

TRABAJOS ORIGINALES

CAMBIOS CIRCULATORIOS PRODUCIDOS EN EL HOMBRE POR EL EJERCICIO DE MUSCULOS ISQUEMICOS: I. Observaciones preliminares.*

por los doctores

M. R. MALINOW, B. MOIA, E. OTERO y A. GARCIA **

Los cambios circulatorios que se producen durante el ejercicio muscular en el hombre, tienden a satisfacer las acrecentadas demandas de oxígeno aumentando el volumen minuto mediante fenómenos mecánicos y mecanismos reflejos¹. Para ello concurren, 1) el aumento del retorno venoso; 2) la hipertensión venosa que distiende la fibra cardíaca (Ley de Starling); 3) la contracción cardíaca más vigorosa; 4) la taquicardia y 5) la hipertensión arterial que contribuye a llevar más sangre a los territorios en actividad. Estos mecanismos de compensación especialmente la taquicardia y la hipertensión arterial, pueden llegar a ser nocivos para el organismo en ciertas condiciones, sobre todo cuando el corazón se encuentra previamente lesionado.

Alam y Smith², demostraron la existencia de un reflejo presor y taquicardizante con punto de partida en los músculos en actividad. También señalaron el aumento considerable de la presión arterial producida por el ejercicio de un músculo isquémico. Es seguramente por este último mecanismo que en sujetos con claudicación intermitente se produce una hipertensión muy acentuada durante la marcha, en el momento de experimentar el dolor característico³. Debido a la posible importancia clínica que tal hecho puede asumir, al aumentar en forma considerable el trabajo de un corazón generalmente lesionado, hemos estudiado las variaciones tensionales y de la frecuencia cardíaca que se producen en sujetos normales por el ejercicio de músculos en condiciones isquémicas y hemos tratado de determinar las vías eferentes de esos reflejos. Como control, los mismos sujetos efectuaron experiencias similares pero con los músculos en condiciones normales (no isquémicas).

* Pabellón de Cardiología "Luis H. Inchauspe". Hospital Ramos Mejía. Buenos Aires.

** Becario de Dr. Lazar & Cía.

MÉTODO

Durante estudios preliminares se practicaron en 10 sujetos, 89 determinaciones de las variaciones de presión y pulso producidas por el ejercicio isquémico y no isquémico de los músculos del antebrazo, variando el tiempo de duración del ejercicio entre $\frac{1}{2}$ y 3 minutos y el peso a levantar entre $\frac{1}{2}$ y 2 Kg. Se adoptó, por ser las diferencias más considerables, el ejercicio consistente en levantar una pesa de 2 Kg., 40 veces por minuto, a una altura de 5-6 cm. por medio de la flexión y extensión de los dedos de la mano durante tres minutos. Se utilizó un ergómetro común para medir la distancia recorrida y un metrónomo para regularizar la frecuencia de los movimientos.

Los resultados consignados pertenecen a 5 sujetos del sexo masculino, de 18 a 25 años, sin cardiopatía orgánica¹, que practicaron el ejercicio después de un ayuno de 12 horas y un reposo de 20 min. a una hora, estando confortablemente acostados en una habitación templada. Simultáneamente se registró la presión arterial en el otro brazo por el método auscultatorio con un manómetro anaeroide (Tycos), cada 15-25 seg. y la frecuencia cardíaca cada 15-25 seg. después de registrar tres valores controles al comenzar cada experiencia.

Las pacientes efectuaron dos clases de ejercicios: 1) ejercicio simple y 2) ejercicio isquémico, el mismo pero después de un minuto de colocado un manguito de presión a 260 mm. Hg. alrededor del brazo, el que se mantuvo $2\frac{1}{2}$ min. después de terminado el ejercicio. Estas experiencias se efectuaron antes y 15-30 minutos después de la inyección endovenosa de a) 1.5 mg. de atropina; b) 2 cc. de ergonovina* y, c) ambas drogas simultáneamente. Las experiencias se efectuaron en lo posible día por medio y en cada mañana se realizaban por lo común seis pruebas en el orden siguiente con 20 minutos de intervalo entre ellas: 1) ejercicio simple y 2) ejercicio isquémico del brazo derecho; 3) ejercicio simple y 4) ejercicio isquémico del brazo izquierdo; 5) ejercicio isquémico del brazo derecho después de la inyección de alguna de las drogas en estudio y 6) ejercicio simple del mismo brazo. En la primer sesión se inyectaba atropina, en la segunda ergonovina y en la tercera, ambas drogas simultáneamente.

Cuantitativamente los resultados no se prestan a deducciones estadísticas por el pequeño número de observaciones, debido a las variaciones espontáneas que en el mismo sujeto sufren la presión arterial y la frecuencia cardíaca durante el día y aún ante ejercicios standardizados. Por ello se han tabulado los resultados cualitativamente, consignándose como positivo (hiper o hipotensión, sistólica o diastólica) cualquier experimento con una variación tensional ≥ 10 mm. Hg. en uno u otro sentido con respecto a los valores controles determinados inmediatamente antes de comenzar la experiencia.

¹ La normalidad cardíaca se determinó mediante un examen clínico, electrocardiograma, telerradiografía de tórax, análisis de orina, eritrosedimentación, reacción de Wasserman, velocidad circulatoria y presión venosa.

* La ergonovina se ha conseguido por la gentileza de Eli Lilly & Cía. Cada centímetro cúbico de solución contiene 0.0002 g. de droga pura.

Los resultados concernientes a la frecuencia cardíaca se consideraron como significativos cuando las diferencias con los valores controles determinados inmediatamente antes de comenzar la experiencia fué ≥ 12 latidos por minuto.

Estas cifras se fijaron arbitrariamente teniendo en cuenta las variaciones espontáneas.

RESULTADOS

Los resultados de estas experiencias se separaron en: I) Cambios producidos en la presión arterial y II) Cambios producidos en la frecuencia cardíaca.

I) *Cambios de la presión arterial.* Se describirán por separado:

a) Los no provocados por el ejercicio; b) los que suceden en el ejercicio simple; c) en el ejercicio isquémico y d) en los mismos ejercicios después de la inyección de drogas autonomicolíticas. Desde que ambos antebrazos modificaron en igual forma la presión arterial, los resultados consignados se refieren al brazo derecho.

a) *Variaciones no provocadas por el ejercicio.* (Ver tabla N° 1). Desde que la isquemia por sí no varió la presión arterial, se describirán bajo este título: 1) los cambios tensionales ocurridos espontáneamente antes de comenzar cada experiencia en los distintos días y, 2) los producidos por la inyección de las drogas en estudio.

1) Cambios tensionales ocurridos espontáneamente. Se comprobaron variaciones máximas de 15 mm. Hg. tanto en la diastólica como en la sistólica, sin embargo, todos los resultados estuvieron comprendidos entre el valor medio ± 10 mm. Hg. Estos resultados no alteran las conclusiones posteriores, desde que las variaciones en cada experiencia se relacionan con las determinaciones efectuadas inmediatamente antes de comenzar ésta.

2) Cambios tensionales producidos por drogas.

En 5 experiencias la atropina aumentó la presión sistólica ≥ 10 mm. Hg. en una sola ocasión y la presión diastólica en 3 casos.

La ergonovina no modificó prácticamente las presiones.

La inyección conjunta de atropina y ergonovina produjo en 2 casos sobre 5, aumento ≥ 10 mm. Hg. en la presión sistólica y en 3 casos sobre 5, en la presión diastólica.

b) *Durante el ejercicio simple de los músculos del antebrazo,* pueden ocurrir cuatro fenómenos en la presión arterial (V. tabla N° 2).

TABLA I

VARIACIONES DE LA PRESION ARTERIAL NO PROVOCADAS
POR EL EJERCICIO *

Exp.	Observ. **	presión sist.	presión diast.	variac. máxima		media		atropina #		ergonovina #		ergonovina # atropina	
				sist.	diast.	sist.	diast.	sist.	diast.	sist. ergonovina	diast.	sist. ergonovina	diast. atropina
14	1	130	70	15	10	120	65	120	75	120	65	127	82
	2	120	65										
	2	120	65										
	4	120	65										
	5	120	60										
	6	115	65										
16	1	125	70	15	5	117	70	120	92	115	70	135	97
	2	120	70										
	3	120	75										
	4	120	70										
	5	110	70										
	6	110	70										
17	1	130	85	10	0	122	85	125	90	125	82	130	95
	2	120	85										
	3	120	85										
	4	125	85										
	5	125	85										
	6	120	85										
18	1	140	90	15	5	131	87	135	100	130	85	135	95
	2	140	85										
	3	130	85										
	4	125	90										
	5	130	85										
	6	125	85										
19	1	105	70	0	15	105	86	120	85	110	70	120	87
	2	105	80										
	3	105	65										
	4	105	65										
	5	105	70										
	6	105	65										

* Los valores en mm. Hg.

** Cada observación resulta del promedio de 3 lecturas realizadas inmediatamente antes de cada experiencia y efectuadas en 3 días distintos. Las observaciones impares se realizaron en condiciones basales, después de un reposo de 20 minutos a una hora. Las observaciones pares se efectuaron 20 minutos después de las anteriores, luego de ejercitar el antebrazo derecho durante 3 minutos en condiciones no isquémicas.

Cada observación resulta del promedio de tres lecturas realizadas de 15 a 30 minutos después de la inyección endovenosa de la/s droga/s en estudio y de tres lecturas efectuadas 20 minutos más tarde, luego de ejercitar el antebrazo derecho durante tres minutos en condiciones no isquémicas.

CIRCULACIÓN Y EJERCICIO DE MÚSCULOS ISQUÉMICOS

TABLA 2

VARIACIONES DE LA PRESION ARTERIAL PRODUCIDAS POR EL EJERCICIO SIMPLE DEL ANTEBRAZO DERECHO ANTES Y DESPUES DE LA INYECCION DE ATROPINA Y DE ERGONOVINA

Exp.	Obs. *	ej. simple				ej. simple				después de la inyección de atropina ergonovina							
		sist.		diast.		diast.		sist.		atrop. y ergonov.							
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
14	1	0	10	5	15	10	0	15	0	5	0	20	0	10	0	20	0
	2	4	0	15	0												
	3	0	10	15	0												
16	1	5	15	10	0	0	0	5	0	10	0	15	0	4	5	10	0
	2	10	10	15	15												
	3	5	10	10	10												
17	1	2	10	5	5	5	0	10	5	10	5	10	0	0	0	5	0
	2	12	0	10	5												
	3	10	5	15	5												
18	1	10	5	15	5	0	0	10	0	10	0	10	0	2	0	5	0
	2	10	5	10	5												
	3	5	10	7	2												
10	1	—	—	—	—	10	0	15	0	15	0	28	0	10	0	5	0
	2	17	0	25	0												
	3	18	0	25	0												
Promedio		7.7	6.3	12.6	4.7	5	0	11	1	10	1	16.6	0	5.2	1	9	0
Nº Observ.	**	14	14	14	14	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
Nº exp. positiv.		7	7	11	3	2	0	4	0	4	0	5	0	2	0	2	0
% exp. positiv.		50	50	78	21	40	0	80	0	80	0	100	0	40	0	40	0

* Las cifras representan la diferencia máxima con los valores controles tomados inmediatamente antes de comenzar cada experiencia, en mm. Hg.

** Las cifras representan el número de observaciones. Una experiencia se consideró positiva cuando la diferencia de la presión arterial fué ≥ 10 mm. Hg. con los valores registrados inmediatamente antes de comenzar esa experiencia.

VARIACIONES DE LA PRESION ARTERIAL PRODUCIDAS POR EL EJERCICIO ISQUEMICO DEL ANTEBRAZO DERECHO ANTES Y DESPUES DE LA INYECCION DE ATROPINA Y DE ERGONOVINA

EXP.	OBS. *	EJERC. ISQUEMICO				EJERC. ISQUEMICO DESPUES DE LA INYECCION DE												
		<i>sist.</i>		<i>diast.</i>		<i>sist.</i>		<i>diast.</i>		ATROP. Y ERGONO V.								
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-					
14	1	30	0	30	0	20	0	40	0	20	0	10	10					
	2	35	0	30	0					45	0		15					
	3	35	0	40	0								20					
16	1	30	15	35	0	25	0	10	15	30	5	25	10					
	2	30	10	45	15								15					
	3	25	5	35	5								15					
17	1	30	0	40	0	35	0	30	10	40	0	45	0					
	2	35	5	25	5								5					
	3	40	0	35	5								20					
18	1	40	10	45	0	20	0	20	0	35	0	40	0					
	2	45	0	35	0								14					
	3	25	0	35	3								8					
19	1	45	0	35	5	30	0	20	5	60	0	45	0					
	2	45	0	45	0								35					
	3	45	0	35	0								30					
Promedio	35.6	3	38.3	2.8	26	0	24	6	37	1	40	2	15	7.6	20	10.6	
Nº Observ.	**	15	15	15	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Nº exp. positiv.		15	3	15	1	5	0	5	2	5	0	5	1	4	2	5	3	3
% exp. positiv.		100	20	100	6	100	0	100	40	100	0	100	20	80	40	100	60	60

* Las cifras representan la diferencia máxima con los valores controles tomados inmediatamente antes de comenzar cada experiencia, en mm. Hg.

** Las cifras representan el número de observaciones. Una experiencia se consideró positiva cuando la diferencia de la presión arterial fué \cong 10 mm. Hg. con los valores registrados inmediatamente antes de comenzar esa experiencia.

1) Hipertensión sistólica. En 7 experiencias sobre 14 (50 %) existió una diferencia ≥ 10 mm. Hg. con los valores controles. La presión aumentó desde un minuto después de comenzado el ejercicio, llegando a un plateau al finalizar el mismo y descendió a los valores controles dentro de un minuto de la terminación del ejercicio. Los valores máximos variaron entre 0 y 18 mm. Hg con un promedio de 7.7 mm. Hg.

2) Hipotensión sistólica. En 7 experiencias sobre 14 (50 %) la presión descendió ≥ 10 mm. Hg. por debajo de los valores iniciales, dos minutos después de terminado el ejercicio, para volver a los valores iniciales a los tres minutos. Se registraron valores extremos de 0 a 15 mm. Hg. con un promedio de 6.3 mm. Hg.

3) Hipertensión diastólica. En 11 experiencias sobre 14 (78 %) la presión diastólica aumentó en ≥ 10 mm. Hg. sobre los valores iniciales. La vuelta a éstos se produjo dentro del minuto subsiguiente al paro del ejercicio. Los valores extremos fueron 0 y 25 mm. Hg. y el promedio, 12.6 mm. Hg.

4) Hipotensión diastólica. Sólo 3 veces en 14 experiencias (21 %) la presión diastólica descendió ≥ 10 mm. Hg. de los valores iniciales volviendo a éstos dentro de los tres minutos del cese del ejercicio. Los valores extremos fueron 0 y 15 mm. Hg. y el promedio, 4.7.

c) *Ejercicio isquémico.* (V. tabla N° 3).

1) Hipertensión sistólica. En todos los casos se produjo y con valores más elevados que en el ejercicio simple. La subida tensional fué paralela al ejercicio simple durante el primer minuto, subiendo luego en pico hasta el momento de terminar el ejercicio. Durante el período isquémico subsiguiente, la hipertensión sistólica se mantuvo al mismo nivel o descendió hasta 15 mm. Hg. del valor máximo alcanzado, para descender luego rápidamente al terminar la isquemia hasta llegar al valor inicial dentro de los dos minutos de finalizar la oclusión. Los valores extremos fueron de 25 y 45 mm. Hg. y el promedio, 35.6 mm. Hg.

2) Hipotensión sistólica. Ocurrió en 3 de las 15 experiencias, con valores entre 0 y 15 mm. Hg. y un promedio de 3 mm. Hg. En estos casos la presión volvió a los valores iniciales a los 4 minutos de terminada la oclusión.

3) Hipertensión diastólica. Ocurrió en todas las experiencias, alcanzando también valores más altos que en el ejercicio simple. Los valores extremos fueron 25 y 50 mm. Hg. y el promedio 38.3 mm. Hg. La presión diastólica subió en general al mismo tiempo que la sistólica, pudiendo descender también hasta 15 mm. Hg. durante el período isquémico post-ejercicio, para volver a los valores iniciales dentro de los dos minutos de finalizada la oclusión.

4) Hipotensión diastólica. Sólo en un caso (6%) la presión diastólica descendió ≥ 10 mm. Hg. de los valores controles (15 mm. Hg.).

d) *Acción de las drogas autonomicolíticas sobre los cambios tensionales producidos por el ejercicio.* (Ver Tablas 2 y 3).

1) Acción de la atropina en el ejercicio simple. La atropina disminuyó la frecuencia de aparición del aumento sistólico, pero no significativamente, pues en dos experiencias sobre 5 la presión ascendió ≥ 10 mm. Hg. Los valores extremos fueron 0 y 10 mm. Hg. y el promedio para el total de las observaciones 5 mm. Hg. No modificó tampoco la frecuencia de aparición del ascenso diastólico ya que en 4 experiencias sobre 5 la presión ascendió ≥ 10 mm. Hg. Los valores extremos fueron 5 y 15 mm. Hg. y el promedio para el total de las observaciones 11 mm. Hg. La droga en estudio suprimió en cambio, los descensos de presión sistólica y diastólica.

2) Acción de la atropina en el ejercicio isquémico. En todos los casos se produjeron ascensos, tanto en la presión sistólica como diastólica. En el primer caso variaron entre 20 y 35 mm. Hg. con un promedio de 26 mm. Hg. y en el segundo, entre 10 y 40 mm. Hg. con un promedio de 24 mm. Hg. No se produjeron descensos sistólicos pero en 2 sobre 5 experiencias ocurrieron descensos diastólicos ≥ 10 mm. Hg.

3) Acción de la ergonovina en el ejercicio simple. Después de la inyección de ergonovina se produjeron ascensos sistólicos ≥ 10 mm. Hg. en 4 sobre 5 experiencias, variando entre 5 y 15 mm. Hg. con un promedio de 10 mm. Hg. En todos los casos se produjo un ascenso diastólico ≥ 10 mm. Hg., variando entre 10 y 18 mm. Hg. con un promedio de 16.6 mm. Hg. No se produjeron descensos tensionales.

4) Acción de la ergonovina en el ejercicio isquémico. En todas las experiencias se produjeron ascensos tensionales ≥ 10 mm. Hg., los sistólicos variando entre 20 y 60 mm. Hg., con un promedio de

TABLA 4

VARIACIONES DE LA FRECUENCIA CARDIACA NO PROVOCADAS POR EL EJERCICIO *

Exp.	observ. **	frec.	variac. máxima	promedio	atropina #	ergonovina #	ergonovina # y atropina
14	1	84	24	81	124	74	116
	2	80					
	3	72					
	4	76					
	5	80					
	6	96					
16	1	60	4	60	115	66	112
	2	64					
	3	60					
	4	60					
	5	60					
	6	60					
17	1	64	8	64	102	60	84
	2	68					
	3	64					
	4	64					
	5	60					
	6	66					
18	1	100	24	92	144	104	136
	2	100					
	3	100					
	4	92					
	5	84					
	6	80					
19	1	68	8	64	96	60	98
	2	64					
	3	64					
	4	60					
	5	64					
	6	64					

* Los valores en latidos por minuto.

** Cada observación resulta del promedio de 3 lecturas realizadas inmediatamente antes de cada experiencia y efectuadas en tres días distintos. Las observaciones impares se realizaron en condiciones basales después de un reposo de 20 minutos a una hora. Las observaciones pares se efectuaron 20 minutos después de las anteriores, luego de ejercitar el antebrazo derecho durante 3 minutos en condiciones no isquémicas.

Cada observación resulta del promedio de 3 lecturas realizadas de 15 a 30 minutos después de la inyección endovenosa de la/s droga/s en estudio y de 3 lecturas efectuadas 20 minutos más tarde, luego de ejercitar el antebrazo derecho durante 3 minutos en condiciones no isquémicas.

37 mm. Hg. y los diastólicos entre 25 y 45 mm. Hg. con un promedio de 40 mm. Hg. No se produjeron descensos sistólicos ≥ 10 mm. Hg. y en sólo un caso hubo un descenso diastólico ≥ 10 mm. Hg.

5) Acción conjunta de la atropina y de la ergonovina en el ejercicio simple. En 2 experiencias sobre 5 hubieron ascensos tensionales ≥ 10 mm. Hg., variando entre 2 y 10 mm. Hg. para la sistólica con un promedio de 5.2 mm. Hg. y entre 5 y 20 mm. Hg. para la diastólica, con un promedio de 9 mm. Hg. No se produjeron descensos tensionales.

6) Acción conjunta de la atropina y de la ergonovina en el ejercicio isquémico. En 4 casos sobre 5 ocurrieron ascensos sistólicos ≥ 10 mm. Hg. variando entre 0 y 35 mm. Hg. con un promedio de 20 mm. H. En 2 casos sobre 5 se registraron descensos sistólicos ≥ 10 mm. Hg. variando entre 0 y 15 mm. Hg., con un promedio de 7.6 mm. Hg. En 3 sobre 5 experiencias la presión diastólica descendió ≥ 10 mm. Hg. con respecto a los valores controles, variando entre 0 y 20 mm. Hg., con un promedio de 10.6 mm. Hg.

II. Variaciones en la frecuencia cardíaca.

Siguiendo el mismo plan adoptado en la enumeración de los cambios producidos en la presión arterial, se describirán las variaciones de la frecuencia cardíaca, a) no provocadas por el ejercicio; b) en el ejercicio simple; c) en el ejercicio isquémico, y, d) en el ejercicio simple e isquémico después de la inyección de las drogas en estudio.

a) *Variaciones no provocadas por el ejercicio.* (Ver tabla N° 4). Se comprende bajo éste título 1) las que ocurrieron espontáneamente antes de comenzar cada experiencia en los distintos días, y, 2) las producidas por la inyección de las drogas autonómicolíticas.

1) Variaciones espontáneas de la frecuencia cardíaca. La comparación de los valores controles registrados antes de cada experiencia muestran variaciones máximas de hasta 24 latidos por minuto, sin embargo, la mayoría de las lecturas estaba comprendida entre el valor medio ± 12 latidos por minuto.

2) Variaciones producidas por las drogas. La atropina produjo siempre una taquicardia considerable, los aumentos variaron entre 32 y 55 lat/min. La ergovina prácticamente no produjo ningún cambio salvo en un caso (+ 12 lat/min.). La inyección de ambas drogas simultáneamente produjo siempre una taquicardia manifiesta, variando los aumentos entre 20 y 51 lat/min.

TABLA 5

VARIACIONES DE LA FRECUENCIA CARDIACA PRODUCIDAS POR EL EJERCICIO DEL ANTEBRAZO DERECHO

Ejercicio simple					ejercicio isquémico				
exp.	Observ. *	sin drog.	atrop.	ergon.	atrop. y ergonov.	sin droga	atrop.	ergon.	atrop. y ergonov.
14	1	16	0	8	8	16	20	24	20
	2	12				16			
	3	16				12			
16	1	16	4	4	4	16	8	12	0
	2	8				12			
	3	8				16			
17	1	16	0	8	0	28	0	16	24
	2	20				12			
	3	16				16			
18	1	4	8	12	4	12	12	28	12
	2	12				20			
	3	12				12			
19	1	16	12	12	16	20	16	28	24
	2	16				24			
	3	16				24			
Nº Observac,**		15	5	5	5	15	5	5	5
Nº Exp. positiv.		12	1	2	1	15	3	5	4
% Exp. positiv.		80	20	40	20	100	60	100	80

* Las cifras representan la diferencia máxima con los valores controles tomados inmediatamente antes de comentar cada experiencia, en latidos por minuto.

** Las cifras representan el número de observaciones. Una experiencia se consideró positiva cuando la diferencia de la frecuencia cardíaca fué ≥ 12 latidos por minuto con los valores registrados inmediatamente antes de comenzar cada experiencia.

b) *En el ejercicio simple.* El ejercicio simple produjo una variación ≥ 12 lat/min. en 12 sobre 15 observaciones (78 %) variando entre 4 y 20 lat/min., siendo el promedio 13 lat/min.

c) *En el ejercicio isquémico.* En la totalidad de los casos se produjo un aumento de la frecuencia ≥ 12 lat/min. variando entre 12 y 28 lat/min. siendo el promedio 17 lat/min. La frecuencia cardíaca descendió a los valores iniciales inmediatamente de terminado el ejercicio, aun cuando la isquemia se prolongara.

d) *En el ejercicio simple e isquémico después de la inyección de sustancias autonómicolíticas.*

1) Atropina. En sólo un caso sobre 5 el ejercicio simple provocó un aumento ≥ 12 lat/min. después de la inyección de atropina, en cambio, en 3 sobre 5 experiencias realizadas con el antebrazo en condiciones isquémicas, apareció un aumento ≥ 12 lat/min. sobre los valores iniciales.

2) Ergonovina. En 2 casos sobre 5, el ejercicio simple después de la inyección de ergonovina provocó un aumento en la frecuencia cardíaca ≥ 12 lat/min. y en todos los casos después del ejercicio isquémico.

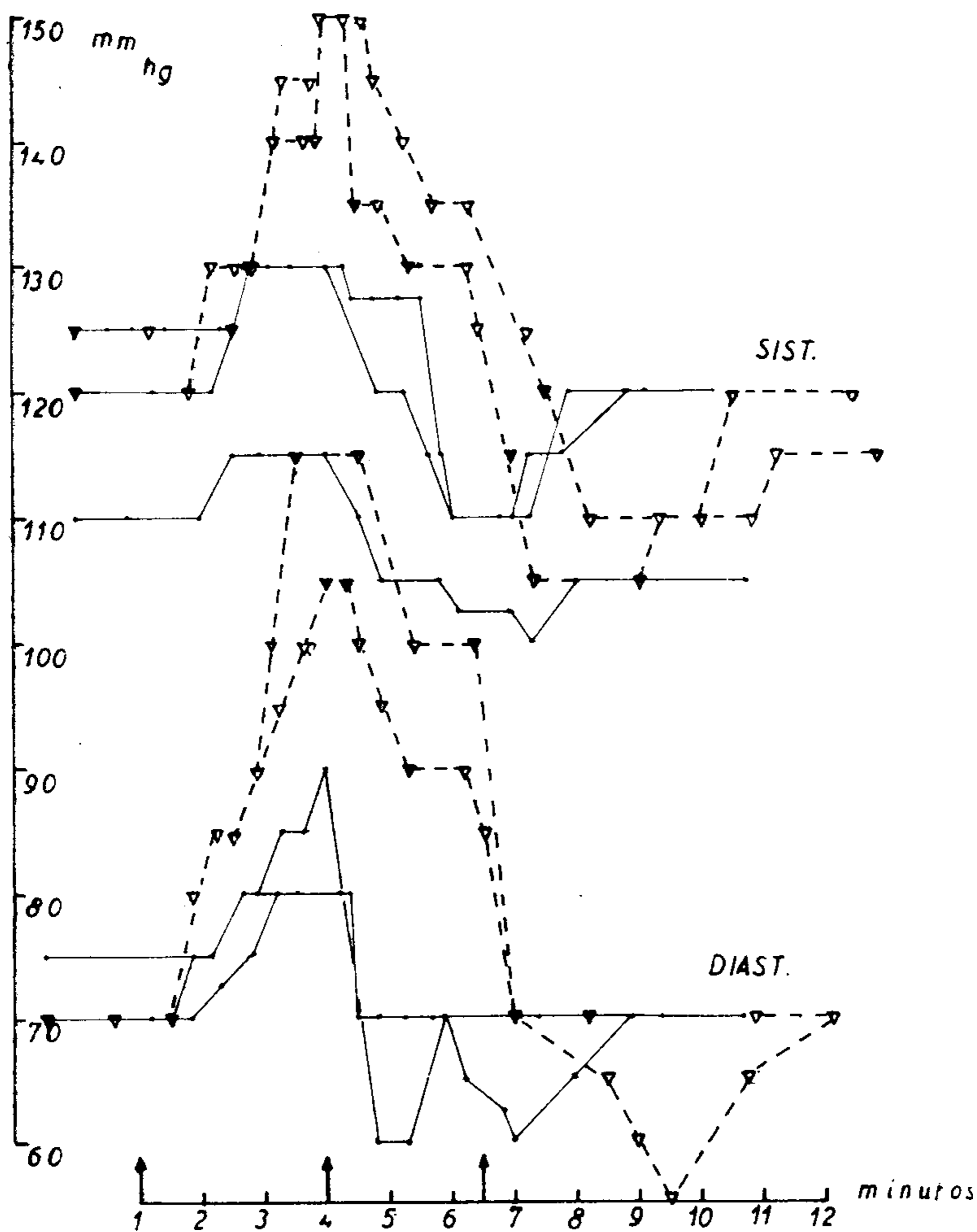
3) Después de la administración conjunta de atropina y de ergonovina, el ejercicio simple produjo un aumento de la frecuencia cardíaca ≥ 12 lat/min. en un caso sobre 5 y en todas las experiencias realizadas con los músculos en condiciones isquémicas.

DISCUSIÓN

Las variaciones considerables de presión arterial y frec. cardíaca obtenidas en el mismo sujeto señalan el hecho que estas respuestas no son constantes aún ante ejercicios standardizados y en las mismas condiciones basales. (V. fig. N° 1). La observación de las curvas de cada experimento muestran claramente la importancia del estudio de la presión y frecuencia efectuados durante el ejercicio, pues ocurren grandes modificaciones al terminar el mismo.

Los resultados obtenidos no permiten derivar conclusiones estadísticas pero corroboran en general las observaciones de Alam y Smirk² concernientes a la presencia de un reflejo presor y otro taquicardizante, partiendo de los músculos ejercitados y parcialmente las de Thacker referentes al reflejo hipotensor con el mismo punto de partida⁴.

CIRCULACIÓN Y EJERCICIO DE MÚSCULOS ISQUÉMICOS



Experimento típico mostrando cinco curvas de la presión arterial en un paciente, registradas en tres días distintos. (Detalles del método en el texto.)

La línea continua representa valores registrados durante el ejercicio simple de los músculos del antebrazo. La línea quebrada indica los mismos, pero trabajando el antebrazo en condiciones isquémicas. La primer y tercer flecha señalan, respectivamente el comienzo y el fin del ejercicio. La occlusión arterial se extiende desde un minuto antes de comenzar el ejercicio hasta la tercera flecha. Adviértase: 1) la variabilidad de la respuesta presora en el mismo paciente ante un mismo ejercicio; 2) que los valores más altos se registran durante el ejercicio isquémico; 3) que la presión arterial cae aún cuando la isquemia se mantiene, y 4) la pendiente muy pronunciada de la curva al descender a los valores controles.

Esta hipotensión no es constante y es posiblemente de origen reflejo ya que no parece ser producida por vasodilatación del músculo activo, pues es menos frecuente después del ejercicio isquémico en cuyo caso la dilatación debe ser mayor y es abolida después del ejercicio simple tanto por la atropina como por la ergonovina. Resultados semejantes, pero distintamente interpretados han sido señalados por Dauber *et al*⁵ y por Stead *et al*⁶ quienes comprobaron hipotensión y taquicardia al suprimir la compresión de los miembros inferiores provocada por manguitos, pero es posible que la diferencia sea debida al mayor territorio vascular en juego en estos experimentos.

El estímulo que condiciona las respuestas presoras y taquicardizantes debe ser distinto, desde que la hipertensión es marcada durante el período isquémico y mantenida durante éste, mientras que la isquemia no aumenta la taquicardia y la frecuencia cardíaca desciende a los valores controles, aún cuando la isquemia persiste. Creemos que la diferencia observada entre las frecuencias del ejercicio isquémico y no isquémico se deben a errores experimentales y no son significativas.

En la mayoría de nuestras experiencias, al finalizar el ejercicio isquémico se producía un dolor intenso y difuso en el antebrazo. Que el estímulo capaz de producir el dolor era distinto del que provocaba la hipertensión lo prueba un paciente (normal bajo el punto de vista neurológico) al que repetidamente se le ejercitó el antebrazo en condiciones isquémicas sin producir dolor a pesar que los ascensos tensionales llegaron hasta 50 mm. Hg. En otros sujetos, en el período isquémico consecutivo al ejercicio, la presión podía descender hasta 15 mm. Hg., a pesar que el dolor no disminuía. Investigaciones en curso, en las cuales se produce una isquemia arterial sin obstruir el retorno venoso, indican que es posible producir grandes aumentos de presión (como en el ejercicio isquémico) sin provocar dolor⁷.

Las vías eferentes de los reflejos presores y taquicardizantes, no han podido ser determinadas exactamente debido a las grandes variaciones individuales de los ejercicios controles, al pequeño número de observaciones y, tal vez, a las dosis empleadas que hayan resultado insuficientes. Sin embargo, puede señalarse que en la taquicardia del ejercicio simple interviene la inhibición vagal y la excitación simpática, desde que la atropina y la ergonovina disminuyen esta respuesta. La respuesta presora del ejercicio simple es disminuída en

parte por la atropina pero no por la ergonovina. Los reflejos en estudio que parten del músculo isquémico no son influenciados por la atropina ni por la ergonovina, en las dosis empleadas, salvo tal vez el reflejo hipotensor, que es menos frecuente después de la inyección de estas drogas. La isquemia acentúa los fenómenos hipertensores y no influye aparentemente sobre la frecuencia cardíaca.

RESUMEN

1) En 5 sujetos normales desde el punto de vista cardiológico se estudiaron las variaciones de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca producidas por el ejercicio simple e isquémico de los músculos del antebrazo.

2) El ejercicio simple aumenta primeramente y luego disminuye las presiones sistólica y diastólica. Produce también un aumento de la frecuencia cardíaca.

3) El ejercicio isquémico eleva más que el ejercicio simple la presión sistólica y diastólica, pero el descenso posterior sucede más raramente. La frecuencia cardíaca no se eleva más que en el ejercicio simple.

4) Las vías eferentes de estos reflejos se han estudiado mediante la inyección endovenosa de 1.5 mg. de atropina y de 2 cc. de ergonovina y los resultados obtenidos se consignan.

BIBLIOGRAFIA

1. *Wiggers, C. J.* — Physiology in health and disease, 4ª ed. Lea y Febiger. Filadelfia, 1944. pág. 907.
2. *Alam, M. y Smirk, F.* — Observations in man upon a blood pressure raising reflex arising in voluntary muscles. "J. of Physiol.", 1937, 89, 372.
— Observations in man on a pulse-accelerating reflex from the voluntary muscles of the legs. "J. of Physiol.", 1938, 92, 167.
3. *Malinow, M. R., Moia, B., Otero, E. y Rosenbaum, M.* — Cambios circulatorios producidos en el hombre por el ejercicio de músculos isquémicos. III: Observaciones en pacientes con claudicación intermitente. (No publicado).
4. *Thacker, E. A.* — Blood Pressure studies on University students including the effect of exercise on essential hypertension, hypotension and normal subjects. "Ann. Internal Med.", 1940, 14, 415.
5. *Dauber, D. V., Weimberg, H. y Landowne, M.* — Effect on pulse rate of peripheral arterial occlusion. "Am. J. Physiol.", 1941, 133, 256.

6. Stead, E. A., Jr., Warren, J. V. y Brannon, E. S. — Citados por Stead, E. A. y Warren, J. V. "Arch. Int. Med.", 1947, 80, 237.
7. Malinow, M. R., Moia, B., Otero, E. y Rosenbaum, M. — Cambios circulatorios producidos en el hombre por el ejercicio de músculos isquémicos. II: Patogenia del dolor en los miembros isquémicos. (No publicado).

RÉSUMÉ

1) Dans 5 sujets normaux au point de vue cardiologique, on étudia les variations de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque produites par l'exercice simple ou ischémique des muscles de l'avant-bras.

2) L'exercice simple augmente premièrement et diminue ensuite les pressions systolique et diastolique. Il produit aussi une augmentation de la fréquence cardiaque.

3) L'exercice ischémique élève plus que l'exercice simple la pression systolique et diastolique, mais la descente postérieure est plus rare. La fréquence cardiaque ne s'élève pas plus que pendant l'exercice simple.

4) Les voies éfferentes de ces reflexes furent étudiées moyennant une injection intraveineuse de 1.5 mg. d'atropine et de 2 cc. d'ergovinne et on consigne les résultats obtenus.

SUMMARY

In five normal subjects the changes in blood pressure and heart rate caused by exertion of the forearm muscles with and without ischemia were studied.

Simple exertion causes first an increase and later a decrease in systolic and diastolic pressure. It also causes an increase in heart rate. Ischemic exertion causes a greater initial increase of blood pressure, but the later decrease occurs less frequently. Heart rate does not increase more than with simple exercise.

The effect of the intravenous injection of 1.5 mg. atropine and 2 cc. of ergonovin on these reflexes is reported.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei 5 vom kardiologischen Standpunkte normale Personen studierte man die Veränderungen des Blutdrucks und der Herzfrequenz, die auf einfache oder ischämische Uebungen der Vorderarmmuskeln auftraten.

Die einfache Uebung erhöht anfänglich und vermindert dann den systolischen und diastolischen Druck. Ausserdem wird die Herzfrequenz erhöht.

Die ischämische Uebung erhöht stärker als die einfache, den systolischen und diastolischen Druck, aber die nachfolgende Senkung erscheint seltener. Die Herzfrequenz ist nicht höher als bei der einfachen Uebung.

Die efferenten Wege dieser Reflexe studierte man vermittels der intravenösen Einspritzung von 1,5 mg. Atropin, und von 2 cc. von Ergonovin; man teilt die Ergebnisse mit.