraten, von denen das am meisten verwendete Tos-Gly-Pro-Arg-pNA-Acetat (Chromozym® TH) ist. Dieses Reagenz ist hochempfindlich. Erfindungsgemäß wird nun zusätzlich im ersten Schritt ein denaturierendes Agens oder das Tetrapeptid Gly-Pro-Arg-Pro zugesetzt. Es wurde gefunden, daß bei längeren Testserien der Thrombinausgangswert bei Verwendung unverdünnter Proben nicht konstant bleibt. Dies wird durch Zusatz der obengenannten Komponenten behoben. Geeignet als denaturierende Agentien sind die an sich auf diesem Gebiet bekannten Substanzen. Bevorzugt wird Harnstoff oder Guanidiniumhydrochlorid verwendet. Das denaturierende Agens wird bevorzugt in einer Konzentration von 0,1 bis 1 mol/l im Test bzw. 1 bis 6 mol/l in der Substratlösung eingesetzt. Wenn als Komponente das Tetrapeptid verwendet wird, so wird dieses bevorzugt in einer Konzentration im Bereich von 0,04 bis 1 mg/ml im Test zugesetzt. Das denaturierende Agens bzw. das Tetrapeptid kann entweder bereits der Reagenzlösung zugesetzt werden, oder aber bei Inkubation der Probelösung mit der Reagenzlösung zugesetzt werden. Wenn Harnstoff als denaturierendes Agens verwendet wird, so ist es vorteilhaft, den Harnstoff erst zusammen mit dem Substrat zuzusetzen, da Harnstoff auf die Stabilität des Thrombins einen ungünstigen Einfluß hat. Weiteres wesentliches Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Verwendung eines chromogenen Oligopeptidsubstrats für Thrombin, dessen Empfindlichkeit aber verglichen mit Chromozym® TH um den Faktor 5 bis 100 geringer ist. Alle Substrate, die diese Bedingung erfüllen, sind geeignet, wie z. B.

CBZ-Val-Gly-Arg-pNA;
H-D-Pro-Phe-Arg-pNA;
H-D-Val-Leu-Arg-pNA;
Bz-Val-Leu-Arg-pNA;
Bz-Leu-Leu-Arg-pNA;
Bz-Phe-Leu-Arg-pNA sowie
Bz-Leu-Ile-Arg-pNA.

(CBZ: Carbobenzoxy, Bz: Benzoyl, D-Pro: D-Prolin, D-Val: D-Valin, pNA: p-Nitroanilin).

Diese als Beispiel genannten Verbindungen tragen als Chromophor alle p-Nitroanilin, das von Thrombin abgespalten wird. Andere übliche Chromophore sind ebenso geeignet wie z. B. 5-Amino-2-nitrobenzoesäure oder Methoxy-nitroanilin, die anstelle von pNA in dem Substrat vorhanden sein können. Bevorzugt wird als Substrat ein Peptid der Formel R-OCO-Gly-Pro-Arg-pNA eingesetzt, worin R einen Alkylrest mit 1 bis 3 C-Atomen bedeutet und bevorzugt ein Methylrest ist. Besonders bevorzugt werden Substrate eingesetzt, deren Empfindlichkeit um den Faktor 10 bis 30 gegenüber Chromozym® TH vermindert ist.

Die Konzentration des Substrats in der das Substrat in der Testlösung vorhanden ist, richtet sich nach seiner Michaelis-Konstante. Geeignet sind Substrat-Konzentrationen im Bereich von dem 2- bis 20fachen der jeweiligen Michaelis-Konstante. Die für das Verfahren eingesetzte Thrombin-Konzentration kann erfindungsgemäß bis zum 30fachen, bevorzugt 7- bis 15fachen der nach dem Stand der Technik verwendeten Thrombin-Konzentration, entsprechend bis zu etwa 630 U Thrombin/l (Internationale Enzymeinheiten Thrombin mit Tos-Gly-Pro-Arg-pNA als Substrat bei 25°C) Testlösung, erhöht sein. Innerhalb dieses Bereichs, jedoch nicht mit weniger Thrombin, kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren noch eine lineare Eichkurve erhalten werden, so daß die Durchführung einer kinetischen Bestimmung in einem weiten Bereich und vor allem eine komfortable Testführung mit nur einem Standard am Analysenautomaten möglich wird. Ist nämlich die Linearität über den Meßbereich nicht gegeben, dann muß mit mehreren Standards gearbeitet werden, was die schnelle Anwendung des Tests, die z. B. für Notsituationen essentiell ist, erschwert.

Die Probenmenge richtet sich nach dem Meßbereich des Testes sowie nach den technischen Möglichkeiten. Die untere Grenze liegt für Analysenautomaten bei 1 µl. Die obere Grenze ist vom Typ des Analysenautomaten abhängig und beträgt üblicherweise nicht mehr als 5 µl. Ist die Probenmenge höher, steht unter sonst gleichen Testbedingungen ein geringerer Meßbereich zur Verfügung, außerdem treten bei erhöhter Probenmenge in zunehmendem Maße Störungen durch Fibrinbildung auf. Andererseits reduziert sich das eigentliche Meßsignal bei kleinerer Probenmenge, was mit der steigenden Pipettiergenauigkeit sehr kleiner Volumina zu einer Verschlechterung der Präzision des Tests führt.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Reagenz zur Bestimmung von Antithrombin III, das Thrombin, ein denaturierendes Agens oder das Tetrapeptid Gly-Pro-Arg-Pro sowie ein chromogenes Substrat, das unter Einwirkung von Thrombin eine Farbe bildet und verglichen mit Chromozym® TH, bezogen auf Thrombin, eine um den Faktor 5 bis 100 geringere Empfindlichkeit hat, enthält.

In einer bevorzugten Ausführungsform enthält das Reagenz zusätzlich noch Heparin.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung wird durch die folgenden Beispiele erläutert:

Beispiel 1 (Vergleich)

(Verfahren nach Stand der Technik, Bergmeyer)

1 Teil Thrombin (500 U/l) wird mit 20 Teilen Tris/HCl-Puffer, pH 8,1, der gleichzeitig Heparin in ausreichender Menge (2 USP-Einheiten/ml) enthält, gemischt. Zur Messung des Thrombinausgangswerts werden 2 ml dieses Thrombinreagenzes mit 0,10 ml physiologischer Kochsalzlösung und zum Start der Enzym/Substrat-Reaktion mit 0,200 ml Thrombinsubstratlösung (Chromozym® TH: Tos-Gly-Pro-Arg-pNA, 0,16 mmol/l im Testansatz) versetzt. In dem so definierten Testansatz werden Reaktionsgeschwindigkeiten ($\Delta E/\text{min}$) bei 405 nm bei 25°C von 0,220 und bei 37°C und 0,400 erreicht.

Beispiel 2

Es wurde Antithrombin III in Probelösungen nach dem im Beispiel 1 beschriebenen Verfahren bestimmt, wobei jedoch Chromozym® TH durch die erfindungsgemäßen Substrate ersetzt wurde.

Manueller Test ohne Probenvorverdünnung:

0,01 ml unverdünnte Probe (entspr. 6,6 μl Probe pro ml Testvol.)

1,25 ml Thrombinreagenz (308 U/l Thrombin im Test, 14,74fach gegenüber Stand der Technik)

0,25 ml Substrat (0,298 mmol/l Methyl-OCO-Gly-Pro-Arg-pNA, 0,5 mol/l Harnstoff im Test).

Tests an Analysenautomaten:

- Hitachi 704/705:

0,003 ml unverdünnte Probe (entspr. 7,1 μl Probe pro ml Testvol.)

0,350 ml Thrombinreagenz (308 U/l Thrombin und 248 mg/l Gly-Pro-Arg-Pro im Test)

0,070 ml Substrat (0,298 mmol/l MeOCO-Gly-Pro-Arg-pNA im Test)

- Hitachi 717:

0,002 ml unverdünnte Probe (entspr. 6,6 μl Probe pro ml Testvol.)

0,250 ml Thrombinreagenz (308 U/l Thrombin und 248 mg/l Gly-Pro-Arg-Pro im Test)

0,050 ml Substrat (0,298 mmol/l MeOCO-Gly-Pro-Arg-pNA im Test)

Tabelle I

Vergleich der Thrombinausgangswerte (ohne Probe) unter den hier gewählten Testbedingungen bei Verwendung von Chromozym® TH und MeOCO-Gly-Pro-Arg-pNA:

	MeOCO-Gly... ($\Delta E/\text{min}$)	Chromozym® TH ($\Delta E/\text{min}$)
Hitachi 717, 37°C	0,400	5,700
Hitachi 717, 25°C	0,200	2,900
Hitachi 704, 37°C	0,300	4,300
Hitachi 704, 25°C	0,150	2,100

Für die Hitachigeräte liegt die Grenze der Meßbarkeit von kinetischen Enzym/Substratreaktionen bei ca. 1,00 $\Delta E/\text{min}$. Auch die anderen bekannten Analysengeräte stoßen hier bei diesen hohen $\Delta E/\text{min}$ -Werte auf nicht mehr machbare analytische Grenzen. Das Gleiche gilt selbstverständlich für den manuellen Test, bei dem unter den oben skizzierten Bedingungen ohne Probenvorverdünnung mit Chromozym® TH als Substrat ΔE -Werte von 3,3 bei 25°C und von 6,0 bei 37°C auftreten würden.

Tabelle II**Testgerät Hitachi 717****Testansatz:** 0,002 ml unverdünnte Probe

0,250 ml Thrombinreagenz; 14,74fach, verglichen mit Stand der Technik (= 308 U/l im Test)

0,050 ml Substrat

Substratsensitivität (% von Chromozym® TH)	Thrombinkonzentr. im Test					
	7,5fach (156,8 U/l)		14,74fach (308 U/l)		30fach (627 U/l)	
	25°C	37°C	25°C	37°C	25°C	37°C
1%	0,014	0,028	0,029	0,057	0,058	0,114
2%	0,029	0,057	0,058	0,114	0,116	0,114
7% z.B. Me-OCO-Gly-Pro-Arg-pNA	0,100	0,200	0,200	0,400	0,400	0,600
17% z.B. l-Prop-OCO-Gly-Pro-Arg-pNA	0,246	0,484	0,493	0,969	0,586	1,938
20%	0,280	0,560	0,580	1,140	1,160	2,280

Es wird deutlich, daß mit den Substraten höherer Sensitivität (17 % bzw. 20% von Chromozym® TH) nicht alle Testversionen (z. B. 37°C bzw. höhere Thrombinkonz.) mit sehr guten Ergebnissen durchgeführt werden können; der Rahmen, innerhalb dessen das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft ohne Probenverdünnung durchgeführt werden kann, ist ersichtlich.