

NIEDERASPHE

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

15. Infraschall und Lymphatisches System (Immunsystem)

Der gesunde menschliche Körper, seine Organe, seine Zellen und Funktionen beruhen u.a. auf der Ungestörtheit ihrer eigenen Vibrationen im Infraschallbereich, ihren eigenen Oszillationen.

Ein von außen einwirkender störender Effekt von Infraschallvibrationen mit hohem Schalldruckpegel oder mit langer Einwirkdauer zeigt sich in Erkrankungen des Gehirns, des Nervensystems, des Herzkreislaufsystems, des Atmungssystems und in Störungen von Strukturen und Stoffwechsel von Zellen (1).

Besonders empfindlich reagiert das lymphatische System (Immunsystem) auf externe Störungen seiner eigenen Mechanismen im Infraschallbereich (1). Das lymphatische System hat eine wichtige Funktion in der Regulation der Körperflüssigkeiten, in der Aufrechterhaltung des Gleichgewichts von Makromolekülen in den Geweben des Körpers, im Fettstoffwechsel und in der Abwehrfunktion des Körpers (immunologische Funktion). Bakterien, Viren, Pilze, Giftstoffe, Fremdpartikel, körperfremde Eiweiße (Antigene), Cholesterin, Tumorzellen und Immunzellen werden von sehr kleinen Lymphgefäßen in allen Körpergeweben aktiv gesammelt. Durch oszillierendes Zusammenziehen des Lymphgefäßsystems werden sie zu den Lymphknoten gepumpt, wo die Schadpartikel aus der Lymphflüssigkeit herausgefiltert werden.

Die Lymphknoten gehören zum Abwehrsystem (Immunsystem) des Organismus. In den Lymphknoten reifen auch die B- und T-Lymphozyten durch Kontakt mit den Fremdeiweißen der Mikroorganismen (Antigene) in der Lymphflüssigkeit zu wirksamen Abwehrzellen heran, die dann ins Blut und Gewebe weiterwandern, um ihre immunologischen Abwehrfunktionen zu erfüllen. Von den Lymphknoten wird die Lymphflüssigkeit über größere Lymphgefäße in die großen Körperven transportiert.

Der Lymphfluss in den Lymphgefäßen ist ein oszillierender Fluss:

1. Rhythmisches Zusammenziehen der Muskelfasern in den Wänden der Lymphgefäße pumpt die Lymphflüssigkeit vorwärts. In den lymphatischen Gefäßen haben die Mikrokompressionen die Rolle von Herzschlägen.
2. Langsame Infraschallwellen der Atembewegungen, der Herzschläge und Bewegungen von Muskeln unterstützen den Lymphfluss.
3. Das Nervensystem und Hormone steuern die Pumpfunktion.

Infraschall und niederfrequenter Schall der Umwelt beeinflussen auch das Lymphgefäßsystem. Bei der externen Wirkung des Infraschalls auf den Körper sind seine Frequenz, der Schalldruckpegel und seine Einwirkdauer wichtig.

Petrenko VM hat bei Versuchstieren die verschiedenen aufeinanderfolgenden Stadien der Veränderungen des Lymphgefäßsystems bei langdauernder Exposition mit Infraschall untersucht und beschrieben (1, 2, 3):

Eine Kurzzeitexposition (einige Tage) mit Infraschall einer Intensität von 100 dB und einer Frequenz von 16 Hz verursacht eine Änderung des Aufbaus und der Funktion des lymphatischen Systems. Eine Schädigung der oszillierenden Lymphgefäße und der Lymphknoten durch den externen oszillierenden Infraschall bewirkt eine Verschlechterung des Lymphflusses in den Lymphgefäßen, eine Behinderung des Transports der Lymphozyten aus dem Knochenmark in die Lymphknoten, eine Behinderung der Reifung der Lymphozyten in den Lymphknoten und eine Schwächung der immunologischen Abwehrfunktion der Lymphknoten.

Die Schädigungen des Lymphgefäßsystems nehmen mit der Einwirkdauer zu. Ab der 3. Woche findet man tote Zellen in den Wänden der Lymphgefäße.

Die Lymphknoten sind ein Teil des kontinuierlichen Lymphflusses im Lymphgefäßsystem. Sie sind komplex aufgebaute Organe mit Filterfunktion (Biofilter). Erst in den Lymphknoten reifen die Lymphozyten des Knochenmarks durch Kontakt mit Fremdeiweißen (Antigene) in der Lymphflüssigkeit zu wirksamen Abwehrzellen heran.

In der ersten Zeit der Einwirkung von Infraschall schwellen die Lymphknoten an. Die Kapsel dehnt sich und wird glatt. Begleitet sind die Veränderungen der Lymphknoten mit einem Anstieg der Lymphozyten im Blut (6). In den nächsten Wochen der Exposition mit Infraschall wird die Oberfläche der Lymphknoten höckrig. Es kommt zum stärkeren Lymphstau, das Lymphödem nimmt zu.

Nach 4 bis 5 Wochen beginnt der Endprozess mit der bindegewebigen Umwandlung (Fibrose) der Lymphknoten. Das normale Lymphknotengewebe schrumpft die bindegewebige Umwandlung mit Kollagenfasern nimmt zu. Die Größe der Lymphknoten nimmt ab mit weiterer Beeinträchtigung der Filterfunktion für schädliche Stoffe und Schwächung der Immun- und Reinigungsfunktionen in den Lymphknoten.

Die Reifung der Lymphozyten, ihre Differenzierung und ihre wichtige Funktion in der Immunabwehr wird immer mehr beeinträchtigt. Die Abwehr von Infektionserregern von Bakterien, Viren, Pilzen, die Beseitigung bösartig umgewandelter Körperzellen verschlechtern sich. Es kann zu Lymphödem, zu verschlechtertem Fettstoffwechsel, zu erhöhtem Cholesterin im Blut und zu Autoimmunkrankheiten (15) kommen. Im Endstadium sind die Lymphknoten schwierig vom umgebenden Gewebe abzutrennen.

Der phasenhafte Verlauf der Einwirkung von Infraschall auf das Lymphgefäßsystem und seine Funktionen mit unterschiedlichen Befunden in der akuten Phase und der Langzeitphase entspricht dem von Castelo Branco beschriebenen Stadienverlauf bei Arbeitern, die berufsmäßig mit Infraschall <500 Hz + Infraschall <20 Hz + Vibrationen belastet waren (bis 4 Jahre, bis 10

Jahre, über 10 Jahre).

Tuleuhanov ST und Mitarbeitende haben den Einfluss von Infraschall mit niedrigem Schalldruckpegel auf die Gesamtzahlen der weißen Blutkörperchen im Blut von Ratten untersucht (6). Die weißen Blutkörperchen haben eine schnelle und leistungsfähige Funktion in der Abwehr von Infektionserregern.

Ratten wurden 3, 6, 12, 30, 60 Tage, 10 Minuten pro Tag, einem niedrigen Schalldruckpegel von 10 bis 14 dB, Frequenz 13 Hz bis 30 Hz ausgesetzt.

Die Gesamtzahl der weißen Blutkörperchen steigt schnell auf den etwa 3-fachen Wert der Kontrolltiere an und bleibt dort bis zum 60. Tag erhöht. Das ist mit einem Anstieg unreifer Vorstufen aus dem Knochenmark begleitet. Gleichzeitig finden sich Fehlbildungen der Zellkerne: Hinweis auf Störung der Blutbildung im Knochenmark.

Vasilyeva und Mitarbeitende haben den Einfluss von Infraschall mit hohem Schalldruckpegel auf Chromosomenanomalien, Chromosomenfehlbildungen in den Knochenmarkszellen von Ratten untersucht (7). Die Chromosomenanomalien stiegen bereits nach einmaliger 17 minütiger Beschallung mit einem Schalldruckpegel von 120 dB auf das 12,6-fache an im Vergleich mit den Spontanveränderungen der Kontrollgruppe: Hinweis auf gentoxische Störung im Knochenmark.

Silva MJ und Mitarbeitende haben die Häufigkeit des Austauschs von Schwesterchromatiden in den Lymphozyten des Blutes von 50 Arbeitern, die beruflich langjährig einem hohen Schalldruckpegel >90 dB von niederfrequentem Schall <500 Hz + Infraschall + Ganzkörpervibrationen ausgesetzt waren mit dem von 34 Beschäftigten in Büros verglichen (8). Sie fanden einen signifikanten Anstieg des Austauschs von Schwesterchromatiden als Hinweis einer erhöhten Reparatur von DNA-Schäden der Chromosomen in den Lymphozyten des Blutes. Bei den untersuchten Fabrikarbeitern wirkten als Co-Faktoren Ganzkörpervibrationen und erhöhter beruflicher Stress mit: Hinweis auf gentoxische Störung im Knochenmark.

Silva MJ und Mitarbeitende haben bei 9 militärischen Düsenjägerpiloten, die beruflich hohem Schall + Ganzkörpervibration ausgesetzt sind den Austausch von Schwesterchromatiden in den Lymphozyten des Blutes mit denen von 10 Kontrollpersonen des Flughafenpersonals verglichen (9). Sie fanden eine signifikante Erhöhung des Austauschs von Schwesterchromatiden in den Lymphozyten des Blutes bei den Piloten. Bei den untersuchten Piloten wirkten als Co-Faktoren Ganzkörpervibrationen und erhöhter beruflicher Stress mit: Hinweis auf gentoxische Störung im Knochenmark.

Silva MJ und Mitarbeitende haben bei Mäusen die 300 Stunden niederfrequentem Schall + Ganzkörpervibrationen ausgesetzt wurden einen signifikant erhöhten Austausch von Schwesterchromatiden in den Lymphozyten der Milz gegenüber Kontrolltieren gefunden (10). Niederfrequenter Schall allein hatte keinen Effekt: Hinweis auf gentoxische Störung.

Castro AP fand bei Mäusen, die über etwa 8 Monate 8 Stunden pro Tag + 2 Tage Pause (analog

der beruflichen Exposition) niederfrequentem Schall mit hoher Schalldruckamplitude ausgesetzt waren eine Erniedrigung der CD4 + CD8 + T-Lymphozyten und der IgM B Lymphozyten in der Milz (11): Hinweis auf Störungen im Immunsystem.

Castelo Branco NAA und Mitarbeitende haben bei 34 Beschäftigten der Flugzeugindustrie, die über 10 Jahre niederfrequentem Schall <500 Hz + Infraschall <20 Hz + Vibrationen ausgesetzt waren und bei denen eine Vibroakustische Erkrankung diagnostiziert worden war eine erhöhte Zahl von CD4 + und CD8 + T-Lymphozyten im Blut, im Vergleich mit 41 Kontrollpersonen aus Büros nachgewiesen (12). Hinweis auf Störung im Immunsystem.

Eine Schwächung der Abwehrmechanismen des Körpers ist auch die zunehmende Beschädigung der Zilien der Zellen der Luftröhre. Die Zilien sind bewegliche Ausstülpungen des Flimmerepithels, spezialisierte Zellen, die den größten Teil der Atemwege auskleiden. Diese Zellen haben eine sehr wichtige Funktion. Sie bewegen sich bildlich wie Ähren im Wind und befördern durch diese Bewegung Schleim und Stäube (Feinstaub) aus dem Luftstrom in der Luftröhre. Sie lösen in der Regel auch einen Hustenreflex zum besseren Abtransport aus.

Bei Patienten mit Vibroakustischer Erkrankung war die Schwächung des Immunsystems verbunden mit gehäuften Infektionskrankheiten (Bronchien, Lunge, Haut), gehäuften Autoimmunkrankheiten (Lupus Erythematodes (15), Vitiligo) und gehäuft bösartigen Erkrankungen.

Epidemiologische Studien haben gezeigt, dass Störungen durch Umwelteinwirkung des sich erst entwickelnden Immunsystems von Feten, Säuglingen und Kleinkindern schädliche Langzeitfolgen des Immunsystems haben können (13).

Ein mit zunehmendem Alter in seiner Funktion nachlassendes Lymphgefäßsystem spielt auch eine wesentliche Rolle in der Entstehung verschiedener altersabhängiger Erkrankungen wie Abwehrschwäche, Herzkreislaufkrankheiten, Diabetes mellitus, Atherosklerose, Herzinfarkt, Hypertonie, Alzheimer Erkrankung, Neuropathien, chronische Gewebedegeneration: Osteoarthritis, Knorpelschwund (4, 5, 14).

Eine zusätzliche Langzeitbeschallung mit niederfrequenten Schall + Infraschall durch Windturbinen und durch starken Straßenverkehr mit zusätzlichem Feinstaub ist mit hoher Wahrscheinlichkeit ein schädigender Faktor auf das sich erst entwickelnde und auf das alternde Immunsystem. Als besondere Risikogruppen müssen beim heutigen Stand des Wissens mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit Schwangere, Feten, Kleinkinder, Jugendliche mit noch nicht abgeschlossenem Wachstum und ältere Menschen mit Herz- und Lungenerkrankung angesehen werden.

Lit.:

- 1) Petrenko VM, About Mechanism of Influence of Infrasound on Living Organism, J Biomed Syst Emerg Technol 2018
- 2) Petrenko VM, Structural and Functional Foundations of Immunity: The Circulation in Living Organism, SCIOL Biomed 2019
- 3) Petrenko VM, Constitution of the Lymphatic System, Int J Biomed, 2012
- 4) Petrenko E, The structure of the lymph node at influence of physical loads and infrasound, Bull Scien Pract 2020

- 5) Baranwal G, Rutkowski JM, Reduced lymphatic function contributes to age-related disease, Aging, 2019
- 6) Tuleuhanov ST, Desouky OS, Mohaseb MA, The influence of the infrasound on the immunological properties of rats blood, Romanian J Biophys, 2010
- 7) Vasilyeva IN, Bepalov VG, Semenov AL, Baranenko DA, Zinkin VN, The Effect of Low-Frequency Noise on Rats: Evidence of Chromosomal Aberrations in the Bone Marrow Cells and the Release of Low-Molecular-Weight DNA in the Blood Plasma, Noise&Health 2017
- 8) Silva MJ, Carothers A, Castelo Branco NAA, Dias A, Boavida MG, Sister chromatid exchange analysis in workers exposed to noise and vibration, Aviat Space Environ Med, 1999
- 9) Silva MJ, Carothers A, Castelo Branco NAA, Dias A, Boavida MG, Increased level of sister chromatid exchange in military aircraft pilots, Mut Res Gen Tox Environ Mutag, 1999
- 10) Silva MJ, Dias A, Barreta A, Nogueira PJ, Castelo Branco NA, Boavida MG, Low frequency noise and whole-body vibration cause increased levels of sister chromatid exchange in splenocytes of exposed mice, Teratog Carcinog Mutagen, 2002
- 11) Castro AP, Aguas AP, Grande NR, Monteiro E, Castelo Branco NAA, Effect of low frequency noise exposure on BALB/s mice splenic lymphocytes, Aviat Space Environ Med, 1999
- 12) Castro AP, Aguas AP, Grande NR, Monteiro E, Castelo Branco NAA, Increased CD8+ and CD4+T lymphocytes in patients with vibroacoustic disease, Aviat Space Environ Med, 1999
- 13) Olin A, Henckel E, Chen Y, Zhang C, Bohlin K, Brodin P, Stereotypic Immune System Development in Newborn Children. Cell 2018
- 14) Shang T, Liang J, Kapron CM, Liu J, pathophysiology of aged lymphatic vessels, Aging, 2019
- 15) Schoenbach A, T Cells, the Immune System and Lupus, <https://lupuscorner.com/t-cells-immune-system-and-lupus>

Anmerkung A.S.:

- 1. Eine fundierte, durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.**
- 2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.**