

Minvaleev R. S., Timofeev I. V., Ivanov A. I.; Levitov A.

St. Petersburg, Russia / Eastern Virginia, USA

TIBETAN YOGA gTUM-MO: PHYSICS, PHYSIOLOGY AND KNOW-HOW OF COLD-RESISTANCE

On the one hand, Tibetan yoga gTum-mo, a basic practice of the Six Yogas of Naropa, refers to one of the most closed psychotechnics of Tibetan Buddhism; on the other hand, it is a sort of a “business card” of Tibetan Tantrism. The ability of gTum-mo adepts to resist cold for a long time without any signs of cold stress has always drawn attention of onlookers [David-Néel, 1929; Eliade, 1958]. N.K. Roerich’s famous painting *On the Heights* where a naked yogi in the lotus position against snow-capped mountain peaks is depicted might have been painted from life.

According to Tibetan Buddhism traditions, cold resistance enhancement when practicing gTum-mo is introduced in two basic respects—as a side effect of tantric practices and as a criterion of successful implementation [Thubten Yeshe, 1998; Mouzroukov, 2013].

From the point of view of natural science, out of all the Six Yogas of Naropa it is precisely yoga gTum-mo that can be considered a verifiable phenomenon, as heat development mechanisms of an endothermic organism do not involve any metaphysical concepts which permeate other phenomena of Tibetan Buddhism. For instance, in one of the Six Yogas of Naropa [Readings, 1997], we come across the teaching of Je Tsongkhapa, a great reformer of Tibetan Buddhism, the founder of the Gelug school, “Second Buddha”, etc., about the transference of consciousness (in Tibetan, *phowa*) to an “abscessless” dead body followed by its reanimation. Moreover, there is a description of a detailed preliminary testing on “reanimation” of a cow’s or other cattle’s cadaver [Ibid.]. Religious teachings of the kind have no subject matter within the natural-science paradigm and deserve ethnographic interest at best [Wylie, 1964]. By contrast, successful implementation of gTum-mo yoga is verified by quite doable physical cold resistance testings [David-Néel, 1929], which are performable in autoexperiments [Minvaleev, 2014] and objectively explorable. Otherwise stated, the object of the

given work was to find the real component of gTum-mo practice, which can and should be distinguished within the natural-science paradigm separating it from the irrelevant religious-ritualistic component.

Thus, it raises the first question about the cold resistance enhancing mechanisms of the kind, which has inspired a number of scientists to research Tibetan monks practising gTum-mo in their domicile.

Objective research

In 1981, by invitation of the Dalai Lama, associate professor Herbert Benson and a group of his colleagues arrived to Dharamsala (Northern India) where they were provided with an opportunity to study three Buddhist monks in situ [Benson, 1982]. The experiments were carried out in February, 1981 in conditions quite severe for that time, but, judging by the published results, the monks refused to be subjected to actual cold tests. Namely, throughout all the experiments the temperature of the room for testing did not go below the standard comfortable range (from 16 to 20°C), which results from all the three temperature diagrams available in the work (the most illustrative is Fig. 1).

The conclusions only report that “these subjects exhibited the capacity to increase the temperature of their fingers and toes by as much as 8,3°C.” As the found result quite fit into the concept of H. Benson himself about “Relaxation Response”, which he describes as “a physiological condition contrary to stress” [Benson, 1975], the authors of the article apparently had no claims against the

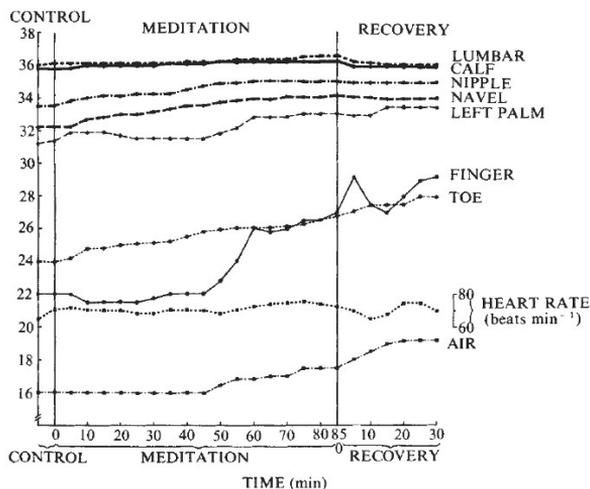


Fig. 1. Skin and air temperature and heart rate changes before, during and after the practice of gTum-mo meditation in subject J. T. [Benson, 1982, 235]

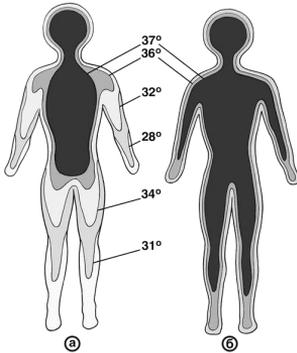


Fig. 2. Isothermal lines of a naked person in response to cold (a) and heat (b) [Herman, 2007]

monks. Supposedly, the American scientists had not insisted and the monks had decided that it ought to have been so.

In fact, piecewise linear graphic interpretation of temperature leads on the fingers and toes of the monks under examination (who, according to their own stories, had spent more than six years studying gTum-mo practice) suggests that H. Benson and his colleagues documented the well-known peripheral reheating results of the subjects after they return to a warm room from the cold (see Fig. 2).

Otherwise stated, in this research the issue of objective examination of the actual cold resistance was never raised. The arisen discussion published in July, 1982 in the same *Nature* issue [Pasachoff et al., 1982, 402], left a number of questions unanswered, and in 2001 H. Benson managed to get financed by the Guinness Family Fund in the amount of \$ 1.250.000 to research the uncanny abilities of Tibetan monks to reheat in the cold without fire or clothes. The funding gave an opportunity to deliver three monks capable of gTum-mo to the Guinness estate in Normandy to study their cold resistance abilities directly. It happened in July, 2001. Upon arrival it turned out that the “gTum-mo masters” could not demonstrate their wonderful abilities at once and they demanded at least “100 days to reach their full meditative capacity.” All this time they were staying at the Guinness estate with H. Benson’s team, until one of the monks got an eye infection and withdrew from the experiment. At last, in November, 2001 the scientists carried out the necessary testing of cold resistance (Fig. 3). This photo document and a brief article in the newspaper of Harvard University [Cromie, 2002] inform us that “the team obtained valuable data.” However, as Benson personally admits, “the room was not cold enough to do the tests properly.” In short, after 20 years the scientist repeated the same approach as in the Himalayas studies in 1981.

What happened further? A quotation from the newspaper of Harvard University: “His team will try again this coming winter with six monks. They will start practice in late summer and should be ready during the coldest part of winter.” That is the end of the available information about 20-years-long research of gTum-mo practice by professor Benson.

The second published research was carried out by Maria Kozhevnikova and her colleagues in a remote cloister in Amdo district of Tibetan Plateau. However, by the description of the conditions of the experiment, M. Kozhevnikova and her colleagues were never admitted into the room where it was carried out, by which the published results of a single body temperature rise up to 38°C were largely depreciated [Kozhevnikov, 2013].

Cold resistance as it is

The first question which was never answered by Benson or Kozhevnikova is quite obvious: where is it, the renowned cold resistance of Tibetan monks? And if such monks do exist, how do their cold resistance abilities exceed those of a Caucasian who does not practice Buddhist meditation?

It is common knowledge that maximum permissible cold resistance was studied in 1942–1943 by the SS doctors under Sigmund Rascher’s supervision in *Dachau* concentration camp. In particular, an important for the Nazis subject of research was cold resistance of people of different nationalities [Burton, 1955]. As far as it can be understood from the available data of the research condemned alongside other crimes of the SS at Nuremberg trials, the highest level of cold resistance was demonstrated by Slavic captives in particular. That might be one of the reasons why maximum permissible cold resistance experiments (already not criminal) were resumed in the USSR. Unfortunately, most of those works are still classified, but even a fleeting look at some of them makes you forget about the wonders of Tibetan respahts.

In 1978, a Soviet popular science journal *Himia and Zhizn’* (“Chemistry and Life”) published the article “Hunger against Cold?” by PhD in medicine Alexey Yuryevich Katkov, in which the author, one of the pioneers of the physiological approach to yoga studies, provided a summary report on various cold resistance phenomena including gTum-mo practice [Katkov, 1978, 56]. Later, A. Yu. Katkov carried out experiments of those phenomena on volunteers and himself, which made the feats of Tibetan yogi and all kinds of cold resistance wonders from Guinness World Records pale in comparison.

Shortly before his tragic death on Elbrus, working for the military forces and the space programme of the USSR, A. Yu. Katkov performed astonishing experiments involving volunteers at Institute of Medical and Biological Problems (Moscow). Those amazing people—guinea pigs, as they called themselves, but, in fact, superheroes of the Soviet era, ready to undergo testing—could endure not only maximum permissible but over-extreme conditions in the climatic altitude chamber. Many participants of those tests are still alive and well. One of them is Boris Korshunov (born 1935), famous among mountaineers as a legendary person of the Soviet alpine climbing. Let’s grant him permission to speak: “There was a lot of research in bringing reserves of a human body



Fig. 3. A Buddhist monk has his vital signs measured as he prepares to enter an advanced state of meditation in Normandy, France. During meditation, the monk’s body produces enough heat to dry cold, wet sheets put over his shoulders in a frigid room. *Photo courtesy of Herbert Benson*

to light. I'll tell you about one of the experiments carried out in 1977 or 1978, I don't remember exactly. I was one of the team of six testees... The task was to check the human organism for survival at extremely low temperatures and high altitude. For an hour, we were placed naked into the altitude chamber (altitude 7.500 m) at the temperature -60°C ... A warmly clad female doctor was with us, capturing the data. Naked, we were sitting in airplane armchairs, and at -60°C all the hairs on our bodies, whichever the length, were standing on end, it was clear that in those conditions an intermediate layer of a higher temperature was being formed at the surface of the body. Then the doctor who was observing us suggested switching on the altitude chamber ventilator two meters in diameter every 10 minutes to blow off this intermediate layer. I should say, we had a very tough time at -60°C and the vent on for an hour..."

This interview appeared on one of the sites dedicated to history of Russian alpine climbing [Laletina, 2006]. We copied it almost to the dot as only the military forces benefited from all the numerical results of those unique experiments and they will hardly be open to the public any time soon. Nevertheless, below we adduced our approximate thermophysical estimations due to the mentioned criteria of those experiments.

How do we cool off?

It is evident that all the bodies (living or non-living, having achieved the tantric realisation or just exposed to the cold) follow laws of thermal physics, and as far as living bodies are concerned, the renowned laws of thermotaxic physiology come in. Heat loss of a naked body at relative rest comes down to thermal conductivity (convection), evaporation via perspiration and thermal emission. Perspiration stops in freezing temperatures, in this case heat loss amounts to heat emission off the surface of the body through convection adding heat shedding. To sum up, the organism cools off while heating the air due to the difference of the temperatures between the air and the body as well as radiating heat in the infrared range. The formulae for quantitative estimation of the aforementioned processes are well-known [Burton, 1955; Herman, 2007].

Meaning, heat losses at the expense of conduction are described in Newton's cooling law (1)—cooling rate of a body is directly proportional to the surface area of the body and the difference between the temperatures of the body surface and the environment:

$$H = C \cdot S (T - T_b), \tag{1}$$

where H — rate of heat loss in kcal/h,

T — temperature of the body (37°C or $273 + 37 = 310^{\circ}\text{K}$ —degrees Kelvin),

T_b — temperatures of the environment ($273 - 60 = 213^{\circ}\text{K}$),

S — surface area of the body (for an average adult it is considered to be 1,8 sq. m),

C — surface heat exchange coefficient (for the human body it is approximately 4 W/sq. m · K). Convection heat transfer under such conditions comprises about 700 W, or 600 kcal/h.

Radiation heat losses are calculated by the Stefan—Boltzmann law (2):

$$P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot S \cdot (T_s^4 - T_a^4), \quad (2)$$

where P — heat energy lost by a person via radiation due to the interaction with the environment,

T_s — average skin temperature acquired at the lower tolerance threshold at 20 °C,

σ — Stefan—Boltzmann's constant equal to $5,7 \cdot 10^{-8}$ W / sq. m · K⁴,

ε — adjustment coefficient for a white person's skin equal to 0,55. In this case the heat loss of a naked person via radiation at -60 °C for an hour amounts to 300 W, or 250 kcal/h.

In total, the resulting heat losses of a naked person under the given conditions comprise approximately 1.000 W, or 860 kcal / h.

Inspiratory air heat losses are also mentioned in most physiology textbooks in this section. However, the accurate calculation of the required amount of heat shows remarkable infinitesimals. Thus, warming of 0.5 L of air (average inspiratory volume) from -60 °C to +35 °C requires only 0.015 kcal. A person inhales about 500 L an hour expending 15 kcal—1.5 % of the resulting heat losses of 860 kcal/h. The reason is extremely little air thermal capacity: only 0.241 kcal/kg·K.

How do we warm up?

The calculated heat losses must be compensated by heat production, otherwise our protagonists would not have survived. It is a conventional belief that all the cells of the organism produce heat, as oxidation processes are in progress. It is also assumed that to support constant temperature, additional heat is produced:

- 1) by skeletal muscle contractions not only voluntary but also involuntary, i. e. cold shivering; contractile thermogenesis releases 800 W;
- 2) due to up-regulation of internal heat release unrelated to muscle contractions; non-contractile thermogenesis releases about 400 W.

In this case the total of contractile and non-contractile thermogenesis amounts to 1 200 W (about 1 000 kcal/h) [Fanger, 1970], which does not surpass

considerably the heat losses of the organism at the temperature of -60°C within an hour.

In other words, by approximation calculation everything coincides right down to the assumptions made. It turns out that Tibetan monks demonstrate no wonders and a cold-friendly person can survive this deadly—at first sight—cold without any years-long Buddhist meditation.

Why the shell cannot heat the core

In 1850, professor of Berlin University Rudolf Clausius states one of the fundamental laws of nature: “Heat cannot transit by its own volition from a colder body to a warmer one” [Clausius, 1850]. This postulate, famous as the second law of thermodynamics in the initial definition by Clausius, is ignored in most works on thermoregulation of a warm-blooded organism. The matter is that elevated temperature of warm-blooded animals is constant only in the “core” of the organism. That is exactly why such animals are more accurately called homoiothermal—with the permanent temperature. And this core is surrounded by a shell of peripheral tissues whose temperature is lower and in a greater degree depends on the environment, i. e. becomes cold in freezing temperatures as with cold-blooded (poikilothermal—with changeable temperature) animals. In Fig. 2, there are isotherms which show the ratio of a homoiothermal body core with weighted average temperature 37°C and its poikilothermal shell whose temperature varies depending on ambient temperature.

It is easily seen that under the conditions of cold almost all skeletal muscles are in the area of lowered temperature. Thus, according to the second law of thermodynamics, heat transfer can only be directed from the core of the body outwards, to the muscles and then from the muscles further to the next “fridge”, i. e. into the outside environment. Therefore, whatever the quantity of the heat produced by muscles, they can heat inner organs only if heat-insulating external layer is available. It can be fur, wool or warm clothing made of the aforementioned wool or fur, which create a layer of air around the body and return the heat to the organism. For a naked person, all the heat produced by skeletal muscles will be used for heating the environment, but not the “core” of the body.

In summary, contractile thermogenesis in muscles can be of any use only if heat insulation is available.

Homoiothermia is not only warm-bloodedness

An interesting fact is that for the first time the heat-producing ability of isolated muscles was noted in the tailor’s muscle of a frog (frog sartorius)—a typical

cold-blooded animal, and up to the present day the quantitative ratios for heat-production components are known only for the muscles of amphibians. Even though it is unclear how applicable they are to warm-blooded animals, most works in physiology of thermoregulation imply universalism of these ratios. Accordingly, after in 1949, English physiologist Archibald Vivien Hill (the Nobel prizeman in 1922 for advances in the production of heat in muscles) found out that heat production of a single contraction of a toad's muscle is 3 mcal/g [Hill, 1949], this exact figure was named in scientific literature as the energy constant of a single muscle contraction typical for all the other animals including the human being [Bendall, 1969].

But the muscle ability of amphibians to diffuse energy in the form of heat does not make them warm-blooded animals. Most flies can also generate heat by contracting their flight muscles. For instance, in spring, a bumblebee sets out first to collect nectar, as the fluff on its body helps it keep the heat produced by the flight muscles. As for the vanessa butterfly, even in cool weather at 10 °C by fluttering its wings it manages to warm itself up to 35 °C within minutes, and during the flight its temperature reaches 37 °C, as with warm-blooded species. But insects are incapable of thermal stability, which is called homiothermia.

The main point of homiothermia is not in the fact that muscles of warm-blooded animals produce more heat than a frog's muscles, it is all about a fundamentally different pattern of reaction to the temperature of the environment. When the environment temperature drops, the metabolism of cold-blooded animals decreases up to complete anabiosis. The reaction of warm-blooded animals and human beings is absolutely different: with the ambient temperature rising, the metabolism must decrease, and with falling ambient temperature—vice versa, it increases to produce more heat. It depends only on the source of this additional heat, which most works on physiology traditionally associated with muscular thermogenesis, both contractile and non-contractile [Ivanov, 1980]. As noted above, it contradicts the second law of thermodynamics in the original form by R. Clausius. Muscular and connective tissue membranes are essentially unable to heat the core and perform as thermal insulators at best. Vasomotor reactions of cold adaptation are provided for this purpose, they ensure that peripheral blood supply reduces dramatically which indeed decreases heat loss. However, only skin and muscle coat is clearly a bad heat insulator for a naked man in the cold with piercing wind. For this very reason, famous Canadian researchers of cold resistance, Alan Burton and Otto Edholm, the authors of the classical work *Man In A Cold Environment*, call the environment temperature of +2 °C absolutely deadly for a naked person [Burton, 1955].

If there is a source for heating the “core” of a human body, it must be deep inside the body. Liver, intestine and brown fat are often mentioned as potential organs of inner heat production. However, even rough calculations prove that

they are not enough to compensate for the heat losses of a naked person in the piercing cold.

So little brown fat

A lot of reports about extremely high thermoregulatory activity of brown adipose tissue have arisen in the last 50 years. It is clusters of brown fat cells scattered all around the organism. Noticeable amounts can be traced only in mammals and, in contrast with the common white fat which oxidises in the liver, brown fat oxidises its components (fatty acids and glycerol) within its own cell, whereby most part of the oxidation energy becomes heat. It is of brown colour due to abundance of mitochondria, where intensive lipid oxidation takes place. It is brown fat that enables animals to swim in cold seas and survive during winter slumber. Besides, large accumulation of brown fat prevents mammal youngsters from supercooling due to rapid temperature change at birth. The same mechanism of non-contractile thermogenesis in brown adipose tissue is found with human new-born babies. Unfortunately, relative mass ratio of brown fat in an adult's body hardly amounts to 1 % of body weight [Cypess, 2009], and the accurate calculation of the greatest possible contribution of brown fat into heat production proves that its heat diffusion can raise the body temperature by hardly 0,05 °C (by the condition of maximum permissible cell internal temperature of 42 °C). It is evident that brown fat cannot be viewed as an efficient heat source for protecting a human being from cold [Ivanov, 2007, 68].

To give a complete picture, let us consider the liver which is also viewed as a significant contributor to heat production. However, its relative mass ratio is not significantly larger than the amount of brown fat in a human organism: the average liver weight of 1,5 kg barely equals to 2 % of an average person's weight of 70 kg. Even though the temperature in the liver is two or three degrees more, its heat production potential needed for heating the "core" of the body does not go far beyond this. The temperature difference inside and outside the liver is too little, and the volumetric blood velocity through the liver is too little as well. The same can be said about the heat production in the intestine. Rough calculations prove that only abdomen heat production is clearly not enough to support homiothermia, especially at -60 °C.

Thermogenesis in lungs?

In 1960, the publishing house of the USSR Academy of Sciences issued a monograph by Soviet biophysicist of Austrian descent, senior associate of Biophysics Institute of ASUSSR, K. S. Trincher with at first sight quite an intricate title

“Heatproducing function and reactional alcalinity of lung tissue” [Trincher, 1960]. The author’s doubts upon naming the book so vaguely were not unfounded. The role of the airways and lungs in cooling the homiothermic organism over-heated with its own heat is renowned. For instance: in the heat a dog breathes frequently with its tongue stuck out which prevents the fur-covered animal deprived of perspiratory glands from overheating. But the participation of the lungs in the production of heat—a phenomenon discovered, in fact, by K. S. Trincher,—is still a well-grounded but not conclusively proved hypothesis.

Researching what became of the fats inside the organisms of warm-blooded animals, K. S. Trincher turned his attention to a well-known fact: when blood goes through the lungs, i. e. in the pulmonary circuit, it is stripped of the fats. This discovery was made by French physiologists H. Roger and L. Binet almost a century ago. Since then, vast experimental material has been accumulated and it has been specified what kind of fats, fatty acids and fat-like substances oxidise in the lungs.

In his last works written already in his native language, German, being professor of Vienna University, he called this phenomenon with a direct word *Fettverbrennung* (German, “fat burning”) [Trincher, 1991, 25]. Indeed, it is the lungs through which all the circulating blood passes within a short time that are the best candidate for the role of a heater which sustains the thermal homeostasis. In the heat the lungs will allow the blood to cool and in the cold, on the contrary, heat it. A significant advantage of the lungs as the main heat producing organ is that in the alveole there is no physical or chemical prohibition on the exceeding of the maximum permissible temperature of intracellular oxidation (not more than 42 °C, the temperature of protein

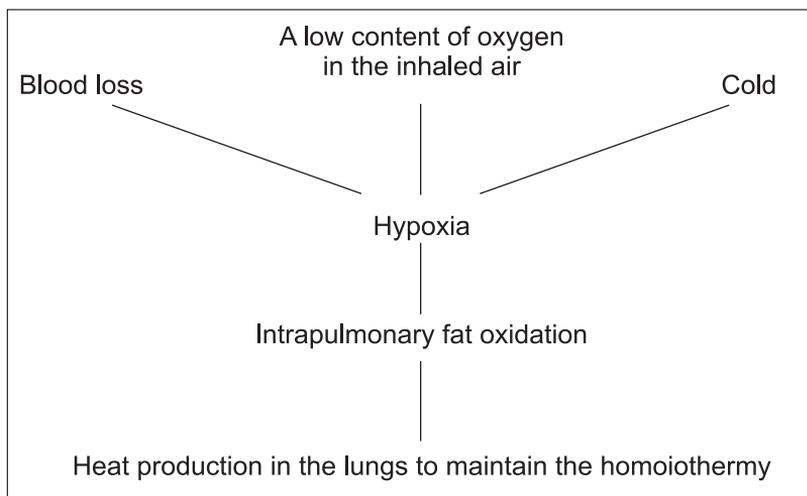


Fig. 4. Conditions triggering intrapulmonary thermogenesis [Trincher, 1991, 25]

folding), first of all, due to efficient heat transfer via the pulmonary circuit. By the way, the phenomenon of “walking on fire” is explained in the same way: undisturbed circulation in the foot transfers the heat of the coals without allowing any thermal injuries.

The blood heated in the lungs, like a warmed-up liquid transfer medium, is delivered to the “core” of the body for its immediate heating, preventing the premature cooling of the extremities of a warm-blooded animal. This is the way the hemodynamic thermal regulation of a warm-blooded animal is implemented. In addition, the power capacity of thermogenesis in the lungs should be much higher than the one of contractile and non-contractile thermogenesis.

What about gTum-mo?

Now we can get back to the mysterious practice of Tibetan yogi. This very non-respiratory lung function allows us to breathe in frosty weather, as freezing air heats along with blood due to intrapulmonary lipid oxidation which produces heat, carbon dioxide and water which is let out in the cold in the form of familiar clouds of “vapour”.

However, the most significant of K.S. Trinchler’s scientific result does not involve the theoretically and experimentally proven fact of nonenzymatic lipid oxidation in the lungs, but the discovery of the conditions causing this process. Having found out a rise in temperature in the lungs of the experimental animals alongside acute blood loss, K.S. Trinchler enumerates and finds experimental support of the other conditions triggering intrapulmonary thermogenesis (Fig. 4).

The major purpose of science is to discover this kind of mechanisms. Phenomena which are in no way connected with each other turn out to have a linking pattern unknown before. In this case, it can be described in one word—*hypoxemia*, reduction of oxygen supply in blood. It triggers thermogenesis in the lungs not only in the cold, when the hypoxemic signal results from a peripheral vascular spasm, but also during physical activity when the muscles which actively consume oxygen from the blood, rapidly cause the same hypoxemic signal triggering the process of heat production in the lungs. That is why having warmed up to the point of sweat we take off the clothes in the cold so that it was more convenient to chop wood. Just in case, we will repeat it one more time: muscular (contractile) thermogenesis, which was considered responsible for the increased production of heat during intensive exercising, sends off all the produced heat to warm up the cold air around the body but not to the inner “core” of the body. As for the thermogenesis caused by functional hypoxia, it heats us under any conditions—both in the cold and, all the more so, in the heat.

Reconstruction

Our own research has enabled us to reconstruct the technology of gTum-mo and to carry out experiments of the method under different conditions (air cooling, waterfalls, still cold water) [Minvaleev, 2014].

That was the exact approach that in his days enabled famous researcher of yoga practices Mircea Eliade to unite different ways of initiation of “inner fat” (shamanic fat, Vedic Tapas, Kundalini yoga and Tibetan gTum-mo) in a logical evolution of successive adoption: “...gTum-mo is a yoga-tantric exercise well-known in the ascetic tradition of India. We have already mentioned the burning fever arising with the Kundalini awakening. The texts say that psychological heat appears by means of breath holding and transformation of sexual energy...” [Eliade, 1958, 331]. It is worth pointing out that this conclusion of Mircea Eliade was not only based on comparative analogies but also on his own experience of mastering a number of yoga practices, including pranayamas, in ashrams of Rishikesh, Northern India.

The same conclusion was drawn by G.N. Mouzroukov who published detailed instructions on gTum-mo practice after studying in one of Tibetan monasteries in Amdo district of Tibet [Mouzroukov, 2013]. In our opinion, it was Mouzroukov’s own experience that gave grounds for labeling the practice of Kundalini awakening as “predecessor of gTum-mo”, which enabled us as well to use the famous yoga technologies to reconstruct gTum-mo techniques outside of tantric religious concepts.

Hypoxic stimulus of intrapulmonary thermogenesis, according to [Trincher, 1960; Trincher, 1991], turned out to be quite an adequate explanation of the heating (tapas) effect of breath holding (pranayama) and propulsive movement of the anterior abdominal wall (Agnisara/Nauli), which are also found among the exercises during the practice of gTum-mo [David-Néel, 1929].

In the practice of so-called *Kundalini awakening* (Fig. 5) the successive triple Bandha (Mula—Uddiyana—Jalandhara) was used in various variants. Sometimes all Bandhas were performed together, sometimes each Bandha was practised separately in combination with asanas and/or pranayama (Maha Bandha, Bhujangasana, Mahamudra, Mahavedtha). All these techniques were presented in detail in the corresponding literature [The Yoga Upanishads, 1938]; using it, we restored them relying on the published methodology by Gleb Mouzroukov [Mouzroukov, 2013], a number of published texts on gTum-mo practice [Teaching of Tibetan Yoga, 1963; Thubten Yeshe, 1998].

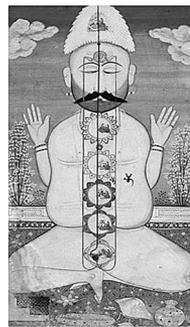


Fig. 5. Outline of visualised channels when practicing Kundalini awakening

Methodology of urgent increase of heat production based on adapted yoga practice of internal heat “gTum-mo” (authors: A. I. Ivanov, R. S. Minvaleev, and V. I. Timofeev)

Conditions of use

A secluded place to minimise distractions. A cold ambience is advisable to provide feedback of the effective mastering of the practice and for excessive heat removal (overheat protection). For instance:

- 1) sitting in the cold at subzero temperatures (in a park, on a balcony);
- 2) sitting in cold water with the head above the water (it could be an ice bath);
- 3) sitting in a waterfall with the head not under the falling water.

Sequence of actions and visualisations whose aim is to provide the regular muscular tension (ideomotion):

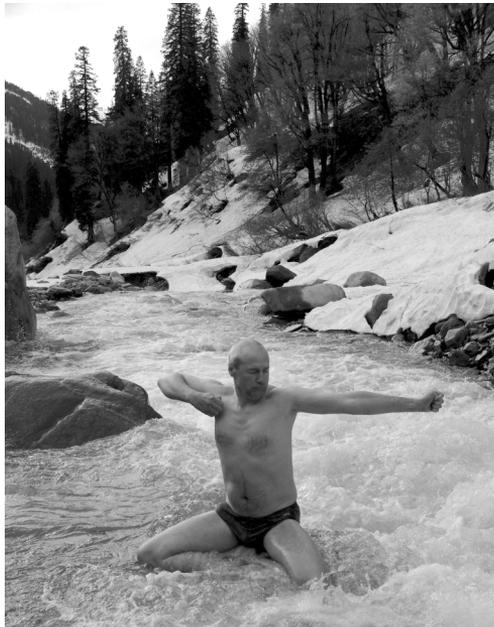


Fig. 6. Preparatory exercises *Trul khor* at the upper reaches of the Beas River (Northern India). Performed by V.I. Timofeev

Warm-up exercises (can be done in outdoor apparel):

1. Take a Patanjali asana, i.e. a comfortable and steady sitting position (*Lotus*, *Halflotus*, cross-legged; if necessary, sit on something soft to provide lumbar lordosis and to avoid distraction).
2. Do exercises: *Trul khor* (*sipping lion*, *pulling bow* (Fig. 6), twisting, stretching upwards, self-massage of the torso to the limbs and other “Tibetan fitness”, for instance, by G.N. Mouzroukov [Mouzroukov, 2013]).
3. Straightening of the spine by setting the hands against the thighs and bringing the shoulder blades together simultaneously.
4. Blowing each nostril in succession pinching the other one.
5. Agnisara (Nauli).
6. *Filling like a Vase—a breathing technique*: slow and quiet inhales and exhales monitoring the air flow in the nostrils (cool when inhale, warm when exhale), with the emphasis on abdominal breathing (puff the lower abdomen when inhale, gather it in when exhale). It is performed until getting the feeling of tranquilisation, muscle relaxation and the ability for keeping a steady focus.

Main practice

1. Obligatory nose blowing via each nostril in succession (see the warm-up exercises) to clear the airways.
2. Do the asana. Imagine (visualise) a straight tube inside your body (*Sushumna* / *Avadhuta*)—the ideomotor technique to keep the back straight (sit as stiff as a poker). The tube is open through the top of the head.
3. Inhale and, while gathering in the lower abdomen, do Agnisara (Nauli) until the feeling of warmth in the chest or back behind the sternum (the start of extreme heat production).
4. Cup the hands together placing the right hand over the left one four fingers below the belly button joining the thumb cushions together over the cupped hands. Press without any tension the joined thumbs below the belly button (the ideomotor indication of the area of starting up heat production—see below).
5. Exhale three times slowly and tranquilly, each of the inhales should be longer than the previous one, until alveolar air is disposed of, then inhale in three stages making each intake of breath longer than the previous one.
6. Inhale slowly and deeply keeping your back straight and bringing the shoulder blades together, and keep *Jalandhara Bandha* so that you could see the joined thumbs.
7. When inhaling, visualise two streams of air through the left and right nostrils separately and direct the both visualised air streams (“winds”)

- on the right and left of the central visualised tube (Sushumna/ Avadhuta) downwards (four fingers below the belly button where the cupped hands are—ideomotor obstacle to dropping the “wind” down).
8. Enhance the obstacle to dropping the “wind” (visualised air flow) downwards by doing easy Mula Bandha (the strain should be the same as to regularly prevent the emission of the amassed gases in the intestine—the same “winds” from the intestine).
 9. Lower the diaphragm puffing the abdomen slightly (*Filling like a Vase*).
 10. Visualise a balloon in the lower abdomen with an ejecting tube upwards (Sushumna/ Avadhuta). The tube is closed off by keeping Jalandhara Bandha (“sealed up vase”, i. e. Kumbhaka).
 11. Squeeze the “balloon” from the bottom on the right and left by tightening the crotch upwards (in fact, intensify Mula Bandha).
 12. Imagine bending of the left and right flows of the visualised “wind” following the muscle tightening of the crotch (Mula Bandha), as if joining the both flows into the central visualised tube on the right and left below keeping in your mind the contact of the thumbs above the cupped hands and the abdomen area slightly lower the belly button (see para. 4) (Fig. 7).
 13. Exhale slowly, visualising the out-breath through the central tube, as if releasing the air out of the visualised balloon in the lower abdomen by squeezing it from below (Mula Bandha) and from above with the diaphragm.
 14. Observe how a fire ball appears in the abdomen and starts heating the whole body, which can sometimes be felt already after the practice (the

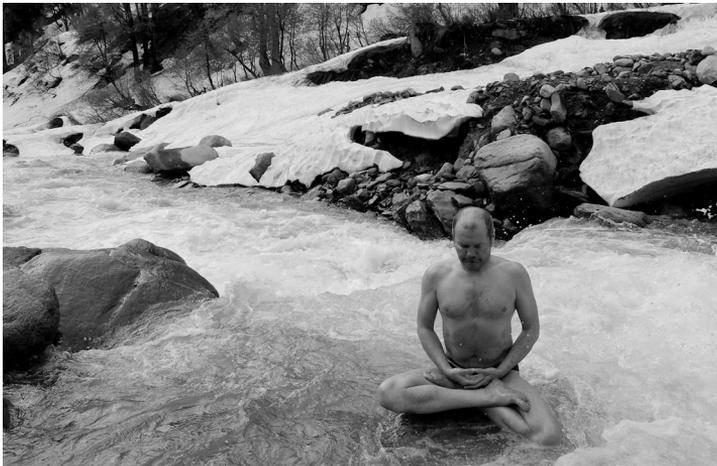


Fig. 7. gTum-mo practice at the upper reaches of the Beas River (Northern India).
Performed by R. S. Minvaleev

- feeling of heat should arise by itself without any images of fire, a burning coal and so on).
15. For some time stay in the sitting position and enjoy the released heat. Then repeat the practice from para. 5 to 13, but add Agnisara if necessary (para. 3).
 16. The termination of the practice should be done gradually. For instance, walk out of the water and in the open air, continue the practice of the heating breathing for some time to keep the thermal balance.

Safety measures

1. The practice should be set about with relative physical health.
2. Terminate the practice in case of cold shivering.

Conclusions

1. The physiological component of gTum-mo practice comes down to methods of increase of heat production which is verified by cold tests.
2. Two technologies have been reconstructed which derivate from the famous Hatha Yoga: 1) Agnisara/Nauli, 2) the sequence of muscle locks (Bandhas) for the so-called *Kundalini awakening*.
3. The visualisations come down to ideomotor instructions to provide the right (for gTum-mo yoga) tonic and dynamic straining of the corresponding set of muscles and (or) respiratory movements.

Acknowledgment

We deeply thank I. V. Arkhipova, CEO of the *Faraon* studio of historical films and the organiser of international research expeditions to the Himalayas, carried out through the project “V Poiskakh Utrachennykh Znaniy” (In Search of Lost Knowledge).

REFERENCES

1. Bassett D.R. Scientific contributions of A. V. Hill: exercise physiology pioneer // *Journal of Applied Physiology*. 2002 (Nov). 93 (5). Pp. 1567–1582. doi: 10.1152/jappphysiol.01246.2001.
2. Bendall J.R. *Muscles, Molecules and Movement. An essay in the contraction of muscles*. London: Heinemann educational books LTD, 1969.

3. Benson H. *The Relaxation Response*. N. Y.: William Morrow, 1975.
4. Benson H. The relaxation response: history, physiological basis and clinical usefulness // *Acta medica Scandinavica, Supplementum*. 1982. 660. Pp. 231–237.
5. Benson H., Lehmann J. W., Malhotra M. S., Goldman R. F., Hopkins J., Epstein M. D. Body temperature changes during the practice of gTum-mo yoga // *Nature*. 1982 (January). 295 (5846). Pp. 234–236.
6. Burton A. C., Edholm O. G. *Man in a cold environment. Physiological and Pathological Effect of Exposure to Low Temperatures*. London: Edward Arnold, 1955.
7. Clausius R. Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen // *Annalen der Physik*. 1850. 155. P. 500–524. doi:10.1002/andp.18501550403.
8. Cromie W. J. Meditation changes temperatures: Mind controls body in extreme experiments // *Harvard Gazette*. 2002.04.18. URL: <https://news.harvard.edu/gazette/story/2002/04/meditation-changes-temperatures/> (accessed August 15, 2018).
9. Cypess A. M., Lehman S., Williams G., Tal I., Rodman D., Goldfine A. B., Kuo F. C., Palmer E. L., Tseng Y. H., Doria A., Kolodny G. M., Kahn C. R. Identification and importance of brown adipose tissue in adult humans // *The New England Journal of Medicine*. 2009 (Apr). 360 (15). Pp. 1509–1517. doi: 10.1056/NEJMoa0810780.
10. David-Néel A. *Mystiques et magiciens du Thibet*. Paris: Plon, 1929.
11. Eliade M. *Yoga: Immortality and Freedom*. NY: Pantheon, 1958.
12. Fanger P. O. *Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering*. N. Y.: McGraw-Hill, 1970.
13. Herman I. P. *Physics of the Human Body*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007.
14. Hill A. V. The heat of activation and heat of shortening in a muscle twitch // *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*. Vol. 136. No. 883. 1949. Pp. 195–216.
15. Ivanov K. P. The muscle heat production after adaptation to cold // *Medical biology*. 1980 (Apr). 58 (2). Pp. 76–81.
16. Ivanov K. P. *Osnovy jenergetiki organizma: Teoreticheskie i prakticheskie aspekty*. T. 5: Jenergetika zhivogo mira. Fiziologicheskije problemy (Principles of energetics of an organism: Theoretical and applied aspects. Vol. 5: Energetics of animate world. Physiological problem) [In Russian]. St. Petersburg: Nauka, 2007.
17. Katkov A. J. Golod protiv holoda? (Hunger against Cold?) // *Himija i zhizn'* (Chemistry and life). [In Russian.] 1978, 1. Pp. 55–58.
18. Kozhevnikov M., Elliott J., Shephard J., Gramann K. Neurocognitive and somatic components of temperature Increases during gTum-mo meditation: Legend and reality // *PLoS one*. 2013 (Mar). 8 (3). e58244. doi: 10.1371/journal.pone.0058244.

19. Laletina E. *Mozhno li vyzhit' golomu na vysote 7 500 m pri -60 gradusah?* (Can you survive naked at the height of 7 500 m at -60 degrees?) [In Russian]. URL: <http://russianclimb.com/russian/korshunov5.html> (accessed August 15, 2018).
20. Minvaleev R. S., Bogdanov A. R., Bogdanov R. R., Bahner D. P., Marik P. E. Hemodynamic observations of gTum-mo yoga practitioners in a Himalayan environment // *Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2014 (April). 20 (4). P. 295–299. doi: 10.1089/acm.2013.0159.
21. Mouzroukov G. *La pratique de base des six enseignements de Naropa: le yoga de l'éveil de la chaleur interne*. Paris: Ed. Médecis, 2013.
22. Pasachoff J.M., Strassburg M. A., Benson H. Body temperature changes during the practice of gTum-mo yoga. Comment and replay // *Nature*. 1982 (July). 298 (5872). P. 402.
23. *Readings on The Six Yogas of Naropa* / Translated, edited and introduced by Glenn H. Mullin. Ithaca (USA): Snow Lion, 1997.
24. *Tantric Ethics: An Explanation of the Precepts for Buddhist Vajrayana Practice* / Translated by Gareth Sparham; foreword by Jeffrey Hopkins. Boston: Wisdom Publications, 2005.
25. *Teaching of Tibetan yoga* / Translated and annotated by Garma C.C. Chang. New Jersey: Institute for Inner Studies Inc., 1963.
26. Thubten Yeshe. *The Bliss of Inner Fire: Heart Practice of the Six Yogas of Naropa*. Boston: Wisdom, 1998.
27. Trincer K.S. *Teploobrazovatel'naja funkcija i shhelochnost' reakcii legochnoj tkani* (The Heat-Forming Function and Alkalinity of Reaction of Lung Tissue) [In Russian]. Moscow: AN SSSR (USSR Academy of Sciences), 1960.
28. Trincer K.S. *Über das Wasser und die Warmblütigkeit* // *SANUM-Post*. 1991. 15. Pp. 21–26.
29. Wylie T. *Ro-Langs: The Tibetan Zombie* // *History of Religions*. 1964 (Summer). 4 (1). Pp. 69–80.
30. *The Yoga Upanishads* / Translated into English (on the basis of the commentary of Sri Upanisad-Brahma-Yogin) by T. R. Srinivasa Ayyangar, B. A., L. T.; and edited by Pandit S. Subrahmanya Sastri, F. T. S. Adyar; Madras: The Vasanta Press, 1938.

Минвалеев Р. С., Тимофеев В. И., Иванов А. И.;
Левитов А.

Санкт-Петербург / Восточная Вирджиния, США

ТИБЕТСКАЯ ЙОГА ТУММО: ФИЗИКА, ФИЗИОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТИ

Тибетская йога туммо, одна из базовых практик Шести йог Наропы, с одной стороны, относится к одной из самых закрытых психотехник тибетского буддизма, а с другой стороны — является своеобразной «визитной карточкой» тибетского тантризма. Способность адептов туммо длительное время противостоять холоду без признаков холодового стресса всегда привлекала внимание сторонних наблюдателей [Давид-Неэль, 2003, 275; Элиаде, 2012]). Известная картина Н. К. Рериха «На вершинах», где изображен обнаженный йогин, сидящий в позе лотоса среди заснеженных горных вершин, вероятно, также была зарисована с натуры.

В рамках традиции тибетского буддизма повышение холодоустойчивости при выполнении практики туммо преподносится, с одной стороны, как побочный эффект тантрических практик, а с другой стороны — широко используется как критерий успешной реализации [Тубтен Еше, 2010; Музруков, 2010].

С позиций естествознания из всех шести составляющих йог Наропы именно йога туммо может быть рассмотрена как верифицируемое явление, поскольку механизмы тепловыделения теплокровного организма не требуют привлечения метафизических представлений, коими наполнены прочие феномены тибетского буддизма. Например, в одной из Шести йог Наропы мы встречаем наставления Чже Цонкапы — великого реформатора тибетского буддизма, основателя секты Гелуг, «Второго Будды» и т. п. — о переносе сознания (*пхова*) в труп «без гнойников» с последующим его оживлением. Более того, подробно расписана предварительная апробация на «оживлении» трупа коровы или другого крупного животного [Цонкапа, 2010, 79]. Такого рода религиозные наставления не имеют вразумительного предмета в рамках естественнонаучной парадигмы

и в лучшем случае вызывают исключительно этнографический интерес [Васильев, 2010, 28]. В противоположность этому успешная реализация йоги туммо проверяется вполне выполнимыми физическими испытаниями на холодоустойчивость [Давид-Неэль, 2003, 275], которые доступны и для воспроизведения в автоэксперименте, и для объективного изучения [Benson, 1982; Минвалеев, 2008; Минвалеев, 2012; Минвалеев, 2014]. Иными словами, цель данной работы — найти реальную составляющую практики туммо, которую можно и нужно выделить в рамках естественнонаучной парадигмы, отсекая религиозно-ритуальную компоненту как излишнюю.

Таким образом, возникает первый вопрос — о механизмах такого рода повышения холодоустойчивости, что вдохновило ряд исследователей на изучение тибетских монахов, практикующих туммо, в районах их непосредственного проживания.

Объективные исследования

В 1981 г. по приглашению Далай-ламы ассоциированный профессор Гарвардского университета Герберт Бенсон с коллегами прибывает в Дхарамсалу (Северная Индия), где получает возможность изучить трех буддийских монахов непосредственно в местах их постоянного проживания [Benson, 1982]. Эксперименты были проведены в феврале 1981 г. и для

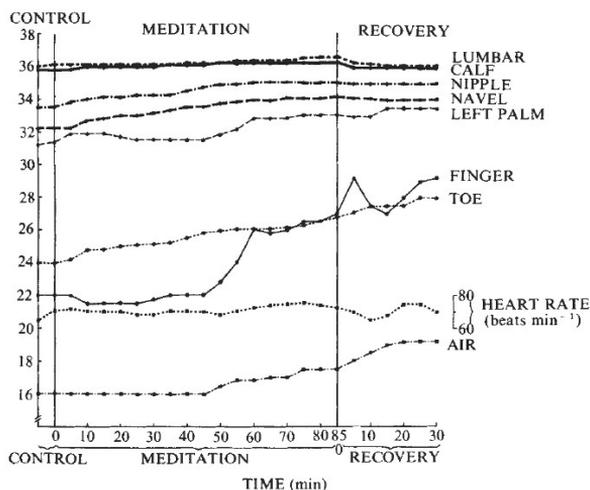


Рис. 1. Изменения температуры кожи, окружающей среды (на рисунке обозначено как AIR) и сердечного ритма до, во время и после практики туммо у испытуемого J. T. [Benson, 1982, 235]

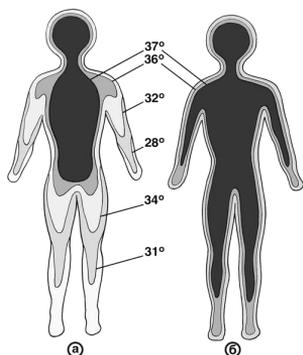


Рис. 2. Изотермы обнаженного человека в условиях холода (а) и жары (б) [Герман, 2011, 482]

этого времени это были достаточно суровые условия но, судя по опубликованным результатам, монахи отказались подвергать себя собственно холодным испытаниям. А именно — температура помещения, где проводились исследования, на всем протяжении экспериментов не опускалась ниже стандартного комфортного диапазона (от 16 до 20 °С), что следует из всех трех температурных графиков, представленных в работе (наиболее наглядно на рис. 1).

В выводах сообщается только о том, что «испытуемые продемонстрировали способность увеличивать температуру пальцев рук и ног на 8,3 °С» [Benson, 1982, 235]. Поскольку найденный результат вполне укладывался в концепцию самого Бенсона о так называемом релаксационном ответе, кото-

рый он описывает как «физиологическое состояние, противоположное стрессу» [Benson, 1975], то и претензий к монахам у авторов статьи, по-видимому, не возникло. Можно предположить, что американские ученые не настаивали, а тибетские монахи решили, что так оно и должно было быть.

Собственно, по кусочно-линейной графической интерпретации температурных отведений от пальцев рук и ног испытуемых монахов (потративших, по их устным заявлениям, до шести лет на изучение практики туммо) можно заключить, что Герберт Бенсон с коллегами зафиксировали хорошо известные результаты отогревания периферии у испытуемых, пришедших с мороза в теплую комнату (см. рис. 2).

Иными словами, вопрос об объективной проверке на собственно холодоустойчивость в данном исследовании даже не был поставлен. Возникшая дискуссия, опубликованная уже в июле 1982 г. в том же журнале Nature [Pasachoff et al., 1982, 402], оставила открытыми ряд вопросов, и в 2001 г. Бенсон добился выделения от Фонда семьи Гиннесс суммы в 1,25 млн долл. для изучения «необыкновенных способностей тибетских монахов согреться на морозе без огня и одежды». Поступившие средства дали возможность привезти трех монахов, владеющих туммо, в поместье Гиннессов в Нормандии для непосредственного изучения их способности противостоять холоду. Произошло это в июле 2001 г. На месте выяснилось, что «мастера туммо» не готовы сразу продемонстрировать свои чудесные возможности и им потребуется минимум «100 дней для достижения полной медитативной способности». Все это время они жили в поместье Гиннессов вместе с командой Герберта Бенсона, пока один

из монахов не получил какую-то глазную инфекцию и не вышел из состава испытуемых. Наконец, в ноябре 2001 г. ученые провели необходимые испытания холодоустойчивости (рис. 3). Насколько можно понять из данного фотодокумента и краткого сообщения в газете Гарвардского университета [Cromie, 2002], «ученые получили ценные данные». Однако, по личному признанию Бенсона, «комната не была достаточно холодной, чтобы провести эксперименты должным образом». Иными словами, через 20 лет ученый повторил тот же подход, что и в Гималайских исследованиях 1981 г.

Что же дальше? Цитируем газету Гарвардского университета: «Его команда снова в эту грядущую зиму попробует провести исследования с шестью монахами. Они начнут практику в конце лета и будут готовы к испытаниям в самую холодную часть зимы». На этом доступные нам сведения о 20-летних исследованиях практики туммо группой профессора Бенсона заканчиваются.

Второе опубликованное исследование было выполнено Марией Кожевниковой с коллегами в отдаленном монастыре района Амдо Тибетского нагорья. Однако, согласно описанию условий эксперимента, Марию Кожевникову с коллегами вообще не допустили в комнату, где проводились испытания, что в целом обесценивает опубликованные результаты, сообщавшие об однократном повышении температуры тела у одного из испытуемых до 38 °С [Kozhevnikov, 2013].

Холодоустойчивость как она есть

Первый вопрос, ответ на который так и не был найден Бенсоном и Кожевниковой, вполне очевиден: а где она, эта пресловутая холодоустойчивость тибетских монахов? И если такие монахи существуют, то насколько их способности противостоять холоду превосходят возможности рядового европейского человека, который не практикует буддийскую медитацию?

Известно, что предельную холодоустойчивость изучали в 1942–1943 гг. эсэсовские врачи под руководством Зигмунда Рашера в концлагере Дахау. В частности, предметом исследований была и актуальная для нацистов тема холодоустойчивости лиц разных национальностей [Бартон, 1957, 276]. Насколько можно понять из доступных нам материалов об этих



Рис. 3. Измерения физиологических показателей у буддийского монаха в Нормандии, Франция. Во время медитации тело монаха производит достаточно тепла для того, чтобы высушить холодные, мокрые простыни, помещенные на его плечи в холодной комнате
Фото любезно предоставлено Гербертом Бенсоном

исследованиях, осужденных на Нюрнбергском процессе в числе прочих преступлений СС, наибольшую устойчивость к холоду проявили именно славянские военнопленные. Может быть, еще и по этой причине эксперименты по предельной холодоустойчивости (уже не преступные) нашли продолжение в СССР. К сожалению, большая часть этих работ все еще засекречена, но даже мимолетное ознакомление с некоторыми из них заставляет позабыть о чудесах тибетских респа.

В 1978 г. в советском научно-популярном журнале «Химия и жизнь» (№ 1) появляется статья кандидата медицинских наук Алексея Юрьевича Каткова «Голод против холода?», где автор — один из пионеров физиологического подхода к изучению йоги — приводит обзор исследований различных феноменов холодоустойчивости, упоминая и практику туммо [Катков, 1978, 56]. Позднее Алексей Катков провел на добровольцах и на самом себе такие исследования подобных явлений, перед которыми блекнут и подвиги тибетских йогов, и все чудеса морозостойкости из Книги рекордов Гиннеса.

Работая на военных и космическую программу СССР, незадолго до своей трагической гибели на Эльбрусе А. Ю. Катков выполнил в Институте медико-биологических проблем (Москва) потрясающие эксперименты с участием добровольцев. Удивительные люди — «кролики», как они себя называли, а фактически — супермены советской эпохи, готовые подвергнуть себя испытаниям ради любопытства, — смогли выдержать в климатической барокамере не то чтобы предельные, а запредельные условия. Многие участники тех испытаний здравствуют и поныне. Один из них — Борис Коршунов (род. 1935), известный среди покорителей горных вершин как человек-легенда советского альпинизма. Предоставим же ему слово: «Много было исследований для выявления резервов человеческого организма. Расскажу об одном из экспериментов, который проводился в году в 1977 или 1978-м, точно не помню. Я был в той команде из шести испытуемых... Задача — проверить организм человека на выживаемость при крайне низкой температуре и большой высоте. Нас помещали в барокамеру (высота 7500 м) при температуре -60°C , голыми, на один час... Тепло одетая девушка-врач сидела с нами, фиксировала наши данные. Мы, голые, сидели в самолетных креслах, и при -60°C все волосы на теле, какой бы длины они ни были, вставали дыбом — понятно, что при этом у поверхности тела образовывался промежуточный слой с более высокой температурой. Тогда врач, которая за нами наблюдала, предложила: в камере включать вентилятор два метра диаметром каждые 10 минут для того, чтобы сдувать этот промежуточный слой. Надо сказать, что вот тогда нам пришлось очень тяжело при -60°C и при вентиляторе в течение часа...»

Это интервью появилось на одном из сайтов, посвященных истории российского альпинизма [Лалетина, 2006]. Мы перепечатали его почти полностью, поскольку все числовые результаты этих уникальных экспе-

риментов достались военным и вряд ли в ближайшее время станут открытыми. Тем не менее ниже мы приводим наши приблизительные теплофизические расчеты, исходя из упомянутых условий этих экспериментов.

Как мы остываем?

Очевидно, что все тела (живые или неживые, достигшие тантрической реализации или просто находящиеся на морозе) должны подчиняться известным законам физики теплопередачи, а если речь идет о живых телах, то еще и известным законам физиологии терморегуляции. Теплоотдача обнаженного тела в состоянии относительного покоя сводится к теплопроводению (конвекции), испарению через потоотделение и тепловому излучению. Потоотделение на морозе, как правило, приостанавливается [Бартон, 1957, 58], и тогда потери тепла будут описываться суммой теплоотдачи с поверхности тела за счет конвекции и излучения. Иными словами, организм остывает, нагревая воздух за счет разности температуры между ним и телом, а также излучая тепло в инфракрасном диапазоне. Формулы для количественной оценки этих процессов хорошо известны [Бартон, 1957, 46; Герман, 2011, 456].

А именно: потери тепла за счет проведения описывает закон охлаждения Ньютона (1) — скорость охлаждения тела прямо пропорциональна площади поверхности этого тела и разнице температур поверхности тела и окружающей среды:

$$H = C \cdot S \cdot (T - T_b), \quad (1)$$

где H — скорость теплоотдачи в ккал/час,
 T — температура тела (37°C или $273 + 37 = 310\text{ K}$ — градусов Кельвина),
 T_b — температура окружающей среды ($273 - 60 = 213\text{ K}$),
 S — площадь поверхности тела (для среднестатистического взрослого ее принимают за $1,8\text{ м}^2$),
 C — коэффициент теплоотдачи (для тела человека это примерно $4\text{ Вт/м}^2 \cdot \text{K}$). Теплоотдача конвекцией в таких условиях составит приблизительно 700 Вт , или 600 ккал/час .

Теплопотери излучением вычисляются по закону Стефана — Больцмана (2):

$$P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot S \cdot (T_k^4 - T_b^4), \quad (2)$$

где P — теплота, теряемая человеком посредством излучения при взаимодействии с окружающей средой,

T_k — средневзвешенная температура кожи, которую примем на нижнем пороге переносимости человеком в 20°C ,

σ — постоянная Стефана — Больцмана, равная $5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2\text{К}^4$,

ϵ — поправочный коэффициент для кожи белого человека, равный приблизительно 0,55. Тогда теплоотдача обнаженного человека излучением в течение часа при -60°C составит примерно 300 Вт, или 250 ккал/ч.

Итого суммарные теплопотери обнаженного человека в рассматриваемых условиях составят около 1 000 Вт, или 860 ккал/ч.

В большинстве учебников физиологии в этом разделе упоминают еще теплопотери на нагревание вдыхаемого воздуха. Однако точный расчет количества тепла, необходимого для этого, дает поразительно малые величины. Так, для нагрева 0,5 л воздуха (средний объем вдоха), от -60°C до $+35^\circ\text{C}$ потребуется всего 0,015 ккал. За час человек вдохнет примерно 500 л, затратив 15 ккал — 1,5 % от суммарной теплоотдачи в 860 ккал/ч. Причина этого — чрезвычайно малая удельная теплоемкость воздуха: всего 0,241 ккал/кг·К.

Как мы греемся?

Подсчитанные теплопотери должны быть скомпенсированы теплопродукцией, иначе наши герои просто не выжили бы. Согласно общепринятым представлениям, тепло производят все клетки организма, поскольку в них идут окислительные процессы. Считается также, что для поддержания постоянной температуры дополнительное тепло вырабатывается:

- 1) сокращениями скелетных мышц, как произвольными, так и непроизвольными, то есть холодовой дрожью; сократительный термогенез порождает приблизительно 800 Вт;
- 2) за счет усиления внутренних тепловыделений, не связанных с сокращениями мышц; несократительный термогенез дает примерно 400 Вт.

Тогда сумма сократительного и несократительного термогенеза составит 1 200 Вт (примерно 1 000 ккал/ч) [Fanger, 1970], что ненамного превосходит теплоотдачу организма при температуре -60°C в течение одного часа.

Иными словами, при приближенных вычислениях все сходится с точностью до принятых допущений. Получается, что никакого чуда тибетские монахи не демонстрируют и адаптированный к холоду человек без всякой многолетней буддийской медитации может выдержать этот на первый взгляд убийственный холод.

Почему оболочка не может согреть ядро

В 1850 году профессор Берлинского университета Рудольф Клаузиус формулирует один из фундаментальных законов природы: «Теплота не может сама собой переходить от более холодного тела к более теплому» [Второе начало термодинамики, 2007, 133]. Этот постулат, известный как второе начало термодинамики в изначальной формулировке Клаузиуса, игнорируется в большинстве работ по терморегуляции теплокровного организма. Дело в том, что повышенная температура у теплокровных животных постоянна только в «ядре» тела. Именно поэтому таких животных правильнее называть гомойотермными — с постоянной температурой. А ядро это окружено оболочкой периферических тканей, температура которых является более низкой и в большей степени зависит от окружающей среды — иными словами, на морозе остывает, как и у холоднокровных (пойкилотермных — с непостоянной температурой) животных. На рис. 2 приведены изотермы, показывающие соотношение гомойотермного ядра тела со средневзвешенной температурой 37 °С и его пойкилотермной оболочки, температура которой меняется в зависимости от внешней температуры.

Легко видеть, что в условиях холода практически вся скелетная мускулатура находится в области с пониженной температурой, так что, согласно второму началу термодинамики, теплопередача может быть направлена только от ядра тела наружу, к мышцам, и далее от мышц — к следующему «холодильнику», то есть во внешнюю среду. Из этого следует, что, сколько бы тепла ни производили мышцы, согреть внутренние органы они смогут лишь при наличии теплоизоляционной наружной прослойки. Это могут быть мех, шерсть или теплая одежда из тех же шерсти или меха, создающие слой воздуха вокруг тела и возвращающие тепло в организм. Для обнаженного человека все тепло, производимое скелетными мышцами, будет уходить на обогрев окружающей среды, но не «ядра» тела.

Итак, сократительный термогенез в мышцах может быть сколько-нибудь эффективен только при наличии теплоизоляции.

Гомойотермия — это не только теплокровность

Самое интересное, что впервые способность изолированных мышц производить тепло была зафиксирована на портняжной мышце лягушки — типичного холоднокровного животного, и до сих пор количественные соотношения между составляющими теплопродукции известны только для мышц земноводных [Хаскин, 1975, 73]. И хотя неясно, насколько они приложимы к теплокровным животным, в большинстве работ

по физиологии терморегуляции подразумевается универсальность этих отношений. Соответственно, после того как в 1949 г. английский физиолог Арчибальд Вивиен Хилл (удостоенный в 1922 г. Нобелевской премии «за открытия в области теплообразования в мышце») нашел, что теплопродукция одиночного сокращения портняжной мышцы жабы составляет 3 мкал/г [Hill, 1949], именно эта величина в научной литературе стала фигурировать как энергетическая константа одиночного мышечного сокращения, свойственная всем остальным животным, включая человека [Бендол, 1970, 177].

Однако способность мышц земноводных рассеивать энергию в виде тепла не делает их теплокровными животными. Большинство летающих насекомых также способны производить достаточное количество тепла за счет сокращений летательных мышц. К примеру, шмель весной первым отправляется на сбор нектара, поскольку опушение на теле позволяет ему сохранять вырабатываемое летательными мышцами тепло. А бабочка ванесса, взмахивая крыльями, даже в прохладную погоду, при 10°C, за несколько минут умудряется согреться до 35°C, а во время полета ее температура достигает 37°C, как у теплокровных. Но насекомые неспособны поддерживать постоянную температуру тела, что и называется гомойотермией.

Суть гомойотермии состоит не в том, что мышцы теплокровных животных производят больше тепла, чем мышцы лягушки, а в принципиально иной схеме реагирования на изменения температуры окружающей среды. У холоднокровных животных при понижении внешней температуры обмен веществ падает, и активность животного уменьшается вплоть до полного анабиоза. Совсем иная реакция у теплокровных животных и человека: при повышении температуры среды обмен веществ у них должен снижаться, а при понижении температуры — наоборот, увеличиваться для выработки большего количества тепла. Вопрос только в источнике этого дополнительного тепла, который в большинстве работ по физиологии терморегуляции принято связывать с мышечным термогенезом, как сократительным, так и несократительным [Иванов, 1965, 118]. Как мы уже выяснили, это противоречит второму началу термодинамики в первоначальной формулировке Р. Клаузиуса. Мышечная и соединительнотканная оболочки принципиально не могут согревать ядро и в лучшем случае исполняют роль теплоизолятора. Для этого и предусмотрены сосудодвигательные реакции холодовой адаптации, резко снижающие периферийное кровоснабжение, что в самом деле значительно снижает теплоотдачу. Но для обнаженного человека, выставленного на мороз с пронизывающим ветром, голая оболочка — явно плохой теплоизолятор. Именно поэтому известные канадские исследователи холодоустойчивости, Алан Бартон и Отто Эдхолм, авторы классического труда под названием «Человек в условиях холода», называют температу-

ру окружающей среды всего в $+2^{\circ}\text{C}$ абсолютно смертельной для обнаженного человека [Бартон, 1957].

Если какой-то источник и может согреть «ядро» тела человека, то он должен находиться глубоко внутри тела. В качестве возможных органов внутренней теплопродукции часто называют печень, кишечник и бурый жир. Однако даже грубые расчеты доказывают: их недостаточно для покрытия теплотерь обнаженного человека в условиях пронизывающего холода.

Так мало бурого жира

За последние 50 лет появилось много сообщений о чрезвычайно высокой терморегуляторной активности бурой жировой ткани. Она представляет собой разбросанные по организму скопления жировых клеток бурого цвета. В заметных количествах бурый жир встречается только у млекопитающих и, в отличие от обычного белого жира, который окисляется в печени, окисляет свои составные части (жирные кислоты и глицерин) в собственной клетке, причем практически вся энергия окисления идет на образование тепла. Бурый цвет он имеет из-за обилия митохондрий, в которых и происходит интенсивное окисление жиров. Именно бурый жир позволяет животным плавать в холодных морях или выживать в условиях зимней спячки. Кроме того, большие скопления бурого жира спасают детенышей млекопитающих от переохлаждения вследствие резкой смены температур при рождении. Этот же механизм недрожательного термогенеза в бурой жировой ткани найден и у человеческих новорожденных. К сожалению, у взрослого человека относительная масса бурой жировой ткани составляет едва ли 1 % от массы тела [Cypess, 2009], и точный расчет максимально возможного вклада теплообразования в буром жире доказывает, что диффузия тепла от него сможет повысить температуру всего тела лишь на $0,05^{\circ}\text{C}$ (при условии предельно допустимой внутриклеточной температуры в 42°C). Очевидно, для человека бурый жир нельзя рассматривать как эффективный источник тепла при защите от холода [Иванов, 2007, 68].

Для полноты изложения рассмотрим и печень, которой также приписывают значительный вклад в теплопродукцию. Однако ее относительная массовая доля незначительна, превосходит количество бурого жира в организме человека: средняя масса печени в 1,5 кг составляет едва ли 2 % от массы среднестатистического человека весом в 70 кг. И хотя температура в печени действительно на $2-3^{\circ}\text{C}$ больше, но этим и ограничивается тепловой напор, необходимый для нагревания «ядра» тела. Слишком мала разница температур внутри и вне печени, и слишком мала объемная скорость кровотока через нее. То же можно сказать и о теплопродукции

в кишечнике. Приблизительные расчеты доказывают, что тепловыделение в одной только брюшной полости явно недостаточно для поддержания гомойотермии, особенно при -60°C .

Термогенез в легких?

В 1960 г. в издательстве Академии наук СССР вышла монография советского биофизика австрийского происхождения, старшего научного сотрудника Института биофизики АН СССР Карла Сигизмундовича Тринчера под весьма замысловатым на первый взгляд заголовком «Теплообразовательная функция и щелочность реакции легочной ткани» [Тринчер, 1960]. Опасения автора, давшего своей книге несколько завуалированное название, были не беспочвенны. Хорошо известна роль дыхательных путей и легких в охлаждении перегретого собственным теплом гомойотермного организма. Ближайший пример: собака в жару часто дышит, высунув язык, что и спасает от перегрева одетое в шубу животное, лишенное потовых желез. Но вот участие легких в теплопродукции — явление, фактически открытое К.С. Тринчером, — пока остается хорошо обоснованной, но окончательно не доказанной гипотезой.

Исследуя судьбу жиров, поступивших в организм теплокровных животных, К.С. Тринчер останавливается на давно известном факте: при прохождении крови через легкие, то есть в малом круге кровообращения, из нее извлекаются жиры. Это открытие сделали почти 100 лет назад французские физиологи Роже и Бине. С тех пор был накоплен огромный экспериментальный материал и было уточнено, какие именно жиры, жирные кислоты и жирорастворимые вещества окисляются в легких.

В последних своих работах, уже на родном немецком языке, будучи профессором Венского университета, он называл это явление прямым словом *Fettverbrennung* — «сжигание жира» [Trincher, 1991]. И в самом деле, именно легкие, через которые за короткое время проходит вся масса циркулирующей крови, — наилучший претендент на роль подогревателя, поддерживающего температурный гомеостазис. В условиях жары легкие будут охлаждать кровь, а в условиях холода, наоборот, согревать ее. Существенное преимущество легких как главного органа теплопродукции состоит еще и в том, что в легочном пузырьке (внутри альвеолы) нет физико-химических ограничений на превышение предельно допустимой температуры внутриклеточных окислений (не более 42°C — температуры свёртывания белка), прежде всего благодаря эффективному отводу тепла по малому кругу кровообращения. Кстати, аналогичным образом объясняется феномен «хождения по углям»: ненарушенный кровоток в стопе отводит тепло от раскаленных углей, не допуская теплового повреждения тканей.

Тогда нагретая в легких кровь, как подогретый жидкий теплоноситель, подается в «оболочку» тела для ее немедленного разогрева, препятствуя преждевременному переохлаждению конечностей теплокровного животного. Другими словами, так реализуется гемодинамическая терморегуляция теплокровного организма. При этом мощность термогенеза в легких должна быть значительно выше, чем у сократительного и несократительного термогенеза.

А как же туммо?

Вот теперь мы можем вернуться к таинственной практике тибетских йогин. Именно эта нереспираторная (недыхательная) функция легких и позволяет нам свободно дышать на лютom морозе, поскольку холодный воздух согревается одновременно с кровью за счет внутрилегочного окисления жиров, при котором выделяются тепло, углекислый газ и вода, которую мы и видим на холоде в виде привычных клубов «пара».

Впрочем, наиболее существенный из научных результатов К. С. Тринчера состоит не в том, что он теоретически и экспериментально доказал факт неферментативного окисления жиров в легких, но в нахождении условий, вызывающих этот процесс. Обнаружив при острой кровопотере у подопытных животных повышение температуры внутри легких, К. С. Тринчер перечисляет все прочие условия — и находит им экспериментальные подтверждения, — при которых запускается внутрилегочный термогенез (рис. 4).

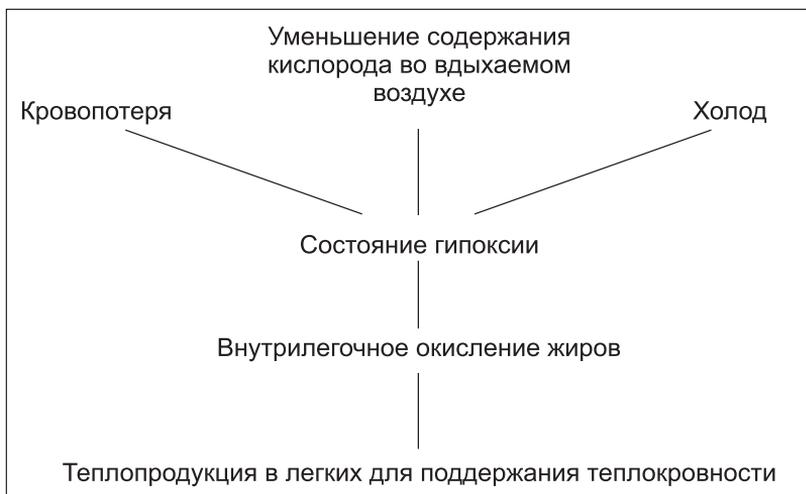


Рис. 4. Схема легочного термогенеза по К. С. Тринчеру [Trincher, 1991, 25]

В установлении такого рода закономерностей и заключается главная задача науки. Явления, на первый взгляд никак не связанные друг с другом, оказываются объединенными в одной новой, доселе неизвестной закономерности, в данном случае описываемой всего одним словом — *гипоксемия*, пониженное содержание кислорода в крови. Оно запускает термогенез в легких не только на холоде, когда гипоксемический сигнал порождается спазмом периферических сосудов, но и во время физической работы, когда мышцы, активно потребляющие кислород из крови, быстро создают все тот же гипоксемический сигнал, запускающий процесс теплопродукции в легких. Вот почему, разогретые до пота, мы скидываем одежду на морозе, чтобы удобнее было колоть дрова. На всякий случай повторим еще раз: мышечный (сократительный) термогенез, который считался ответственным за повышенную теплопродукцию во время интенсивной физической нагрузки, отправляет все вырабатываемое тепло на обогрев окружающего морозного воздуха, но никак не внутреннего «ядра» тела. А вот вызванный рабочей гипоксией термогенез в легких разогревает нас в любых условиях — и на холоде, и тем более в жару.

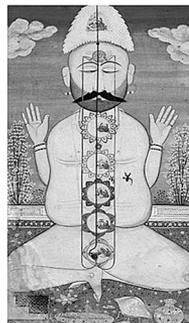
Реконструкция

Наши собственные исследования позволили реконструировать технологию туммо и провести испытания метода в различных условиях (воздушное охлаждение, водопады, стоячая холодная вода) [Минвалеев, 2008; Минвалеев, 2012; Минвалеев, 2014; Minvaleev, 2014].

Именно такой подход позволил в свое время известному исследователю йогических практик Мирче Элиаде объединить различные способы инициации «внутреннего жара» (шаманский жар, ведический тапас, кундалини в йоге и тибетское туммо) в закономерной эволюции последовательного заимствования: «...туммо является його-тантрическим упражнением, хорошо известным в аскетической традиции Индии. Мы уже упоминали сильный жар, возникающий при пробуждении кундалини. Тексты сообщают, что психическое тепло образуется посредством задержки дыхания и преобразования сексуальной энергии...» [Элиаде, 2012, 317]. Следует отметить, что этот вывод Мирчи Элиаде основан не только на сравнительных аналогиях, но и на личном опыте освоения ряда йогических практик, включая пранаямы, в ашрамах Ришикеша в Северной Индии.

К аналогичному выводу пришел и Глеб Николаевич Музруков, опубликовавший подробные наставления по практике туммо после обучения в одном из монастырей тибетского района Амдо [Музруков, 2010, 24]. По нашему мнению, именно личный опыт Глеба Музрукова дал основание обозначить практику подъема кундалини «как прародительницу туммо»,

Рис. 5. Схема визуализируемых каналов при выполнении подъема кундалини



что позволило и нам использовать известные йогические технологии для реконструкции техники туммо вне тантрических религиозных представлений.

Гипоксический стимул внутрилегочного термогенеза по [Тринчер, 1960; Trinchler 1991, 25] оказался вполне адекватным объяснением разогревающего (тапас) эффекта задержек дыхания (пранаяма) и пропульсивных движений передней стенки живота (агнисара/наули), которые и нашли свое место среди наблюдаемых упражнений во время практики туммо [Давид-Неэль, 2003, 286].

В практике так называемого *подъема кундалини* (рис. 5) применялась последовательная тройная бандха (мула — уддияна — джаландхара) в разных вариантах. Иногда все бандхи выполнялись вместе, иногда каждая бандха в отдельности в сочетании с асанами и /или пранаямой (махабандха, бхуджангасана, махамудра, махаветха). Все эти технические приемы подробно изложены в соответствующей литературе [Упанишады йоги и тантры, 1999, 136], по которой мы ее и воспроизвели, опираясь на опубликованную Глебом Музруковым методику [Музруков, 2010] и ряд текстов по практике туммо [Цонкапа, 2010; Муллин, 1998; Тубтен Еше, 2010].

Методика экстренного повышения теплопродукции на основе адаптированной практики йоги внутреннего тепла «туммо» (авторы Иванов А. И., Минвалеев Р. С., Тимофеев В. И.)

Условия применения

Уединенное место для минимизации отвлечения внимания. Желателен внешний холод для обеспечения обратной связи эффективного освоения практики и для отвода избыточного тепла (защита от перегрева), например:

- 1) сидя на морозе при отрицательных температурах (в парке, на балконе);
- 2) сидя в холодной воде, оставив голову над водой (можно и в ванной со льдом);
- 3) сидя под водопадом, не подставляя голову под падающую воду.

Последовательность действий и визуализаций, цель которых — обеспечение правильных мышечных напряжений (идеомоторика):

Подготовительные упражнения (можно выполнять в одежде для предварительного разогрева):

1. Принимаем асану в смысле Патанджали, то есть как удобный и устойчивый сед («лотос», «полулотос», по-турецки; при необходимости подкладываем что-нибудь мягкое под седалище для обеспечения поясничного лордоза и для минимизации отвлечения внимания).
2. Выполняем упражнения *трукор* («потягивание льва», «натягивание лука» (рис. 6), скручивание, вытягивание вверх, самомассаж от туловища к конечностям и прочий «тибетский фитнес»; см., например, по Г. Н. Музрукову [Музруков, 2010, 85]).
3. Выпрямление спины с упором тыльной стороны ладоней в бедра с одновременным сведением лопаток.
4. Высмаркивание последовательно через каждую ноздрю с зажиманием другой.

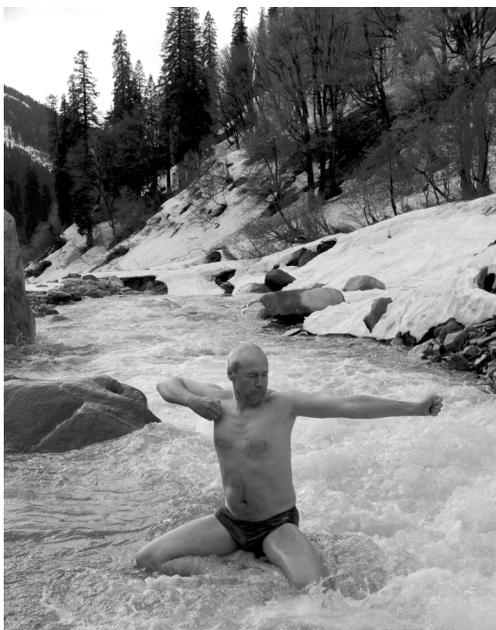


Рис. 6. Предварительные упражнения *трукор* в верховьях реки Биас (Северная Индия). Выполняет В. И. Тимофеев

5. Агнисара (наули).
6. «Дыхание вазы»: медленные и спокойные вдохи и выдохи с отслеживанием потоковых ощущений в ноздрях (наблюдение прохлады на вдохе, тепло на выдохе), с акцентом на брюшном дыхании (на вдохе выпячиваем низ живота, на выдохе втягиваем). Выполняется до появления успокоения, общей мышечной релаксации и способности устойчиво удерживать внимание.

Основная практика

1. Обязательное высмаркивание последовательно через каждую ноздрю (см. предварительные упражнения) для очищения дыхательных путей.
2. Принимаем асану. Мысленно представляем (визуализируем) внутри тела прямую трубку (сушумна/авадхута) — идеомоторный прием для поддержания прямой спины (сидеть, словно «аршин проглотил»). Сверху трубка открыта через макушку.
3. Выдыхаем воздух и, втягивая живот, выполняем агнисару (наули) до ощущения тепла в области груди или спины напротив грудины (запуск экстренной теплопродукции).
4. Складываем руки в виде чаши, положив пальцы кисти правой руки на пальцы левой, на четыре пальца ниже пупка, соединив подушки больших пальцев над сложенными ладонями. Прижимаем

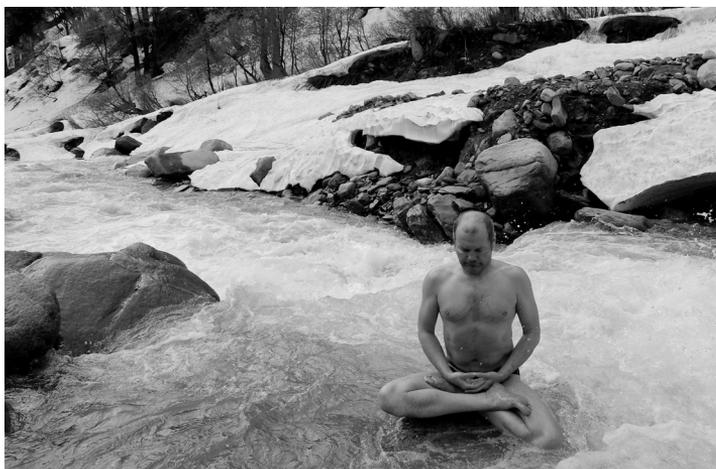


Рис. 7. Практика туммо в верховьях реки Биас (Северная Индия).
Выполняет Р.С. Минвалеев

- без напряжения соединенные большие пальцы к области под пупком (идеомоторное указание на область разжигания внутреннего тепла — см. ниже).
5. Выдыхаем тремя медленными и спокойными выдохами, каждый из которых длиннее предыдущего, до удаления альвеолярного воздуха, потом вдыхаем в три приема так, чтобы каждый последующий вдох был длиннее предыдущего.
 6. Вдыхаем медленно и глубоко, сохраняя спину прямой, соединив лопатки, и удерживаем джаландхара-бандху так, чтобы видеть место соединения больших пальцев рук.
 7. При вдохе мысленно представляем два потока воздуха через правую и левую ноздри отдельно и направляем оба визуализированных потока воздуха («ветра») справа и слева от центральной визуализированной трубки (сушумны/авадхути) вниз (до уровня примерно на четыре пальца ниже пупка, где ладони сложены в чашу, — идеомоторное препятствие для выпадения «ветра» вниз).
 8. Усиливаем преграду для предотвращения выпадения «ветра» (визуализированного потока воздуха) вниз, выполнив легкую мула-бандху (степень напряжения, достаточная для привычного предотвращения отведения скопившихся газов — тех же «ветров» из кишечника).
 9. Опускаем диафрагму вниз, слегка выпятив живот («дыхание вазы»).
 10. Мысленно представляем воздушный шарик внизу живота с выводной трубкой вверх (сушумна/авадхута). Трубка перекрыта поддержанием джаландхара-бандхи («запечатанная ваза», то есть кумбхака).
 11. Сдавливаем «воздушный шарик» снизу справа и слева, подтягивая промежность вверх (фактически усиливаем мула-бандху).
 12. Мысленно представляем подгибание правого и левого потоков визуализированного «ветра» вслед за мышечным подтягиванием промежности (мула-бандхой), как бы вводя оба потока в центральную визуализированную трубку справа и слева снизу с мысленной опорой на контакт с областью чуть ниже пупка больших пальцев над ладонями, сложенными в чашу (п. 4) (см. рис. 5).
 13. Медленно выдыхаем, представляя выдох через центральную трубку, как бы стравливая воздух из визуализированного шарика внизу живота, обжиманием снизу (мула-бандха) и сверху диафрагмой.
 14. Наблюдаем, как в животе разгорается огненный шар, согревающий все тело, что иногда ощущается уже после практики (ощу-

шение жара должно возникнуть само, без представлений об огне, тлеющем угольке и проч.).

15. Некоторое время сидим и наслаждаемся выделяющимся теплом. Далее повторяем действия с п. 5 по п. 13, но при необходимости добавляем агнисару (п. 3).
16. Прекращение практики выполняем последовательно — например, выходим из воды и на воздухе некоторое время продолжаем практику согревающего дыхания для поддержания теплового баланса.

Техника безопасности

1. К практике приступать на фоне относительного физического здоровья.
2. В случае появления холодовой дрожи практику прекратить.

Выводы

1. Физиологическая составляющая практики туммо сводится к методам повышения теплопродукции, которая и проверяется холодными испытаниями.
2. Реконструированы две технологии, являющиеся производными от известных практик хатха-йоги: 1) агнисара / наули, 2) последовательность мышечных замков (бандх) для так называемого подъема кундалини.
3. Визуализации сводятся к идеомоторным указаниям для обеспечения правильного (в смысле йоги туммо) тонического или динамического напряжения соответствующих групп мышц и (или) дыхательных движений.

Благодарность

Авторы выражают глубокую благодарность генеральному директору киностудии исторического фильма «Фараон» Ирине Владимировне Архиповой, организатору и вдохновителю международных научно-исследовательских экспедиций в Гималаи и на Эльбрус в рамках ее авторского проекта «В поисках утраченных знаний»©, направленного на поддержку отечественной науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартон А., Эдхолм О. Человек в условиях холода. Физиологические и патологические явления, возникающие при действии низких температур. М.: Издательство иностранной литературы, 1957.
2. Бендол, Дж. Мышцы, молекулы и движение. Очерк по мышечному сокращению. М.: Мир, 1970.
3. Васильев А.К. Роланги — ожившие мертвецы Тибета // Империя духа. 2010. Сентябрь. № 5(11). С. 28–30.
4. Второе начало термодинамики / под ред. и с предисл. А. К. Тимирязева. Изд. 2-е. М.: Издательство ЛКИ, 2007.
5. Герман И. Физика организма человека. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011.
6. Давид-Неэль А. Магия и Тайна Тибета. Киев; М.: София, 2003.
7. Иванов К.П. Мышечная система и химическая терморегуляция. М.; Л.: Наука, 1965.
8. Иванов К.П. Основы энергетики организма: Теоретические и практические аспекты. Т. 5: Энергетика живого мира. Физиологические проблемы. СПб.: Наука, 2007.
9. Катков А. Ю. Голод против холода? // Химия и жизнь. 1978. № 1. с. 55–58.
10. Лалетина Е. Можно ли выжить голому на высоте 7 500 м при — 60 градусах? [Электронный ресурс]. URL: <http://russianclimb.com/russian/korshunov5.html> (дата обращения 14.08.2018).
11. Минвалеев Р.С., Иванов А.И. Тибетская йога туммо: сравнение управляемого и неуправляемого снижения общего кортизола у здоровых людей // Труды международной научно-практической конференции «Буддизм Ваджраяны в России: От контактов к взаимодействию», 16–18 октября 2010 г. (г. Москва). М.: Алмазный путь, 2012. С. 172–177.
12. Минвалеев Р.С., Иванов А.И. Тибетская йога туммо: управляемое снижение атерогенных липидов и кортизола в условиях низких температур и высокогорья // Труды международной научно-практической конференции «Буддизм Ваджраяны в России: История и современность», 20–21 октября 2008 г. СПб.: Unlimited Space, 2008. С. 527–535.
13. Музруков Г.Н. Йога Туммо: базовая практика «Шести Наставлений Наропы». М.: ОАО «Издательский дом „Городец“», 2010.
14. Муллин Г. Избранные сочинения второго Далай Ламы. Тантрические йоги сестры Нигумы / [пер. с англ. Ф. Маликовой]. М.: Цасум Линг, 1998.
15. Тринчер К. С. Теплообразовательная функция и щелочность реакции легочной ткани. М.: Издательство АН СССР, 1960.

16. Тубтен Еше. Блаженство внутреннего огня. Сокровенная практика Шести йог Наропы. Предисловие ламы Сопы Ринпоче. Введение Джонатана Ландау / [пер. с англ. В. Д. Ковалева]. М.: Номос, 2010.
17. Упанишады йоги и тантры / [пер. с санскр. и сост. Б. В. Мартынова]. М.: Алетейа, 1999.
18. Хаскин В. В. Энергетика теплообразования и адаптация к холоду. Новосибирск: Наука, 1975.
19. Цонкапа Чже. Последовательное руководство к глубокому пути шести учений Наропы «Обладающее троичной надежностью» / [пер. с тибетского А. Кугявичуса]; ред. перевода А. Терентьев. СПб.: Нартанг (Издание А. Терентьева), 2013.
20. Элиаде М. Йога: бессмертие и свобода / [пер. с англ., вступ. ст., науч. ред. и примеч. С. В. Пахомова]. М.: Академический проект, 2012.
21. Benson H. *The Relaxation Response*. N.Y.: William Morrow, 1975.
22. Benson H., Lehmann J.W., Malhotra M.S., Goldman R.F., Hopkins J., Epstein M.D. Body temperature changes during the practice of gTum-mo yoga // *Nature*. 1982 (January). 295 (5846). Pp. 234–236.
23. Cromie W.J. Meditation changes temperatures: Mind controls body in extreme experiments // *Harvard Gazette*. 2002.04.18. URL: <https://news.harvard.edu/gazette/story/2002/04/meditation-changes-temperatures/> (accessed August 15, 2018).
24. Cypess A.M., Lehman S., Williams G., Tal I., Rodman D., Goldfine A.B., Kuo F.C., Palmer E.L., Tseng Y.H., Doria A., Kolodny G.M., Kahn C.R. Identification and importance of brown adipose tissue in adult humans // *The New England Journal of Medicine*. 2009 (Apr). 360 (15). Pp. 1509–1517. doi: 10.1056/NEJMoa0810780.
25. Fanger P.O. *Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering*. N.Y.: McGraw-Hill, 1970.
26. Hill A.V. The heat of activation and heat of shortening in a muscle twitch // *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*. Vol. 136. No. 883. 1949. Pp. 195–216.
27. Ivanov K.P. The muscle heat production after adaptation to cold // *Medical biology*. 1980 (Apr). 58 (2). Pp. 76–81.
28. Kozhevnikov M., Elliott J., Shephard J., Gramann K. Neurocognitive and somatic components of temperature increases during g-Tummo meditation: Legend and reality // *PLoS one*. 2013 (Mar). 8 (3). e58244. doi: 10.1371/journal.pone.0058244.
29. Minvaleev R.S., Bogdanov A.R., Bogdanov R.R., Bahner D.P., Marik P.E. Hemodynamic observations of Tummo yoga practitioners in a Himalayan environment // *Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2014 (April). 20 (4). Pp. 295–299. doi: 10.1089/acm.2013.0159.

30. Pasachoff J.M., Strassburg M.A., Benson H. Body temperature changes during the practice of gTum-mo yoga. Comment and replay // Nature. 1982 (July). 298 (5872). P. 402.
31. Trincher K.S. Über das Wasser und die Warmblütigkeit // SANUM-Post. 1991. 15. Pp. 21–26.