

Aus dem Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie Dortmund
(Direktor: Professor Dr. med. G. LEHMANN).

Der Adrenalinogenspiegel des Blutes nach sportlichen Laufübungen.

Von

HANSJÖRG KINZIUS und FRANZ KÖTTER.

Mit 4 Textabbildungen.

(Eingegangen am 22. Februar 1951.)

Schwere körperliche Arbeit führt zu einem Absinken des Adrenalinogengehaltes im Blute (G. LEHMANN u. H. F. MICHAELIS¹). Die Senkung entspricht dabei weniger der Größe der Leistung als dem Grade der subjektiv empfundenen körperlichen Anstrengung. Letzteres fand seine Bestätigung darin, daß bei Ergometerarbeit Untrainierter eine Senkung des Adrenalinogenspiegels um mehr als 50% gefunden wurde, während nach längerem Training die gleiche Arbeit schließlich keine Senkung mehr hervorrief.

Die erwähnten Autoren forderten bei ihren Untersuchungen eine Arbeit, die zwar dem Untrainierten schwer schien, das Leistungsvermögen des Trainierten aber keineswegs erschöpfte. In Ergänzung dieser Untersuchungen sollte nunmehr das Verhalten des Adrenalinogenspiegels bei voller Verausgabung der körperlichen Leistungsfähigkeit untersucht werden. Als Arbeit wählten wir den Wettlauf, da sich auf dem Sportplatz viel eher Leistungen erzielen lassen, die eine Ausschöpfung aller verfügbaren Kräfte reserven bedeuten, als im Laboratoriumsversuch.

Da STRAUB u. MICHAELIS² gezeigt hatten, daß der Trainingszustand für das Verhalten des Adrenalinogenspiegels von wesentlicher Bedeutung ist, führten wir Untersuchungen sowohl an trainierten als auch untrainierten Läufern durch. Insgesamt standen uns 10 Versuchspersonen im Alter von 16 bis 26 Jahren zur Verfügung, von denen sich 7 in regelmäßigem Training befanden. Es wurden die üblichen Laufstrecken von 100, 400, 1000 und 3000 m gewählt.

Die Versuche wurden von Januar bis Mai 1950 bei wechselnder Witterung durchgeführt. Der Adrenalinogengehalt des Blutes wurde mit Hilfe der von LEHMANN u. MICHAELIS³ entwickelten Fluoreszenzmethode ermittelt. Die Methode erfaßt neben Adrenalin eine in großen Mengen im Blutplasma vorhandene, biologisch noch nicht wirksame Vorstufe desselben, für die der Begriff „Adrenalinogen“ eingeführt wurde (LEHMANN u. KINZIUS⁴). Die Mengenbestimmung des Adrenalinogens erfolgt in Fluoreszenz-Einheiten. So bedeutet die Angabe $x \gamma$ Adrenalinogen bisher nur, daß der im Blutplasma gefundene Stoff mit der gleichen Intensität grün fluoresziert, wie es $x \gamma$ dem Plasma zugesetzten synthetischen Adrenalins tun würden.

Im einzelnen gingen wir so vor, daß jede Versuchsperson vor Beginn der Übung ruhen mußte. Unmittelbar vor dem Start wurde aus der Fingerbeere Blut entnommen. Bereits geringfügige akustische, mechanische oder optische Reize können zu einer vorübergehenden Mehrausschüttung von Adrenalinogen aus den Nebennieren führen, die nach 60 bis 100 sec im Capillarblut der Fingerbeere meßbar wird (LEHMANN u. KINZIUS⁵). Da auch ein Schneppeinstich eine solche Mehrausschüttung auslöst, entnehmen wir jeweils eine Probenreihe von 5 mal 0,1 bis 0,15 cm³ Blut innerhalb von 100 bis 120 sec. Auf diese Weise konnten reflektorische Ausschüttungen als solche erkannt und ausgeschaltet werden. Die Vorentnahmen

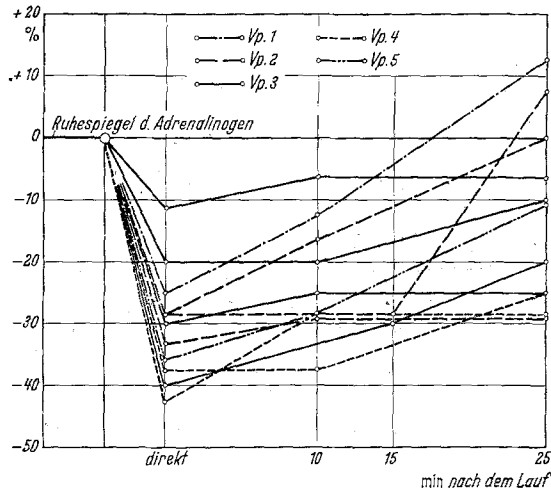


Abb. 1. Adrenalinogenspiegel des Blutes beim 100 m-Lauf trainierter Sportler.

wurden in geschlossenen Räumen durchgeführt, um äußere Störungen möglichst auszuschalten. Unmittelbar nach Beendigung des Laufes wurde am Ziel eine zweite Entnahmeserie angeschlossen. Weitere Proben wurden während der nachfolgenden 40 min wieder im geschlossenen Raum in Ruhelage durchgeführt.

In den abgebildeten Kurven gibt die Ordinate den Adrenalinogengehalt an, wobei seine Höhe vor Beginn des Versuches gleich 100 gesetzt und die nachfolgenden Werte in Prozenten der Ausgangslage ausgedrückt wurden. Die Abszisse gibt die Zeit in min an.

Abb. 1 zeigt die Ergebnisse, die wir bei trainierten Sportlern beim 100 m-Lauf fanden. Allen diesen Kurven, die von 5 Sportlern stammen, ist gemeinsam, daß sie unmittelbar nach Laufende eine Senkung des Adrenalinogenspiegels unter die Ausgangslage zeigen. Das Ausmaß der Senkung schwankt zwischen 10 und 45%, meist zwischen 25 und 45%. 10 min nach Laufende — die Versuchspersonen ruhten unmittelbar im Anschluß an die erste Abnahme nach dem Lauf — liegen alle ermittelten Werte noch weit unter der Ausgangslage. Je stärker die Senkung nach Laufende war, desto weniger reichten die Werte nach 25 min an das Ruheniveau heran. Nur bei 2 Versuchen überschritt der 25-min-Wert das Ruheniveau.

Die gleichen Ergebnisse fanden wir auch bei den Versuchen mit 400 m-Läufern, so daß wir auf eine Beschreibung verzichten können.

Auch bei 1000 m- und 3000 m-Läufern waren trotz der veränderten Beanspruchung unsere Versuchsergebnisse im wesentlichen die gleichen wie bei den Kurzstreckenläufern. Die Abb. 2 zeigt (6 Versuche an 3 Versuchspersonen) unmittelbar bei Beendigung des 1000 m-Laufes wiederum einen erniedrigten Adrenalinogenblutspiegel. In den 3 Versuchen, bei denen unmittelbar nach dem Lauf eine verhältnismäßig

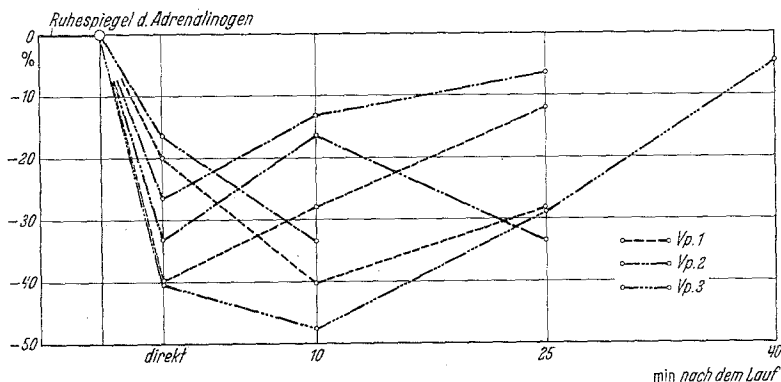


Abb. 2. Adrenalinogenspiegel des Blutes beim 1000 m-Lauf trainierter Sportler.

geringe Senkung des Adrenalinogenspiegels gefunden wurde, war der Adrenalinogengehalt nach 5 min noch weiter abgesunken. Der weitere Verlauf der Kurven zeigte eine große Streubreite. Nur bei einem Versuch war das Ausgangsniveau innerhalb von 25 min erreicht. Bei einer Versuchsperson wurde nach 40 min erneut eine Blutprobe analysiert, die zeigte, daß jetzt das Ruhenniveau wieder erreicht war. Bei den 3000 m-Läufern fand sich das gleiche Bild.

Ganz andere Ergebnisse wurden bei ungeübten Versuchspersonen gefunden. Abb. 3 zeigt die Ergebnisse von ungeübten 100 m-Läufern. Die eine Versuchsperson hatte seit ihrer Schulzeit überhaupt keinen Sport mehr betrieben, während die zweite Versuchsperson zwar regelmäßig Leibesübungen getrieben, aber vor den Versuchen mehrere Monate ausgesetzt hatte. Statt einer Senkung fanden wir bei beiden (je 2 Versuche) unmittelbar nach Laufende ein beträchtliches Ansteigen des Adrenalinogenspiegels im Blute, obwohl die Ausgangswerte denen der Trainierten glichen. Bei der zeitweilig untrainierten Versuchsperson maßen wir nach 10 bzw. 15 min einen Gipfel, der 50 bzw. 75% über dem Ruhenniveau lag. Nach 25 bzw. 30 min lag er immer noch weit über dem Ausgangsniveau. Bei der völlig untrainierten Versuchsperson war die Adrenalinogenausschüttung noch weit ausgeprägter, so daß in einem Falle nach 15 min ein Anstieg von mehr als 160% erreicht wurde. Diese

hier beschriebene langanhaltende Mehrausschüttung von Adrenalinogen scheint für die untrainierten Läufer typisch zu sein, denn sowohl bei

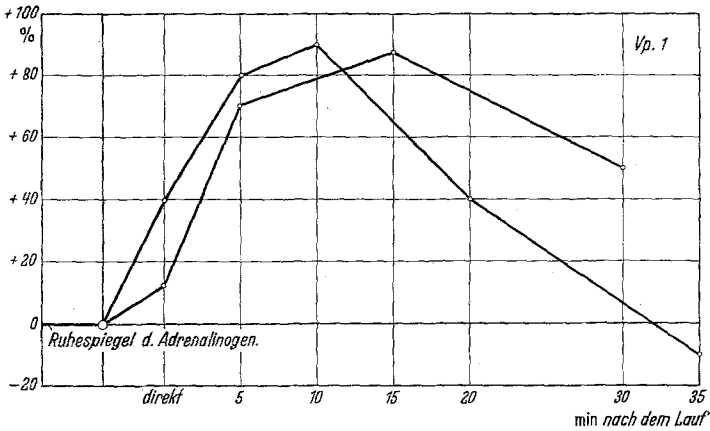


Abb. 3. Adrenalinogenspiegel des Blutes beim 100 m-Lauf untrainierter Sportler.

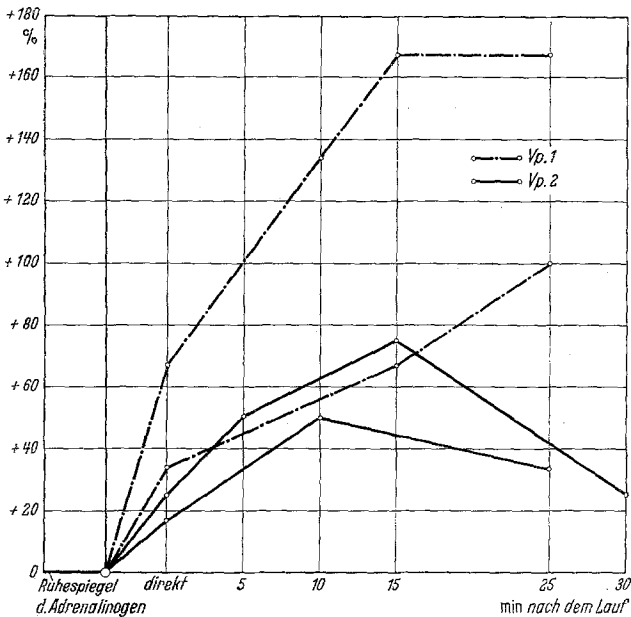


Abb. 4. Adrenalinogenspiegel des Blutes beim 1000 m-Lauf untrainierter Sportler.

den 400 m-Läufern als auch bei den 1000 m-Läufern fanden wir das gleiche Ergebnis (Abb. 4).

Die von uns gefundenen Unterschiede zwischen den Ergebnissen bei trainierten und untrainierten Versuchspersonen scheinen auf den ersten

Blick in Widerspruch zu den in der Einleitung erwähnten älteren Befunden zu stehen. LEHMANN u. MICHAELIS¹, HAMAR, MICHAELIS u. SZAKALL⁶, sowie MICHAELIS u. STRAUB² fanden bei Versuchen, die mit der gleichen Bestimmungsmethode ausgewertet wurden, daß körperliche Arbeit zu einem Absinken des Adrenalinogenspiegels im Blute führt. Wurden die Versuchspersonen durch ständige Wiederholung der gleichen Arbeit trainiert, so verringerte sich die Senkung des Adrenalinogenspiegels, bis dieser sich bei Erreichung einer völligen Anpassung an die geforderte Leistung nicht mehr änderte. War also ein voller Trainingszustand erreicht, so blieb während der Arbeit die Adrenalinogenkonzentration im Blute unverändert. Im Gegensatz hierzu sehen wir bei den Trainierten eine Senkung, bei den Untrainierten aber einen Anstieg des Adrenalinogengehaltes im Blute. Für den Unterschied ist sicher wesentlich, daß sich die Versuchsperson bei den sportlichen Übungen unter Einsatz aller Kraftreserven voll ausgibt, während bei den Ergometerversuchen oder bei Hunden auf der Tretbahn die Leistung dosiert und eine Ausschöpfung nicht angestrebt wurde. Die verlangte Leistung bedeutete für den Trainierten keine nennenswerte Anstrengung mehr.

Sportler sind auf Grund ihres Trainings in der Lage, alle ihnen zur Verfügung stehenden körperlichen Energien einzusetzen, so daß es auch zu einer extremen Beanspruchung der Adrenalinogenreserven kommt. Bei den untrainierten Versuchspersonen hingegen ist eine so weitgehende Verausgabung der Leistungsreserven physisch nicht möglich. Eine geringere Senkung des Spiegels wäre daher verständlich. Die gefundene Erhöhung des Adrenalinogenspiegels könnte mit der psychischen Erregung durch den Lauf in Verbindung gebracht werden. Jedoch erscheint uns eine andere Erklärung wahrscheinlicher. Es ist bekannt, daß Sauerstoffmangel zu einer Mehrausschüttung von Adrenalin in die Blutbahn führt. LEHMANN u. KINZIUS fanden bei noch unveröffentlichten Versuchen an Hunden, daß auch der Adrenalinogenspiegel bei Sauerstoffmangel auf das Zwei- bis Dreifache ansteigt. Bei mangelndem Training und schlechter Durchblutung aber bewirken Maximalleistungen sicher einen Sauerstoffmangel in den Muskeln. Diese Hypoxämie der Gewebe könnte die Ursache der erhöhten, den Verbrauch übersteigenden Ausschüttung sein.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen MEYTHALER u. WOSSIDLO⁷, die eine Adrenalinbestimmung bei trainierten und untrainierten Sportlern durchführten, wobei sie ihre Proben am Kaninchenohr nach KRAWKOW und PISSEMSKI austesteten. Sie fanden bei sportlich wenig leistungsfähigen Versuchspersonen nach relativ geringer Muskelleistung immer Adrenalin im Blut. Das gleiche Ergebnis fanden sie bei trainierten Sportlern, die sich aber zur Untersuchungszeit in schlechtem oder nur mäßigem Trainingszustand befanden. Bei den sich in Hochtrainingsform befindenden,

ihre Leistung bis zur Erschöpfung vollbringenden Sportlern fanden sie kein Adrenalin mehr im Blut. Ihre Ergebnisse decken sich also im wesentlichen mit denen, die wir bei Bestimmung des Adrenalinogens im Blute gefunden haben. Diese Gleichsinnigkeit des Verhaltens von freiem und gebundenem Adrenalin (Adrenalinogen) erklärt sich aus den Befunden von LEHMANN u. KINZIUS⁴, nach denen das bei Sympathicusreizung freiwerdende Adrenalin humoral zur Ausschüttung von Adrenalinogen aus dem Nebennierenmark führt.

Zusammenfassung.

Es wird über das Verhalten des Adrenalinogenspiegels im Blute beim Wettlauf berichtet. Die Bestimmungen wurden mit der von G. LEHMANN u. H. F. MICHAELIS entwickelten Fluorescenzmethode durchgeführt.

Bei allen trainierten Versuchspersonen fanden wir sowohl nach Kurzstrecken als auch Langstrecken eine Senkung des Adrenalinogenspiegels unter die Ausgangslage, während bei den ungeübten Läufern eine Erhöhung des Adrenalinogenspiegels gefunden wurde.

Das gegensinnige Verhalten wird damit erklärt, daß Trainierte in der Lage sind, sich vollständiger zu verausgaben als Untrainierte. Die mit der körperlichen Anstrengung verbundene Erregung und vor allem der durch das mangelnde Training verursachte Sauerstoffmangel der arbeitenden Muskeln führt zu einer Ausschüttung größerer Adrenalinogenmengen in die Blutbahn.

Literatur.

¹ LEHMANN, G., u. H. F. MICHAELIS: Arb. physiol. **12**, 298 (1943). — ² MICHAELIS, H. F., u. H. H. STRAUB: Arb. physiol. **14**, 82 (1949). — ³ LEHMANN, G., u. H. F. MICHAELIS: Arb. physiol. **12**, 52 (1942). — ⁴ LEHMANN, G., u. H. KINZIUS: Pflügers Arch. **253**, 132 (1951). — ⁵ Arb. physiol. **14**, 87 (1949). — ⁶ HAMAR, N., H. F. MICHAELIS u. A. SZAKALL: Arb. physiol. **13**, 57 (1943). — ⁷ MEYTHALER, F., u. K. WOSSIDLO: Klin. Wschr. **1937**, 658.

Dr. med. HANSJÖRG KINZIUS, Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie,
(21 b) Dortmund, Rheinlanddamm 201.
