PubliCE, (PubliCE) 2002

Revision of Literature

Primeras Contribuciones de los Fisiólogos Rusos especializados en Estrés y Ejercicio

Atko Viru[1]

[1]*Institute of Exercise Biology and Physiotherapy, Centre of Behavioural and Health Sciences, University of Tartu, Tartu, Estonia.*

RESUMEN

En Rusia, el desarrollo libre de ideas científicas fue suprimido en 1950 como resultado de las acciones de la Sesión Conjunta de la Academia de Ciencias y la Academia de Ciencias Médicas de la USSR. La teoría de Hans Selye sobre el síndrome general de adaptación fue considerada no científica. Desde 1956 a 1958, Pjotr Anokhin y Pjotr Gorizontov presentaron argumentos definitivos para que los científicos aceptaran la citada teoría mientras que la significancia de las hormonas en las adaptaciones se convirtió en el tópico central de los estudios endocrinológicos (Boris Aleshin, Igor Eskin, Vassily Komissarenko, Samuel Leites, Michael Kolpacov). Más tarde, Felius Meerson hizo contribuciones esenciales a la significancia adaptativa de la síntesis proteica y a los sistemas limitantes por estrés. El área de la fisiología del ejercicio que trata las adaptaciones agudas y crónicas ante fuertes estresantes fisiológicos fue fundada por Leon Orbeli y desarrollada por Aleksei Krestovnikov. Vladimir Farfel, Nikolai Yakovlev y Nikolai Zimkin contribuyeron significativamente con esta área. Aunque la mayoría de sus publicaciones han permanecido desconocidas fuera de Rusia, es interesante destacar que muchos de sus resultados han sido “redescubiertos” por otros. Yakovlev también merece reconocimiento debido a que el estuvo entre los fundadores de la bioquímica del ejercicio contemporánea y porque sus investigaciones han proporcionado los fundamentos para las investigaciones actuales. Varias generaciones de jóvenes científicos han sido inspiradas por los científicos rusos arriba mencionados. Actualmente, sin embargo, las actividades de investigación científica no están más limitadas por presiones políticas sino en su lugar por falta de recursos económicos.

Palabras Clave: adaptación, bioquímica del ejercicio, fisiología del ejercicio, síndrome general de adaptación

INTRODUCCIÓN

El propósito de este manuscrito es reconocer el impacto de los fisiólogos del ejercicio rusos que introdujeron estudios sobre el síndrome general de adaptación y que aseguraron el desarrollo de la fisiología del ejercicio en la Unión Soviética.

En el siglo 19, muchos fisiólogos rusos eran conocidos por sus investigaciones pioneras, por ejemplo, el descubrimiento de la inhibición central por Ivan Sechenov (26), estudios sobre la fisiología de los nervios de Nikolai Vvedenski (30), el reconocimiento de los efectos inotrópicos en los nervios cardiacos, y el establecimiento de los principios más importantes de la fisiología de la digestión por Ivan Pavlov (23). Durante el comienzo del siglo 20, Pavlov (24) inició sus prolongados estudios sobre el sistema nervioso central y Leon Orbeli (21) elaboró la teoría de la acción trófico-adaptativa de la inervación simpática.

El clima de investigación científica fue alterado después de 1917. Las condiciones económicas después de la Primera Guerra Mundial y la Revolución Rusa restringieron las oportunidades para las actividades de investigación prolongadas, aunque Pavlov y algunos otros científicos sobresalientes (e.g., Orbeli) tenían facilidades y fondos adecuados. Además, se originó una desconfianza incrementada de los países capitalistas, lo cual significó la interrupción de los contactos internacionales para los fisiólogos del ejercicio, los cuales necesitaban la aprobación de Pavlov (como resultado de su Premio Novel) para mantener el contacto con científicos extranjeros.

La Guerra Fría, que se originó después de la Segunda Guerra Mundial, alteró lo que quedaba de los contactos internacionales, y la "cortina de hierro" separó a la Unión Soviética y los países capitalistas. Los líderes del partido Comunista promovieron la postura acerca de que los científicos soviéticos tenían mejores ideas que sus colegas extranjeros, los cuales buscaban ideas soviéticas para obtener fondos de la becas de sus países. Las posibilidades de tomar cursos y de participar en investigaciones conjuntas con universidades extranjeras desaparecieron, estas oportunidades no reaparecieron hasta los años 60, y luego lo hicieron en una extensión limitada. Por ejemplo, para publicar una investigación en una revista científica extranjera, los científicos debían recibir un permiso especial y solo las principales instituciones científicas tenían permiso para adquirir equipos de investigación avanzados que fueran fabricados en el extranjero.

El desarrollo de disciplinas como la fisiología fue perturbado por interferencias políticas dentro de las actividades de los científicos. En 1950 fue mantenida la Sesión Conjunta de la Academia de Ciencias y la Academia de Ciencia Médicas. El propósito de la sesión fue promover el uso de los hallazgos de Pavlov sobre la herencia científica, para el desarrollo de la fisiología. Sin embargo, la sesión realmente canonizó los conceptos de Pavlov y suprimió el desarrollo libre de las ideas científicas. El requisito de seguir las ideas de Pavlov fue una forma de control político sobre el trabajo de investigación de los fisiólogos y otros científicos. Debido a esto, la autoridad científica de Pavlov fue desacreditada, aunque Pavlov era conocido por ser un luchador activo por la utilización del método científico, así como por los principios de la democracia.

Como una consecuencia de la Sesión Conjunta, a varios fisiólogos sobresalientes como Orbeli, Pjotr Anokhin y Aleksandr Ginetsinski se los saco de sus posiciones principales en los institutos. Además, varias líneas de investigación fueron oficialmente clasificadas como indeseables, lo que significaba que estaban prohibidas. Durante la porción restante de 1950, los fisiólogos soviéticos comenzaron a ser gradualmente liberados de la supresión política. Desafortunadamente, las consecuencias duraron mucho más, ya que la investigación fue seriamente desarmada y los científicos competentes y progresistas fueron remplazados por aquellos que eran políticamente fieles, pero que tenían habilidades científicas limitadas. Sin embargo, un número de científicos honrados y científicamente respetados sobrevivió a este período (e.g., Anokhin, Farfel, Ginetsinski, Pjtr Gorizontov, Yakovlev, Zimkin, por nombrar algunos). Más tarde, se convirtieron en líderes en restaurar las tradiciones científicas previas y la práctica del método científico. Muchos jóvenes científicos, que se esforzaron por ponerse al corriente de los resultados de las investigaciones fisiológicas extranjeras y por tener la oportunidad de estudiar en el extranjero, se unieron a ellos.

FISIOLOGÍA DEL ESTRÉS

La teoría de Hans Selye sobre el síndrome general de adaptación estaba entre los temas de investigación prohibidos. Dos científicos que introdujeron la teoría del estrés dentro del entendimiento científico en la Unión Soviética fueron Anokhin (2) y Gorizontov (9).

Pjotr Anokhin (1898-1974)

Anokhin se graduó en el Instituto Médico de Leningrado (San Petesburgo). En 1921, siendo un candidato para graduarse, comenzó sus trabajos de investigación en el Instituto del Cerebro, bajo la supervisión de Vladimir Bekhterev. Más tarde, se convirtió en un estudiante de postgrado de Pavlov. En 1930, fue recomendado por Pavlov para ser profesor de fisiología en la Universidad de Nizhni Novgorod. En 1935, se fue a Moscú y se convirtió en el Director del Instituto de Fisiología de la Academia de Ciencias Médicas en 1946. Después de la Sesión Conjunta de las Academias, fue asignado al Instituto Médico Rjazan (≈ 200 km al sudoeste de Moscú). Aunque las oportunidades de realizar investigaciones experimentales eran limitadas en Rjazan, el se mantuvo científicamente activo y se focalizo sobre generalizaciones teóricas.

En 1933, retornó a Moscú, tres años más tarde, fue elegido para ser profesor de fisiología en el Primer Instituto Médico de Moscú, lo que significó que su "rehabilitación política" estaba completada. Más tarde, fundo el Instituto de Investigación de Fisiología Normal y Patológica.

Anokhin era un neurofisiólogo, cuya principal contribución científica fue desarrollar la fisiología integrativa. En 1935,

publicó el primer esquema de esta teoría. El desarrollo posterior hizo a la misma una generalización fundamental de la integración funcional teniendo objetivos adaptativos y funcionales. De manera distinta al muy difundido enfoque, el analizó las relaciones entre la teoría de Pavlov sobre los reflejos condicionados y los avances recientes en neurofisiología (ver Ref. 4). Este enfoque integral lo guió al análisis de los estudios emocionales y a la teoría del estrés como una respuesta general adaptativa. En 1958, Anokhin (2) describió la esencia de la teoría del estrés de Selye: los procesos fisiológicos específicos aseguran la adaptación del cuerpo a las condiciones desfavorables y esto hace que el cuerpo sea más resistente. Este fue un enfoque científico valiente, porque hacia el final de los años 50, el control político a los pronunciamientos de la ciencia estaba todavía en existencia. Para aquel tiempo, la evaluación positiva de la teoría del estrés por un científico sobresaliente fue un hecho muy importante.

En 1962, Anokhin publicó un profundo análisis del proceso de adaptación y sus relaciones con la homeostasis (3). El discriminó entre 1) constantes plásticas del cuerpo, las cuales son variables en una gran extensión, y 2) constantes rígidas, las cuales tienen un rango muy pequeño de fluctuación entre los niveles de reposo y actividad, cuyas desviaciones no pueden ser asociadas con el mantenimiento de la vida. Sin embargo, la principal contribución de Anokhin para el proceso de adaptación fue su teoría de la fisiología integrativa. El desarrollo posterior de esta teoría fue hecho por Sudakov en 1984 (29).

Pjotr D. Gorizontov (1902-1987)

Gorizontov se graduó del Instituto Médico de Omsk y en 1962 se convirtió en el director del Instituto de Biofísica de Moscú. En la Sesión Conjunta de las Academias, el exhibió un gran valor defendiendo a los científicos perjudicados. En 1956, Gorizontov publicó (9) una revisión sobre el síndrome general de adaptación y la adaptaciones a enfermedades, en el cual criticó el enfoque que intentaba explicar todos los hallazgos en patología clínica y experimental por acciones del sistema nervioso, un enfoque que ignoraba las respuestas de las glándulas endocrinas. El, más tarde, enfatizó que la naturaleza no específica de las respuestas de estrés tiene solo una significancia relativa, porque estas respuestas dependen del estado inicial del cuerpo. Gorisontov consideró que una limitación en el enfoque de Selye fue que el solo trató los mecanismos patogénicos de las enfermedades y no los mecanismos etiológicos (11). En 1976, Gorizontov edito un gran volumen sobre la significancia de la regulación homeostática en la adaptación.

Dos libros de Selye fueron publicados en Rusia en 1960 (28) y 1961 (27). El segundo libro fue introducido por Vassily Parin, un cardiólogo destacado y un iniciador de la fisiología espacial en la USSR.

Debido a las restricciones impuestas por la Sesión Conjunta, los estudios endocrinológicos estaban solo permitidos si los mismos contribuían a la regulación neural de las funcionas endocrinas. Sin embargo, en 1953 fue fundada una revista científica sobre los problemas en endocrinología (Problemo Endokrinologij). Subsecuentemente, el rol de las hormonas en la adaptación se convirtió en un tópico de estudio de muchos investigadores [Aleshin (1), Eskin (6), Kolpakov (13), Komissarenko (14), y Leites (36)] y se estableció que varios centros de investigación producían investigaciones relevantes en endocrinología. Yudayev y su equipo hicieron contribuciones significativas sobre la biosíntesis y el metabolismo de las hormonas esteroides.

Meerson hizo contribuciones esenciales sobre las adaptaciones al estrés de larga y corta duración. En 1963 (19), indicó que existe un mecanismo molecular que comunica la función celular con su aparato genético. A través de este mecanismo, es aumentada la síntesis de proteínas. El implico sus hallazgos en el análisis de problemas cardiológicos (20) y elaboró un concepto de los sistemas limitantes por estrés (mecanismos antioxidantes y respuestas opiáceas endógenas).

FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO Y SU CONTRIBUCIÓN A LA FISIOLOGÍA DEL ESTRÉS

La fisiología del ejercicio se ocupa de las adaptaciones agudas y crónicas a los fuertes estresantes fisiológicos. En Rusia, el desarrollo de la fisiología del ejercicio es atribuido a las actividades de Krestovnikov (16), Orbeli (21), y Zimkin (37), así como a Farfel (8), y Yakovlev (33, 34). Los primeros tres fueron pupilos de Pavlov y profesores de fisiología del ejercicio en el Instituto Leshaft de Educación Física de Leningrado (San Petesburgo) (Orbeli desde 1919 hasta 1929, Krestovnikov desde 1927 hasta 1955 y Zimkin desde 1961 hasta 1975). Farfel (8) inició fuertes centros de fisiología del ejercicio en Moscú. Yakovlev (33, 34) creó el Instituto de Investigación de Cultura Física de Leningrado, bien conocido por sus investigaciones en bioquímica del ejercicio.

Aleksei N. Krestovnikov (1885-1955)

Krestovnikov se graduó en la Universidad de San Petesburgo (1912) y en el Instituto Médico de Petrograd (1923). En 1912, trabajó en el laboratorio de Pavlov y luego se convirtió en el asistente principal de Orbeli en el Departamento de Fisiología, Instituto Leshaft de Educación Física de Leningrado. Orbeli demostró el incremento de la amplitud de contracción de los músculos fatigados cuando son estimulados los nervios simpáticos (21). Krestovnikov, su colaborador, encontró una velocidad de oxidación incrementada del músculo cuando son estimulados los nervios simpáticos que inervan al mismo (15). En 1927, Krestovnikov remplazó a Orbeli como profesor de fisiología en el Instituto Leshaft, e introdujo estudios sobre los cambios fisiológicos durante el ejercicio y el entrenamiento. Dignos de destacar fueron sus estudios sobre los reflejos evocados por los movimientos de la cabeza. El uso una pieza especial de yeso para excluir cualquier movimiento de la cabeza. Aún en atletas altamente calificados, los resultados eran habilidades motores perturbadas. El mismo efecto ocurrió cuando fue excluida la visión periférica, pero no la central. Con respecto al entrenamiento, el encontró que los reflejos condicionados eran necesarios para incrementar el rendimiento. Sus investigaciones han sido resumidas en dos monografías que fueron editadas en 1939 y 1951 (16).

Nikolai N. Yakovlev (1911-1992)

Yakovlev se graduó en el Instituto Médico de Leningrado en 1928 y se unió al laboratorio de Química Fisiológica en el Instituto de Investigaciones en Ciencias Naturales de Leshaft. Más tarde, se fue al laboratorio de Fisiología Patológica, Instituto de Investigaciones de Cultura Física de Leningrado. Su trabajo estaba relacionado al rol de las vitaminas en el proceso de entrenamiento y la contribución de las hormonas del páncreas durante el ejercicio. Después de la Segunda Guerra Mundial, su responsabilidad fue establecer un laboratorio de bioquímica del ejercicio en el Instituto de Investigación de Cultura Física de Leningrado.

El descubrió (1949-1939) el fenómeno de “supercompensación” de glucógeno muscular y hepático y de la fosfocreatima muscular durante la recuperación postejercicio y con el entrenamiento (32, 33). En 1955 fue publicado su trabajo sobre la significancia de la resíntesis anaeróbica del ATP en el ejercicio intenso (32). Sus investigaciones en metabolismo implicaron varias áreas: 1) el efecto del entrenamiento sobre las mitocondrias; 2) cambios de concentración de ATP, ADP, y AMP en los músculos con varios ejercicios; 3) cambios en los lípidos y en el fósforo del tejido cerebral; 4) la relación entre GABA y fatiga (en contenido del GABA cerebral se incrementa con la fatiga en las ratas); 5) el rol de la ornitina y los poliaminos en la hipertrofia muscular; 6) cambios en el AMPc y la acción de las hormonas; 7) cambios anticipatorios en la sangre de los atletas antes de la competición; 8) dependencia del metabolismo de los carbohidratos y del fósforo sobre el estado del sistema nervioso central durante el ejercicio; 9) respuestas metabólicas inducidas por el ejercicio en el miocardio y el hígado; y 10) varios problemas relacionados a la nutrición de los atletas (para revisiones, ver Ref. 33 y 34). Comenzando en 1949 y continuando en 1976, el creo el concepto de la especificidad bioquímica de las respuestas de los tejidos al entrenamiento, lo cual indico que la reapuesta bioquímica de una tejido dependía del tipo de entrenamiento que era realizado (31, 34). Durante 1973-1975, el encontró que el incremento inducido por el entrenamiento en la sensibilidad de un tejido a la epinefrina era característico del primer período del entrenamiento y relaciono el cambio a una actividad incrementada de la adenilato ciclasa. El también demostró (35) que esto era seguido por un incremento en la AMP-fosfodiesterasa y una normalización en la sensibilidad a la epinefrina.

Yakovlev está entre los fundadores de la bioquímica del ejercicio contemporánea, y su trabajo influenció la investigación en otros laboratorios. Aunque las técnicas de investigación bioquímica han sido extensamente mejoradas desde sus tiempos, los estudios contemporáneos han confirmado sus hallazgos y continúan siendo una inspiración para los investigadores contemporáneos.

Nikolai V. Zimkin (1899-1990)

Zimkin se graduó en la Academia de Medicina Militar en 1926. El empezó su carrera científica bajo la supervisión de Pavlov. Para 1945, era director de un laboratorio en el Instituto de Fisiología Evolutiva (Leningrado). En 1947, recibió una cátedra en el Instituto Militar de Educación Física (en Leningrado) donde condujo experimentos longitudinales sobre el entrenamiento de varias habilidades morotas (37). Debido a que la mayoría de sus monografías y artículos eran desconocidos en otros países, muchos de sus resultados han sido “redescubiertos” por otros (e.g., efectos del entrenamiento transversal y el desentrenamiento, interacción positiva y negativa en el incremento de la fuerza, velocidad y resistencia; dominio de destrezas motoras). Es digno de mencionar que sus estudios sobre los efectos del entrenamiento a la resistencia del cuerpo al calor, veneno, hipoxia e irradiación radiactiva proporcionaron la primera evidencia experimental de cambios en la adaptabilidad del cuerpo ante el ejercicio crónico (38). Estos resultados demostraron una adaptación incrementada bajo la influencia del entrenamiento. Sin embargo, si el régimen de entrenamiento era muy intenso, la sobrevida de las ratas experimentales disminuía.

Otros resultados significativos de sus investigaciones científicas fueron el concepto del “foco de fatiga” y la demostración de la extrapolación de las habilidades motoras de los atletas (ajustes rápidos de las habilidades motoras en situaciones cambiantes). De acuerdo al concepto de foco de fatiga, publicado en 1962, el tipo de ejercicio, las condiciones internas y

externas y las peculiaridades individuales del sujeto determinan un complejo crítico de cambios, perturbando la actividad de los centros nerviosos o del metabolismo muscular, y causando una disminución en la capacidad de trabajo. Este concepto concuerda con la teoría de la catástrofe de la fatiga (ver Ref. 5). De acuerdo con Zimkin, la fatiga latente debe ser reconocida. Esta se manifiesta por un sentimiento de cansancio o descoordinación de las funciones, sin ninguna disminución de la capacidad de trabajo.

Vladimir S. Farfel (1904-1979)

Farfel fue educado como fisiólogo en la Universidad de Leningrado. Su mentor fue Aleksei Ukhtomski, que era un experto en la fisiología del sistema nervioso central. Farfel se convirtió en el director del Laboratorio Fisiológico del Instituto de Investigación Central de Cultura Física (1934-1947) y profesor en el Instituto Pedagógico de la Región de Moscú (1947-1958). Más tarde, dirigió un laboratorio en el Instituto de Fisiología Ontogénica, Academia de Ciencias Pedagógicas (1958-1960), y terminó su carrera como profesor de fisiología en el Instituto Central de Educación Física (1960-1972). En cada institución, el estableció un fuerte equipo, condujo investigaciones significativas, y fue sobre todo responsable de hacer bien conocido a su laboratorio en la USSR.

Farfel se volvió conocido por su clasificación fisiológica sistémica del ejercicio. Siguiendo la práctica de Archibald Hill (12), el analizó eventos de campo por medio del ploteo logarítmico de la velocidad de carrera (intensidad) versus la duración del ejercicio y encontró que se representaban cuatro líneas rectas. Consecuentemente, el fue capaz de discriminar cuatro tipos diferentes de ejercicios cíclicos por su intensidad (7). El concluyó a partir de sus estudios (1939-1940) sobre atletas de élite durante importantes eventos competitivos, que los sujetos entrenados tienen manifestaciones cardiovasculares y respiratorias más pronunciadas que los sujetos desentrenados durante el ejercicio máximo, aunque sus respuestas son menores en el ejercicio submáximo.

Farfel condujo un estudio extensivo sobre la resistencia, que raramente es citado. En 1949, un miembro de su equipo demostró que la administración de glucosa justo antes del inicio de un evento de larga distancia causa hipoglucemia, la cual ocurre en los períodos iniciales (18). Obviamente, esto estaba relacionado al efecto de la glucosa sobre la secreción de insulina.

Varias generaciones de jóvenes científicos fueron inspiradas por los “gigantes” rusos. Debido a que sus resultados han sido publicados primordialmente dentro de la literatura rusa, una barrera idiomática limitó enormemente la distribución y conocimiento de sus hallazgos. Durante los años 80, los científicos más destacados fueron Yakov Kots (mecanismos neurales del movimiento), Viktor Karpman (estudios cardiovasculares), Sergei Kuckin (respiración), Erlena Matlina (metabolismo de las catecolaminas), Víctor Rogoskin (mecanismo de inducción de la síntesis proteica), Jelena Sologub (estudios sobre EEG), Vitali Thorevski (circulación), Nikolai Volkov (energética muscular), y Vladimir Zatsiorsky (mecanismos biomecánicos).

En conclusión, una mente educada y curiosa puede encontrar oportunidades para actividades creativas a pesar de condiciones restrictivas y opresivas. Afortunadamente, las restricciones políticas para los contactos e intercambios científicos entre Rusia y otros países ya no están presentes como antes y durante la Guerra Fría. Actualmente, la efectividad de los trabajos de investigación esta limitada solo por la disponibilidad de fondos. Sin embargo, las nuevas generaciones de científicos permanecen en deuda con los importantes trabajos de investigación de los “grandes” arriba mencionados.

Agradecimientos: El autor agradece enormemente a la idea del Dr. C. M. Tipton de considerar a los fisiólogos rusos especializados en estrés y ejercicio, los cuales son esencialmente desconocidos por sus colegas americanos.

Notas al pie: Dirección para pedido de reimpresiones u otras correspondencias: A. Viru, A. Viru, Institute of Exercise Biology, Univ. of Tartu, 18 Ylikooli, Tartu 51014, Estonia (correo electrónico: aluik@ut.ee ó viru@ut.ee).

REFERENCIAS

1. Aleshin, BV (1955). Some questions on regulation of endocrine glands. *(in Russian). Uspekhi Sovr Biol; 39: 276-298*
2. Anokhin, PK (1958). Internal Inhibition as a Problem of Physiology. *(in Russian). Moscow: Medgiz*
3. Anokhin, PK (1962). General principles of formation of adaptive-defense adjustments. *Proc Acad Med Sci USSR; 17: 16-28*
4. Anokhin, PK (1968). Biology and Neurophysiology of the Conditioned Reflex. *(in Russian). Moscow: Medicina*
5. Edwards, RHT (1983). Biochemical bases of fatigue in exercise performance. *In: Biochemistry of Exercise, edited by Knuttgen HG, Vogel JA, and Poortmans J.. Champaign, IL: Human Kinetics*

6. Eskin, IA (1956). Role of nervous system in regulation of pituitary and adrenal cortex. *(in Russian). Uspekhi Sovr Biol; 42: 343-355*
7. Farfel, VS (1939). Systematic physiological characteristics of physical exercise. *(in Russian). Teoria Prakt Fiz Kult; 3: 56-61*
8. Farfel, VS (1960). Sports Physiology Surveys. *(in Russian). Moscow: FiS*
9. Gorizontov, PD (1956). Role of hormones in general adaptation syndrome and diseases of adaptation. *(in Russian). Klin Med (Mosk) 34: 20-29*
10. Gorizontov, PD (1976). Homeostasis. *Moscow: Medicina*
11. Gorizontov, PD (1977). Disputable questions of adaptation diseases and the stress problems. *(in Russian). Klin Med (Mosk) 55: 3-11*
12. Hill, A (1925). Muscular Activity. *Baltimore, MD: Williams & Wilkins*
13. Kolpakov, MG (1967). Corticosteroid Regulation of Water-Electrolyte Homeostasis. *Novosibirsk, Russia: Nauka*
14. Komissarenko, VP (1956). Adrenocortical Hormones and their Role in Physiological and Pathological Processes. *(in Russian). Kiev: Gosmedizdat USSR*
15. Krestovnikov, AN (1927). Action of sympathetic nerve on oxidation process in muscle. *(in Russian). Proc Leshaft Res Inst; 13: 155-168*
16. Krestovnikov, AN (1951). Survey on Physiology of Physical Exercises. *(in Russian). Moscow: FiS*
17. Leites, SM (1957). Hormonal factors in compensatory and adaptation processes during disorders of metabolism. *(in Russian). Patol Fisiol (Moscow) 1: 16-22*
18. Lifshits, AI (1949). Significance of carbohydrate intake during prolonged exercises. *(in Russian). In: Studies on Physiology of Endurance, edited by Farfel VS. Moscow: FiS, p. 93-112*
19. Meerson, FZ (1965). Intensity of function of structures of the differentiated cell as a determinant of activity of its genetic apparatus. *Nature; 206: 483-484*
20. Meerson, FZ (1983). The failing heart. In: Adaptation and Disadaptation. *New York: Raven*
21. Orbeli, LA (1932). Review of sympathetic innervation of skeletal muscle, sensory organs and central nervous system. *Sechenov Physiol J USSR; 15: 1-22*
22. Pavlov, I (1883). Zur Frage von der Innervation der Hundeherzens. *Zbl Med Wiss; 21: 50-51, 66-69*
23. Pavlov, I (1901). Le Travail des Glander Digestives. *Paris: Mason & Cic*
24. Pavlov I (1928). Lectures on Conditioned Reflexes. *New York: Int. Publ*
25. No Disponible (1950). Scientific Session for Problems of Physiological Doctrine of Academicians. *(stenographic record in Russian). Moscow*
26. Sechenov I (1863). Physiologiche Studien über des Hemmungmechanismen für die Reflaxtätigkeit der Rückenmarks im Gehirn des Frosches. *Berlin, Hirschwald*
27. Selye, H (1961). The Chemical Prevention of Cardiac Necroses. *New York: Roland Press, 1958 (Russian edition by Medgiz, Moscow)*
28. Selye, H (1960). The Story of the Adaptation Syndrome. *Montreal, PQ: ACTA Medical, 1952 (Russian edition by Medgiz, Moscow)*
29. Sudakov, VK (1984). General Theory of Functional Systems. *(in Russian). Moscow: Medicina*
30. Vvedenski, N (1892). Des relation entre les processes rhythmiques et le activite fonctionelle de le appareil neuromusculaire excite. *Arch Physiol Norm Pathol; 4: 50-59*
31. Yakovlev, NN (1949). Biochemical foundations of muscle training. *(in Russian). Uspekhi Sovr Biol; 27: 257-271*
32. Yakovlev, NN (1955). Survey on Sport Biochemistry. *(in Russian). Moscow: FiS*
33. Yakovlev, NN (1975). Biochemistry of sport in the Soviet Union: beginning, development and present status. *Med Sci Sports Exerc; 7: 237-247*
34. Yakovlev, NN (1974). Biochemistry of Sport. *Leipzig: Barth*
35. Yakovlev, NN (1975). The role of sympathetic nervous system in the adaptation of skeletal muscles to increased activity. *In: Metabolic Adaptation to Prolonged Physical Exercise, edited by Howald H, and Poortmans JR.. Basel: Birkhäuser Verlag, p. 293-300*
36. Yudayev NA (Editor) (1976). Biochemistry of Hormones and Hormonal Regulation. *(in Russian). Moscow: Medicina*
37. Zimkin, NV (1956). Physiological Characteristics of Strength, Speed and Endurance. *(in Russian). Moscow: FiS*
38. Zimkin, NV (1961). Stress in physical exercises and the state of unspecifically enhanced resistance of the body. *Sechenov Physiol J USSR; 47: 741-751*

Cita Original

Atko Viru. Early contributions of Russian stress and exercise physiologists. J Appl Physiol; 92: 1378-1382, 2002.