

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta Tělesné výchovy a sportu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Genetický a etnický vliv na vytrvalostní výkon se zaměřením na atletické disciplíny

Vedoucí práce: PhDr. Pavel Hráský, PhD.

Zpracovala: Andrea Duchoňová

Praha 2021

Abstrakt:

Název práce: Genetický a etnický vliv na vytrvalostní výkon se zaměřením na atletické disciplíny.

Cíle práce: Rešerše a analýza dostupných zahraničních a domácích zdrojů v souvislosti s determináčními faktory vytrvalostního výkonu, doplněná statistickým zpracováním výsledků z vrcholových atletických závodů.

Metoda: Literární rešerše. V práci bude použita metoda literární rešerše z domácích a zahraničních zdrojů.

Výsledky: Porovnání výsledků z MS v jednotlivých disciplínách podle národnosti.

Klíčová slova: Genetické faktory, Gender, Etnika, vytrvalostní výkon, prostředí

Abstract:

Titel: Genetic and Ethnic impact on endurance performance, focused on track and field- running disciplines.

Goals: Research and analysis of domestic and foreign sources, in context with the determining factors of endurance performance, extended by statistical processing of results from track and field competitions.

Method: Research

Results: Comparaison of World Championship results and all time records in track and field disciplines according to nationalities.

Key words: Genetic factors, Gender, Ethnics, endurance performance, environment

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a uvedla veškeré literární prameny, které byly během této práce použity. Zároveň souhlasím se zveřejněním této práce, jak v tištěné, tak v elektronické podobě.

V Praze dne

Andrea Duchoňová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala PhDr. Pavlu Hráskému, PhD. za odborné vedení mé bakalářské práce a veškeré přínosné informace při konzultacích na zvolenou problematiku.

Svoluji k zapůjčení své bakalářské práce ke studijním účelům.

Žádám, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří musejí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení:

Číslo obč. průkazu:

Datum vypůjčení:

Poznámka:

Pro potřeby vědy a výzkumu je třeba se povznést nad termíny jako je rasismus. Všechna uvedená data jsou nezaujatě zpracována z neutrálního pohledu.

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	SOUČASNÝ STAV BĚDÁNÍ	3
	2.1 Historický přehled běhu	3
	2.2 Historický přehled genetiky	4
	2.3 Teoretická a výzkumná literatura	7
	2.4 Výzkum v příbuzných oblastech	9
	2.5 Souhrn	10
	2.6 Přínos studií genetiky ve sportu	10
3	CÍLE, ÚKOLY A METODIKA PRÁCE	11
	3.1 Cíle	11
	3.2 Výzkumné otázky	12
	3.3 Metodologie	12
	3.3.1 Metody získání dat	12
	3.3.2 Organizace literární rešerše	13
4	TEORETICKÁ ČÁST	14
	4.1 Fylogeneze	14
	4.2 Teorie rozdělní ras v historickém kontextu	16
	4.3 Běh	18
	4.3.1 Běh z fyziologického hlediska	18
	4.3.2 Běh biochemického hlediska	20
	4.3.3 Běh z biomechanického hlediska	22
	4.4 Genetika nebo prostředí	26
	4.4.1 Model prostředí	26
	4.4.2 Model genetického stropu	27
	4.4.3 Epigenetický model	28
	4.5 Genetická mapa	28
	4.6 Základy genetiky	28
	4.6.1 Genetika v souvislosti se sportovním výkonem	29
	4.6.2 Genetika v souvislosti s vytrvalostním výkonem	31
	4.7 Vytrvalostní schopnosti a věda	36
	4.7.1 Fyziologické parametry	36
	4.7.2 Prostředí	37
	4.7.3 Psychologická stránka a motivace	38
	4.8 Nadvláda běžců negroidní rasy	38

4.8.1 Genetika	40
4.8.2 Prostředí	41
4.8.3 Životní styl	42
4.8.4 Fyziologické parametry.....	43
4.8.5 Sociální a ekonomická motivace	45
5 DISKUZE	46
5.1 Světové rekordy.....	46
5.2 Vyhodnocení výsledků OH a MS.....	50
5.3 Závěr	53
6 ZDROJE.....	56
6.1 Literatura	56
6.2 Internetové zdroje.....	67
6.3 Seznam obrázků	68
6.4 Seznam tabulek	68
6.5 Seznam grafů	68

1 ÚVOD

Sport, běžeckými disciplínami nevyjímaje, si zakládá na finálním výkonu. Tisíce sportovců z různých koutů světa se každoročně snaží co nejlépe připravit na jejich vrcholnou akci. Podstupují tvrdý trénink, udržují si zdravý životní styl. V osudovém závodu však vždy zvítězí jen jeden. Pomineme-li fakt, že jen jeden z nich se na závodní den nejlépe vyspal, nasnídal a mentálně se naladil, co jiného odlišuje vítěze od poražených a amatéry od profesionálů? Má každý z nás potenciál k tomu stát se profesionálním sportovcem?

Za poslední roky, kdy došlo k ustálení politické situace v mnoha zemích a zprofesionalizování sportu se na přední místa, zejména běžeckých disciplín, pravidelně dostávají atleti z mimoevropských států. Posun vědy zapříčinil, že se čím dál více skloňuje slovo fyzický předpoklad v souvislosti s etnickou příslušností a genetickou dědičností. Vždyť do Olympijských her v Berlíně roku 1936, kde se senzačně představil americký atlet Jesse Owens, všem disciplínám dominovali převážně evropští atleti. Náhlý úspěch afrických běžců nebo výkonnostní vzestup vzrůstově menších asijských sportovců nezůstal žádnému atletickému fanouškovi bez povšimnutí. A jak tehdy Jesse Owens rozboural pověstný ideál árijské rasy, tak genetika zcela přeměnila vědecký pohled na sportovní výkon.

Úspěch sportovců z jiných kontinentů otevřel otázku, co za jejich úspěchem stojí? Jsou to genetické předpoklady nebo jen životní styl a tvrdý trénink? Na toto téma bylo zpracováno několik set výzkumů. S objevem DNA se odpověď na tuto otázku zdála hmatatelnější. Genom DNA však lze přirovnat ke knize o několika tisících stránkách. To jejich práci poněkud zkomplikovalo.

O vlivu obou zmiňovaných faktorů, tedy genetiky a etnické příslušnosti na sportovní výkon v atletice osobně nepochybuji. Z vlastních zkušeností, kdy se aktivně věnuji královně sportů od svých šesti let, vidím znatelné rozdíly mezi jednotlivými závodníky. Důkazem je tomu naše tréninková skupina, kdy zhruba třicet atletů absolvuje téměř tentýž tréninkový plán, avšak s rozdílnými úspěchy ve zcela odlišných disciplínách. Fyzické rozdíly netkví jen v na první pohled jasných dispozicích, jako výška, váha nebo délka končetin, které jsou samozřejmě také vrozené a těžko ovlivnitelné. Tajemství sportovního výkonu je schované v genomu každého z nás. Jeho prezence či forma může mít kořeny i několik tisíc let zpět.

Svou práci jsem se rozhodla zaměřit na vytrvalostní sporty hned z několika důvodů. Od mala jsem běžela přespolní běhy. Nesčetněkrát jsem se setkala s názory, že vytrvalostní závody nejsou pro děti dobré. Obecně se v evropských běžeckých školách traduje, že vytrvalost lze natrénovat v jakémkoliv věku a dětský trénink by měl minimálně zasahovat do aerobní práce,

ačkoliv je dokázané, že děti jsou vytrvalostním aktivitám přizpůsobeni lépe než dospělá generace. V africké populaci je známo, že děti již od mala běhají do školy i vzdálenost 10km. Má tato každodenní rutina vliv na jejich pozdější výjimečnou výkonnost ve vytrvalostních závodech? Ovlivňuje životní styl rozvojových zemí s omezeným využitím moderních technologií do každodenního života genetickou informací?

Několik set vědců, novinářů a sportovců se snažilo přijít na to, v čem se skrývá síla této běžecké kultury. Každý rok přicházeli experti z různých koutů světa s možnostmi, jak se východoafrickému běžeckému fenoménu vyrovnat.

Před několika lety se v běžeckém světě rozšířila myšlenka, že tajemství afrických běžců tkví v běhu bez obuvi. Přední sportovní značky začaly vyvíjet boty, které by byly schopné simulovat běh na bosu. U Evropanů a Američanů však tato obuv začala způsobovat zdravotní problémy. Zde se otevírá prostor pro teorii, že tělo se během života či evoluce přizpůsobuje podmínkám, na které se civilizovaní běžci z jiných kontinentů nejsou schopni během adaptovat.

Myšlenku genetického zvýhodnění negroidní rasy ve sportu obecně podporují i data. Běh na 100 m vyhrál naposledy na olympijských hrách běloch v roce 1980. Přední příčky vytrvalostních tratí pravidelně obsazují afričtí sportovci. Americká fotbalová a basketbalová družstva tvoří převážně Afroameričané.

Národnost však nepředstavuje rozhodující faktor o fyzických dispozicích. Přesto, že jsou obyvatelé východní Afriky globálně definováni jako výjimeční běžci, ve skutečnosti markantní většina vrcholových sportovců pochází z určitých etnických skupin. Zajímavým ukazatelem jsou poté atleti s africkými kořeny, kteří však většinu života strávili v jednom z evropských států. Příkladem je fenomenální britský běžec na tratě 5 a 10km, olympijský vítěz, držitel mnoha rekordů a ikona světové atletiky, který navzdory své státní příslušnosti dokázal značně konkurovat svým keňským a etiopským kolegům.

Genetiku nicméně není vhodné spojovat jen s rasovou příslušností. Rozdíly najdeme i mezi jednotlivými populacemi evropských států. Zatímco obyvatelé jižní Evropy jsou převážně snědší, lidé ze severských států jsou typologicky světlejší. Genetika rozhoduje téměř o všem. Od vzhledu, přes inteligenci, po povahu nebo fyzické schopnosti. Zajímavým příkladem jsou atletické rodiny, kdy sourozenci vynikají v totožných disciplínách. Za příklad bych uvedla známé belgické bratry. Dvojčata a jejich mladší bratr reprezentují svou zemi na trati 400m. Sestry z Nizozemska pravidelně běhají stejnou trať pod nizozemskou vlajkou. Největší ikonou těchto „rodinných týmů“ a současně i vytrvalostních disciplín posledních let se stala rodina Ingebrigtsenova. Norští bratři, pod vedením svého otce, byli od dětství vedeni k atletice.

Veškerý jejich vývoj byl podřizován vytrvalostnímu běhání. Dnes se řadí k nejlepším vytrvalcům na světě a v závodech do 5000 m jsou konkurenceschopní i běžci černé pleti.

Z výše zmíněných příkladů tak nelze vyselektovat jeden faktor, který by konkrétně determinoval vytrvalostní výkonnost.

Ráda bych se odrazila od nejlepších dosavadních časů všech dob a výsledků z Mistrovství světa v atletice za posledních několik let a srovnala je s informacemi, které získám při následující literární rešerši.

2 SOUČASNÝ STAV BĚDÁNÍ

2.1 Historický přehled běhu

Běh se stal součástí lidských životů již před několika miliony let. Pravěcí lidé běhali, aby utekli predátorům a zachránili si život. S evolučním vývojem centrální nervové soustavy byl člověk schopný vymyslet, jak se dostat do bezpečí. Nicméně bez běhu se neobešel ani tehdy, protože si potravu zajišťoval lovem. Jak uvádí Joe Puleo a Patrick Milroy (2014), mohlo by být zajímavé odhadnout, jak rychle by naši předci uměli běhat, kdyby se jim nevyvinul mozek a nenaučili se smělejší způsobům, jak čelit nebezpečí.

Někteří vědci (Pennycuick, 1979; Bramble a kol., 2004; Carrier a kol., 1984) dokonce řadí běh mezi nejvýznamnější faktory lidské evoluce. Nejen, že měl vliv na rozvoj schopností člověka, ale údajně ovlivnil i vývoj lidského pohybového aparátu. Nebýt běhu, člověk by dnes pravděpodobně nevypadal tak, jak jsme zvyklí. Běžecský pohyb značně působí na lidský organismus. Bipedální lokomoce člověka způsobila, že za veškerou tělesnou hmotnost zodpovídají dolní končetiny. A jelikož při dopadové fázi běhu se váha těla znásobí až o 100%, kloubní spojení dolních končetin zmožtlněly, aby předešly případným zraněním pohybového aparátu. Horní končetiny naopak ztratily svou nosnou funkci a staly se nástroji na manuální činnost.

První dochované zmínky o běhu, pokud nepočítáme jeskynní obrazy pravěkých lidí, pochází ze Starověkého Řecka a Říma. Za historicky známý běžecský milník se považuje výkon řeckého posla Feidipida, který doběhl z Marathonu do Athén, aby dal svému lidu vědět novinu o výhře Athén nad perskými vojsky. Po vyčerpávající, přibližně 42 kilometrové cestě, únavou zemřel. Na jeho obdivuhodný výkon se však nezapomnělo. Na maratonské trati dlouhé 42, 195 kilometru dnes porovnávají své síly nejlepší běžci světa. Starověké civilizace považovaly sport za zábavu. Pořádaly starověké olympijské hry. Nejlepší muži soutěžili v několika disciplínách na počest řeckých bohů. Roku 394 je však kvůli pohanskému původu císař Theodosius I. zakázal.

Následovalo temné období středověku, kdy obyčejní lidé měli jiné starosti než pořádat sportovní soutěže a sport byl upozaděn.

Některé texty ze 14. století však přesto obsahují odkazy na běžecké soutěže ve volné přírodě. Na přelomu 18. a 19. století jsou dochované zmínky o prvních běžeckých soutěžích, zvaných „steeplechase“. Ty se pravděpodobně inspirovaly v koňských závodech. Začátek 19. století pak přinesl městské závody v běhu, doprovázené spoustou jídla a alkoholu. (Puleo a Milroy, 2014)

Sport v kontextu moderních dějin se vyvíjí se začátkem 20. století. S prvními novodobými olympijskými hrami a zakládáním sportovních klubů a spolků došlo k jeho popularizaci. V prvních dekádách 20. století bylo prakticky nemyslitelné být sportovcem na plný úvazek, sport byl více pojímán jako zábava a forma výplně volného času (Petr, 2017). Závodů se účastnili spíše příslušníci vyšších vrstev. Až v druhé polovině tohoto století se s nastupující sportující mladou generací sport rozšířil a mohl se považovat za povolání. Jeho profesionalizace ho expandovala do celého světa. Zatímco pro obyvatelé Evropy, Ameriky nebo Asie měl sport spíše význam sociální, zábavní nebo estetický, lidem z rozvojových zemí přinesl naději kvalitnějšího sociálního a ekonomického života.

Atleti negroidní rasy se se začátkem 20. století začali prosazovat ve většině sportů, včetně vytrvalostních běhů. Ani v atletických disciplínách si nenechali ujít tituly z mnoha závodů a postupně přepsali téměř všechny historické rekordy. Například R. Earle Johnson z Edgar Thompson Steel Works se stal pětinásobným americkým šampionem v letech 1921, 1922, a 1923, kdy reprezentoval svou zemi na Olympijských hrách 1920 a 1924. Gus Moore z St. Bonaventure se proslavil v mílařských závodech, kdy pokořil hranici 4min 20s. Phil Edwards vyhrál na poloviční trati Univerzitní titul a roku 1929 a stal se kanadským šampionem. Kanadu poté reprezentoval na Olympijských hrách v letech 1928 a 1932. Binga Dismond z Chicaga následně vyrovnal světový rekord na 400 metrů. (Cobb, 1936) Atleti černé pleti se zapsali nejen do historie USA.

2.2 Historický přehled genetiky

Hledání příčin, které jsou zodpovědné za rozdíly mezi lidmi, je staré jako samotné lidstvo. Již před několika tisíci lety si lidé kladli otázku, co stojí za jejich jedinečností? Co je odlišuje od ostatních? Již odjakživa spolu lidé soupeřili a poměřovali své síly v různých disciplínách. Ve Starověkém Řecku a Římě organizovali antické olympijské hry, v dobách temného středověku pořádali rytířské turnaje, dnes soutěží v nejrůznějších sportech a aktivitách. Se začátkem 20. století si sport ve společnosti začal budovat své místo. Přední

světové firmy a společnosti začaly sportovce finančně či jinak podporovat. V moment, kdy sportovní akce zasáhly do ekonomiky, si sport získal svou pozornost. Ta si však žádala mimořádné výkony, o kterých začaly rozhodovat sebemenší detaily. Sport se přesunul do laboratoří. S vývojem vědy a prohloubením poznání lidské evoluce si vědci a odborníci začali klást otázky. Jsou jednotlivé znaky každého člověka odrazem genetiky nebo prostředí?

Genetika je vědecká disciplína, která se zabývá tím, jak jsou určité znaky předávány z jedné generace na generaci další (Ferec, 2018). Ve srovnání s ostatními biologicky orientovanými obory se jedná o mladou vědu, jejíž počátky sahají na začátek 20. století (Stuervant, 2001). Pokroky této vědy jsou díky jejímu pozdějšímu vývoji velmi dobře evidované. Navzdory rozvoji v relativně novodobé době se ani tato věda neobešla bez komplikací. Vývoj tohoto oboru byl odlišný v západních zemích a zemích bývalého „východního bloku“, kde byly tehdejší poznatky genetiky odmítnuty kvůli vlivu politické ideologie na vzdělání a vědu (Machová, 2021). V současné době jsou výzkumy a rešerše limitovány genderovou a rasovou problematikou.

Za zakladatele genetiky je považován mnich Johann Gregor Mendel, který se zabýval pěstováním hrachu v klášterní zahradě (Pauk a kol., 1980). Místem jeho působení se stalo Brno, a tak se tento mezník považuje současně za začátek genetického bádání na území českých zemí. V druhé polovině 19. století se současně vyvíjela také věda o buňce, která tak roku 1969 napomohla popsání existence DNA (Miescher, 1871), jež byla následně roku 1953 strukturalizována. Na to svými pokusy s ovocem navázal Thomas Hunt Morgan, který popsal chromozomální teorii dědičnosti (Allen, 2020). Ze začátku byla genetika testována a zkoumána právě na rostlinách. Za jednu z hlavních uznávaných teorií se považují Mendelovy zákony, na které později navázalo několik odborníků. Slibné začátky genetiky narušilo světové dění. V meziválečném období a po něm pokrok a propagace klasické genetiky, zejména z ideologických důvodů, upadl.

S pokrokem moderních technologií na konci 20. století se genetika začala specializovat a vymezení jejího zaměření zapříčinilo její rozdělení na obory. Většina autorů se přiklání k následujícímu základnímu dělení:

- 1) Klasická genetika
- 2) Molekulární genetika
- 3) Evoluční genetika

Kompletní zmapování genomu roku 2003 odstartovalo mnoho vědeckých studií na téma vrozených predispozic ve sportu. Propojení genetických faktorů s objevením dalších genů vedlo k objasnění odlišnosti mezi jednotlivými sportovci. Míra sportovního talentu tak začala

nabírat na své váze. Za nejvýznamnější faktor z hlediska genetického rozdělení populace se považovala rasová odlišnost.

Zatímco po staletí se rozmanitost lidské populace vysvětlovala prostřednictvím náboženství, objevili se i jedinci jako William Paley (1743-1805) nebo Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), kteří se již na přelomu 18. a 19. století, tedy těsně před působením Charlese Darwina, pokoušeli o vysvětlení dědičnosti vlastností z generace na generaci, s určitými změnami vlivem prostředí. Ačkoliv jejich teorie byly postupem času vyvráceny, základní myšlenka byla správná. Za hlavní pramen evolučního pohledu na svět je považována Darwinova Teorie o přírodním výběru. Ta se později stala inspirací pro nespočet světových vědců, kteří prosazovali stejný názor. Největším propagátorem Darwina se stal T. H. Huxley (1825-1895), díky čemuž si vysloužil přezdívku „Darwinův buldok“. Ve stejné době vydal Mendel své Zákony dědičnosti, které se později díky Morganovým chromozomálním experimentům roku 1910, prokázaly za doplňující část Darwinovy teorie a vytvořily tak společně základ pro evoluční genetiku. Za další kruciólní momenty evoluční genetiky se považují roky 1930, kdy Ronald Fisher využil matematiku k rozšíření mendelovské genetiky a teorie přirozeného výběru spolu s rokem 1942, kdy Huxley vyšel se svou knihou *Evolve: Moderní syntéza*.

Evoluční teorie otevřela otázku, na základě kterých parametrů se lidstvo odlišuje. Bylo patrné, že lidé vykazují podobné znaky v závislosti na rasové příslušnosti. Tato kategorizace populace si našla své zastánce i oponenty.

Richard Herrnstein a Charles Murray (1994) ve své knize Gaussova křivka obhajovali dědičné rozdíly mezi rasami. Na začátku 20. století se touto problematikou usilovně zabývali i James Watson, americký vědec a jeden ze spoluobjevitelů DNA. Pro své názory, zejména za prohlášení, že se považuje za velmi sklíčeného s vyhlídkami Afriky z důvodu rozdílnosti obecné inteligence obyvatel v porovnání se západním světem, byl často konfrontován.

„*Nic v biologii nedává smysl bez evolučního vysvětlení*“ (1973), zní známý citát Theodosia Dobzhanskyho, ukrajinsko-amerického evolučního biologa a genetika. Evoluční genetiku neboli evoluční teorii považoval za základní stavební kámen biologie a vědy obecně.

Našli se však i tací, kteří se s Darwinovými názory neztotožňovali a považovali je za bezpředmětné. Jako například Richard Lewontin, americký evoluční biolog, matematik a genetik pronesl roku 1972: „*Třídění lidstva do ras nemá žádnou sociální hodnotu a rozhodně ničí sociální a mezilidské vztahy. Nyní, kdy je vidět, že rasové třídění nemá žádný genetický či taxonomický význam, není žádný důvod pro jeho pokračování.*“.

Evoluce se vlastně odehrává prostřednictvím drobných mutací, které mohou způsobit výrazné změny, pokud jsou vybrány prostředím (Henderson, 2014). Populační genetici si tak uvědomili, že vznik těchto mutací je způsoben působením evolučního vývoje a následně už jen záleží, jak se vzniklé alely dokáží šířit populací.

Populační genetika, jakožto podobor genetiky zkoumá genetické odlišnosti skupiny (populace) jedinců a snaží se porozumět faktorům, které mají vliv na jejich variabilitu. Jako první se tuto rozdílnost snažil vysvětlit již zmiňovaný Charles Darwin ve své práci O původu druhů (2007). Darwin založil svou koncepci vývoje druhů na existenci (genetické) variability a na interakci (genetických) variant a podmínek prostředí (Relichová, 2009). Úspěšnému potvrzení jeho teorie však scházely mechanismy dědičnosti, které vysvětlil jeho vrstevník Gregor Mendel.

Problematika rozdělení populace si vyžádala i jiné možnosti kategorizace než jen rasová totožnost.

Etologie vznikla na přelomu 19. a 20. století. Za zakladatele je považován Konrád Lorenz. Ten ve své knize dle Brigandta (2005) rozebírá instinkty ptáků v závislosti na prostředí, ve kterém žijí. Přirozené vzorce chování živočichů představovaly důkazy o jejich závislosti na vnějším okolí.

Mezi prvními naznačil rozdíly člověka v závislosti na etnické příslušnosti vědec Charles Darwin. Vycházel z rozdílného chování každého člověka.

2.3 Teoretická a výzkumná literatura

Publikací na téma běhání je nespočetné množství. Od knih zabývajících se technikou běhu, přes trénink, až po životní styl běžců. Všichni autoři přinejmenším zmiňují nebo se přímo zaměřují na africký běžecký fenomén. „*Afričtí atleti, pocházející z vysokých nadmořských výšek se stali nejrychlejšími vytrvalci,*“ píše Puleo a Milroy ve své knize Běhání: Anatomie (2014). „*Vezměte si příklad z Keňanů*“, nese název jedna z kapitol knihy Scotta Douglase, Malá červení kniha o běhání (2013). Matthew Fatterman mapuje ve své knize Běhání na doraz (2020) trénink průměrných amerických běžců, kteří se snaží najít podmínky, aby se mohli výkonnostně vyrovnat Keňanům. Adharanand Finn popsal své dobrodružství během návštěvy v Keni v knize Běhání s Keňany (2012). Keňan se v běžeckém světě stal synonymem elitního vytrvalce. O rozdílných fyzických předpokladech v porovnání s Evropany není pochyb. Mnoho autorů, věnujících se genetice, dává keňské běžce za příklad sportovního talentu pro vytrvalost.

Rasová problematika má však táhlou minulost. Historický vývoj událostí v souvislosti s kolonizací, otrokářstvím, násilím a celkovými střety mezi bílými a černými obyvateli vytváří stereotypy, které z pojmu rasa dělají velmi citlivé a kontroverzní téma.

I přes to byla cílevědomost vědců zjistit, co dělí neúspěch od úspěchu silnější. V roce 1992, byl v pěti amerických a kanadských univerzitách odstartovaný projekt s názvem HERITAGE (=Zdraví, rizikové faktory, trénink a genetika). Cílem studie bylo podrobit několik rodin pětíměsíčnímu tréninku o frekvenci 3 tréninků týdně. Na základě průběžně získaných informací poté porovnat adaptaci na zátěž. Pod zaštitěním tohoto programu v následujících letech proběhla ještě spousta jiných studií.

Zdalo se, že se rasová hodnota po světě vyrovnává, když příslušníci negroidní rasy začali zářit na letních olympijských hrách. Tato skutečnost oprášila interpretaci neo-Darwinovských názorů o rozdílnosti černé rasy. Dokonce i o tendencích násilí a jiných genetických predispozicích ras. Na nějakou dobu tak zkomplikovala výzkum v oblasti sportu. (Hoberman, 1997).

Během posledních desetiletí bylo navrženo spousta genetických možností ovlivňujících vytrvalostní výkon, většina týkajících se metabolismu. S pokrokem výzkumu se tedy zdálo reálné, že za ideálním elitním fenotypem stojí přítomnost několika variant genetických kombinací (Ferec, 2014).

Tento názor zastával i Ildus I. Ahmetov, který roku 2009 se spolupracovníky nechal přes 1000 ruských veslařů, z nichž většina měla status profesionálního sportovce, testovat při maximální zátěži na 15 polymorfních genů. Z nichž bylo nejvíce zastoupeno 10 variant, tzv. „vytrvalostních alel“. Ty byly asociovány s přítomností pomalých červených vláken, odolných proti únavě a maximální spotřebou kyslíku. Závěrem studie bylo shrnutí, že profesionální vytrvalostní výkon je přímo závislý na přítomnosti vytrvalostně žádoucích alel. V průběhu 20. století se seznam genetické mapy související s vytrvalostními schopnostmi rozšiřoval. Na seznam byly přidávány nové geny v závislosti na úspěšnosti vědeckých podkladů. Nutno zmínit, že ne veškeré studie došly k přesvědčujícím závěrům. Výsledky byli častokrát zkreslené z důvodu malé diverzity testovacích subjektů.

Za nejvýznamnější vytrvalostní gen je považován ACE. Tento gen se stal předmětem nezávislých studií pod vedením výzkumných týmů Shenoy a kol. (2010), Cieszczyk a kol.(2010). Obě zmiňované skupiny došli k jasným závěrům o vlivu alel na vytrvalostní výkon.

Neméně známý gen, u kterého se potvrdila determinace rychlostní výkonnosti je ACTN3. Po dlouhou dobu však vědci jako Shang a kol. (2010), Niemi a kol. (2005), Doring a kol. (2010) nebo Saunderson a kol. (2007) nebyli tento schopni potvrdit souvislost s vytrvalostí.

Až studie Yanghoob a kol. (2019) potvrdila vliv ACTN3 na vytrvalostní schopnosti u myší a zařadila ho na seznam genů determinujících vytrvalostní výkon i u lidí.

Zatímco Sessa a kol. (2011) nebyli na základě svých studií o vytrvalostních alelách UCP2 a UCP3 přesvědčeni. Holdys a kol.(2013), Matsuanga a kol. (2009), Willinga a kol. (2009) potvrdili pozitivní či negativní dopad přítomnosti alel UCP2 a UCP3 na vytrvalost.

Alely genů NRF2 dle Eynon a kol. (2009); He a kol. (2007), BDKRB2 z výsledků vědecké skupiny Saunders a kol. (2006a/b); Williams a kol. (2004), VEGF dle Piora a kol. (2006); Gustafssona a kol. (2005), PPARA podle Ahmetova a kol. (2006); Gineviciena a kol. (2010) a PPARGCIA na základě studií Eynona a kolektivu (2009); Lucia a kolektiv (2005) mají vliv na parametry vytrvalostního výkonu.

U genů NRF1 He a kolektiv (2008), Morry a kol. (2019) také uvedli účinnost vytrvalostních alel. Z důvodu zkreslených výsledků však nelze považovat tyto závěry za potvrzené.

Vliv ADRB1,2,3 byl skupinami Snyder a kol. (2006) a Santiaga a kol. (2009) zařazen mezi geny s vytrvalostními alelami. Ke stejnému závěru došel také Wagoner a kol. (2003). Homogenita zkoumané skupiny však snížila váhu jeho výsledků.

2.4 Výzkum v příbuzných oblastech

Obecná genetika je biologickou vědou, která se od ostatních odděluje podle typu studie organismů. Z hlediska tematiky naší práce se mezi příbuzné vědy může řadit například biochemie nebo fyziologie. Původně teoreticky orientovaná věda si našla své uplatnění také v praxi mnoha sektorů.

Hlavním oborem využívajícím genetiku je lékařství. Obor lékařské genetiky, klinická genetika, prostřednictvím genetických informací zkoumá míru dědičnosti nemocí a chorob. Uplatňuje se při výzkumu rakovinného bujení, imunitního systému a imunitních reakcí a v mikrobiologickém výzkumu (MUDr. Antonín Šípek jr., 2011). Zlomovou metodou by do budoucna mohla být genová terapie léčení dědičných chorob.

Využití genetiky si však našly i na první pohled nepravděpodobné sféry, jako například zemědělství. Šlechtění nových rostlin a chov zvířat pomáhá vytvářet nové přizpůsobivější druhy. Právě genetické inženýrství, které ke své práci využívá nejnovější biotechnologie, je vystaveno častým etickým otázkám. „*Veřejnost by měla pochopit, že tyto nové technologie, především rekombinantní DNA, umožňují vědcům zcela obejít biologické hranice,*“ potvrzuje výrok Jeremyho Rifkina (1998).

I přes to laboratoře díky genetickým poznatkům produkují látky, potřebné k léčení některých nemocí nebo na podporu ekosystémů. Dá se tedy říct, že se bez nich již dneska neobejdeme a jejich budoucnost je ještě slibnější.

Kontroverzním tématem posledních let, které čelí vysoké míře kritiky, je klonování zvířat i lidí. V roce 1996 se díky Ianu Wilmuntovi a Keithu Campbellovi narodil první klonovaný savec z dospělé buňky DNA, ovce Dolly. Pro mnohé však tento způsob množení savců, potažmo lidí představuje sociální hrozbu.

Genetika se rozvíjí a plnohodnotně využívá také ve forenzních disciplínách při hledání zločinců nebo se používá při testech otcovství.

Podobory genetiky jsou: molekulární genetiky, cytogenetika, imunogenetika, onkogenetika, populační genetiky, klasická (Mendelovská) genetiky, genetiky rostlin (bakterií, virů...), evoluční genetiky a lékařská (klinická) genetiky.

Své uplatnění najde i ve sportovním sektoru. Postupně se rozšiřuje seznam genů determinujících sportovní výkon, u kterých se potvrzují a vyvrací jejich účinky. Genetické informace dávají prostor k posunutí hranic lidské výkonnosti a hlubší nahlédnutí do tréninku.

Sportovní genetiky úzce souvisí především s populační (rozdílnost v populaci), evoluční (interakce genů a prostředí) a molekulárním oborem (popsání genetických jevů pomocí molekul).

2.5 Souhrn

Ve výsledku lze konstatovat, že oblast genetiky a sportu vzájemně ovlivnily svůj vývoj za posledních 50 let. Bez vědeckých studií a experimentů by byl pohled většiny trenérů na výkon jiný. Nekladl by se takový důraz na žádoucí individualitu tréninků. Dost možná by i hodnoty světových rekordů byly někde úplně jinde. Genetiky posunula sportovní výkon vpřed. Dnes hraje nenahraditelnou roli při hledání dětských talentů, ale i v amatérském a profesionálním sportu.

Naopak bez hnacího motoru, v podobě rivality a touze po vítězství ve sportovním průmyslu by se nenašly finance na podporu takového množství výzkumů, které měly možnost proběhnout. Ani seznam genů by dozajista nebyl tak rozsáhlý. Sport si našel v oblasti genetiky své nezastupitelné místo a přináší jí nadále náměty pro nové výzkumy.

2.6 Přínos studií genetiky ve sportu

Studie, zabývající se genetikou ve sportu výrazně posouvají pohled na efektivitu tréninku a výkonnosti sportovců. Ačkoliv je tato oblast většině jedinců ještě stále skrytá, někteří

už předpovídají její budoucnost a snaží se jí zařadit do svých tréninkových programů. Již dnes existují firmy, které nabízí genetické poradenství. Ne všechny služby jsou však kvalitní. Problematika v této vědecké disciplíně tkví především v neustálé aktualizaci a doplňování informací. (Ferec. 2013)

Genetika tak může v budoucnu výrazně ovlivnit profesionální i amatérský sport. Nabízí zcela nový pohled na tréninkové metody a vede zcela jistě k rozvoji individuálního přístupu k jedincům. Stejně tak jako se každý člověk na světě odlišuje od ostatních, měl by se odlišovat i tréninkový plán každého sportovce. Ať už v základních aspektech, jako míra a doba zatížení, zaměření tréninkové jednotky, sestavení makrocyklů, zařazení regenerace, tak i v na první pohled druhořadých věcech, jako je spánek, strava nebo sociální interakce.

S přínosem nových vědeckých poznatků se však vytváří prostor i k jejich zneužití. Doping je dlouhodobě skloňovaný problém profesionálního sportu. Nebezpečí zavedení genetického dopingu do sportu by však mohlo mít fatální následky. Nejen, že by experimentální pokusy mohly poznamenat zdravotní stav sportovců. Prahnutí po úspěchu, slávě, popularitě a výhod s tím spojených zcela změnilo olympijský model pohledu na sport. Ekonomika je nezastavitelná a genetické upravování sportovců by zcela jistě dehonestovalo sportovní výkon, vymazalo historické tabulky a transformovalo sportovní svět.

3 CÍLE, ÚKOLY A METODIKA PRÁCE

3.1 Cíle

Hlavním cílem práce je rešerše v českých i zahraničních zdrojích za účelem komparace a shrnutí tvrzení, které jsou dostupné k problematice tématu vytrvalostních předpokladů k atletickému výkonu v oblasti etnologie a genetiky.

Díličními úkoly práce dále jsou:

- Vymezení klíčových pojmů práce na základě dostupné literatury a zdrojů-analýza základních parametrů běhu.
- Vyhledání literatury a zdrojů
- Analýza vyhledaných pramenů
- Analýza základních parametrů vytrvalostních schopností
- Zpracování a analýza výsledků
- Vytvoření rešerše

Práce se zakládá na současném stavu bádání v oblasti vědy (zejména genetiky) a data se tak mohou v průběhu nadcházejících let měnit.

3.2 Výzkumné otázky

- Jaké jsou základní faktory ovlivňující vytrvalost atletů?
- Jsou fyzické předpoklady pro vytrvalostní výkon vrozené nebo je lze v průběhu života vybudovat?
- Jsou afričtí běžci determinováni k vytrvalostnímu běhu?
- Mohou se jim evropští atleti stejným životním a tréninkovým plánem vyrovnat?

3.3 Metodologie

3.3.1 Metody získání dat

Analýza odborné literatury

Analýza odborné literatury z oblasti genetiky a sportu poskytuje východiska k zpracování zvolené problematiky. Analýzou rozumíme myšlenkové a metodické rozčlenění zkoumaného objektu na jednotlivé části, aspekty, roviny, vrstvy, vazby, "úhly pohledu", spolu s aplikací kontextů specifických pro každé toto rozčlenění, a uplatnění postupů (heuristik, metod), které umožňují vždy v daném kontextu vyslovit "novou" dílčí charakteristiku dané části. Spolu s tím se analýza zabývá zároveň vztahy mezi takto vymezenými částmi. (Danica Slouková)

Komparace

Metoda komparace umožňuje stanovit shody a rozdíly jednotlivých termínů. Byla použita při zpracování stejných faktorů u odlišných subjektů jako východisko pro další témata.

Abstrakce

Abstrakce umožňuje oddělit důležité vlastnosti zkoumaného objektu od nepodstatných a současně tak převádí reálné hodnoty na všeobecně používané symboly. Využita byla při formulování vědeckých termínů a faktů.

Generalizace

Vlastnosti určitého jevu jsou vztaženy na celkovou skupinu. Generalizace byla využita při přebírání vědeckých studií testovaných jedinců a jejich zobecnování na plošnou populaci se stejnými charakteristickými znaky.

Syntéza

Syntéza je spojení poznatků pro pochopení souvislosti jevu. Shrnuty tak byly analyticky vyhledané informace na základě jejich spojitosti.

Statistická modelace

Statistická modelace je exaktní metoda, která vyjadřuje konkrétní jevy a vztahy mezi nimi. Prostřednictvím statistik byly vyjádřeny a zaznamenány výsledky z Mistrovství světa.

3.3.2 Organizace literární rešerše

Prvním krokem k získání potřebných informací byla literární rešerše dostupných zdrojů na základě stanovených klíčových slov, tedy: genetika, genetika ve sportu, vytrvalost a vytrvalostní faktory. Hlavními vyhledávacími zdroji pro tištěnou literaturu se mi stal portál Městské knihovny v Praze a databáze knih UK. Na základě výsledků z předešlých zdrojů jsem se dostala k dalším odkazům na literaturu, ze které autoři vycházeli nebo na ní odkazovali jako rozšířenou možnost zpracované problematiky. Z oblasti odborné vědy a výzkumu jsem se zaměřila na internetové platformy Google Scholar nebo Web of Science, dále portály PubMed, Sciencedirect, Researchgate.

Vědeckých článků a odborné literatury, zpracované na uvedené téma je nespočetné množství. Jedná se o zprávy z výzkumů, shrnutí více výzkumů, literární rešerše, knihy, odborné články.

O vhodnosti tématu článku do mé práce jsem se prvotně samozřejmě rozhodovala podle nadpisu, a to na základě shody klíčových slov, které jsem vyhledávala. Stejně důležitým faktorem byl v mém případě také rok vydání zveřejněné práce. Právě čas hraje ve zvoleném tématu velkou roli. Věda jde velmi rychle dopředu a tak pro mě byly nejzajímavější a aktuální až články z 21. století. Některé informace jsou však známé po několik desetiletí a tak bylo možné čerpat i z literatury z 1. poloviny 20. století. Následně jsem si přečetla zveřejněný abstrakt a na jeho základě jsem vyhodnotila, zda mi bude přínosný či nikoliv.

Dalším faktorem pro výběr literatury byla totožnost autora, jeho popularita a působení v konkrétní oblasti vědy. Jeho adekvátnost jsem posuzovala především na základě citací jeho článků ostatními autory. Tím jsem se dostala k dalším informacím podobného podobné problematiky, které mi mohly být inspirací.

Neposledním parametrem pro zhodnocení článku byl fakt, z kolika zdrojů autor přebíral informace. Nejen, že se tak lépe určí účel článku, zda se jedná o shrnutí dostupné literatury, vyjádření názoru jedné strany, podpořené o tvrzení té druhé nebo konstruktivní kritiku dané problematiky, nabízející pohled z obou stran, ale opět se rozšíří seznam dostupné literatury.

Celkově jsem tak čerpala z poměrně velkého množství literárních zdrojů. Z některých jsem přebrala jen postoj autora a názor, z jiných konkrétní fakta a informace, ze kterých má práce vycházela.

Pro potřeby potvrzení či vyvrácení hypotézy práce o dominanci afrických běžců ve vytrvalostních běžeckých disciplínách jsem provedla analýzu výsledků vytrvalostních závodů z MS.

4 TEORETICKÁ ČÁST

4.1 Fylogeneze

Fylogeneze zkoumá chování organismu vzhledem k evolučnímu procesu. V souvislosti s vývojem života na Zemi se vyvíjel také pohyb. *„Pojednává se o vývoji lokomoce, která vychází z vývoje pohybu ve vodním prostředí moře, kde předpokládáme, že vznikl život na Zemi, který se dále rozvíjel na souši lokomocí v horizontále až do lokomoce ve vertikále s uvolněním ramenního pletence pro manipulaci a nesení břemen,“* uvádí Kračmar a kolektiv (2016). Zastánci Darwinovy teorie tvrdí, že se organismus přizpůsoboval podmínkám, jak klimatickým tak geologickým. V průběhu evoluce se jednalo o otázku života nebo smrti. Nepřizpůsobitelné organismy vyhynuly. Během klimatických změn na zemi docházelo k selektivnímu výběru druhů. *„V průběhu let bylo odborníky navrženo několik hypotéz o tom, jak se z primátů, popřípadě obratlovců vyvinul člověk a do jedné mohou být vysvětleny jako adaptace organismu na podmínky, ve kterých žijí a požadavků sociálního výběru a rozmnožování,“* potvrzuje Tuomisto a kol. (2018). Přejedem obratlovců z původně vodního prostředí na souš se mění i jejich skladba těla, zejména horní a dolní končetiny: *„Voda je rozsáhlá pružně uhybající opěrná plocha, o kterou je nutno se opřít větší pevnou plochou vlněním těla nebo ploutví, aby vznikl lokomoční pohyb. Naproti tomu je plocha, o kterou se opírá živočich na souši, pevná, ale i členitá, a proto se opěrná plocha (končetina) musí přizpůsobit členitosti terénu pevného, kamenitého, písčitého, nebo dokonce i blátivého, aby se mohlo tělo opřít o terén vlastní silou a posunout se z místa, ke kterému je poutáno gravitační silou,“* potvrzuje Kračmar a kol. (2016). Obyvatelé planety se tak rozdělili na druhy. Vyselektovaly se dvě velké skupiny, obratlovci a bezobratlí. Složitější organismy, tedy obratlovci, se dále rozdělili na savce, ryby, ptáky, plazy a obojživelníky.

Primáti, pravděpodobní předchůdci člověka patří do skupiny savců a tvoří jí asi 400-500 druhů. Za primé předky většina autorů uvádí hominidy a členy rodu Homo. Starší z nich hominidé se začali objevovat asi před 8 miliony let. Mladší z nich jsou poprvé známi jako Homo erectus před 3 miliony let.

Lidská rasa se oproti takřka 400 druhům primátů značně liší. V na první pohled viditelných věcech, jako je vzhled postavy, hlavy nebo ochlupení. Jako jediní chodí lidé zcela vzpřímeně po propnutých nohou. Na rozdíl od ostatních primátů mají jen lehké ochlupení. Odlišuje je však mnohem více. Již ve Starověkém Řecku, známý filozof Aristoteles mluvil o člověku jako o tvorů společenském (Zoón politikon). Interakce sociálního prostředí u člověka vyvinula mozek včetně mozečku, což vedlo ke změnám v obličejí, kdy dříve dominantní čelisti ustupovaly vyvíjejícímu se mozku a začali sloužit jako prostředek komunikace v podobě řeči, která dále přispívala k rozvoji diferenciovaných a mentálních funkcí (Kračmar a kol., 2016). Lidé mají oproti jiným primátům navíc vyvinutý hrtan a jejich těla jsou schopná ukládat tuk do vrstev (Tuomisto a kol., 2018).

Mozek a jeho změny hrají zásadní roli i z hlediska lidského pohybu. Vývoj zmíněných diferenciovaných funkcí umožnil bezpečnou vertikalizaci těla spojenou s bipedální chůzí. Vzpřímené postavení těla umožnilo lidem více pracovat s horními končetinami a eliminovalo jejich podíl na pohybu ve prospěch manuálních prací. (Kračmar a kol., 2016)

Člověk je poměrně zkušený běžec. Běhá již několik milionů let. I přes to se rychlostně nevyrovná většině savců, evolučně mladších. Člověk dokáže svou maximální rychlost udržet po dobu maximálně 15 vteřin, oproti koni, který je schopen se ve své maximální výkonnosti pohybovat až několik minut (Garland a kolektiv, 1983). Oproti většině z nich se, jak již bylo řečeno, pohybuje bipedálním způsobem. Z hlediska rychlosti běhu by se mohl tento způsob lokomoce zdát neefektivní. Běh představuje pro lidi energeticky velmi náročnou aktivitu. V porovnání s většinou savců o podobné hmotnosti, člověk spotřebuje až dvakrát více energie (Taylor a kol., 1982).

Zatímco člověk svými sprinterskými schopnostmi za ostatními savci spíše zaostává, v oblasti vytrvalostního běhu vyniká. V porovnání s ostatními primáty a savci, kromě domestikovaných zvířat jako psů a migrujících stád divokých koňů, se delším vzdálenostem věnuje jako jediný (Pennycuick, 1979). Žádný jiný primát není schopný vytrvalostní aktivity (Bramble a kol., 2004). Člověk při běhu těží z termoregulace kůže, která je v porovnání s ochlupenými, čtyřnohými živočichy efektivnější. Carrier a kolektiv (1984) zastává tento názor: „*Lidská kůže lépe vede teplo (...), bipedální postavení umožňuje stabilnější dechovou frekvenci. Lovcům to tak pravděpodobně pomáhalo pronásledovat svou kořist, pro ni v nekomfortní běžecské rychlosti a rychleji jí tak unavit.*“ Stabilní dechová frekvence je při vytrvalostním běhu velice žádoucím faktorem. Svůj podíl na ní mají i oxidativní pomalá svalová vlákna, která se u člověka objevili s mutací genu ACTN3 (Bramble a kol., 2004).

Pravděpodobně díky bipedální lokomoci člověk dokáže běžet dlouhé vzdálenosti krokem o průměru 2 metry (u elitních sportovců až 3,5m) (Cavanagh, 1989). Čtyřnozí savci mají až o 1 metr kratší krok. Svůj podíl na tom hraje i vyvinutá Achillova šlacha. Ta se pravděpodobně objevila až u rodu Homo společně s dlouhými končetinami.

Ve srovnání s chůzí se zdá být běh energeticky náročnější aktivitou. Pro většinu populace je energeticky nejvýhodnější rychlost chůze na dosah dolní končetiny. Obvykle se jedná o 1,3 m/s (Alexander, 1980). Při této rychlosti je chůze skutečně nejúspornější. Dostane-li se však člověk na rychlost kolem 2,5 m/s, ekonomičtějším pohybem se stává běh (Margaria a kol., 1963). Běh ale představuje veliký nápor na klouby, které nesou celkovou váhu těla. Při každém dopadu se navíc tato váha znásobí o 100%. Dle Jungerse (1988) mohl tento fakt ovlivnit zesílení kloubů na dolních končetinách a změnu v postavení pánve.

Bramble a kol. (2004) se zabývají hypotézami, jak mohlo vytrvalostní běhání ovlivnit člověka. Za zásadní považují rozdíl mezi Austrolopitékem a Homo erectus. Zatímco Austrolopitékus se pravděpodobně fyzicky i pohybově více podobal šimpanzům. Homo erectus se již pravděpodobně živil lovem. Zvýšený příjem bílkovin a tuků ve stravě mohl zapříčinit morfologické změny, stejně jako fakt, že zvolenou kořist musel před objevením dokonalejších zbraní dlouho pronásledovat. První strukturální změny, které by mohly souviset s vytrvalostním během, se tedy objevují s příchodem rodu Homo. Důkazy značně limitují dochované ostatky, které tvoří jen kostra: delší dolní končetiny, chodidla, masivnější kloubní pouzdra nebo menší zuby a tak vychází jen z teoretických příkladů o tehdejší době.

4.2 Teorie rozdělní ras v historickém kontextu

V dnešní době se setkáváme s problematikou rozdělování populace dle rasové příslušnosti. S prvními záznamy o pokusech o rozdělení živých organismů se setkáváme v 17. století. Důraz na morfologii a třídění organismů v přírodních vědách se pochopitelně odrážel i v klasifikaci člověka. Základem k rozdělení lidí do jednotlivých skupin (ras) se staly právě morfologické znaky, jako jsou pigmentace pokožky, tvar lebky, nosu, úst, velikost těla atp. (Sládek, 2005).

K problematice rozdělení rasy se vyjadřuje například Barker (2006) a definuje ji jako *„...označující a vztahující se ke kategorii lidí založených na údajných biologických rysech včetně kožní pigmentace. Odlišnost přístupu kulturních studií k tomuto tématu spočívá v zacházení s rasou jako s diskurzivně – performativní konstrukcí tzn., že rasa je považována za formu identity. Není chápána jako „věc“ s univerzální nebo absolutní existencí, ale jako náhodná a nestálá kulturní kategorie, s níž se lidé identifikují. Rasové kategorie ovšem nejsou*

ani zcela libovolné; to co znamenají je spíš dočasně ustáleno prostřednictvím sociálních praktik. Rasa se opravdu zdá být jedním z trvalejších „uzlových bodů“ identity v moderní západní společnosti.“

Ve skutečnosti však všichni lidé představují jen jeden druh- homo sapiens, neboli člověk moudrý, současný. „*Ten prošel ve svém fylogenetickém vývoji celkem třemi druhovými stadii: nejprve jako Homo habilis neboli člověk zručný, hbitý - pak jako Homo erectus, tj. člověk vzpřímený a jeho poslední vývojovou formou byl Homo sapiens čili člověk rozumný, který se postupně rozšířil téměř po celém světě,*“ uvádí Wolf (2000).

V souvislosti se vznikem moderního člověka existují dvě teorie. První zastává názor, že moderní člověk vznikl na základě křížení předchozích druhů (Henderson, 2014).

Druhá, známější, pracuje s fakty, že moderní člověk pochází z předků, kteří přišli zhruba před 100 000 lety z Afriky do Evropy. Měl s největší pravděpodobností tmavou pleť, tak jako má v dnešní době většina obyvatel Afriky a Jižní Ameriky. Tmavá barva pleti má své opodstatnění. Chrání před škodlivými vlivy slunce. Volba tmavé pleti v oblastech se slunečním zářením po většinu roku má svůj důvod, potvrzuje Borry a Matthijs (2014).

Lidský druh se v průběhu evoluce přizpůsoboval klimatickým a geografickým podmínkám, ve kterých žil.

K prvnímu rozdělení na dvě větve, negroidní a europoidní/mongoloidní došlo před 113 000 lety. Před 41 000 lety se pak typově rozdělila také mongoloidní a europoidní rasa. Postupem času se tak vytřídily 3 základní rasové skupiny. (Ferák a Sršeň, 1990, s. 288).

Jak lidé postupovali na sever, došlo k přirozenému výběru v podobě světlé kůže, protože z hlediska biologické selekce se tmavá kůže stala bezvýznamnou, dokonce by měla kontraproduktivní účinky. Je dokázáno, že lidé s tmavou pletí, žijící v oblastech s omezeným slunečním zářením přijímají prostřednictvím kůže méně vitamínu D a trpí nemocemi jako je křivice.

Tak jako došlo k estetickému vytřídění populace, změny nastaly i u jiných znaků. Například mnozí Asiaté mají odchylku v genu, ovlivňující odbourávání alkoholu (Borry a Matthijs, 2014). Dokonce se začaly objevovat i teorie o genetické determinaci inteligence a chování.

Koncepce zabývající se otázkami lidských ras se měnily především v tom smyslu, že se stále menší důraz kladl na zdůrazňování fyzických odlišností ve prospěch odlišností sociálních a kulturních (Cichá, 2007). Například díky svému podnikavému způsobu života si židovští kupci pravděpodobně vyvinuli lepší kritické myšlení související s vyšší inteligencí. Naopak

v rozvojových oblastech planety, kde si lidé obstarávali své živobytí fyzickou prací, vykazovali lepší fyzické předpoklady.

Termín rasa se stal velmi citlivým tématem a rozpoutala myšlenky o hierarchické rasové struktuře. Z tohoto důvodu se zdálo jako výhodnější najít jiné hledisko hodnocení koncepce populace. Jako nejlepším parametrem se zdála být etnická příslušnost. Pojem etnická skupina umožňuje při zkoumání člověka zahrnout fyzické, environmentální, sociální a kulturní síly propojeně, nikoliv izolovaně.

I přes to však etnika nevykazují takto jednoznačnou diferenciaci, s jakou se setkáme v souvislosti s rasami. Z důvodu migrace a propojování mezinárodních vztahů se navíc etnické skupiny propojují a ztrácí tak svou jedinečnost.

4.3 Běh

Běh je jeden z nejpřirozenějších pohybů, které člověk může vykonávat. Ačkoliv v minulosti byl spíše nástrojem k přežití nebo k přemístění se, v dnešní době představuje nedostupnější formu aktivní rekreace. Stal se zprostředkovatelem lidské soutěživosti, socializace a vědeckého experimentu a rozvoje (Puleo a Milroy, 2014).

4.3.1 Běh z fyziologického hlediska

Běh, zvláště pak ve vytrvalecké formě, představuje pro tělo vysokou formu zátěže, která ovlivňuje jeho funkce. Tělesné systémy, podílející se na průběhu fyzické aktivity, jsou až několikrát více namáhané. Tělo vlivem běžecké aktivity začíná produkovat více krve, kterou nahání přes kapiláry do svalové hmoty. Respirační a srdečně cévní systém je tak nucen zvýšit svou aktivitu. A stejně jako svaly vlivem tělesné aktivity posilují, mění se i orgány jako srdce nebo plíce. (Epstein, 2014)

Vliv na sílu, rychlost a vytrvalost mají dle Fereca (2018) na starosti fyziologické faktory jako je krevní oběh, kontrola krevního tlaku, srdeční a plicní kapacita, mitochondriální syntéza, specializace svalových vláken, hypertrofie svalových vláken, výkonnost srdce, metabolismus svalů a adaptabilita na tréninkovou zátěž.

Nejvíce běžecký výkon ovlivňují následující tři parametry: maximální množství spotřeby kyslíku (VO_2 max), ekonomika běhu (RE- „running economy“) a schopnost využití kyslíku (Blagrove a kol., 2017). Zatímco vysoké hodnoty VO_2 max jsou v populaci běžné, hodnoty ekonomiky běhu jsou vysoce individuální.

Ekonomika běhu je definována jako požadovaná energie submaximální rychlosti běhu a je vyhodnocována na základě spotřeby kyslíku (VO_2) a respiračního kvocientu (RQ)

(Saunders, 2004), což je poměr vydýchaného CO₂ a přijatého O₂. Při jejím vyhodnocování je potřeba brát v úvahu tělesnou hmotu, se kterou ekonomika běhu lineárně stoupá. Mimo to je její hodnota závislá na antropomotorice, biomechanice, neuromuskulárních faktorech a trénovanosti jedince. Prakticky tak lze říct, že když budeme mít dva běžce se stejnou hodnotou VO₂ max, mohou vykazovat rozdílnou hodnotu RE.

VO₂ max je hodnota maximálního objemu kyslíku, které tělo dokáže využít během aktivity. Hodnota se uvádí v mililitrech na kilogram tělesné váhy za 1 minutu.

Mezi hlavní fyziologické limitace řadíme dechové limitace. Pokud jedinec nevyužívá kyslík efektivním způsobem, v těle zůstává přebytečné množství CO₂ a dochází k únavě svalové hmoty. Oběhový systém může také negativně ovlivňovat výkon, v podobě nízké hodnoty srdečního výdeje nebo malého množství hemoglobinu v krvi, který je zodpovědný za přenos kyslíku do svalů. Metabolismus hraje roli ve využívání energie z dostupných zdrojů, tedy sacharidů a tuků.

Běžecké disciplíny je možné dělit na vytrvalostní a sprinterské. Již na první pohled lze rozeznat, na jaké trati bude běžec pravděpodobně excelovat.

Zatímco sprinteři bývají svalově velmi dobře disponováni a k dosažení maximální rychlosti na krátký úsek využívají veškeré části těla, jak potvrzuje Puleo a Milroy (2014): *„Fotografie s vrcholovými exponenty, zachycující běžce v plné rychlosti ukazuje strnulý krk a vypouklé oční bulvy (...), tyto jakkoli malé svaly jsou používány k zvýšení rychlosti a musejí být trénovány na závody stejným způsobem jako masivní stehna.“*

Naopak vytrvalostní běžci bývají hubení, obzvláště v méně využívané horní polovině těla. Svalová a zejména tuková složka je eliminována. Vyšší váha totiž znamená vyšší spotřebu energie a menší ekonomiku běhu.

Z fyziologického hlediska se svaly skládají ze svalových vláken. Ta jsou z vysoké části geneticky vrozená a předurčují, v jaké disciplíně bude člověk úspěšnější (Rico-Sanz a kol, 2003).

Podle anatomické a funkční charakteristiky rozlišujeme čtyři typy svalových vláken: pomalá červená vlákna, rychlá bílá vlákna, rychlá červená vlákna a přechodná vlákna (Lannergren, 1966).

- 1) Pomalá červená vlákna (I. typu, SO = „slow oxidative“), též tonická vlákna, mají energeticky výhodnější metabolismus. Jsou málo unavitelná, poskytují dlouhodobou funkci, charakteristickou pomalejšími kontrakcemi. Jsou tak vhodná především k vytrvalostním aktivitám. Obsahují velké množství krevních kapilár. Jejich červená barva je dána vyšší přítomností myoglobinu.

- 2) Rychlá bílá vlákna (II. typu A, FOG = „fast oxidative and glycolytic“), neboli fázická vlákna, jsou větší a objemnější než pomalá červená vlákna. Jsou vybavená k rychlým kontrakcím, ale po krátký časový úsek. Disponují menším množstvím myoglobinu a mitochondrií, ale naopak obsahují více myofibril. Jsou odolná proti únavě.
- 3) Rychlá červená vlákna (II. typu B, FG = „fast glycolytic“) jsou objemná vlákna s nízkým obsahem kapilár, myoglobinu a oxidativních enzymů. Jsou schopná vyvinout vysoké kontrakce, ale v omezené době. Jsou velmi rychle unavitelná.
- 4) Přechodná vlákna (III. typu) jsou neurčitelná a pravděpodobně slouží k vzniku předchozích typů vláken.

Každý jedinec se již narodí s individuálním poměrem svalových vláken. Tréninkem jejich množství lze do určité míry ovlivnit. Od zastoupení typů svalových vláken se odvíjí také svalová hypertrofie. V případě nadměrné přítomnosti pomalých vláken I. typu je nabírání svalové hmoty velmi obtížné. V opačném případě se pomalá svalová vlákna dají systematickým tréninkem získat.

4.3.2 Běh biochemického hlediska

Metabolické děje v organismu do značné míry ovlivňují jeho fungování. Jsou závislé na stravování, tréninku a celkovém životním stylu člověka. Odehrávají se na základě biochemických reakcí, které jsou závislé na intenzitě aktivity.

Každý organismus potřebuje ke svému životu a pohybu energii. Energetický příjem se skládá z kalorií přijatých z potravin a tekutin. Energetický výdej je závislý na hodnotě bazálního metabolismu, aktivním pohybu a energii potřebné pro zpracování potravy, která bývá zpravidla 10% celkového příjmu. Bazální metabolismus se odvíjí od tělesné konstituce člověka a genetických dispozic, které ovlivňují rychlost metabolismu, vycházejícího z metabolického ekvivalentu (=MET). Jeden MET se rovná 3,5 ml/kg/min. Kyslík použitý jedincem na 1 kg tělesné váhy a vydělený hodnotou 3,5 představuje hodnotu klidové spotřeby kyslíku v sedu. Hodnota MET definuje intenzitu pohybové aktivity (Ainsworth a kol., 2000):

- Lehká intenzita= 1,1-2,9 METs
- Střední intenzita= 3-5,9 METs
- Výrazná intenzita= více než 6 METs

Jedinci pohybově aktivní, zvláště pak profesionální sportovci, mají vyšší maximální spotřebu kyslíku, VO₂max. Spotřeba kyslíku tedy závisí na intenzitě a trvání pohybové aktivity. Dle energetické náročnosti se aktivují energetické systémy, které pokrývají energii během

aktivity: ATP-CP, aerobní a anaerobní systémy. Ty využívají jako zdroj energie tuky a karbohydráty (Chang a O'Connor, 1983).

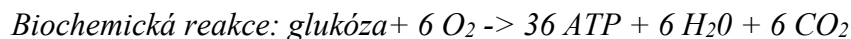
V klidovém stavu běžný člověk získává energii z tuků a sacharidů. Tuková složka je využívána zejména během aktivit o nižší intenzitě a delší době trvání. Glukóza a glykogen se aktivují až se stoupající intenzitou nad 50% VO₂max.

Studie Rapoport (2010) demonstruje, že energetické omezení vytrvalostního běhu závisí na několika fyziologických faktorech, jako rozložení svalové hmoty, koncentrace glykogenu v játrech, ve svalech a rychlosti běhu v závislosti na hranici aerobního prahu.

Energie je prostřednictvím metabolických procesů štěpena na aminokyseliny, sacharidy a mastné kyseliny (Patel a kol., 2017) a následně vázána na společný využitelný zdroj v podobě ATP (adenosintrifosfátu). Phosfátový systém (obrázek č. 1) se skládá z ATP, které je uloženo ve svalech a CP, které se rychle snaží doplnit zásoby ATP. Probíhá v prvních vteřinách aktivity (Hirvonen a kol., 1992).

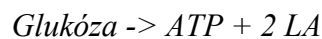
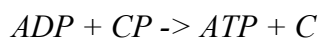
U vytrvalostních disciplín hraje hlavní roli hodnota hranice mezi aerobní a anaerobní aktivitou, která je definována aerobním/ anaerobním prahem. Aerobní práh představuje nejvyšší možnou intenzitu aktivity, udržitelnou po delší dobu, bez tvorby laktátu v těle. Obecně hranice aerobního prahu koresponduje s hodnotou VO₂max (Bouchard, 1992).

Aerobní aktivita (obrázek č. 1) je ta aktivita, při které svaly pracují za spotřeby kyslíku. Tento způsob získávání energie prostřednictvím ATP je dominantní při tělesných aktivitách vytrvalostního charakteru trvajících déle než 2–3 minuty (Meško, 2005). Udává se, že aerobní práh je daný až ze 77 % dědičností (Alonso a kol., 2014). Hlavním limitujícím faktorem je hodnota VO₂max. Vytrvalostní a ultra-vytrvalostní závody tedy zaštiťuje oxidativní systém neboli aerobní fosforylace. Závisí na aerobní výrobě energie v závislosti na množství dostupného kyslíku.

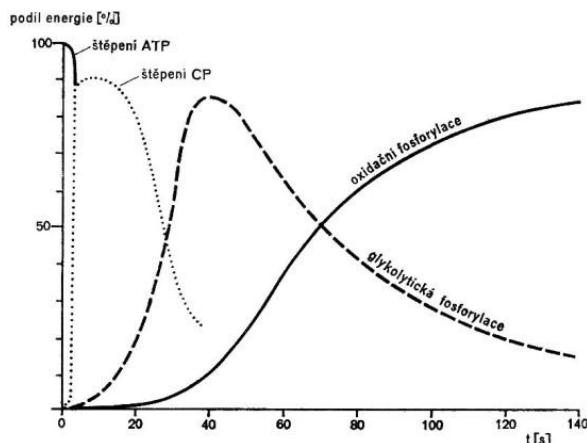


Podle ústního sdělení Tomáše Periče (vyučujícího UK FTVS, José Martího, Praha 6) při anaerobním běhu svaly využívají ke svému fungování mechanismy anaerobního děje, které probíhají bez přísunu kyslíku za vzniku laktátu. Dochází k tomu v moment, kdy organismus není schopen zabezpečit dostatek energie aerobním způsobem. Tedy tehdy, kdy aktuální spotřeba energetických zdrojů přesáhne rychlost aerobních procesů transportního systému na začátku zátěže, při náhlém zvýšení intenzity aktivity nebo po překročení hranice maximálního dostupného kyslíku. Hlavní příčinu únavy tedy představuje kardiorespirační systém. Anaerobní aktivitu lze rozdělit ještě na anaerobní alaktátovou a anaerobní laktátovou. Anaerobní

alaktátová aktivita je charakteristická primárním využitím energie ze zdrojů ATP a CP bez vzniku laktátu. Anaerobní laktátový systém probíhá za procesu anaerobní glykolýzy, při které vzniká laktát. Tento systém neboli anaerobní glykolýza (obrázek č. 1) pokrývá aktivitu, která trvá od 10s po zhruba 2 minuty. Základní proces uvolňování energie tedy představuje glykolýza. Při tomto ději za přítomnosti kyslíku vzniká pyruvát (kyselina pyrohroznová). V případě nedostatku kyslíku, ke kterému v případě anaerobní aktivity dochází, se pyruvát mění na kyselinu mléčnou, ze které téměř okamžitě vzniká sůl kyseliny mléčné, laktát (Hirvonen a kol., 1992). Při vzniku laktátu dochází k zakyselení organismu, které je doprovázeno únavou svalů.



Zatížení do 2 minut, o kterém můžeme hovořit na tratích 800 metrů, využívá anaerobní glykolýzu s vysokou tvorbou laktátu. Vytrvalostní zatížení od 2 do 11 minut, tedy tratě kratší než 5000 metrů využívají pro tvorbu energie glycidy se střední tvorbou laktátu. Dlouhé vytrvalostní závody, jako je například půlmaraton, zastřešují glycidy a lipidy. Tvorba laktátu je minimální. U velmi dlouhé doby zatížení, kterou rozumíme závody delší než jedna hodina, převažují lipidy nad glycidy. (Havlíčková, 2004)



Obrázek 1-Podíl zdrojů energie v závislosti na časech při různé délce trvání,
<https://is.muni.cz/el/portaObrl/estud/fsps/js07/fyziio/texty/ch02s02.html#d0e188>

4.3.3 Běh z biomechanického hlediska

Běh je stručně řečeno bipedální pohyb, kdy se v určitém momentu žádná z končetin nedotýká povrchu. Jedná se o plně automatický cyklický pohyb, při němž se pravidelně opakuje běžecký dvojkrok jako základní pohybová struktura.

Finální běžecký projev se skládá ze dvou částí: oporové, kdy se jedna z dolních končetin dotýká podložky a letové, kdy jsou obě končetiny v prostoru. Klíčovými faktory pro rozvoj oporové části běhu je izometrická, excentrická a reaktivní rychlostní síla extensorů kolene a plantárních flexorů kotníku. Dále koncentrická síla a rychlost extensorů kyčle a plantárních flexorů kotníku. Vliv na rozvoj letové fáze má koncentrická rychlostní síla flexorů kyčle a excentrická síla extensorů kyčle a flexorů kolene. (Bernaciková a kol., 2010)

Problematika běhu tkví v jeho dynamickém charakteru. Na rozdíl od chůze jsou potencionální (=energie uložená ve fyzickém systému) a kinetická energie (=energie vzniklá pohybem) souběžné. Svaly, zapojené do pohybu se střídají ve vztahu agonickém a antagonickém. Tedy buď vytváří, nebo stabilizují pohyb. (Puleo a Milroy, 2014)

Rozlišujeme 2 základní typy běhu: šlapavý, používaný při startech ze snížené polohy, specifický větším náklonem hrudníku směrem dopředu a švihový, sloužící k udržení běžecké rychlosti. Rozšířeně se budu věnovat právě druhému ze dvou zmiňovaných způsobů.

Možná se může na první pohled zdát, že běh závisí na dolních končetinách. „*Správná technika však začíná u hlavy,*“ potvrzuje Miloš Škorpil v článku pro Rogelli (2007). Brada je uvolněná ve vzpřímené poloze a pohled směřuje asi 4 metry před sebe. Mimické svaly jsou povolené. Pokud se podíváte na zpomalený záběr sprinterského finále na 100 m, relaxované tváře běžců doslova kontrastují s jejich napjatými svaly na rukou.

Ramena by se měla pohybovat úměrně pažím. S pravým krokem by tedy mělo být levé rameno mírně přesunutě. Vzpřímená poloha těla, které docílíme pocitem sevřených lopatek. „*Protože, když se při běhu hrbíte, ovlivňujete svou rychlost a vytrvalost,*“ říká, Miloš Škorpil (2007). Podle Manna (1985) ramenní a loketní kloub pracuje s minimálním svalovým tonem, tedy úsilím v průběhu běhu.

Horní končetiny svírají v lokti asi 90 stupňů, pohybují se rovnoměrně podél těla v protilehlém rytmu v závislosti na dolních končetinách. To znamená, že s pravým krokem je vepředu levá ruka a naopak. Jiné držení paží brání švihovému pohybu a narušuje tak energetickou hospodárnost. Dlaně jsou buď sevřené v pěst (charakteristické pro vytrvalostní běhy) nebo rozevřené (sprinterské disciplíny).

Trup je mírně nakloněný, tak, aby se těžiště posunulo do jeho přední části a krok se zlehčil. Není plně fixovaný, ale přizpůsobuje svůj pohyb horním a dolním končetinám a poskytuje běžci stabilitu.

Pánevní představuje kontrolní parametr pro efektivitu běhu. Aby nedocházelo ke ztrátám energie, vynaložené pro pohyb dopředu, měla by vodorovně kopírovat podložku a vyvarovat se jakémukoliv vertikálnímu pohybu.

Pohyb dolních končetin probíhá ve dvou fázích: oporové neboli stojné a švihové. Oba cykly probíhají současně (u obou dolních končetin). Jakmile jedna dolní končetina dokončuje opěrnou fázi, chodidlo druhé nohy se na ní připravuje.

Oporová fáze začíná v moment kontaktu nohy s podložkou. Svaly, šlachy, klouby, vazy chodidla se v tento moment aktivují, aby zmírnily náraz se zemí. Objevují se zde tři oddělené pohyby: inverze a everze subtalárního kloubu, abdukce a addukce střední části chodidla, dorzální a plantární flexe předního chodidla. V ideálním případě se objevuje ještě jeden pohyb, který zmírňuje náraz chodidla a rozprostírá dopad po celé části chodidla- pronace chodidla. Již v moment kontaktu chodidla s podložkou se stehenní a lýtkové svaly připravují na další pohyb, který vede vpřed jako důsledek rotace pánve a souběžné flexe kyčlí. V průběhu švihové fáze se hamstringy prodlužují. Spodní část nohy se začíná připravovat na dopad (Puleo a Milroy, 2014).

Aby nedošlo ke zranění nebo chronickým bolestem, musí být agonické i antagonistické svaly posilovány jako prevence proti anatomické nerovnováze, neefektivnímu pohybu a následně ke zranění.

4.3.4 Vytrvalostní schopnosti

Za vytrvalost je všeobecně považována pohybová schopnost člověka k dlouhotrvající tělesné činnosti: soubor předpokladů provádět cvičení s určitou nižší než maximální intenzitou co nejdéle nebo po stanovenou potřebnou dobu co nejvyšší intenzitou (Perič a Dovalil, 2010). Výkon je tvořen průnikem vnitřních (endogenních) a vnějších (exogenních) faktorů. Ve vytrvalostních sportech hraje významnou roli energetické pokrytí činnosti.

Dělíme je podle několika hledisek (Perič a Dovalil, 2010)

- Podle účasti svalových skupin:
 - Celková - pracuje zpravidla více jak 2/3 svalstva (právě běh)
 - Lokální - pohybu se účastní méně jak 1/3 svalstva (např: hod oštěpem z čelního postavení)
- Podle typu svalové kontrakce:
 - Dynamická - v pohybu (právě běh)
 - Statická - bez pohybu (poloha žokeje na koni při dostizích)
- Podle délky trvání:
 - Dlouhodobá - (8 minut a déle), zajišťována ze zóny O₂
 - Střednědobá - (3-8 minut), energeticky pokrývána zónou La-O₂
 - Krátkodobá - (2-3 minuty), energeticky zabezpečeno díky LA zóně
 - Rychlostní - (do 20 s), zóna ATP-CP

- Podle podílu uvolněné energie aerobně nebo anaerobně:
 - Aerobní
 - Anaerobní
- Podle tempa
 - Obecná vytrvalost (OV)
 - Tempová vytrvalost 2 (TV2)
 - Tempová vytrvalost 1 (TV1)
 - Speciální tempo (SR)
 - Tempová rychlost (TR)
 - Maximální rychlost (MR)

Vytrvalost je nejlépe trénovatelnou schopností. Zatímco ostatní schopnosti: rychlost, sílu, rovnováhu můžeme zlepšit až 100krát. V případě vytrvalosti se možnost progresu udává až na 1000 násobek. I v případě vytrvalostních disciplín však rozhodují genetické či jiné limitní faktory a ne z každého se může stát špičkový vytrvalec.

Trénink vytrvalosti by se měl, jako rozvoj ostatních schopností, zakládat na všestranné, široké základně. Většina profesionálních trenérů se přiklání k tzv. LTDA (long temps developement athletics). Tato metoda je chápána z dlouhodobého hlediska tréninku jedince a zakládá si na postupně rostoucí výkonnosti úměrné věku. Podle ústního sdělení Tomáše Periče (vyučujícího UK FTVS, José Martího, Praha 6) mezi 8-9 lety se sportovec ideálně seznamuje se sportem. V 10-11ti se trénink soustřeďuje na rozvoj dovedností. V 12-13ti letech se jedinec učí trénovat, 14-15ti letech závodit a po 16tém roku vyhrávat. Jde tak o fyzický a mentální progres založený na časově dlouhodobé práci, který respektuje přirozený vývoj dítěte. Tréninkové dávky se zvyšují úměrně s věkem. Růst výkonnosti je zajišťován adaptací organismu na zátěž. Ani v dospělém věku by se však trénink neměl specializovat čistě na rozvoj vytrvalostních schopností.

Výslednou výkonnost, vedle tréninkových metod, ovlivňuje životní styl včetně stravy, prevence proti zraněním, regenerace a obnova energie, osobnost atleta, taktické dovednosti, působení stresových situací, motivace a mentální připravenost. Trénovanost jedince lze diagnostikovat prostřednictvím několika faktorů: sledování biologických veličin, sledování odezvy srdeční frekvence, sledování produkce a kinetiky laktátu, konstrukce a vyhodnocení laktátové křivky, laboratorních zátěžových testů nebo změn tělesného složení.

Vytrvalostní běžecký výkon je ve výsledku chápán jako propojení několika faktorů, které mezi sebou navzájem interagují. V souhrnu se jedná o biomechaniku běhu, fyziologii, biochemii, psychiku, prostředí a taktické dovednosti.

4.4 Genetika nebo prostředí

Oddělit úlohu genů od vlivu prostředí nemá jednoznačné vysvětlení.

Působení stravovacích návyků na lidský organismus se datuje již do raných dob homo sapiens sapiens (Wang a kol. 2003), stejně jako predispozice k vysokému cholesterolu by mohly být spojeny s evolucí člověka (Jenkins a kol., 2003). Strava a život našich předků ovlivňují, jak bude naše DNA vypadat. Na jaké nemoci budeme v průběhu života náchylní, jakými kvalitami budeme disponovat, ať už se jedná o inteligenci, vlastnosti nebo schopnosti. To vše je zakódované v genetické informaci, která se v průběhu evoluce vyvíjela a stále vyvíjí.

Pokud se člověk nebyl schopen adaptovat na ekosystém, kde mu například hrozily útoky lvů. Byl tak nucen migrovat do vyšších nadmořských výšek, kde se fyziologicky aklimatizoval na prostředí. Odtud pramení schopnost některých jedinců se snadněji přizpůsobit vnějším podmínkám.

4.4.1 Model prostředí

Prostředí, jeho kvality a proměny, tvoří podněty, na jejichž základě se evoluce člověka vyvíjela. Dle Dobzhanskeho (1972) lze adaptace dosáhnout pomocí genetické změny nebo fyziologické plasticity.

Rozvíjení špičkové výkonnosti je omezeno primárně odhodláním jedince cíleně procvičovat potřebné dovednosti a kvalitou dostupných tréninkových zdrojů, tvrdí Ericsson (1993), autor teorie, která přikládá hlavní váhu výkonnosti vnějším vlivům.

Jeho názor podpořili a zpopularizovali autoři jako Malcolm Gladwell ve své knize *Outliers: The story of Success* (2008). Ten je zastáncem názoru, že vliv na naše schopnosti má prostředí, ve kterém vyrůstáme: „*Chci vás přesvědčit, že vysvětlení úspěchu podle osobnosti nefunguje. Lidé se nezrodí z ničeho. Musíme se jen ptát, odkud lidé jsou, abychom objasnili logiku toho, kdo uspěje a kdo ne*“. „*To, kdo jsme nelze oddělit od toho, odkud jsme,*“ shrnuje.

Publikace Danyela Coleyho *The Talent Code* (2009) rovněž propaguje externí stimulaci výkonu. „*I když je talent považován za předurčený, ve skutečnosti máme velký přehled a kontrolu nad tím, jaké schopnosti nebo dovednosti rozvíjíme a máme více potenciálu, než si umíme představit,*“ prezentuje svůj pohled na problematiku (2009).

Ericsson (1993, 2009) ve své teorii nadřazuje prostředí nad genetiku. Zcela ji však nevyklučuje. Zvláštní vlastnosti sportovců s elitními výkony chápe jako výsledek adaptace na dlouhodobou fyzickou aktivitu, která aktivuje neaktivní geny DNA každého zdravého jedince.

Za přípustný vrozený parametr, který nelze ovlivnit přiznává fyzickou stavbu těla (2009).

Mezi faktory prostředí, které ovlivňují výkonnost dle Arnauda Fereca (2010) patří trénink a kondiční cvičení, úroveň dovedností, věk, léky na podporu výkonnosti, plány zotavení, strava, voda, spánek, hmotnost, klima, teplota, nadmořská výška, duševní odolnost, pracovní morálka, sebedůvěra, zaměření na cíl, duševní adaptace, psychologie a lidé v okolí.

Ericssonův model tedy považuje predispozice všech sportovců za rovnocenné a rozhodující roli hraje čas, intenzita a motivace atleta. To Ericsson (1993) potvrzuje tvrzením ze své studie, že houslisté potřebují cvičit 10000 hodin, aby předvedli ideální výkon. Stejně by tomu tak mohlo být v oblasti sportu.

Takovýto objem hodin potvrzuje i Gladwell (2008): „*Vědci ustanovili magickou hranici 10000 hodin procvičování, abyste se stali experty.*“

To by však nemohla existovat evidentní rozdílnost sportovců. Každý trenér jistě potvrdí, že i malé děti se učí pohybové vzorce rozdílnou rychlostí. Z pohledu vytrvalostního tréninku hrají technické parametry menší roli než v případě technických disciplín. Nelze je však úplně pominout. Každý fanoušek atletiky si jistě představí neuhlazený běh Emila Zátopka. Technicky daleko od ideálu běhu dokázal však předčít veškeré své soupeře.

- Byl za jeho úspěchem pověstný tvrdý trénink?
- Nebo zde hráli roli jiné faktory?
- Mohl by být v případě úspěšnější techniky výkonnější?

Jeho tréninkové dávky se zdály být nadpozemské. Z mého pohledu dlouhodobé atletiky pro zdravého člověka za nesnesitelné. Zde tak nastává prostor pro opoziční model tzv. genetického stropu.

4.4.2 Model genetického stropu

Model genetického stropu vypracoval Tucker a spol. (2012). Stojí si za názorem, že výkonnost ovlivňují vrozené předpoklady prostřednictvím přítomnosti, popř. absence genetických sekvenčních variant. Tyto faktory určují k jakému sportu má člověk talent a naopak. Jedním z nejznámějších propagátorů tohoto názoru je americký sportovní novinář a spisovatel David Epstein. Ve své knize *The Sport Gene* (2013), uvádí příběhy sportovců historie a současnosti a snaží se myšlenku tohoto modelu potvrdit.

Ani Tucker (2012) však ze své teorie nevyloučil vliv prostředí: „*Sportovní úspěch je kombinací genetických faktorů a faktorů prostředí. Neexistuje jediná konkrétní cesta k vítězství.*“ Geneticky dané jsou následující parametry (Ferec, 2010): pohlaví, předkové,

etnická příslušnost, anatomie, biomechanické faktory, typy svalových vláken, rychlost svalové kontrakce, elasticita svalů, pevnost měkkých tkání, odolnost vůči únavě, adaptace na trénink, zotavení, odolnost vůči únavě a zranění. Veškeré tyto faktory mají vliv na výkonnost sportovce a předurčují tak talent k danému sportu či aktivitě.

4.4.3 Epigenetický model

Epigenetika nabízí řešení mezi nekonečnými debatami na téma prostředí proti dědičnosti. Stojí na rozmezí genetického modelu a modelu 10 000 hodin.

Zabývá se dědičnými změnami transkripčního potenciálu buněk, které nejsou vrozené. Jedná se o změny mezi genomem a fenotypem, kdy změny v externím prostředí organismu mohou ovlivnit expresi jinak neflexibilního kódu DNA. (Ferec, 2018)

Tim Spector (2012) ve dvě knize napsal: „*Před pouhými několika lety zjistili vědci, že strava těhotných žen ovlivňuje chování genů u jejich potomků.*“ Geny se tak chovají v závislosti na zprávách od ostatních genů, od hormonů a na informace stimulované výživou a učením. (Ferec, 2018)

4.5 Genetická mapa

Genetická mapa je neustále se aktualizující a rozšiřující se seznam lidských genů a markerů, které mají vliv na výkonnost a zdatnost. Jde o uspořádaný seznam loků, známých pro jeden genom.

V roce 2001 čítala genetická mapa lidské výkonnosti 13 sekvenčních variant DNA (Booth, 2001). K roku 2007 obsahoval seznam 214 autozomálních a 18 mitochondriálních genů (Bray, 2009). V současné době tvoří tuto mapu přes 230 genů. U každého zařazeného genu byla provedena alespoň jedna prokazatelná studie. Dle Fereca (2010) tuto rešerši však limituje dostupnost laboratoří a kategorizace provedených výzkumů. Ty ve většině případu proběhly na úzké části populace. Z tohoto důvodu je nelze považovat za průkazné.

4.6 Základy genetiky

Genetika si zakládá na odborném pojmenování. Tím definuje složitost svého fungování.

Za potenciaální základní jednotku můžeme považovat gen, krátký úsek DNA, který ovlivňuje to, jak vypadáme, jak se chováme i to, jak sportujeme. Genetiku tvoří veškerá interakce genů na úrovni šroubovic DNA a RNA a jejich produktů ve formě proteinů.

Alely se často zaměňují s termínem gen. Gen je dědičná jednotka, zpravidla umístěná na dané pozici v chromozomu, která ovlivňuje určitý znak. V daném loku genu však může

existovat vyšší množství alel (maximálně 2, po matce a otci), které znak specifikují. Je tomu tak například u krevních skupin. Identita alel rozhoduje, zda je organismus homozygotní (stejně alely) nebo heterozygotní (rozdílné alely). V souvislosti se sportem můžeme mít dvě a více variant alel, které svojí charakteristikou ovlivňují expresi genu. Může tomu tak být například u hodnoty VO_2 max. Jeden typ alely například znamená predispozici pro vysokou hodnotu VO_2 max, jiná alela totožného genu tuto výhodu nezajišťuje.

Souhrn kompletní genetické informace, výbavy uložené v genech, se nazývá genotyp. Ten ovlivňuje přímým či nepřímým způsobem molekulární a fyzické znaky organismu. Z něj pak vyplývá specifický fyzický znak, fenotyp. Ten se projevuje pomocí genetických a environmentálních faktorů. Některé geny totiž působí na naše schopnosti a vlastnosti přímo, jiné interagují s prostředím. (Ferec, 2018)

Chromozomy se skládají z DNA a histonů. Člověk jich má celkem 23 párů (22 autozomů a 1 gonozomů). V případě pohlavních chromozomů se u mužů vyskytuje chromozom Y (XY) a u žen jen chromozom X (XX). Výsledkem interakce genů rodičů na chromozomech rozumíme vzhled a vlastnosti potomka. Dochází k tzv. rekombinaci genů, tedy zjednodušeně propojení genetické informace matky a otce.

Polymorfismus je variace v sekvenci DNA, která potvrzuje, že pro daný znak populace existují různé fenotypy. Úzce souvisí s mutací. Mezi polymorfismem a mutací je uměle vytvořená hranice 1%. Pokud se rozhodující alela vyskytuje u méně, jak 1% populace, jedná se o mutaci. Pokud je tomu naopak, hovoří se o polymorfismu. (Ferec, 2018)

4.6.1 Genetika v souvislosti se sportovním výkonem

Jak uvádí Arnaud Ferec (2018), trénink je považován za kombinaci vědy (fyziologie, biochemie a biomechaniky). Pokud do rovnice přidáme také genetiku, začíná věda spojovat všeobecná pravidla modelu s individuálními potřebami tréninku. Puleo a Milroy (2014) jsou k oblasti genetiky ve sportu skeptičtí: „*Problém s rozdíly v geneticky daných dispozicích je v tom, že nikdy nemůže dojít k soupeření mezi fyzicky a fyziologicky stejnými soupeři.*“

Genetika je jedna z nejsložitějších vědeckých sfér, která je v mnoha publikacích srovnávána s několika tisíci stránkovou knihou. Stručněji řečeno se však zabývá předáváním znaků z generace na generaci. Gen, tedy úsek DNA určuje veškeré aspekty živých organismů, od vzhledu, přes chování, až po sportovní potenciál. V roce 2003, kdy došlo ke kompletnímu zmapování genomu, tedy souboru veškeré genetické informace daného organismu, a utvrzení faktu, že veškerá biologie organismu se odvíjí od vzájemných interakcí molekul DNA a RNA

a jejich produktů v podobě proteinů, se zcela posunul vědecký pohled na vrozené schopnosti a dovednosti (Ferec, 2018).

Fyzická kondice každého jedince je primárně určena jeho genotypem. V současnosti je v genomu identifikováno kolem 20 000 genů, z čehož 150 má potvrzený vliv na fyzickou zdatnost, svalovou výkonnost a vytrvalost organismu. Některé z nich již determinují vrozené předpoklady, jiné lze prostřednictvím interakcí mezi geny nebo geny a prostředím (cíleným tréninkem, evolučním vývojem) tvarovat. Výjimečné sportovní výkony jedince jsou tedy výsledkem jednak správně zvoleného sportu podle genetického profilu, a jednak vhodné kombinace tréninku a vlivu prostředí tak, aby se vrozené geny mohly optimálně projevit (Ferec, 2018).

Genetika může napovědět, zda upřednostnit silový či vytrvalostní sport, jak dlouhou regeneraci je potřeba zvolit mezi jednotlivými tréninky a do jaké míry je sportovec náchylný na zranění.

Každý člověk sdílí 99,7 - 99,9 % své DNA s jakoukoliv jinou osobou na planetě (Collins a Mansoura, 2001). Genetická variabilita je větší v rasovém kontextu než mezi etnickými skupinami a v lidském genomu není opravdu nic, co by obhájilo rasovou diskriminaci (Henderson, 2014). To podporuje i fakt, že sprinterské závody zpravidla vyhrávají potomci západoafrické populace, zatímco ve vytrvalostních závodech dominují Severo- a Východoafričané. Síla a vytrvalost bývala v těchto zemědělsky zaměřených oblastech nutná pro přežití.

Geny a jejich kombinace určují vrozené předpoklady ke sportu. V některých případech jsou však tvárné a ovlivnitelné vnějšími podmínkami. To znamená, že některé z nich je potřeba stimulovat, aby u člověka projevily své benefity. Mezi stimuly patří environmentální, biologické a chemické faktory.

Není tedy sporu, že předpoklady k tréninku a výkonu jsou z jisté části vrozené. Dědičnost délky potencionální výdrže trvání aktivity bez tréninku se udává na 47 - 74 %. Míra zlepšení po zavedení pravidelného a systematického tréninku je vrozená z 23 – 57 %. Anaerobní práh, na kterém lze prostřednictvím tréninku pracovat, je určený z 55 – 80 % (Ferec, 2018).

Může však trénink ovlivnit sekvenci DNA? „*Ať už jezdíme na kole, běháme nebo chodíme po horách, tyto aktivity ke změnám sekvence v DNA nevedou,*“ píše Arnaud Ferec (2018).

Cvičení ovlivňuje expresi genů, tedy jejich aktivaci nebo deaktivaci (Ferec, 2018). Tento fakt potvrdila studie Ronna a kol. (2016), kdy byli muži z běžné populace vystaveni fyzické aktivitě po dobu šesti měsíců. Vypozorována byla změna v genomu tukové tkáně.

Fyzická aktivita je tvořena fyziologickou adaptací na výkon, která je podmíněna genetickou výbavou. Každý sportovec tak reaguje na trénink odlišným způsobem, dle svých možností.

Geny jsou často skloňovány i ve spojitosti faktorů jako VO_2 max (Lundby a kol., 2016), fungování srdce (Chamsi, 2003), reakce inzulínu a glukózy (Willing, 2009). Specifikace genů, které tyto parametry ovlivňují, je však velmi složitá. Jsou totiž napojeny na další geny, které se tvarují podle vlivů vnějšího prostředí. O výsledné podobě genetických informací tak rozhoduje ne jeden proces.

4.6.2 Genetika v souvislosti s vytrvalostním výkonem

Vytrvalostní výkon je závislý na komplexním fenotypovém prototypu ovlivněném jak geneticky, tak prostředím (Ahmetov, 2009).

Geny, které určují svalovou aktivitu jedince, existují ve dvou formách. Výhodné, podporující fyzickou zdatnost. Anebo nevýhodné, negující podporu tělesné zdatnosti.

K určení prvního genu jako indikátoru sportovní výkonnosti došlo před více než deseti lety (Montgomery a kol., 1998). S postupem času došlo k jeho podrobné analýze a závěru, že pozitivně ovlivňuje vytrvalecké schopnosti. S pomocí studie Ahmetova a Rogozkina (2009) bylo určeno 36 genů, mající vliv na výdrž a výkonnost. U některých jsou na základě provedených studií doloženy jasné výsledky, některé potřebují podrobnější informace, u některých došly studie k rozdílným závěrům a nelze tak jejich význam zatím potvrdit. Některé geny pravděpodobně teprve čekají na pokrok vývojových technologií genetických laboratoří, aby mohly být na seznam zařazeny.

ACE

Angiotenzin I konvertující enzym je k dnešnímu dni dopodrobna prostudován a je u něj potvrzena spojitost s vytrvalostní výkonností.

Tento gen má vliv na následující oblasti: ovlivňuje hodnotu VO_2 max, intenzitu tréninku a podíl svalové hmoty. U ACE genu dochází k polymorfismu Inzerce (I) a delece (D). Zatímco u genotypu D se pracuje spíše se silovými dispozicemi, genotyp II představuje vytrvalostní profil. Jeho přítomnost má vliv na účinnost svalů při aerobním výkonu, nemělo by docházet

k nárůstu svalové hmoty a společně s alelou BDRKB2-9 by mohl mít vliv na vytrvalostní kapacitu. (Ferec, 2018)

Genotyp I je spojován s vyšším podílem pomalých svalových vláken, vyšší hodnotou VO_2 max, účinností aerobního výkonu, lepší odolností vůči únavě, vyšším přísunem kyslíku do periferních vláken během aktivity, lepší aerobní reakcí na trénink, vyšším srdečním výkonem a maximálním výkonem. (Shenoy a kol., 2010)

Alela I byla prokázána ve studii na polských veslařích. Vyskytovala se u nich oproti kontrolní běžné populaci v poměru 56% : 44% (Cieszczyk a kol., 2010). Shenoy a kol. (2010), ten také potvrdil tento fakt na indických triatlonistech.

ACTN3

Alfa-aktinin 3 je v oblasti sportu často spojován s vrcholovým výkonem v souvislosti s determinací svalových vláken. Zatímco u sprinterských předpokladů byl tento fakt dokázán, u vytrvalostního výkonu tomu tak po dlouho dobu nebylo. ACTN3 obsahuje polymorfismus, v jehož důsledku se vyskytuje ve dvou variantách X a R. Výsledky studií ACTN3 nedošly k jasným závěrům. Shang a kol. (2010) zjistili vyšší zastoupení genotypu XX u vytrvalostních sportovkyň v porovnání s kontrolními subjekty. V případě mužů se jim však toto tvrzení nepotvrdilo.

Niemi a kol. (2005) došli k výsledkům, že u finských vytrvalců bylo zastoupení polymorfismu XX vyšší a RR nižší. U kontrolní skupiny sprinterů však nebyla potvrzena přítomnost XX.

Doring a kol. (2010) konstatovali obdobné výsledky jako u předchozích studií.

Testování Saundease a kol. (2007) při Ironmanu u triatlonistů taktéž nepotvrdilo vliv ACTN3 na vytrvalostní výkon.

Yanghoob a kol. (2019) se zabýval charakteristikou ACTN3 v souvislosti s vytrvalostními schopnostmi a dlouhověkostí. Svému testování podrobila myši, u kterých pozitivní vliv tohoto genu na vytrvalost potvrdila. V závěru ho prohlásila za průkazný i u lidí.

UCP2 a UCP3

Mitochondriální odpřahující proteiny (UCP) se podílejí na produkci ATP a uvolňování energie v podobě tepla. Energetická účinnost představuje pro fyzickou výkonnost velmi zásadní ukazatel, obzvláště při aerobních aktivitách. (Ferec, 2018)

Studie týmu Sessa a kol. (2011) zkoumala polymorfismy několika genů spojených s výkonností ve sportu. Předmětem studie bylo rozdělení vybraných sportovců dle jejich

specializace. Zatímco u silově zaměřených sportů došli k jasným závěrům. U jiných fyziologických parametrů se závislost nepotvrdila.

Skupina vědců Holdys a kol. (2013) zjišťovala spojitost mezi genetickými variantami mitochondriálních odpráhuječích proteinů a maximální spotřebou kyslíku. Výzkumu se zúčastnilo 154 mužů a 85 žen z oblasti profesionálního sportu. Jejich výsledky byly srovnávány s polskými studenty Univerzity tělesné výchovy. Určitý typ alely genu UCP2 a UCP3 byl spojen s vyšší úrovní VO_2 max a lze tak dojít k závěru, že mitochondriální odpráhuječící proteiny podporují vytrvalostní výkon.

Matsuanga a kol. (2009) se zabýval asociací polymorfismu UCP2 a UCP3 se srdeční frekvencí. Ta úzce souvisí s nervovým systémem a regulací srdce. U zkoumané japonské mužské populace se potvrdila rozdílnost tepové frekvence v závislosti na přítomnosti UCP2 a UCP 3.

Limitující faktor vytrvalostního výkonu představila studie Willinga a kolektivu (2009), která dosáhla závěru, že mitochondriální odpráhuječící protein 2 způsobuje vyšší produkci inzulinu po zátěži.

U variant tohoto genu se potvrdily i vyvrátily různá tvrzení, spjaté s vytrvalostním sportem, a tak je prozatím nelze považovat za průkazné.

BDKRB2

Bradykyninový receptor B2 patří mezi peptidy, které patrně ovlivňují bolest, zánětlivost, vazodilataci a stahy hladkého svalstva. Existují důkazy o jeho interakci s genem ACE v souvislosti s krevním tlakem a rovnováhou tekutin. Zatímco jeden typ polymorfismu (-9) ovlivňuje účinnost svalových kontrakcí, výhodnou při vytrvalostním výkonu. Druhý typ polymorfismu (+9) má pravděpodobně vliv na pocit žízně a vyšší ztrátu tekutin během aktivity, která může vytrvalce limitovat. (Ferec, 2018)

Tato tvrzení potvrdily ve svých studiích Saunders a kol. (2006a/b), kdy podrobili testování účastníky Ironman závodu. První studie ukázala, že přítomnost jednoho typu genotypu (konkrétně -9 -9) se většinově potvrdila u triatlonistů v porovnání s kontrolní skupinou. Druhé testování vyhodnotilo spojitost přítomnosti varianty polymorfismu +9 +9 s nežádoucím úbytkem tekutin během závodu.

Williams a kol. (2004) srovnávali 115 zdravých žen a mužů z běžné populace s 81 olympioniky v běžeckých vytrvalostních disciplínách s cílem porovnat spojitost mezi variantami bradykininu a sportovního výkonu. Vyšší účinnost svalových kontrakcí byla za

přítomnosti genotypu BDKRB2 prokázána v závislosti na typu alely. Současně také zjistili, že za podmínek interakce s ACE hladina účinnosti stoupá.

Studie, týkající se Bradykyninu došly k příznivým závěrům a lze tak tento gen považovat za faktor vytrvalostního výkonu.

ADRB1 a ADRB2 a ADRB3

Beta 1 a 2 adrenergní receptory ovlivňují regulaci srdce, plic, cév, endokrinní a centrální nervové soustavy (Iway a kol., 2003, Ferec, 2018).

ADRB1 je dle typu alely spojován s hodnotami VO₂ max. Wagoner a kol. (2003) potvrdil vazbu mezi polymorfismy a vrcholy VO₂max navzdory velmi obdobným charakteristikám zkoumaných subjektů.

V souvislosti s ADRB2 zkoumala skupina Snyder a kol. (2006) jeho vliv na funkci plic. Během zátěže se žádné změny neprokázaly. Po fyzické aktivitě se však nositelé jednoho typu polymorfismu rychleji vraceli na normální hranici plicní funkce. Zároveň také podle Tsianose a kol. (2010) nositelé vytrvalostní alely dosahovali rychlejších časů v maratonu a nižších hodnot krevního tlaku před, při i po výkonu.

ADRB3 se věnovala španělská studie Santiago a kol. (2009), kdy zkoumala 3 skupiny: vytrvalostní sportovce na vrcholové úrovni, špičkové silové sportovce a aktivní sportující populaci na bázi každodenního života. Došla k závěru, že jedna varianta pro polymorfismus jasně ovlivňovala vytrvalostní výkon, zatímco u ostatních se žádný vliv neprokázal.

NRF1

Jaderný respirační faktor hraje roli v aktivaci jiných genů podílejících se na mitochondriálním dýchání (Ferec, 2018).

He a kol. (2008) podrobili vybranou skupinu čínských mužů vytrvalostním testům. Porovnával propojení mezi hodnotami aerobní aktivity a genotypu NRF1. Došli k závěru, že tento genotyp ovlivňuje hodnotu aerobní aktivity. Důkazy však nejsou jednoznačné.

Výsledky studie Morry a kol. (2019) ukázaly vliv genu NRF1 na mitochondriální dýchání. Ve prospěch vytrvalostního výkonu tento genotyp snižuje spotřebu kyslíku při aerobní aktivitě. Potvrdily tak výsledky předchozí studie.

NRF2

Jaderný respirační faktor zvyšuje respirační aktivitu a zrychluje rychlost tvorby ATP v průběhu aktivity. Typ alely NRF1 ovlivňuje hodnotu VO₂ max. Asi 98% populace patří ke

genotypu AA. Jedinci s velmi vzácným typem alely G mají dispozice k až o 60% většímu zlepšení VO₂ max při vytrvalostním tréninku. (Ferec, 2018)

Eynon a kol. (2009) studovali souvislost genotypů NRF2 s vytrvalostním výkonem. Přítomnost genotypu AG se výrazněji potvrdila u vytrvalostních sportovců (12%) než u sprinterů a kontrolní běžné populace, u kterých se genotyp G potvrdil ve 2% zkoumaných subjektů.

Vliv genotypu NRF2 na ekonomiku běhu při tréninku sledovala skupina He a kol. (2007). U jedinců jednoho typu genetické kombinace byla zaznamenána až o 57% lepší reakce na trénink než u ostatních. V závislosti na uvedených výsledcích vědci potvrdili vliv NRF2 na vytrvalostní disciplíny.

PPARGC1A

Proliferátor-gama koaktivátor-1 hraje zásadní roli v energetickém systému. Z hlediska vytrvalostních faktorů ovlivňuje využívání glukózy, termogenezi, funkci mitochondrií a typu svalových vláken (svalová vlákna I. typu). (Ferec, 2018)

Opět se setkáváme s případem, kdy o vlastnostech genu rozhoduje typ alely. Studie Eynona a kol. (2009) vyzorovala častější přítomnost jedné kombinace u vytrvalců v porovnání se sprinterskou a kontrolní skupinou.

Ke stejnému závěru došli Lucia a kol. (2005). Ti naopak potvrdili malé zastoupení druhého typu genotypu u vytrvalostních sportovců v porovnání s kontrolní populací.

PPARA

Receptor aktivovaný peroxizomovými proliferátory alfa ovlivňuje metabolismus lipidů a glukózy v játrech, kosterním svalstvu a srdci. Hraje roli i ve využití energie a typu svalových vláken. (Ferec, 2018)

Ahmetov a kol. (2006) podrobil ruské vytrvalce a silově založené sportovce testování na typ genotypu PPARA. Byl prokázán rozdíl mezi jednotlivými typy alel G a C. Vytrvalci vykazovali přítomnost alely G (80%) a vyšší podíl svalových vláken I. typu oproti genotypu C v poměru 55% a 38%. Alela G tak byla určena za jednoznačně vhodnější pro vytrvalostní sport.

Litevská studie Gineviciena a kol. (2010) dospěla k totožným závěrům zastoupení G alely u vytrvalců.

VEGF

Vaskulární endoteliální růstový faktor se podílí na dodávce kyslíku do tkání za předpokladu, že je krevní oběh nedostačující. Jeho funkcí je obnovovat cévy po zranění a poškozené svaly po tréninku. Hladina VEGF ovlivňuje oběh a průtok krve ve vlasečnicích. Tento děj zvyšuje okysličení a ovlivňuje VO_2 max. (Ferec, 2018)

Hladina VEGF pravděpodobně rozhoduje o hodnotách VO_2 max. Genotyp s vyšší hladinou VEGF, spojený s vytrvalostním výkonem, ovlivňuje počáteční hodnotu VO_2 max a její potenciaální růst ve spojitosti s tréninkem. To potvrzuje Prior a kol. (2006): „*Vaskulární endoteliální růstový faktor může ovlivňovat periferní oběhový systém a maximální hodnotu VO_2 max.*“

Spojitosť mezi aktivací VEGF a krevním oběhem potvrdil Gustafsson a kol. (2005). V rámci své studie nechal několik subjektů dělat cviky, charakteristické extenzí v kolenu. Nejprve normálně a poté při zaškrcení krevního oběhu. S omezením průtoku krve se zvýšila hodnota VEGF.

4.7 Vytrvalostní schopnosti a věda

Faktory ovlivňující vytrvalost jsou od 70. let 20. století, kdy se datuje začátek nadvlády afrických běžců, zkoumány a pozorovány mnoha experty po celém světě. Objevuje se myšlenka, že za výkonnostními rozdíly může být něco více než jen náročný trénink a kvalitní regenerace. Sport se stává součástí vědy, přenáší se do laboratoří, kde odborníci z celého světa zkoumají faktory vytrvalostního běžeckého výkonu.

4.7.1 Fyziologické parametry

Fyziologické parametry hrají nejen v atletice významnou roli. Každý sport má somatotypový ideál. Z morfologického hlediska definovali Norton a Olds (1996) v atletických disciplínách jako zásadní: postavení těla, tělesné složení, tělesnou výšku, délku horních a dolních končetin vůči tělu.

Podle Alonso a kol. je tělesná výška determinována z 64% a tělesná hmota ze 74 %.

Tělesná výška hraje v běžeckém světě významnou roli. 80% rozdílnosti tělesné výšky mezi lidmi je připisována genetice a zbylých 20% ovlivňuje prostředí. V průběhu 20. století se potvrdilo, že průměrná výška populace civilizovaných zemí narostla o 1cm za generaci. Roli v tělesné výšce hraje strava a sluneční světlo. Proto děti rostou zpravidla více na jaře a v létě než během podzimních a zimních měsíců. Z tohoto důvodu jsou pravděpodobně muži v průměru vyšší než ženy. Vliv stravování na tělesný růst potvrdil experiment J. M Tannera (1960), aplikovaný na dvojčatech, kdy jeden z nich byl vychováván ve striktních podmínkách

s omezením potravy a světla. Druhý měl všeho dostatek a po několika letech měřil o 3 stopy více než jeho bratr. Na vzrůst člověka mají tedy vliv také podmínky, ve kterých žije, přesněji zeměpisná šířka. Bylo dokázáno, že v oblastech s vyšší průměrnou roční teplotou, mají lidé delší končetiny. (Epstein, 2014)

S konstitucí těla úzce souvisí pravděpodobně nejdůležitější faktor vytrvalostní aktivity, běžecká ekonomika. Ta je ve většině studií měřena pomocí VO_2 max při různých stupních intenzit během aktivity od 3 - 15 minut. Význam ekonomiky běhu ve výkonu potvrzuje i studie elitních běžců národního švédského týmu (Svedenhag a kol. 1985), kdy byla pravidelně monitorována hodnota VO_2 max a RE. Přičemž bylo vyhodnoceno, že VO_2 max je během roku relativně stabilní, zatímco ekonomika běhu klesá a stoupá v závislosti na trénovanosti. Daniels (1985) uvádí, že její hodnota u běžců se stejnou hodnotou VO_2 max se může lišit v rádech 30%. Její výsledná hodnota závisí na determinujících faktorech (tělesná konstituce, metabolismus, cardio-vaskulární systém, respirační systém). O její dědičnosti tak můžeme diskutovat v souvislosti s těmito hodnotami. He a kol. (2007) však uvedl konkrétní genotyp-NRF2 ovlivňující ekonomiku běhu.

Za původně kruciólní faktor běžecké výkonnosti se považovala hodnota a využití maximální spotřeby kyslíku (VO_2 max). Obě hodnoty jsou jednoduše měřitelné. Roku 1983 byl proveden experiment aerobní kapacity a jejího využívání (Maughan, 1985) na 28 maratoncích rozdílné výkonnosti v rozmezí 2h 19 min - 4 h 53 min u mužů a 2h 53 min - 5h 16 min u žen výsledného času. U zkoumaných hodnot VO_2 max byla zjištěná lineární závislost mezi výkonem a aerobní kapacitou související zároveň s trénovaností a fyzickou vybaveností sportovce. U hodnoty využití VO_2 max bylo vysledováno, že pomalejší běžci využívali svou VO_2 max na 60%, oproti výkonnostně lepším běžcům, jejichž hodnoty odpovídaly 75%. VO_2 max ovlivňuje výsledný vytrvalostní výkon stejným způsobem jako schopnost tuto kapacitu využít. Ačkoliv hodnotu VO_2 max. ovlivňují určité typy genetických alel, většina vědců se přiklání k tvrzení, že závisí spíše na tréninku a životním stylu. K závěru, že VO_2 max nezáleží na genetické dědičnosti, došel Bouchard a kol. (1992): „*Informace naznačují, že za rozdílnými hodnotami VO_2 max u netrénující populace nestojí genetické faktory, ale spíše fyzická aktivita v běžném životě, stravovací návyky, kouření a další každodenní návyky.*“

4.7.2 Prostředí

Determinace prostředí je termín používaný v souvislosti s opodstatněním lidské výkonnosti vlivem vnějšího okolí, ve kterém člověk žije. V historickém kontextu tak můžeme

uvést kralování skandinávských sportovců na začátku 20. století nebo nadvládu východoafrických běžců v dnešní době (Hamilton, 2017).

Obě zmiňované oblasti jsou charakteristické vysokou nadmořskou výškou. Roser a Hoachka (1993) porovnávali složení svalů u lidí, žijících nad 3000 m. n. m. a pod 700 m. n. m.. Výsledkem studie byla rozdílnost v pomalých svalových vláknech I. typu, které vykazovaly menší podíl oxidativních enzymů, urychlující biochemické reakce a zvýšenou glykolýzu. Vysoká nadmořská výška se tak zdá ve vytrvalostních schopnostech jako nejpříznivější faktor související s polohou prostředí.

4.7.3 Psychologická stránka a motivace

Psychologická příprava hraje v profesionálním sportu velmi podstatnou roli a úzce souvisí s ostatními složkami sportovního tréninku. Zaměřuje se na omezení negativních vnějších a vnitřních vlivů a naopak vyzdvihává ty pozitivní.

Sportovec je vystaven vysokému psychickému tlaku během přípravného i závodního období. Pro úspěšné překonání negativních překážek je za potřebí motivace. Motivace je obecně chápána jako proces usměrňování, udržování chování, který vychází primárně z biologických zdrojů. Motivaci lze rozdělit na vnější a vnitřní. Pod vnější motivaci si můžeme představit materiální nebo finanční formu odměny, popř. uznání okolí. Vnitřní motivace je založená na sebepojetí. Může představovat například radost ze sebe samotného nebo dobrý pocit z úspěchu.

Součástí každé psychologické přípravy je stanovení cíle, v atletice častokrát v podobě nějakého závodu, limitu, nebo výkonu. Cíl může být krátkodobého ale i dlouhodobého charakteru.

4.8 Nadvláda běžců negroidní rasy

O výjimečnosti východních Afričanů na dlouhých tratích není pochyb. Tento fakt potvrzují výsledky z celosvětových vrcholných atletických akcí.

Až v roce 2003 přišlo kompletní zmapování lidského genomu. Dosud nepodložená teorie o vrozených lidských dovednostech našla tak své kompletní opodstatnění. Vědci měli před sebou novou potenciální odpověď na své otázky. Keňané a Etiopané mají čisté geny pro vytrvalost (Larsen, 2003). Při zkoumání a zprostředkovávání studií však narazili na překážky genetiky, které souvisí s citlivými tématy dnešní společnosti, jako je rasa nebo pohlaví.

Přitom fakt zda se jedná o muže nebo ženu, bělocha nebo černocho je zakódovaný hluboko v každém člověku, stejně tak jako to, zda je vysoký či nízký nebo jakou má barvu očí.

Každý jedinec žije v nějakém prostředí, má své předky, je vychováván rozdílným způsobem, chová se dle norem společnosti, ve které žije a je ovlivněn kulturou své země.

U keňských a etiopských běžců bylo v průběhu let představeno několik faktorů, které by údajně mohly stát za jejich úspěchem ve vytrvalostních závodech. Jedná se o genetické predispozice: vysoká maximální spotřeba kyslíku jako výsledek rozsáhlého chození a běhání od raného věku, relativně vysoká hladina hemoglobinu a hematocritu, vývojových znacích organismu jako je somatotyp, specifické postavení dolních končetin, žádoucí kosterní svalstvo a svalová vlákna, oxidoredukční enzymatický profil, jejich tradiční stravovací návyky, život a běhání ve vysoké nadmořské výšce a motivace v podobě ekonomického zajištění (Wilber, 2012).

Lidé se dělí na dva póly. Ti, kteří věří, že afričtí běžci jsou geneticky zvýhodněni. „*Je to svým způsobem genetické dědictví,*“ prohlásil vítěz her Commonwealthu z roku 1978, Mike Bolt. Opoziční názor však prosazuje dvojnásobný olympijský vítěz z let 1968 a 1972 Kip Keino, který charakterizoval výzkumy o genetickém zvýhodnění keňských běžců jako rasistické: „*Není v tom nic jiného než těžká práce, tak si myslím, že běhání je hlavně o hlavě.*“

Ačkoliv, podle výsledků rešerše Beata Knechtla a kolektivu z roku 2016, východoafričtí běžci tvoří jen necelé 0,1% maratonců z náhodně vybraných závodů od roku 1999, tradičně obsazují jejich první příčky. Od Olympijských her roku 1968 v Mexico City, Keňští a Etiopští běžci dominují závodům středních a dlouhých tratí na dráze, stejně jako v přespolních a silničních závodech (Wilber, 2012). Na konci 20. století už drží téměř všechny světové rekordy mužských i ženských kategorií ve zmíněných disciplínách. Konkrétně 90% nejlepších časů všech dob a TOP 10 nejlepších časů historie (Wilber a Pitsiladis, 2012). V případě maratonu, tedy nejdelší trati mezi atletickými disciplínami, je dle tabulek IAAF, 37 nejrychlejších závodů v rukou, respektive nohou Východoafričanů. Tituly Mistrů světa a olympijských vítězů pravidelně putují do východní Afriky. O Keni obecně je z důvodu vyšší ekonomické vyspělosti dochováno více záznamů. Keňané jsou tak oproti etiopským kolegům častěji podrobováni studiím a jejich národnost má ve světě běhu větší váhu. V běžecké výkonnosti jim ale Etiopané kvalitně sekundují.

Výjimečné výkony na dlouhých tratích afrických běžců nejsou výsledkem jednoho rozhodujícího faktoru. Někteří experti prosazují názor, že za triumfy fenomenálních atletů nefigurují tak genetické a fyziologické predispozice, jako ideální somatotyp, podporující výjimečnou biomechaniku běhu a ekonomiku práce metabolismu při extrémním výkonu. Jiní prosazují právě genetické informace. Další zkoumají evolučně dlouhé vystavení organismu podmínkám ve vysoké nadmořské výšce nebo velký tréninkový objem, který jsou Afričané

schopní absolvovat. Někteří vítězství přisuzují dokonce mentálnímu nastavení, kdy běhání v rozvojových zemích představuje lepší ekonomické a sociální postavení.

4.8.1 Genetika

Pod východoafrickou elitní skupinou vytrvalostních běžců chápeme atlety z Keni a Etiopie. Při zkoumání genetických kořenů se porovnává mitochondriální DNA (mtDNA). Ta by měla pomocí chromozomů určit příslušnost národů k haploskupinám, které se tvoří na základě migrace a vývoje populace. Svou roli zde hrají genetické mutace a polymorfismy. Ačkoliv Keňané i Etiopané vykazují podobné výsledky ve vytrvalostních závodech, v případě výsledků příslušnosti ke haploskupinám se liší. U etiopských vzorků se žádné výjimky nenalezly, u keňské skupiny byly podle Roberta Scotta a kol. (2009) zjištěny stopy jiných haploskupin, vykazující známky polymorfismu, které by mohly mít pozitivní dopad na vytrvalostní výkonnost nebo její rozvoj. Příčinou můžou být pravděpodobně odlišné migrační vlny. U etiopské populace se potvrdila genetická shoda mtDNA s euroasijskou rasou z 45%. U keňské populace tato hodnota představovala jen 10%. Důkaz přítomnosti euroasijských kořenů nepodporuje myšlenku genetického ideálu východoafrických běžců. Naopak to otevírá prostor tvrzení, že si tato populace ke svým nadprůměrným schopnostem dopracovali svou izolací v místech s vysokou nadmořskou výškou a životním stylem. (Wilber a Pitsiladis, 2012)

Teorii o vlivu prostředí na genetiku člověka podporuje fakt, že elitní běžci, v případě obou států, pochází jen z určitých etnických skupin. Onywera a Scott (2006) ve své studii o demografickém rozložení elitních atletů v porovnání s běžnou populací odhalují fakt, že většina běžců účastnících se mezinárodních a národních šampionátů pochází z Rift Valley (běžná populace 20%, národní atleti 65%, mezinárodní atleti 81%) a patří ke Kalenjinské etnické skupině (běžná populace 8%, národní atleti 49%, mezinárodní atleti 76%). U většiny se potvrdilo, že za mládí běhali do školy až několika kilometrové vzdálenosti.

U etiopských běžců není distribuce atletické populace takto zřetelná. Výzkum Scotta a kol. (2003) ukázal určitou převahu profesionálních sportovců v oblastech Arsi a Shewa (maratonci: 73%; 5 – 10 km: 43%; dráhová atletika: 29%; běžná populace 15%). U dotazovaných se opět ukázalo, že v dětství většina úspěšných sportovců absolvovala dlouhé cesty do školy, především formou běhu (maratonci: 68%; 5 - 10 km: 31%; dráhový běžci: 16%; běžná populace: 24%). Výsledky však nebyly jednoznačné jako v případě keňské populace. Nicméně mohou tyto faktory reflektovat genetické i environmentální vlivy na vytrvalostní výkonnost.

V případě výzkumu Morana a kol. (2004) se zkoumala přítomnost Y- chromozomu v etiopské populaci. Rozdílné výsledky běžné populace a elitních běžců podpořila názor, že původ hraje signifikantní roli ve výkonnosti.

Dalším předmětem studií východoafrické běžecké nadvlády se staly geny ACE a ACTN3. Yang a kol. v roce 2007 zkoumal vliv ACTN3 na vytrvalostní výkon u východoafrických běžců. Studie byla prováděna na etiopských a keňských profesionálních běžcích a výběru běžné populace. Zásadní vliv ACTN3 však nebyl potvrzen.

Ash a kol. (2011) podrobili etiopské vytrvalce testu na přítomnost ACE. Ani u tohoto genu se však v porovnání s kontrolní skupinou nepotvrdilo spojení se statusem elitních běžců.

4.8.2 Prostředí

Za pravidelnými úspěchy východoafrických běžců na dlouhých a středních tratích je prostředí v kontextu zeměpisné polohy (Onywera a kol. 2006; Scott a kol. 2003; Tucker a kol. 2015).

75% elitních keňských běžců pochází z kmene Kalenjin, který tvoří asi 10% celkové populace v Keni. Většina keňských i etiopských běžců vyrůstá ve vysoké nadmořské výšce (2000 - 2500 m n. m). Kmen Kalenjinů po mnoho let žije v oblasti Velké příkopové propadliny (Great Rift Valley). Tato oblast je oddělena od zbytku země a je charakteristická travnatými vrcholky až v 2450 m n. m. (Pitsidalis a kol., 2004).

Etiopští elitní atleti pochází nejčastěji z dvou kmenů: Arsi a Shewa. Tyto kmeny také žijí na území Velké příkopové propadliny. Etiopané trénují ve vysokých nadmořských výškách. Tréninkovým centrem se stalo město Addis Abeba, položené ve výšce 3350 m n. m. Kromě toho Etiopané také často trénují v horách Entoto, kde nadmořská výška dosahuje hodnot až 3000 m n. m.

Oba národy dokáží absolvovat nadprůměrně kvalitní tréninky v takto vysoké nadmořské výšce bez známek přetrénování. Pro evropské nebo americké běžce by takto efektivní typ tréninku v obdobné nadmořské výšce představoval téměř nemožný úkol (Billat a kol, 2003). Příčinou může být adaptace na vysokou nadmořskou výšku v průběhu generací. „*Kdyby běhání záviselo na nadmořské výšce, proč Kolumbijci nebo Nepálci nejsou tak kvalitními běžci jako jsou Keňané. Za úspěchem stojí tvrdá práce v kombinaci s nadmořskou výškou,*“ opáčí se Mike Kosgei, keňský běžecký trenér.

Nadmořská výška pozitivně ovlivňuje organismus při vytrvalostním výkonu. Organismus východoafrických běžců se v průběhu vývoje adaptoval na podmínky s tím spojené a v souvislosti s dalšími parametry přispívá k vytrvalostním schopnostem. Dnešní keňští a

etiopští vytrvalci pravděpodobně těží z tréninku ve vysoké nadmořské výšce, kde dokáží absolvovat velice kvalitní tréninky.

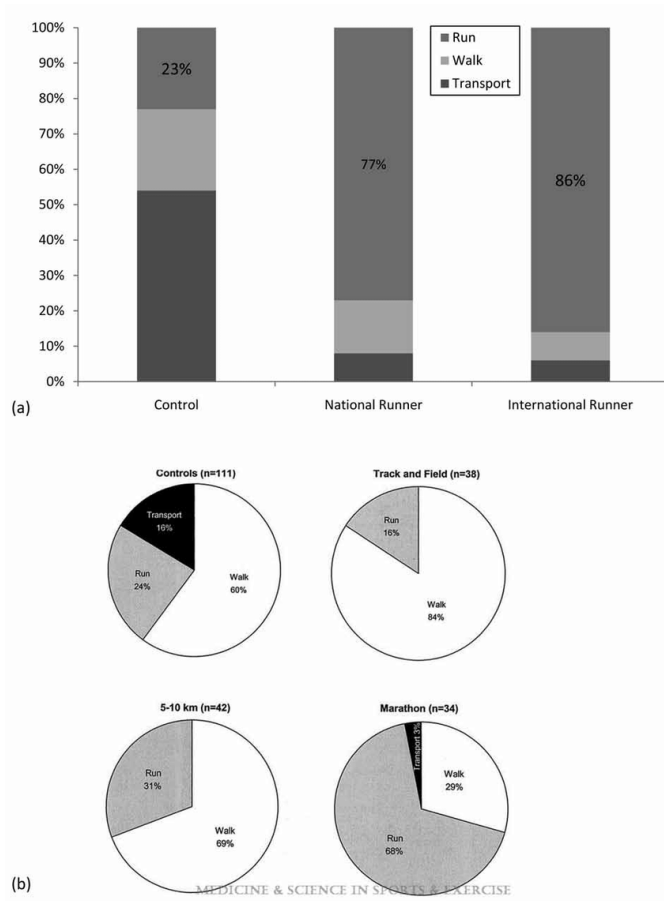
4.8.3 Životní styl

O rozdílném životním stylu ve vývojových zemích, které představují právě Keňa a Etiopie v porovnání s ekonomicky vyspělými americkými nebo evropskými státy není pochyb. Navzdory moderním technologiím, lepšímu sportovnímu zázemí, profesionalizaci sportu, jsou sportovci z vývojově vyspělejších států jen ojediněle schopní svým východoafrickým oponentům konkurovat.

Zatímco obyvatelé Evropy a Ameriky využívají k pohodlnému přemísťování technologické prostředky, keňské a etiopské děti jsou známé tím, že do škol pravidelně běhají. Výzkum Onywery a kol. (2006) dokázal, že 86% keňských atletů účastnících se mezinárodních závodů v dětství pravidelně běhalo do školy (obrázek č. 2). Ke stejným závěrům se Scott a kol. (2003) dostal i v případě Etiopanů (obrázek č. 2). 68% z dotazovaných elitních běžců uvedlo, že při cestě do školy běhali, chodili dlouhé vzdálenosti nebo ojediněle jezdili na kole. Výsledek potvrdil i průzkum mezi nezávodící keňskou a etiopskou populací. Jen 23% příslušníků běžné nespportovní populace běhalo do školy. V případě etiopských obyvatel tomu bylo o 1% výše, tedy 24%. 73% z dotazovaných uvedlo, že vzdálenost, kterou museli absolvovat do školy, byla mezi 5- 20km.

Onywera a kol. (2004) zkoumal keňský jídelníček a vyhodnotil, že jejich strava obsahuje 10% bílkovin, 13% tuků a 77% sacharidů. Beis a kol. (2011) dospěl k hodnotám 13% bílkovin, 23% tuků a 64% sacharidů. Etiopané mají jídelníček založený na vyšším příjmu bílkovin a tuků a naopak nižším poměru sacharidů. Jedná se však o minimální rozdíly. Afričané se tímto způsobem stravují po celé dekády. Jídelníček, založený na nízkém příjmu bílkovin a vysokém příjmu sacharidů představuje doporučenou ideální dietu pro vytrvalostní sporty. Wilber a Pitsiladis (2012) podrobněji charakterizuje keňské stravovací návyky. Jejich jídelníček se skládá z velkého množství zeleniny, ovoce, rýže a nerafinovaného cukru. Jejich typické národní pokrmy, jako například ugali (rýže, kukuřičná mouka a voda) mají vysokou hodnotu glykemického indexu. Jejich tradiční čaj „Chai“ má rovněž vysokou glykemickou hodnotu a je podáván po práci nebo k jídlu jako energetický nápoj. Etiopský jídelníček je rovněž založen výhradně na zelenině, ovoci, rýži a nerafinovaném cukru, ale také na chlebu nebo těstovinách.

Etiopská dieta je více přizpůsobená běhům na střední tratě, z důvodu vyššího příjmu bílkovin a tuků. To může současně vysvětlovat jejich mohutnější konstituci těla a mezomorfní somatotyp. Keňané mají naopak dietu typickou pro vytrvalostní sport, založenou na vysokém glykemickém a indexu a vysokém příjmu sacharidů. Nízký příjem bílkovin může stát za relativně nízkým podílem svalové hmoty.



Obrázek 2-Prostředky transportu do školy u keňské populace a) Onywera a kol., 2006 b) Scott a kol., 2003

4.8.4 Fyziologické parametry

Keňští závodníci jsou charakterističtí svým ektomorfním somatotypem s dlouhými dolními končetinami a malým trupem. Oproti tomu Etiopané jsou spíše mezimorfní, oproti Keňanům silnější postavy. Mají světlejší barvu pleti, a jak potvrdila výše zmiňovaná studie, typologicky se více blíží Evropanům.

David Epstein (2013) shrnuje ve své knize *The sport gene* výsledky studií, zabývajících se rozdílným somatotypem mezi bělochy a černochoy, respektive obyvateli Evropy, Afriky a Ameriky. Většina z nich došla údajně k závěru, že Afričané a Afroameričané mají proporcionalně delší dolní končetiny a kratší trup, a to o 2,4 palce. K běhu ideální poměr.

Larsen a kol. (2003) porovnával somatotypy keňských a skandinávských běžců. Došel k závěru, že keňští vytrvalci mají o 5% delší končetiny a o 12% útlejší lýtka než jejich severští soupeři. Zároveň mají delší a silnější Achillovy šlachy a průměrnou délku chodidla, která se v průběhu evoluce pravděpodobně přizpůsobila běhu na bosu.

Navíc se u příslušníků negroidní rasy potvrdila menší průměrná šířka pánve. „*Tento útlý tělesný somatotyp Afrických běžců, charakteristický dlouhými končetinami jim může poskytovat výhodu při vytrvalostních disciplínách. Zatímco vzrůstově menší Evropané a Asiati excelují v gymnastice a silových disciplínách,*“ uvádí Norton a Olds (2007) v jejich knize *Anthropometrica*.

V roce 1995 se Roger Bannister ve své řeči, adresované britské Asociaci pro zlepšení vědy, navrhl jako hlavní faktory, které by mohly opodstatnit výhodu východoafrických běžců, délku patní kosti, odlišné tělesné složení, zejména v tukové složce, a délku Achillovy paty (Hamilton, 2017).

Studie skupiny vědců z Duke a Howardské univerzity z roku 2010 zjistila u negroidní rasy o 3% výše položený střed těla v porovnání s bílou populací. Na základě tohoto faktu se potvrdilo, že v běžeckých disciplínách hraje tento 3% rozdíl roli v rychlosti běhu, která byla díky vyššímu položení středu těla o 1,5% vyšší. Naopak níže položený střed těla měl pozitivní vliv u plaveckých disciplín.

Tělesné konstituce a složení těla hraje značnou roli v efektivitě běhu. Keňský somatotyp se zdá být ideální pro minimální energetickou spotřebu při vykonávané aktivitě. Saltin a kol. (1995) potvrdili v porovnání se skandinávskými běžci vyšší metabolickou ekonomiku, zvláště při obvyklých závodních tempech.

Důkaz o vlivu VO_2 max na vytrvalostní výkon nabídl novou možnost, kde by mohli mít východoafričtí běžci navrch. Původní hypotézou bylo, že jejich životní styl, charakteristický chůzí a během na dlouhé vzdálenosti pozitivně ovlivňuje hodnotu VO_2 max., kterou později zužitkovávají ve vytrvalostních závodech. Tato tvrzení se však nepotvrdily.

Saltin a kol. (1983) porovnával hodnoty VO_2 max Keňanů se skandinávskými sportovci. Výzkum probíhal v přímořském prostředí a nadmořské výšce 2100 m n. m. Rozdíly výsledných hodnot byly zanedbatelné a neposkytly tak průkazné materiály o jedinečnosti keňských závodníků. Na druhou stranu, skandinávští sportovci rovněž vyrůstají ve vysokohorských oblastech a bylo by tak zajímavější srovnání s například středoevropskou populací.

Na to se v roce 2010 zaměřil Prommer a kol., když porovnával Keňany s německými sportovci. Hodnota VO_2 max se opět nelišila, ačkoliv osobní rekord keňských běžců na 10000 m byl téměř o 2 minuty lepší.

S parametrem VO_2 max pracoval Henrik B. Larsen (2003). Srovnával VO_2 max a její možné využití evropskými běžci a sportovci z Jižní Afriky černé pleti. Vzájemným porovnáním jednotlivých parametrů došel k závěru, že bílí a černí běžci jsou schopni dosahovat podobných hodnot. Stejně tak se nijak výrazněji nelišil poměr svalových vláken. Rozdíl v celkové konstituci těla a BMI, kdy černí atleti disponují dlouhými hubenými končetinami, které můžou hrát rozhodující roli v ekonomice běhu. Za výsledek tak považoval jako esenciální hodnotu využití VO_2 max spolu s geneticky danou konstitucí těla, tvořící ekonomiku běhu.

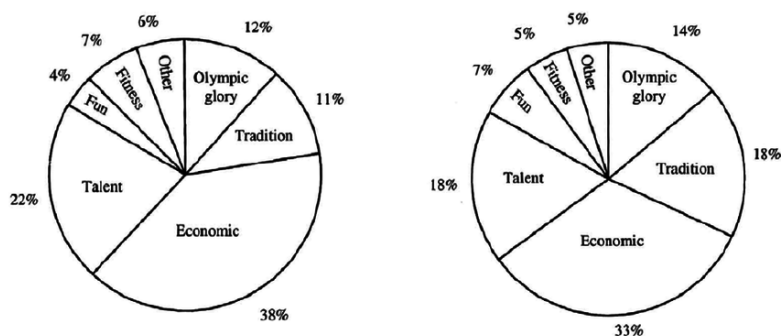
Dalším potencionálním parametrem podrobeným studiím se stal krevní profil, konkrétně koncentrace hemoglobinu. Prommer a kol. (2010) měřil hladinu hemoglobinu keňských a německých elitních sportovců. Výzkum opět probíhal v přímořském prostředí a vysoké nadmořské výšce. Ačkoliv výsledky dosahovaly vysokých hodnot, v porovnání s německými vzorky se nijak zvláště nelišily.

Předmětem výzkumu se staly také typy svalových vláken. Opět se porovnávali skandinávští a keňští běžci. Saltin a kol. (1995) provedl biopsii m. gastrocnemiu a m. vastusu. Opět se nepotvrdili žádné rozdílné hodnoty. Rozdíl nebyl potvrzen ani v případě cytrátové syntézy. Odlišné hodnoty byly potvrzeny v přítomnosti HADH enzymu, který pomáhá využití lipidů při tvorbě energie. Tento typ energie je využíván zejména na delších vzdálenostech. Tato skutečnost však neopodstatňuje výchoafričskou dominanci i na středních tratích, kde tento systém zpravidla není aktivován.

4.8.5 Sociální a ekonomická motivace

Keňa a Etiopie patří mezi rozvojové země. Ekonomická situace zde zdaleka neodpovídá evropskému nebo americkému standartu. Dle statistik WHO k roku 2020 24% Etiopanů a 36% Keňanů žije na hranici chudoby. V roce 2012 dle Wilbera a Pitsiladise byly obě hranice na úrovni 40%. Nezaměstnanost je i přes stále lepší vývoj situace vysoká. S profesionalizací sportu se běh stal snadným prostředkem pro lepší ekonomické zajištění a sociální život. Při průzkumu

Onywery a kol. (2006) 33% dotázaných uvedlo (obrázek č. 3), peněžní odměnu berou jako hlavní důvod, proč trénují.



Obrázek 3 - Motivace keňských běžců (Onywera a kol., 2006)

5 DISKUZE

5.1 Světové rekordy

V následujících tabulkách jsou zobrazeny světové rekordy mužů a žen ve vytrvalostních bězích platné k 11. 3. 2021 dle tabulek IAAF.

Z Obrázku č. 4 je patrné, že v případě mužů jsou veškeré nejlepší světové časy, s výjimkou vytrvalostního závodu na 1 hodinu, který je v držení britského běžce se somálskými kořeny, v držení běžců z afrických zemí.

Zatímco kratším distancím dominuje ugandský běžec, na delších tratích figurují pouze keňská jména. Fakt, že keňský metabolismus využívá pro dlouhé vytrvalostní závody ideální energetické krytí z lipidů a vykazuje lepší ekonomiku běhu, potvrzuje jejich dominance v půlmaratonech a delších závodech.

V případě světových tabulek žen (obrázek č. 5) se můžeme setkat s vyšší kontinentální diverzitou. Dominanci afrických zemí narušují atletky z Číny a Nizozemska. Kořeny nizozemské běžkyně však sahají do Etiopie. Pod etiopskou vlajkou závodila do roku 2013. V případě delších vytrvalostních disciplín se opět potvrzuje keňská dominance.

Postavení žen ve sportu bylo historicky upozaděno. Zatímco v antických zemích mělo něžnější pohlaví své vlastní hry zvané „Heira“, v kontextu novodobých olympijských her účast žen byla omezená. Prvních olympijských her roku 1896 se vůbec neúčastnily. Poté byly jejich starty limitované jen na některé disciplíny. Se zrovnoprávněním žen ve společnosti se začaly prosazovat i ve sportovní sféře a roku 1928 tvořily 10% všech zúčastněných olympioniků. Závodit však stále mohly jen v lehkých atletických disciplínách. Zamítnut jim byl například až do roku 1960 start na 800m, protože byly údajně na takovouto trať příliš křehké. Nerovné

postavení žen v rozvojových zemích Afriky přetrvávalo i v 20. století. Závodit na mezinárodní scéně proto začaly oproti mužům až později.

Keňské ženy většinu času trávily v domácnosti, staraly se o své potomky a rodiny. Chlapci byli naopak považováni za živitele rodin a z tohoto důvodu byli i častěji posíláni do škol - běh jako způsob transportu do škol. V případě jídla byli v dobách nedostatku potravin upřednostňováni muži a děti. Východoafrické běžkyně zpravidla nejsou tak vysoké jako jejich protějšky. Jsou drobnější postavy s kratšími končetinami. Tuto tělesnou konstituci mohly během evoluce ovlivnit jejich životní a stravovací stereotypy. I přes jasně těžší podmínky stát se světovými běžkyněmi, dnes africké atletky vévodí světovým tabulkám. Kratším vytrvalostním závodům, kromě legendární čínské atletky, dominují atletky s etiopskými kořeny.

Zajímavým aspektem, který je třeba zmínit, jsou data světových rekordů. Téměř všechny jsou starší 20ti let. Zatímco v ostatních atletických disciplínách se hodnoty světových rekordů průběžně posouvají, v případě vytrvalostních závodů jsou některé až ze 70. let 20. století. Tedy z dob, kdy se afričtí běžci začínali prosazovat ve světové konkurenci. Důvodem může být právě tehdejší ekonomická motivace Afričanů. V 70. – 80. letech 20. století pro ně závodní kariéra znamenala přelomovou možnost kvalitnějšího života. Se zlepšením místních poměrů prokazatelně klesla hranice chudoby a míra nezaměstnanosti, která mohla ovlivnit zájem žít se závoděním.

Men Outdoor		Men Indoor	Women Outdoor	Women Indoor	Mixed Outdoor			
Discipline	Progression	Perf	Wind	Competitor	DOB	Country	Venue	Date
2000 Metres	↑	4:44.79		Hicham EL GUERROUJ	14 SEP 1974	MAR	Olympiastadion, Berlin (GER)	07 SEP 1999
3000 Metres	↑	7:20.67		Daniel KOMEN	17 MAY 1976	KEN	Rieti (ITA)	01 SEP 1996
5000 Metres	↑	12:35.36		Joshua CHEPTEGEI	12 SEP 1996	UGA	Stade Louis II, Monaco (MON)	14 AUG 2020
5 Kilometres	↑	12:51		Joshua CHEPTEGEI	12 SEP 1996	UGA	Monaco (MON)	16 FEB 2020
10,000 Metres	↑	26:11.00		Joshua CHEPTEGEI	12 SEP 1996	UGA	Estadio de Atletismo del Turia, Valencia (ESP)	07 OCT 2020
10 Kilometres	↑	26:24		Rhonex KIPRUTO	12 OCT 1999	KEN	Valencia (ESP)	12 JAN 2020
20,000 Metres	↑	56:26.0h #		Haile GEBRSELASSIE	18 APR 1973	ETH	Ostrava (CZE)	27 JUN 2007
One Hour	↑	21330		Mo FARAH	23 MAR 1983	GBR	Boudewijnstadion, Bruxelles (BEL)	04 SEP 2020
Half Marathon	↑	58:01		Geoffrey KAMWOROR	28 NOV 1992	KEN	København (DEN)	15 SEP 2019
Half Marathon	↑	57:32 *		Kibiwott KANDIE	20 JUN 1996	KEN	Valencia (ESP)	06 DEC 2020
25,000 Metres	↑	1:12:25.4h #		Moses MOSOP	07 JUL 1985	KEN	Hayward Field, Eugene, OR (USA)	03 JUN 2011
30,000 Metres	↑	1:26:47.4h #		Moses MOSOP	07 JUL 1985	KEN	Hayward Field, Eugene, OR (USA)	03 JUN 2011
Marathon	↑	2:01:39		Eliud KIPCHOGE	05 NOV 1984	KEN	Berlin (GER)	16 SEP 2018

Obrázek 4 - Světové rekordy mužů (IAAF, 21. 3. 2021)

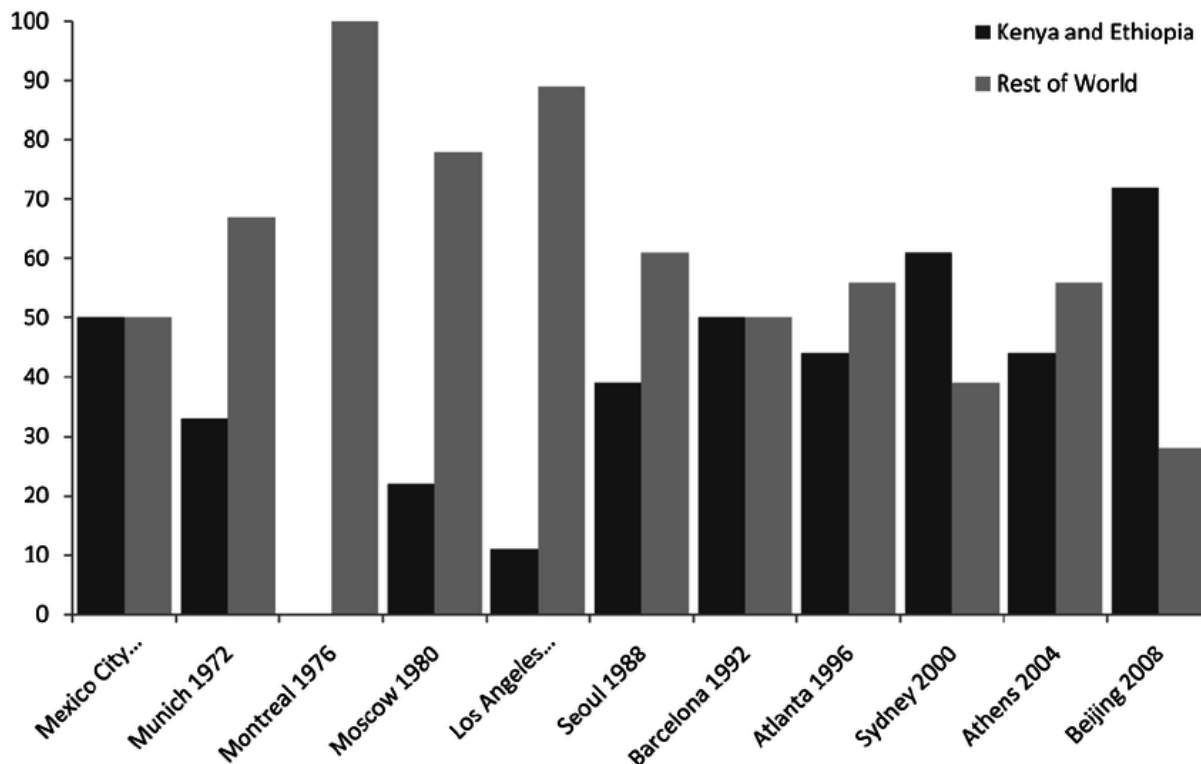
Women Outdoor		Women Indoor		Men Outdoor		Men Indoor		Mixed Outdoor	
Discipline	Progression	Perf	Wind	Competitor	DOB	Country	Venue	Date	
2000 Metres	↑	5:23.75 (i)		Genzebe DIBABA	08 FEB 1991	ETH	Sabadell (ESP)	07 FEB 2017	
3000 Metres	↑	8:06.11		Junxia WANG	09 JAN 1973	CHN	Beijing (CHN)	13 SEP 1993	
5000 Metres	↑	14:06.62		Letesenbet GIDEY	20 MAR 1998	ETH	Estadio de Atletismo del Turia, Valencia (ESP)	07 OCT 2020	
5 Kilometres	↑	14:44 Wo		Sifan HASSAN	01 JAN 1993	NED	Monaco (MON)	17 FEB 2019	
5 Kilometres	↑	14:48 Mx		Caroline Chepkoech KIPKIRUI	26 MAY 1994	KEN	Praha (CZE)	08 SEP 2018	
5 Kilometres	↑	14:43 Mx *		Beatrice CHEPKOECH	06 JUL 1991	KEN	Monaco (MON)	14 FEB 2021	
10,000 Metres	↑	29:17.45		Almaz AYANA	21 NOV 1991	ETH	Estádio Olímpico, Rio de Janeiro (BRA)	12 AUG 2016	
10 Kilometres	↑	30:29 Wo		Asmae LEGHZAOU	30 AUG 1976	MAR	New York, NY (USA)	08 JUN 2002	
10 Kilometres	↑	29:43 Mx		Joyciline JEPKOSGEI	08 DEC 1993	KEN	Praha (CZE)	09 SEP 2017	
20,000 Metres	↑	1:05:26.6h #		Tegla LOROUPE	09 MAY 1973	KEN	Borgholzhausen (GER)	03 SEP 2000	
One Hour	↑	18930		Sifan HASSAN	01 JAN 1993	NED	Boudewijnstadion, Bruxelles (BEL)	04 SEP 2020	
Half Marathon	↑	1:05:34 Wo		Peres JEPCHIRCHIR	27 SEP 1993	KEN	Praha (CZE)	05 SEP 2020	
25,000 Metres	↑	1:27:05.9h #		Tegla LOROUPE	09 MAY 1973	KEN	Mengerskirchen (GER)	21 SEP 2002	
30,000 Metres	↑	1:45:50.0h #		Tegla LOROUPE	09 MAY 1973	KEN	Warstein (GER)	06 JUN 2003	
Marathon	↑	2:17:01 Wo		Mary Jepkosgei KEITANY	18 JAN 1982	KEN	London (GBR)	23 APR 2017	
Marathon	↑	2:14:04 Mx		Brigid KOSGEI	20 FEB 1994	KEN	Chicago, IL (USA)	13 OCT 2019	

Obrázek 5 - Světové rekordy žen (IAAF, 21. 3. 2021)

5. 2 Vyhodnocení výsledků OH a MS

Olympijské hry představují sen vrcholu kariéry každého sportovce. Jejich výjimečnost tkví zejména ve čtyřročním cyklu. Olympijské zlato je tak ve většině sportů považováno za největší úspěch, kterého může každý atlet dosáhnout. Pro africké běžce má však navíc hodnotu celoživotního sociálního uznání a ekonomického zabezpečení. Statistiky východoafrických vytrvalců na olympijských hrách jsou fascinující. V počtu získaných medailí dokáží konkurovat celému světu. Za průlomový lze považovat právě rok 1988, kdy keňští běžci vybojovali 7 medailových umístění z 18 možných. Pro porovnání dosáhli stejného počtu východoafričtí vytrvalci i na Olympijských hrách v Riu 2016. Zde však dvěma závodům navíc dominoval běžec s africkými kořeny a 3 medailisté byli alžírského původu. Postupem času se tak vedle keňských a etiopských jmen začali objevovat i běžci z Alžírsko nebo Somálska. V následujícím grafu (obrázek č. 6) Wilbera a Pitsidalise (2012) je statisticky zobrazen poměr medailových úspěchů závodníků z Keni a Etiopie oproti zbytku světa.

Druhou nejvýznamnější akcí v atletickém světě je Mistrovství světa. Světový šampionát je pořádán každé 2 roky a tak jsou jeho průběžné výsledky zajímavějším ukazatelem. V následujících tabulkách (Tabulka 1 - 6) je zaznamenáno prvních pět příček dle národnosti atleta na všech středních a dlouhých tratích MS v letech 2009 - 2019.



Obrázek 6 - Zisk medailí Keni a Etiopie na středních a dlouhých tratích na OH v porovnání se zbytkem světa (Wilber a Pitsidalis, 2012)

Tabulka 1 - Výsledky MS v Doha 2019 ve vytrvalostních disciplínách dle národnosti

DOHA 2019	1. místo	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
800m	USA	BIH	KEN	USA	PUR
1500m	KEN	ALG	POL	NOR	GBR
5000m	ETH	ETH	CAN (Somálsko)	ETH	NOR
10000m	UGA	ETH	KEN	KEN	ETH
Maraton	ETH	ETH	KEN	GBR	RSA

Tabulka 2 - Výsledky MS v Londýně 2017 ve vytrvalostních disciplínách dle národnosti

LONDÝN 2017	1. místo	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
800m	FRA	POL	KEN	GBR	BOT
1500m	KEN	KEN	ESP	NOR	CZE
5000m	ETH	GBR (Somálsko)	USA	ETH	ETH
10000m	GBR (Somálsko)	UGA	KEN	KEN	ETH
Maraton	KEN	ETH	TAN	GBR	KEN

Tabulka 3 - Výsledky MS v Pekingu 2015 ve vytrvalostních disciplínách dle národnosti

PEKING 2015	1. místo	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
800m	KEN	POL	BIH	KEN	FRA
1500m	KEN	KEN	MAR	ALG	KEN
5000m	GBR (Somálsko)	KEN	ETH	ETH	USA
10000m	GBR (Somálsko)	KEN	KEN	KEN	USA
Maraton	ERI	ETH	UGA	ITA	BRN

Tabulka 4 - Výsledky MS v Moskvě 2013 ve vytrvalostních disciplínách dle národnosti

MOSKVA 2013	1. místo	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
800m	ETH	USA	DJI	POL	GBR
1500m	KEN	USA	RSA	KEN	GER (Etiopie)
5000m	GBR (Somálsko)	ETH	KEN	KEN	KEN
10000m	GBR (Somálsko)	ETH	KEN	USA	ETH
Maraton	KEN	ETH	TAN	GBR	KEN

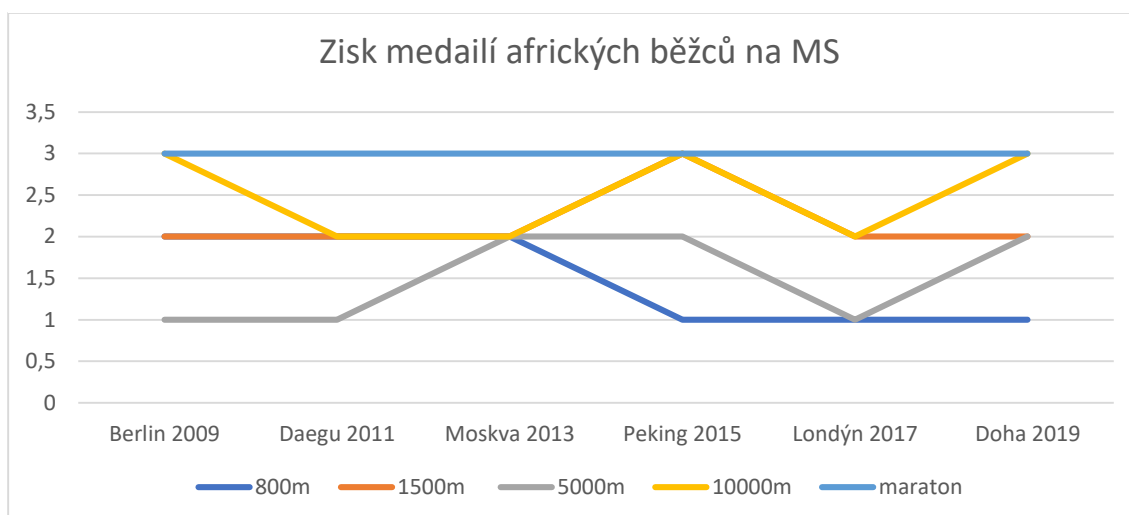
Tabulka 5 - Výsledky MS v Daegu 2011 ve vytrvalostních disciplínách dle národnosti

DAEGU 2011	1. místo	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
800m	KEN	SUD	RUS	POL	USA
1500m	KEN	KEN	USA	ESP	MAR
5000m	GBR (Somálsko)	USA (Keňa)	ETH	KEN	ETH
10000m	ETH	GBR (Somálsko)	ETH	ERI	KEN
Maraton	KEN	KEN	ETH	KEN	KEN

Tabulka 6 - Výsledky MS v Berlíně 2009 ve vytrvalostních disciplínách dle národnosti

BERLÍN 2009	1. místo	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
800m	RSA	KEN	BRN (Keňa)	RUS	MAR
1500m	BRN (Keňa)	RTH	USA (Keňa)	KEN	KEN
5000m	ETH	USA (Keňa)	QAT	UGA	KEN
10000m	ETH	ERI	KEN	ETH	KEN
Maraton	KEN	KEN	ETH	ETH	KEN

Graf 1 - Zisk medailí afrických běžců na MS 2009 - 2019



Úspěšnost afrických národů na světových šampionátech (Graf č. 1) je v posledních letech obdivuhodná. Zejména na maratonské trati putovaly všechny tři medaile během posledních 10ti let do Afriky.

Za vyzdvižení stojí i fakt, že v každém závodě vždy alespoň jeden zástupce afrických států vybojoval cenný kov.

Dle tabulek 1 - 5 vidíme fenomén, který se rozmohl zejména se začátkem 21. století v důsledku globalizace cestování. Původně afričtí občané, začali reprezentovat jiné země. Ve většině případů byla důvodem vysoká konkurence v rodné zemi, která komplikovala nominaci na vrcholné závody. V méně případech byla rozhodující stabilnější a lepší ekonomická situace.

Změny klimatických podmínek pravděpodobně výrazně neovlivnily výkonnost výše jmenovaných běžců, což podporuje model o jejich genetické determinaci k vytrvalostnímu výkonu. Dnešní světová situace jim však dovoluje absolvovat přípravu i v rodných zemích, které jsou pravidelnými destinacemi tréninkových kempů. Neexistují tak jednoznačné důkazy, ze kterých by bylo možné vyvodit závěry o vlivu afrického prostředí či genetických predispozic na vytrvalostní výkon. Veškeré výše uvedené výsledky však jasně potvrzují dominanci afrických běžců na těchto tratích.

5.3 Závěr

Zhodnotíme-li statistiky výsledků vytrvalostních závodů od roku 1980, kdy došlo k technologickému rozvoji Afriky po vzoru vyspělejšího západního světa, dostaneme neuvěřitelný výsledek, že 70 - 80 % vítězů vytrvalostních závodů pochází právě z východní Afriky.

Ačkoliv v souvislosti s keňskou a etiopskou nadvládou ve vytrvalostních běžeckých závodech bylo provedeno nespočet studií, v porovnání s evropskou populací, nejčastěji skandinávskými sportovci, nebyly zjištěny výraznější odchylky v naměřených hodnotách. Rozdíl byl zaznamenán v energetickém systému, kdy u keňských běžců byla potvrzena efektivnější lipolýza, tedy využití lipidů jako zdroje energie, žádoucí při vytrvalostním výkonu zejména na maratonských tratích. Tento způsob využívání energie zvyšuje efektivitu běhu.

Vytrvalostní schopnosti závisí na velkém množství faktorů, které mezi sebou navzájem korelují a ovlivňují se. Nejzásadnější roli hrají respirační a kardiovaskulární systém, které ovlivňují přísun kyslíku do krve a svalů. Od efektivního fungování těchto dvou systémů se odvíjí další parametry determinující vytrvalostní schopnosti. S vědeckým pokrokem bylo představeno několik genů, které mohou souviset s vytrvalostí. Ačkoliv důkazy u některých z nich nejsou kompletní a přesvědčivé, u jejich většiny se vliv na vytrvalostní výkon potvrdil. Genetické informace ovlivňují tělesnou konstituci, metabolismus nebo respirační systém. Právě tělesná konstituce se potvrdila jako hlavní determinační faktor keňského běžeckého fenoménu.

Za úspěchy východoafrických vytrvalců pravděpodobně stojí jejich somatotyp. Ačkoliv se konstituce těla Keňanů od etiopských běžců liší, pravděpodobně v závislosti na jejich jídelníčku, lze konstatovat, že Etiopané jsou lépe přizpůsobeni běhům na střední tratě a keňští závodníci by měli vynikat v delších závodech. V případě Keňských běžců byl potvrzen ideální somatotyp, který podporuje lepší ekonomiku běhu. Dlouhé štíhlé nohy s útlými lýtky a silnými Achillovkami a krátký trup mají zejména na energetické krytí výkonu pozitivní dopad. Vedle kvalitních genetických a fyziologických dispozic, které jsou ale ve většině případů srovnatelné s elitními atlety z jiných zemí, je třeba zdůraznit životní styl v těchto zemích. Tradiční keňská a etiopská jídla obsahují ideální poměr živin, určený pro vytrvalostní výkon. Život ve vysoké nadmořské výšce a každodenní běhání či chození do školy nejspíše vedlo k adaptaci na místní vysokohorské podmínky, které lokálním atletům nyní dovolí absolvovat kvalitní tréninky i v takto extrémních podmínkách. Neméně důležitým faktorem úspěchu těchto vytrvalců může být také motivace. Ta, jak ukázaly výsledky dotazníku, vizualizuje vidinu lepšího sociálního a ekonomického postavení ve společnosti a až ve třetině případů představuje důvod, proč Afričané s běháním začali.

Výše uvedené závěry vychází z vědeckých studií. Běh je snadno porovnatelný parametr. Veškeré zásadní údaje, související s jeho výkonností, jako výše laktátu, hemoglobinu, VO_2 max nebo poměr svalových vláken lze numericky zaznamenat a snadno je tak porovnat.

Spravedlivě lze porovnat i výsledné časy na jednotlivých tratích. Čas hraje v případě atletických disciplín jediného opravdového nepřítele. Pokud pomineme rozdílné podmínky

v jednotlivých závodech, jsou veškeré výsledky velmi dobře srovnatelné napříč historií i místy konání.

6 ZDROJE

6.1 Literatura

1. AHMETOV, I. I., Williams, A. G., Popov, D. V., Lyubaeva, E. V., Hakimullina, A. M., Fedotovskaya, O. N., Mozhayskaya, I. A., Vinogradova, O. L., Astratenkova, I. V., Montgomery, H. E., & Rogozkin, V. A. (2009). The combined impact of metabolic gene polymorphisms on elite endurance athlete status and related phenotypes. *Human genetics*, 126(6), 751–761. <https://doi.org/10.1007/s00439-009-0728-4>
2. AHMETOV, I. I., Mozhayskaya, I. A., Flavell, D. M., Astratenkova, I. V., Komkova, A. I., Lyubaeva, E. V., Tarakin, P. P., Shenkman, B. S., Vdovina, A. B., Natreba, A. I., Popov, D. V., Vinogradova, O. L., Montgomery, H. E., & Rogozkin, V. A. (2006). PPARalpha gene variation and physical performance in Russian athletes. *European journal of applied physiology*, 97(1), 103–108. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0154-4>
3. AINSWORTH, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M., Strath, S. J., ... & Leon, A. S. (2000). Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(9; SUPP/1), S498-S504.
4. ALEXANDER, R. M. (1980) Optimum walking techniques for quadrupeds and bipeds.. *J. Zool. Lond.*, <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1980.tb04222.x>
5. ALLEN, G. Edward (2020, November 30). Thomas Hunt Morgan. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/biography/Thomas-Hunt->
6. ASH, G. I., Scott, R. A., Deason, M., Dawson, T. A., Wolde, B., Bekele, Z., Teka, S., & Pitsiladis, Y. P. (2011). No association between ACE gene variation and endurance athlete status in Ethiopians. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(4), 590–597. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181f70bd6>
7. ALONSO, L., Souza, E. C., Oliveira, M. V., do Nascimento, L. F. E., & Dantas, P. M. S. (2014). Heritability of aerobic power of individuals in northeast Brazil. *Biology of sport*, 31(4), 267.
8. BARKER, CH. *Slovník kulturních studií*. 1. vyd. Praha: Portál, 2006. s. 167.
9. BEIS L. Y., Willkomm, L., Ross, R., Bekele, Z., Wolde, B., Fudge, B., & Pitsiladis, Y. P. (2011). Food and macronutrient intake of elite Ethiopian distance runners. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 8, 7. [https://doi.org/10.1186/1550-2783-8-](https://doi.org/10.1186/1550-2783-8-7)

10. BILLAT, V., Lepretre, P. M., Heugas, A. M., Laurence, M. H., Salim, D., & Koralsztein, J. P. (2003). Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(2), 297–306. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000053556.59992.A9>
11. BLAGROVE, R. C., Howatson, G., & Hayes, P. R. (2018). Effects of Strength Training on the Physiological Determinants of Middle- and Long-Distance Running Performance: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(5), 1117–1149. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0835-7>
12. BRAMBLE, D. M., & Lieberman, D. E. (2004). Endurance running and the evolution of Homo. *Nature*, 432(7015), 345–352. <https://doi.org/10.1038/nature03052>
13. BRAY, M. S., Hagberg, J. M., Pérusse, L., Rankinen, T., Roth, S. M., Wolfarth, B., & Bouchard, C. (2009). The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006-2007 update. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(1), 35–73. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181844179>
14. BRIGANDT, I. (2005). The Instinct Concept of the Early Konrad Lorenz. *Journal of the History of Biology*, 38(3), 571-608. Retrieved May 20, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/4331969>
15. BOOTH, F. W., & Vyas, D. (2001). The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(6), 868. <https://doi.org/10.1097/00005768-200106000-00002>
16. BOUCHARD, C., Dionne, F. T., Simoneau, J. A., & Boulay, M. R. (1992). Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exercise and sport sciences reviews*, 20, 27–58.
17. BOUCHARD, C., Leon, A. S., Rao, D. C., Skinner, J. S., Wilmore, J. H., & Gagnon, J. (1995). The HERITAGE family study. Aims, design, and measurement protocol. *Medicine and science in sports and exercise*, 27(5), 721–729.
18. CARRIER, D., Kapoor, A., Kimura, T., Nickels, M., Satwanti, Scott, E., . . . Trinkaus, E. (1984). The Energetic Paradox of Human Running and Hominid Evolution [and Comments and Reply]. *Current Anthropology*, 25(4), 483-495. Retrieved May 20, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/2742907>
19. CAVANAGH, P. R., & Kram, R. (1989). Stride length in distance running: velocity, body dimensions, and added mass effects. *Medicine and science in sports and exercise*, 21(4), 467–479.
20. CHAMSI Pasha H. (2003). Genetics and heart disease. *Saudi medical journal*, 24(1), 11–18.

21. CHANG, E. S., & O'Connor, J. D. (1983). Metabolism and transport of carbohydrates and lipids. *The biology of Crustacea*, 5, 263-87.
22. CIESZCZYK, Pawel & A, Maciejewska & M, Sawczuk & Ficek, Krzysztof & Jerzy, Eider & N, Jascaniene. (2010). The angiotensin converting enzyme gene I/D polymorphism in elite polish and lithuanian judo players. *Biology of Sport*. 27. 10.5604/20831862.913078.
23. CICHÁ, Martina. (2007). Současné problémy etnické antropologie. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Pedagogiki i Administracji w Poznaniu*.
24. COLLINS, F. S., & Mansoura, M. K. (2001). The Human Genome Project. Revealing the shared inheritance of all humankind. *Cancer*, 91(1 Suppl), 221–225. [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(20010101\)91:1+<221::aid-cnrc8>3.3.co;2-0](https://doi.org/10.1002/1097-0142(20010101)91:1+<221::aid-cnrc8>3.3.co;2-0)
25. COYLE, Daniel (2009) *The talent Code: greatness isn't born: it's grown, here's how. New 's how*. New York: Bantam Books. ISBN-13 978-0553806847
26. ČELIKOVSKÝ, Stanislav. (1990) *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. ISBN 80-04-23248-5.
27. DARWIN, Charles. (2007) *O původu druhů*. Academia, ISBN: 978-80-200-1492-4
28. DANIELS, Jack (1974). "Running with Jim Ryun: A Five-Year Study." *The Physician and Sportsmedicine*, 2:63–67
29. DANIELS J. T. (1985). A physiologist's view of running economy. *Medicine and science in sports and exercise*, 17(3), 332–338.
30. DOVALIL, Josef. (2008) a kol. *Lexikon Sportovního tréninku*. Praha: Univerzita Karlova v Praze/Karolinum. ISBN 978-80-246-1404-5
31. DOVALIL, Josef. PERIČ, Tomáš (2010). *Sportovní trénink*. 1. Vyd. Praha: Grada, 136 s. ISBN 978-80-247-2118-17.
32. DOBZHANSKY Theodosius, (1973): Nothing in biology makes sense except the light of evolution. National Association of Biology Teachers. <http://www.jstor.org/stable/4444260?origin=JSTOR-pdf>
33. DORING, F. E., Onur, S., Geisen, U., Boulay, M. R., Pérusse, L., Rankinen, T., Rauramaa, R., Wolfahrt, B., & Bouchard, C. (2010). ACTN3 R577X and other polymorphisms are not associated with elite endurance athlete status in the Genathlete study. *Journal of sports sciences*, 28(12), 1355–1359. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.507675>
34. DOUGLAS, Scott. (2013) *Malá červená kniha o běhání*, Premedia Group, s.r.o. ISBN: 978-80-89594-53-5

35. JONES, Edward & Charles, Jordan. (2010). The evolution of speed in athletics: Why the fastest runners are black and swimmers white. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*. 5. 10.2495/DNE-V5-N3-199-211.
36. EPSTEIN, David. (2013). *The sports gene: inside the science of exceptional performance*. Penguin Group, USA. ISBN 978-1-101-62263-6
37. ERICSSON, Krampe & Tesch-Römer (1993). *Royal Society Open Science*. 6. 190327. 10.1098/rsos.190327. ERICSSON KA, Nandagopal K, Roring RW. Toward a science of exceptional achievement: attaining superior performance through deliberate practice. *Ann N Y Acad Sci*. 2009 Aug;1172:199-217. doi: 10.1196/annals.1393.001. PMID: 19743555
38. EYNON, Nir & Alves, Alberto & Yamin, C & Michael, Sagiv & Duarte, José & Oliveira, José & Ayalon, Moshe & Goldhammer, Ehud & Meckel, Yoav. (2009). Is there an ACE ID - ACTN3 R577X polymorphisms interaction that influences sprint performance?. *International journal of sports medicine*. 30. 888-91. 10.1055/s-0029-1238291.
39. EYNON, N., Sagiv, M., Meckel, Y., Duarte, J. A., Alves, A. J., Yamin, C., Sagiv, M., Goldhammer, E., & Oliveira, J. (2009). NRF2 intron 3 A/G polymorphism is associated with endurance athletes' status. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 107(1), 76–79. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00310.2009>
40. FERÁK, V. a SRŠEŇ, Š. (1990). *Genetika člověka*. SPN, Bratislava
41. FEREC. A. (2018). *Genetika pro trenéry*. Praha: Grada publishing, a.s. ISBN 978-80-247-5553-3
42. FINN, Adharanand. (2012) *Běhání s Keňany: cesta za tajemstvím nejrychlejších lidí planety*. Praha: Mladá fronta. ISBN 978-80-204-2778-6.
43. FUTTERMAN, M. (2020). *Běhání na doraz*. Universum
44. GINEVICIENE, V., Jakaitiene, A., Tubelis, L., & Kucinskas, V. (2014). Variation in the ACE, PPARGC1A and PPARA genes in Lithuanian football players. *European journal of sport science*, 14 Suppl 1, S289–S295. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.691117>
45. GLADWELL, Malcolm (2008): *Outliers*, Little, Brown and Company. ISBN 978-0-316-01792-3.
46. GUSTAFSSON T., Ameln, H., Fischer, H., Sundberg, C. J., Timmons, J. A., & Jansson, E. (2005). VEGF-A splice variants and related receptor expression in human skeletal muscle following submaximal exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 98(6), 2137–2146. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01402.2004>

47. HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. (2004): Fyziologie tělesné zátěže I. Obecná část. Praha: Nakladatelství Karolinum, ISBN 80-7184-875-1
48. HE, Z., Hu, Y., Feng, L., Lu, Y., Liu, G., Xi, Y., Wen, L., & McNaughton, L. R. (2007). NRF2 genotype improves endurance capacity in response to training. *International journal of sports medicine*, 28(9), 717–721. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964913>
49. HE, Z., Hu, Y., Feng, L., Li, Y., Liu, G., Xi, Y., Wen, L., & Lucia, A. (2008). NRF-1 genotypes and endurance exercise capacity in young Chinese men. *British journal of sports medicine*, 42(5), 361–366. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.042945>
50. HENDRESON, Mark. (2008): Genetika, 50 myšlenek, které musíte znát. Nakladatelství Slovart, s.r.o. 2014. ISBN 978-80-7391-824-8
51. HERRSTEIN, Murray (1994) *The bell curve*, Simon & Schuster Inc. ISBN 0-02-914673-9.
52. HIRVONEN, J., Nummela, A., Rusko, H., Rehunen, S., & Härkönen, M. (1992). Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400-m sprint. *Can J Sport Sci*, 17(2), 141-144.
53. HOBERTMAN J. (1997). *Darwin's athletes. How sport has damaged black america and preserved the myth of race*. 1st ed. New York: Houghton Mifflin Company. ISBN-10 : 0395822920
54. HOLDYS, J., Gronek, P., Kryściak, J., & Stanisławski, D. (2013). Genetic variants of uncoupling proteins-2 and -3 in relation to maximal oxygen uptake in different sports. *Acta biochimica Polonica*, 60(1), 71–75.
55. HUXLEY, Julian S. (2010). *Evolution: the modern synthesis*. The MIT Press, c1942. ISBN 0262513668.
56. IWAI, C., Akita, H., Kanazawa, K., Shiga, N., Terashima, M., Matsuda, Y., Takai, E., Miyamoto, Y., Shimizu, M., Kajiya, T., Hayashi, T., & Yokoyama, M. (2003). Arg389Gly polymorphism of the human beta1-adrenergic receptor in patients with nonfatal acute myocardial infarction. *American heart journal*, 146(1), 106–109. [https://doi.org/10.1016/S0002-8703\(03\)00110-8](https://doi.org/10.1016/S0002-8703(03)00110-8)
57. IWAI, C., Akita, H., Kanazawa, K., Shiga, N., Terashima, M., Matsuda, Y., Takai, E., Miyamoto, Y., Shimizu, M., Kajiya, T., Hayashi, T., & Yokoyama, M. (2003). Arg389Gly polymorphism of the human beta1-adrenergic receptor in patients with nonfatal acute myocardial infarction. *American heart journal*, 146(1), 106–109. [https://doi.org/10.1016/S0002-8703\(03\)00110-8](https://doi.org/10.1016/S0002-8703(03)00110-8)

58. JENKINS, D. J., Kendall, C. W., Marchie, A., Jenkins, A. L., Connelly, P. W., Jones, P. J., & Vuksan, V. (2003). The Garden of Eden--plant based diets, the genetic drive to conserve cholesterol and its implications for heart disease in the 21st century. *Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, 136(1), 141–151. [https://doi.org/10.1016/s1095-6433\(02\)00345-8](https://doi.org/10.1016/s1095-6433(02)00345-8)
59. KRAČMAR, B., Chrástková, M., Bačáková, R., & kol. (2016). *Fylogeneze lidské lokomoce*. Praha: Karolinum. ISBN: 9788024633794
60. LANNERGREN, J. and Smith, R.S. (1966), Types of Muscle Fibres in Toad Skeletal Muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, 68: 263-274. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1966.tb03427.x>
61. LARSEN H. B. (2003). Kenyan dominance in distance running. *Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, 136(1), 161–170. [https://doi.org/10.1016/s1095-6433\(03\)00227-7](https://doi.org/10.1016/s1095-6433(03)00227-7)
62. LUCIA, A., Gómez-Gallego, F., Barroso, I., Rabadán, M., Bandrés, F., San Juan, A. F., Chicharro, J. L., Ekelund, U., Brage, S., Earnest, C. P., Wareham, N. J., & Franks, P. W. (2005). PPARGC1A genotype (Gly482Ser) predicts exceptional endurance capacity in European men. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 99(1), 344–348. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00037.2005>
63. LUNBY, C., Montero, D., & Joyner, M. (2017). Biology of VO₂ max: looking under the physiology lamp. *Acta physiologica (Oxford, England)*, 220(2), 218–228. <https://doi.org/10.1111/apha.12827>
64. MACHOVÁ, Markéta. (2021). *Genetika v učebnicích biologie a přírodopisu: historie a současnost*. *Scientia in educatione*. <http://dx.doi.org/10.14712/18047106.1729>
65. MAŘÍKOVÁ, Taťána. (2018). *Genetika v širších souvislostech*. Starý most s.r.o. Plzeň, ISBN: 978-80-87338-94-0
66. MATSUNAGA, T., Gu, N., Yamazaki, H., Tsuda, M., Adachi, T., Yasuda, K., Moritani, T., Tsuda, K., Nonaka, M., & Nishiyama, T. (2009). Association of UCP2 and UCP3 polymorphisms with heart rate variability in Japanese men. *Journal of hypertension*, 27(2), 305–313. <https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e32831ac967>
67. MARGARIA, R., CERRETELLI, P., AGHEMO, P., & SASSI, G. (1963). Energy cost of running. *Journal of applied physiology*, 18, 367–370. <https://doi.org/10.1152/jappl.1963.18.2.367>
68. MAUGHAN, R. J., & Leiper, J. B. (1983). Aerobic capacity and fractional utilisation of aerobic capacity in elite and non-elite male and female marathon runners. *European*

- journal of applied physiology and occupational physiology, 52(1), 80–87.
<https://doi.org/10.1007/BF00429030>
69. MIESCHER-RUSCH, F. (1871). Ueber die chemische Zusammensetzung der Eiterzellen.
70. MEŠKO, D., Komandel, L. a kol. (2005) *Telovýchovnolekárske vademekum*. Bratislava: Slovenská spoločnosť telovýchovného lekárstva. ISBN 80–969446–4–9
71. MONTGOMERY, H. E., Marshall, R., Hemingway, H., Myerson, S., Clarkson, P., Dollery, C., Hayward, M., Holliman, D. E., Jubb, M., World, M., Thomas, E. L., Brynes, A. E., Saeed, N., Barnard, M., Bell, J. D., Prasad, K., Rayson, M., Talmud, P. J., & Humphries, S. E. (1998). Human gene for physical performance. *Nature*, 393(6682), 221–222. <https://doi.org/10.1038/30374>
72. MORAN, C. N., Scott, R. A., Adams, S. M., Warrington, S. J., Jobling, M. A., Wilson, R. H., Goodwin, W. H., Georgiades, E., Wolde, B., & Pitsiladis, Y. P. (2004). Y chromosome haplogroups of elite Ethiopian endurance runners. *Human genetics*, 115(6), 492–497. <https://doi.org/10.1007/s00439-004-1202-y>
73. MORRA, E. A., Rodrigues, P. L., Jesus, I., Do Val Lima, P. R., Ávila, R. A., Zanardo, T., Nogueira, B. V., Bers, D. M., Guatimosim, S., Stefanon, I., & Ribeiro Júnior, R. F. (2019). Endurance training restores spatially distinct cardiac mitochondrial function and myocardial contractility in ovariectomized rats. *Free radical biology & medicine*, 130, 174–188. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.10.406>
74. NIEMI, A. K., & Majamaa, K. (2005). Mitochondrial DNA and ACTN3 genotypes in Finnish elite endurance and sprint athletes. *European journal of human genetics : EJHG*, 13(8), 965–969. <https://doi.org/10.1038/sj.ejhg.5201438>
75. NORTON, Kevin & Olds, Tim & Olive, S. & Craig, N.P.. (1996). *Anthropometry and sports performance..*
76. NORTON, K., Olds, T. (2007) *Antropometrica*. CBS Publishers and Distributors. ISBN-10: 8123913109
77. NORTON, K., & Olds, T. (2001). Morphological evolution of athletes over the 20th century: causes and consequences. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(11), 763–783. <https://doi.org/10.2165/00007256-2001311110-00001>
78. ONYWERA, V. O., Scott, R. A., Boit, M. K., & Pitsiladis, Y. P. (2006). Demographic characteristics of elite Kenyan endurance runners. *Journal of sports sciences*, 24(4), 415–422. <https://doi.org/10.1080/02640410500189033>

79. ONYWERA, V. O., Kiplamai, F. K., Boit, M. K., & Pitsiladis, Y. P. (2004). Food and macronutrient intake of elite kenyan distance runners. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 14(6), 709–719. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.14.6.709>
80. PATEL, H., Alkhawam, H., Madanieh, R., Shah, N., Kosmas, C. E., & Vittorio, T. J. (2017). Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. *World journal of cardiology*, 9(2), 134–138. <https://doi.org/10.4330/wjc.v9.i2.134>
81. PAUK, F., Augusta, J., Dvořák, J., Smolíková, L., & Vodička, A. (1980). *Přírodopis 9: Mineralogie, geologie, vývoj života* (16. vyd.). SPN.
82. PENNYCUICK, C. J. in *Serengeti: Dynamics of an Ecosystem* (eds Sinclair, A. R. E. & Norton-Griffiths, M.) 164–184 (Univ. Chicago Press, Chicago, 1979)
83. PERIČ, Tomáš. *Vyučující UK FTVS (Sportovní trénink)*. Praha, 2020
84. PETR, Miroslav. (2017) *Sportovní genomika: Genetické determinanty pohybové činnosti*. Univerzita Karlova: Nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-3745-7
85. PITSILADIS, Y., Onywera, V., Geogiades, E., O'Connell, W., & Boit, M. (2004). The dominance of Kenyans in distance running. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 1, 285-291.
86. PRIOR, S. J., Hagberg, J. M., Paton, C. M., Douglass, L. W., Brown, M. D., McLenithan, J. C., & Roth, S. M. (2006). DNA sequence variation in the promoter region of the VEGF gene impacts VEGF gene expression and maximal oxygen consumption. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 290(5), H1848–H1855. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.01033.2005>
87. PROMMER, N., Thoma, S., Quecke, L., Gutekunst, T., Völzke, C., Wachsmuth, N., Niess, A. M., & Schmidt, W. (2010). Total hemoglobin mass and blood volume of elite Kenyan runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(4), 791–797. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181badd67>
88. PULEO, J., Milroy, P. (2014) *Běhaní anatomie*. Brno: C PRESS. ISBN 978-80-264-0358-6
89. RAPOPORT B. I. (2010). Metabolic factors limiting performance in marathon runners. *PLoS computational biology*, 6(10), e1000960. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000960>
90. RELICHOVÁ, Jiřina. (2009) *Genetika populací*. Masarykova univerzita, Brno. ISBN 978-80-210-4795-2

91. RICO-SANZ J, Rankinen T, Joannis DR, et al. (2003) Familial resemblance for muscle phenotypes in the HERITAGE Family Study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000079031.22755.63>
92. RIFKIN, J. (1998) All Rights Reserved. ISBN: 0-87477-909-X
93. RONN, T., Volkov, P., Davegårdh, C., Dayeh, T., Hall, E., Olsson, A. H., Nilsson, E., Tornberg, A., Dekker Nitert, M., Eriksson, K. F., Jones, H. A., Groop, L., & Ling, C. (2013). A six months exercise intervention influences the genome-wide DNA methylation pattern in human adipose tissue. *PLoS genetics*, 9(6), e1003572. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1003572>
94. ROSSER, B. W., & Hochachka, P. W. (1993). Metabolic capacity of muscle fibers from high-altitude natives. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 67(6), 513–517. <https://doi.org/10.1007/BF00241647>
95. SALTIN, B., Kim, C. K., Terrados, N., Larsen, H., Svedenhag, J., & Rolf, C. J. (1995). Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 5(4), 222–230. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1995.tb00038.x>
96. SALTIN, B., Larsen, H., Terrados, N., Bangsbo, J., Bak, T., Kim, C. K., Svedenhag, J., & Rolf, C. J. (1995). Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 5(4), 209–221. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1995.tb00037.x>
97. SANTIAGO, C., Ruiz, J. R., Buxens, A., Artieda, M., Arteta, D., González-Freire, M., Rodríguez-Romo, G., Altmäe, S., Lao, J. I., Gómez-Gallego, F., & Lucia, A. (2011). Trp64Arg polymorphism in ADRB3 gene is associated with elite endurance performance. *British journal of sports medicine*, 45(2), 147–149. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.061366>
98. SAUNDERS, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(7), 465–485. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>
99. SAUNDERS, C. J., de Milander, L., Hew-Butler, T., Xenophontos, S. L., Cariolou, M. A., Anastassiades, L. C., Noakes, T. D., & Collins, M. (2006). Dipsogenic genes associated with weight changes during Ironman Triathlons. *Human molecular genetics*, 15(20), 2980–2987. <https://doi.org/10.1093/hmg/ddl240>

- 100.SAUNDERS, C. J., Xenophontos, S. L., Cariolou, M. A., Anastassiades, L. C., Noakes, T. D., & Collins, M. (2006). The bradykinin beta 2 receptor (BDKRB2) and endothelial nitric oxide synthase 3 (NOS3) genes and endurance performance during Ironman Triathlons. *Human molecular genetics*, 15(6), 979–987. <https://doi.org/10.1093/hmg/ddl014>
- 101.SCOTT, R. A., Georgiades, E., Wilson, R. H., Goodwin, W. H., Wolde, B., & Pitsiladis, Y. P. (2003). Demographic characteristics of elite Ethiopian endurance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(10), 1727–1732.
- 102.SCOTT, R. A., Fuku, N., Onywera, V. O., Boit, M., Wilson, R. H., Tanaka, M., H Goodwin, W., & Pitsiladis, Y. P. (2009). Mitochondrial haplogroups associated with elite Kenyan athlete status. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(1), 123–128. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818313a2>
- 103.SESSA, F., Chetta, M., Petito, A., Franzetti, M., Bafunno, V., Pisanelli, D., Sarno, M., Iuso, S., & Margaglione, M. (2011). Gene polymorphisms and sport attitude in Italian athletes. *Genetic testing and molecular biomarkers*, 15(4), 285–290. <https://doi.org/10.1089/gtmb.2010.0179>
- 104.SHANG, X., Huang, C., Chang, Q., Zhang, L., & Huang, T. (2010). Association between the ACTN3 R577X polymorphism and female endurance athletes in China. *International journal of sports medicine*, 31(12), 913–916. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1265176>
- 105.SHENOY, S., Tandon, S., Sandhu, J., & Bhanwer, A. S. (2010). Association of Angiotensin Converting Enzyme gene Polymorphism and Indian Army Triathletes Performance. *Asian journal of sports medicine*, 1(3), 143–150. <https://doi.org/10.5812/asjasm.34855>
- 106.SLÁDEK, V. (2005). Rasa: mýtus pro popis lidské variability. In: Budil, I. T.; Blažek, V.; Sládek, V. (eds.), *Dějiny, rasa a kultura*. Nakl. a vyd. Vlasty Králové, Ústí n. L.
- 107.SNYDER, E. M., Beck, K. C., Dietz, N. M., Joyner, M. J., Turner, S. T., & Johnson, B. D. (2006). Influence of beta2-adrenergic receptor genotype on airway function during exercise in healthy adults. *Chest*, 129(3), 762–770. <https://doi.org/10.1378/chest.129.3.762>
- 108.SPECTOR, T (2012). *Identically different: Why you can change your genes*. London: Weidenfeld and Nicolson. ISBN-10 : 0297866311
- 109.STUERVANT, A. H. (2001). *A history of genetics*. CSHL Press. ISBN 978-087969607-8

110. SVEDENHAG, J., & Sjödin, B. (1985). Physiological characteristics of elite male runners in and off-season. *Canadian journal of applied sport sciences. Journal canadien des sciences appliquees au sport*, 10(3), 127–133.
111. ŠKORPIL, Miloš. (2014). *Škorpilova škola běhu*. Praha: Mladá fronta. ISBN 978-80-204-3290-2.
112. TAYLOR, C. R., Heglund, N. C., & Maloiy, G. M. (1982). Energetics and mechanics of terrestrial locomotion. I. Metabolic energy consumption as a function of speed and body size in birds and mammals. *The Journal of experimental biology*, 97, 1–21.
113. TSIANOS, G. I., Evangelou, E., Boot, A., Zillikens, M. C., van Meurs, J. B., Uitterlinden, A. G., & Ioannidis, J. P. (2010). Associations of polymorphisms of eight muscle- or metabolism-related genes with performance in Mount Olympus marathon runners. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 108(3), 567–574. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00780.2009>
114. TUCKER, R., Onywera, V. O., & Santos-Concejero, J. (2015). Analysis of the Kenyan distance-running phenomenon. *International journal of sports physiology and performance*, 10(3), 285–291. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2014-0247>
115. TUCKER, Ross & Collins, Malcolm. (2012). Athletic performance and risk of injury: Can genes explain all?. *Dialogues in Cardiovascular Medicine*. 17. 31-39.
116. TUOMISTO, H., Tuomisto, M., & Tuomisto, J. T. (2018). How scientists perceive the evolutionary origin of human traits: Results of a survey study. *Ecology and evolution*, 8(6), 3518–3533. <https://doi.org/10.1002/ece3.3887>
117. YAGHOOB Nezhad, F., Verbrugge, S., Schönfelder, M., Becker, L., Hrabě de Angelis, M., & Wackerhage, H. (2019). Genes Whose Gain or Loss-of-Function Increases Endurance Performance in Mice: A Systematic Literature Review. *Frontiers in physiology*, 10, 262. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00262>
118. YANG, N., MacArthur, D. G., Wolde, B., Onywera, V. O., Boit, M. K., Lau, S. Y., Wilson, R. H., Scott, R. A., Pitsiladis, Y. P., & North, K. (2007). The ACTN3 R577X polymorphism in East and West African athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(11), 1985–1988. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31814844c9>
119. WAGONER, L. E., Craft, L. L., Zengel, P., McGuire, N., Rathz, D. A., Dorn, G. W., 2nd, & Liggett, S. B. (2002). Polymorphisms of the beta1-adrenergic receptor predict exercise capacity in heart failure. *American heart journal*, 144(5), 840–846. <https://doi.org/10.1067/mhj.2002.125325>

120. WANG, Y., Crawford, M. A., Chen, J., Li, J., Ghebremeskel, K., Campbell, T. C., Fan, W., Parker, R., & Leyton, J. (2003). Fish consumption, blood docosahexaenoic acid and chronic diseases in Chinese rural populations. *Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, 136(1), 127–140. [https://doi.org/10.1016/s1095-6433\(03\)00016-3](https://doi.org/10.1016/s1095-6433(03)00016-3)
121. WILBER, R. L., & Pitsiladis, Y. P. (2012). Kenyan and Ethiopian distance runners: what makes them so good?. *International journal of sports physiology and performance*, 7(2), 92–102. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.2.92>
122. WILLIAMS, A. G., Dhamrait, S. S., Wootton, P. T., Day, S. H., Hawe, E., Payne, J. R., Myerson, S. G., World, M., Budgett, R., Humphries, S. E., & Montgomery, H. E. (2004). Bradykinin receptor gene variant and human physical performance. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 96(3), 938–942. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00865.2003>
123. WILLIG, A. L., Casazza, K. R., Divers, J., Bigham, A. W., Gower, B. A., Hunter, G. R., & Fernandez, J. R. (2009). Uncoupling protein 2 Ala55Val polymorphism is associated with a higher acute insulin response to glucose. *Metabolism: clinical and experimental*, 58(6), 877–881. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2009.02.016>
124. WOLF, J. (2000). *Lidské rasy a rasismus v dějinách a v současnosti. Člověk a jeho svět II. 1. vyd.* Praha: Karolinum. ISBN 80-246-0099-4
125. W. MONTAGUE Cobb MD, Ph.D. (1936) Race and Runners, *The Journal of Health and Physical Education*, 7: 1, 3-56, DOI: 10.1080 / 23267240.1936.10627128

6.2 Internetové zdroje

1. Slouková, D. Základní metody vědecké práce. Dostupné z: http://filosofia.cz/files/filosofie_jinak/zakladni_metody.pdf
2. Šípek, Antonín. Genetika - Biologie | Váš zdroj informací o genetice a biologii [online]. Copyright ©N [cit. 13.04.2021]. Dostupné z: <http://www.genetika-biologie.cz/soubory/Genetika.pdf>
3. Jančík, Jiří. Závodná, Eva. Novotná, Martina. (2006) Fakulta sportovních studií MU tech. spolupráce: Servisní středisko pro podporu e-learningu na MU [online]. Brno, [cit. 13.04.2021]. dostupné z: <https://is.muni.cz/elportal/estud/fsp/js07/fyziio/texty/ch02s02.html#d0e188>
4. Kenya | WHO | Regional Office for Africa. WHO | Regional Office for Africa [online]. Dostupné z: <https://www.afro.who.int/countries/kenya>

5. Rozhovor s ultramaratoncem a trenérem Milošem Škorpilem | Rogelli.cz. Cyklistické oblečení a běžecké oblečení - pro radost z pohybu | Rogelli.cz [online]. Copyright © 2007 [cit. 26.05.2021]. Dostupné z: <https://www.rogelli.cz/milos-skorpil/>
6. World Athletics Home Page | World Athletics [online]. Copyright ©2021 World Athletics. All Rights Reserved. [cit. 25.05.2021]. Dostupné z: <https://www.worldathletics.org/results/world-athletics-championships>

6.3 Seznam obrázků

Obrázek 1-Podíl zdrojů energie v závislosti na časech při různé délce trvání, https://is.muni.cz/el/portaObrl/estud/fsps/js07/fyzio/texty/ch02s02.html#d0e188	22
Obrázek 2-Prostředky transportu do školy u keňské populace a) Onywera a kol., 2006 b) Scott a kol., 2003	43
Obrázek 3 - Motivace keňských běžců (Onywera a kol., 2006)	46
Obrázek 4 - Světové rekordy mužů (IAAF, 21. 3. 2021)	48
Obrázek 5 - Světové rekordy žen (IAAF, 21. 3. 2021)	49
Obrázek 6 - Zisk medailí Keni a Etiopie na středních a dlouhých tratích na OH v porovnání se zbytkem světa (Wilber a Pitsidalis, 2012)	50

6.4 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Výsledky MS v Doha 2019 ve vytrvalostních disciplínách dle národnosti	51
Tabulka 2 - Výsledky MS v Londýně 2017 ve vytrvalostních disciplínách dle národnosti	51
Tabulka 3 - Výsledky MS v Pekingu 2015 ve vytrvalostních disciplínách dle národnosti	51
Tabulka 4 - Výsledky MS v Moskvě 2013 ve vytrvalostních disciplínách dle národnosti	52
Tabulka 5 - Výsledky MS v Daegu 2011 ve vytrvalostních disciplínách dle národnosti	52
Tabulka 6 - Výsledky MS v Berlíně 2009 ve vytrvalostních disciplínách dle národnosti	52

6.5 Seznam grafů

Graf 1 - Zisk medailí afrických běžců na MS 2009 - 2019	53
---	----