

Univerzita Karlova

1. lékařská fakulta

Autoreferát disertační práce



UNIVERZITA KARLOVA
1. lékařská fakulta

Telemedicína a metabolická onemocnění

Mgr. Ondřej Kádě

2024

Doktorské studijní programy v biomedicině

Univerzita Karlova a Akademie věd České republiky

Obor: Biomedicínská informatika

Předseda oborové rady: prof. MUDr. Štěpán Svačina, MBA, DrSc.

Školící pracoviště: 3. interní klinika 1.LF a VFN

Školitel: prof. MUDr. Štěpán Svačina, MBA, DrSc.

Konzultant: prof. MUDr. Martin Matoulek, PhD.

Disertační práce bude nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněna k nahlížení veřejnosti v tištěné podobě na Oddělení pro vědeckou činnost a zahraniční styky Děkanátu 1. lékařské fakulty.

Seznam zkratek

6MWT – Six Minute Walking Test (6minutový chodecký test)

6MWD – Six Minute Walking Distance (Vzdálenost 6minutového chodeckého testu)

BCM – Body Composition Monitor

BIA – Bioimpedance

BMI – Body Mass Index

CKD – Chronic Kidney Disease (Chronické onemocnění ledvin)

ČPZ – Čas pro zdraví

ECW – Extracellular water (Mimobuněčná tekutina)

ICW – Intracellular water (Vnitrobuněčná tekutina)

LSTM – Long Short-term Memory

MF-BIA – Multifrekvenční bioimpedance

REE – Resting Energy Expenditure (Klidový energetický výdej)

SF-BIA – Jednofrekvenční bioimpedance

TBW – Total Body Water (Celková tělesná tekutina)

Obsah

Abstrakt	5
Abstract	6
1 Úvod.....	7
2 Cíl práce	8
3 Materiál a metodika	9
4 Výsledky	10
4.1 Analýza tělesného složení	10
4.2 Telemedicínské projekty.....	12
4.2.1 EDURES	12
4.2.2 Prediktor hmotnosti	14
4.3 Nepřímá kalorimetrie u obézních pacientů.....	17
4.4 6minutové chodecké testy	18
5 Diskuse.....	20
6 Závěry	24
7 Použitá literatura	25
Seznam publikační činnosti doktoranda.....	29

Abstrakt

Telemedicína se v posledních letech dostává stále více do popředí zájmu odborné, ale i široké veřejnosti. Výrazně k rozvoji „pomohla“ pandemie Covid-19, kdy se telemedicína začala rychle rozvíjet a využívat v péči jak o akutní, tak i chronické pacienty, a také v rámci komunikace s pacienty i mezi zainteresovanými odborníky. Obezita a cukrovka, která patří mezi metabolická onemocnění, jsou také v popředí zájmu, jelikož jejich prevalence je stále vyšší. Péče o obézní pacienty je komplexní proces, který zahrnuje mnoho proměnných a díky telemedicině je možné s těmito proměnnými lépe pracovat a navrhnout vhodnou intervenci.

Cílem práce je rozbor jednotlivých vybraných komponent komplexní péče o obézní pacienty. Jedněmi ze základních parametrů, které jsou v rámci léčby obezity konzultovány, je tělesné složení, pomocí bioimpedančních metod, měření nepřímé kalorimetrie ke zjištění míry adaptace na nízký energetický příjem a také zjištění míry zdatnosti pacienta pomocí šestiminutového chodeckého testu. Tyto parametry byly hodnoceny a statisticky zpracovány. Zároveň je třeba s daty dále pracovat a sbírat. Proto byl vyvinut systém EDURES, který sbírá data a soustřeďuje je přehledně v jednom systému a zároveň nabízí náhled terapeutovi a možnost komunikace a intervence. V rámci telemedicínských projektů je také vyvíjen prediktor hmotnosti, který by měl na základě získaných dat o pacientovi, umět předpovědět vývoj hmotnosti při dodržení stanoveného režimu. Obdobně je vyvíjen prediktor glykémie pro diabetiky. Výsledky porovnání bioimpedance naznačují výrazné rozdíly mezi jednotlivými zařízeními a není tak možné zaměňovat jednotlivé přístroje při interpretaci výsledků. Při zpracování výsledků nepřímé kalorimetrie bylo zjištěno, že bez ohledu BMI je rozhodujícím faktorem podíl svalové tkáně, kdy logicky vyšší procento svalové tkáně predikuje vyšší klidový energetický výdej. V rámci šestiminutových chodeckých testů byly zkoumány vztahy mezi složením těla a výsledky šestiminutových chodeckých testů. Dále, jaký vliv mají jednotlivé parametry na predikci výsledku šestiminutového chodeckého testu. Všechny parametry, které získáváme od obézních pacientů a které pomáhají k lepší a efektivnější péči, je možné zaznamenat do telemedicínského systému EDURES. Péče o metabolické pacienty je relativně komplexní proces, a telemedicína jej může usnadnit a zefektivnit. Probíhá další sběr dat pro přesnější a individualizovanou péči o metabolické pacienty.

Klíčová slova: telemedicína, obezita, metabolická onemocnění, péče o pacienty, komplexní léčba

Abstract

In recent years, telemedicine has increasingly come to the forefront of the interest of both professionals and the general public. Covid-19 pandemic „helped“ the development of telemedicine. Telemedicine started to develop rapidly and began to be used in the care of acute and chronic patients, as well as in the communication with patients and among the professionals involved. Metabolic diseases, such as obesity and diabetes, are also at the forefront of interest as their prevalence is increasing. The care of obese patients is a complex process that involves many variables, and with telemedicine, it is possible to work more effectively with these variables and design appropriate interventions.

This thesis aims to analyse individual selected components of complex care for obese patients. Some of the basic parameters consulted in the treatment of obesity are body composition, using bioimpedance methods, indirect calorimetry measurements to determine the degree of adaptation to low energy intake, and the patient's level of fitness using a six-minute walking test. These parameters were evaluated and statistically processed. At the same time, there is a need to collect and analyze patient's data. Therefore, the EDURES system was developed to collect data and concentrate it clearly in one system, while offering insight to the therapist and the possibility of communication and intervention. In the framework of telemedicine projects, a weight predictor is also being developed that should be able to predict the evolution of weight when following a set regimen, based on the data collected about the patient. Similarly, a glucose predictor for diabetics is being developed. The results of the bioimpedance comparisons indicate significant differences between the devices and thus it is not possible to confuse the different devices when interpreting the results. When processing the indirect calorimetry results, it was found that regardless of BMI, the proportion of muscle tissue is the determining factor, with a logically higher percentage of muscle tissue predicting higher resting energy expenditure. The relationships between body composition and the results of the six-minute walk tests were investigated, as well as what effect each parameter has on predicting outcomes. All the parameters that we obtain from obese patients, which help to provide better and more effective care, can be recorded in the EDURES telemedicine system. The care of metabolic patients is a relatively complex process and telemedicine can make it easier and more efficient. Further data collection is underway for more accurate and individualised care of metabolic patients.

Keywords: telemedicine, obesity, metabolic diseases, patient care, complex treatment

1 Úvod

V posledních letech se s rychlým vývojem informačních a komunikačních technologií dostává do popředí využití těchto technologií ve zdravotní péči a také ve zdravotní prevenci.

Vzhledem k tomu, že se zdravotní péče stává více individuální a uzpůsobena potřebám jednotlivého pacienta, je potřeba k péči o pacienta tak přistupovat a přihlížet k individuálním potřebám daného pacienta. Personalizovaná medicína pomáhá v péči o chronické pacienty, včetně pacientů obezitologických. Nestačí již jen obecné rady a doporučení, ale na základě dat, které pacient může odborníkovi poskytnout, navrhnout co nejvhodnější intervenci.

Stále více lidí na světě trpí nadváhou či obezitou a s tím spojenými komplikacemi, jako jsou diabetes mellitus 2. typu, hypertenze a další civilizační onemocnění. Prevalence obezity globálně narůstá od 70. let 20. století (Matoulek et al., 2010). Obezita se tak stala hlavní globální hrozbou, která si získává pozornost nejen v oblasti zdravotnictví, ale také v oblasti ekonomiky, kde jedním z hlavních témat jsou ekonomické nároky na léčbu obezity a další náklady s tím spojené (Cawley, 2015). Také z toho důvodu se telemedicína jeví jako vhodný prostředek pro podporu léčby, organizaci léčby, ale i prevence, a to bez nutnosti fyzické návštěvy pacienty ve zdravotnickém či cvičebním zařízení.

Pro účelné a efektivní monitorování pacientů je třeba zajistit co nejjednodušší a nejpohodlnější systém, který pacientům monitoring usnadní. V této práci je mimo jiné popsán telemedicínský systém, který zjednodušuje self-monitoring, a tím pádem i samotnou personalizovanou intervenci a usnadňuje rozhodovací procesy odborníků.

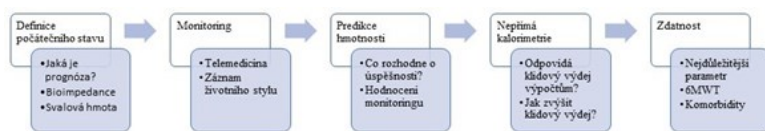
V rámci vývoje tohoto systému, který má název „Čas pro zdraví“ (ČPZ), byla zároveň vyvinuta alternativa pro potřeby výzkumných projektů a pro studenty 1. lékařské fakulty. Systém s názvem EDURES, který nabízí možnost pomoci při zpracování bakalářských a diplomových prací a učení se práci s daty pomocí telemedicínských prvků. Cílem práce je tedy zavedení telemedicíny v péči o pacienty s metabolickými onemocněními do praxe. Zároveň s tím i vytvoření systému, díky kterému je možné hromadně a efektivně získávat a také zpracovávat tato data a pokusit se co nejefektivněji predikovat další vývoj hmotnosti a celkový pohled na péči o obézního pacienta a s jakými daty je vhodné pracovat pro co nejefektivnější léčbu.

Jedním z parametrů, který je využíván při monitoringu pacientů, je jednoduchý test zdatnosti, šestiminutový test chůze. Normy, které jsou momentálně stanoveny pro šestiminutový test

chůze, jsou založeny pouze na věku, ale výsledek testu ovlivňují i další parametry, jako mohou být věk, hmotnost, výška apod. Proto je část práce zaměřena na vliv tělesných parametrů na výkon v šestiminutovém testu chůze u obézních pacientů.

2 Cíl práce

Tato práce je zaměřena na hlavní body péče o obézního, potažmo bariatrického pacienta a také práci s jeho daty (Obrázek 1). V první fázi je třeba pacienta ohodnotit a zjistit aktuální stav a zhodnotit prognózu pro redukci hmotnost. Dá se předpokládat, že pro úspěch v redukci je rozhodující množství svalové hmoty pacienta. Z toho důvodu se u pacientů zjišťuje složení těla pomocí bioimpedanční metody. Jelikož u obézních pacientů se jedná o velmi nehomogenní skupinu a většina pacientů má další komorbidity, využívají se různé přístroje. Například u pacientů s chronickým onemocněním ledvin na dialýze je třeba sledovat primárně množství vody.



Obrázek 1 - Schéma procesu péče o obézního pacienta

Velká část obézních pacientů je adaptovaná na nízký příjem (Matoulek et al., 2019). Z toho důvodu byla u vybraných pacientů měřena nepřímá kalorimetrie, která zjišťuje klidový energetický výdej, jelikož je předpoklad, že výpočty pomocí rovnic, např. Harris-Benedicta nejsou pro obézní pacienty vhodné. Kromě energetického příjmu a výdeje, je třeba brát v potaz také medikace pacientů a další komorbidity, jako jsou hypertenze, cukrovka, psychický stav, a hlavně také genetické predispozice, sociální zázemí apod. Všechny tyto parametry je třeba brát v potaz a pracovat s nimi rámci další predikce. Aby se s daty efektivně pracovalo, cílem této práce je zavedení telemedicíny v obezitologii do praxe a také využití dostupných telemedicínských prostředků pro pacienty. Jelikož u pacientů s nadváhou a obezitou je zásadní monitoring jejich pohybových a stravovacích návyků, zaměřuje se tato disertační práce na implementaci monitorovacího systému pro pacienty, který umožňuje přehledně a co nejjednodušeji monitorovat pacienty a zjednodušit komunikaci s odborníky. Dalším parametrem, který může přispívat k dobré zdravotní prognóze, je zdatnost. Šestiminutový test chůze se hojně využívá v mnohých zdravotnických oborech a je vhodný i u

obézních pacientů pro svou jednoduchost. Nicméně normy pro tento test jsou využitelné spíše pro zdravé pacienty. Je předpoklad, že u obézních pacientů, a nejen u nich, je třeba přihlížet i k dalším parametrům, jako je výška, BMI, množství svalové hmoty apod.

V rámci zpracování komplexní péče o obézní pacienty byly stanoveny následující cíle:

Cíl 1: Porovnání metod tělesného složení a jejich rozdíly u pacientů s metabolickými onemocněními.

Cíl 2: Vytvoření telemedicínského systému pro monitoring pacientů, který by byl jednoduchý a uživatelsky přívětivý a využitelný i pro sběr dat.

Cíl 3: V návaznosti na cíl 2, vytvořit predikční model vývoje hmotnosti a zjistit, jaké parametry tento vývoj ovlivňují.

Cíl 4: Zjistit, zda jsou obézní pacienti adaptovaní na nižší energetický příjem a jaké parametry tělesného složení ovlivňují jejich energetické výdej.

Cíl 5: Zjistit, jaké faktory ovlivňují výkon v 6MWT u obézních pacientů.

3 Materiál a metodika

Péče o pacienta s metabolickými onemocněními je komplexní proces. Tato práce se v první fázi zaměřuje na měření tělesného složení pacienta a metod, resp. využití zařízení, která jsou k tomu určena. Výsledky z těchto zařízení jsou porovnávána a hodnoceny rozdíly a interpretovatelnost.

Systém pro monitoring pacientů EDURES, který byl vyvíjen společně se systémem „Čas pro zdraví“ umožňuje sledovat návyky pacientů, ať už stravovací, tak pohybové, včetně subjektivních příznaků.

Dalším parametrem, který je sledován, je klidový energetický výdej, který bývá často u obézních pacientů adaptován na nízký energetický příjem. Byli měření pacienti na nepřímé kalorimetrii a hodnoty byly porovnávány s normami dle rovnice HARRISE-BENEDICTA. Také byly sledovány závislosti hodnot nepřímé kalorimetrie na složení těla u obézních pacientů.

Důležitým parametrem pro zdravotní predikci je zdatnost pacientů. U obézních jsou často využívány 6minutové chodecké testy (6MWT). Normy těchto testů jsou stanoveny na základě věku. Na základě měření byly v této práci porovnávány závislosti výsledků 6MWT na tělesném složení u obézních pacientů.

4 Výsledky

4.1 Analýza tělesného složení

Existuje několik typů bioimpedančních zařízení. Při měření metabolických pacientů jsou na 3. interní klinice využívány převážně MF-BIA, ať už Inbody S10 pro pacienty na lůžkovém oddělení D3, tak Inbody 230 pro ambulantní pacienty. Inbody S10 je zařízení, které je možné využít při měření pacientů na dialýze pro zjištění množství vody v těle (Jayanama et al., 2018). Zřejmě nejpoužívanějším zařízením pro měření vodního hospodářství organismu u pacientů s CKD je Body Composition Monitor (BCM) od společnosti Fresenius. Měření pomocí BCM probíhá vleže na zádech a pacientovi jsou nalepeny 2 jednorázové samolepící elektrody na horní končetinu a 2 na dolní končetinu (Abbas et al., 2014). Stejně jako s BCM bylo Inbody S10 měřeno vleže, a stejně jako BCM a pacientovi je nasazeno 8 elektrod, po 2 na každou ruku na palec a prostředníček a po 2 na každou nohu nad úroveň kotníku (Buckinx et al., 2015). Před samotným měřením je třeba zadat do přístroje údaje o věku, výšce, hmotnosti a pohlaví pacienta. BCM měří při 50 frekvencích od 5 do 1000 kHz (Van Biesen et al., 2011), Inbody S10 provádí 5 segmentálních měření při 6 frekvencích (1, 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz) (Buckinx et al., 2015).

Do porovnání u skupiny pacientů obezitologického centra bylo začleněno 10 pacientů s průměrným BMI 54,24. Popisná statistika souboru je zobrazena v Tabulce 1. Na rozdíl od první skupiny pacientů s CKD, byly statisticky významné rozdíly pouze u ICW a ECW, což může být dáno rozdílem v počtu frekvencí, které jednotlivé přístroje používají. U ostatních parametrů, jako jsou svalová a tuková hmota a TCW, nebyly pozorovány statisticky významné rozdíly. Porovnání obou zařízení u obézních pacientů ukazuje Tabulka 2.

Tabulka 1 - Popisná statistika souboru obézních pacientů – porovnání bioimpedančních přístrojů

N=10	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
Věk (roky)	44,70 ± 7,48	50,00	30,00	51,00
Hmotnost (kg)	156,44 ± 15,95	152,65	139,50	187,20
Výška (cm)	169,90 ± 4,98	170,50	157,00	174,00
BMI (kg/m ²)	54,24 ± 5,56	51,94	48,27	64,02

Tabulka 2 - Porovnání parametrů u bioimpedančních zařízení u pacientů s obezitou

N=10	Průměr BCM	Průměr S10	p
Sval (kg)	41,41 ± 9,99	42,06 ± 4,70	0,85
Tuk (kg)	86,45 ± 14,96	82,30 ± 10,20	0,48
Tuk (%)	55,00 ± 5,68	52,52 ± 2,37	0,22
TBW (L)	52,00 ± 5,47	54,73 ± 5,45	0,28
ECW (L)	25,10 ± 1,94	21,13 ± 1,68	< 0,05
ICW (L)	26,97 ± 3,57	33,78 ± 3,60	< 0,05

Podobně byly u pacientů před bariatrickou operací porovnány během tzv. Bari dnů měření různými bioimpedančními přístroji, konkrétně Tanita BC-1000 (patří mezi SF-BIA zařízení), Inbody 230 (MF-BIA) a již zmiňovaným Inbody S10. Bylo měřeno celkem 25 pacientů, 5 pacientů bylo z porovnání vyřazeno, z důvodu neplatného výsledku měření na Inbody S10, kdy přístroj nedokázal pacienty změřit. Postup měření na Inbody S10 je popsán výše. Měření na Tanitě BC-1000 je jednoduché, jedná se v podstatě o váhu s elektrodami pouze na nášlapné části a po připojení k PC pomocí technologie ANT+ je po zadání údajů (výška, věk, pohlaví) možno provést měření, včetně hmotnosti. Oproti tomu na Inbody 230 se rovněž měří ve stoje a elektrody jsou navíc pro horní polovinu těla, kdy pacient drží při měření madla s elektrodami a měří se 10 měření o 2 frekvencích (20 a 100 kHz) (McLester et al., 2020).

Tabulka 3 - Porovnání Tanity BC-1000 a Inbody 230 u bariatrických pacientů

N=20	Průměr Tanita BC-1000	Průměr Inbody 230	p
Hmotnost (kg)	124,07 ± 20,03	124,16 ± 20,05	0,99
Tuk (kg)	38,72 ± 6,47	49,66 ± 16,33	0,01
Tuk (%)	31,79 ± 6,39	40,26 ± 11,17	0,01
Svaly (kg)	72,77 ± 13,37	40,56 ± 8,48	<0,05
Voda (kg)	42,23 ± 5,63	52,77 ± 10,32	<0,05

Tabulka 4 - Porovnání Tanity BC-1000 a Inbody S10 u bariatrických pacientů

N=20	Průměr Tanita BC-1000	Průměr Inbody S10	p
Tuk (kg)	38,72 ± 6,47	52,90 ± 13,78	<0,05
Tuk (%)	31,79 ± 6,39	42,54 ± 8,50	<0,05
Svaly (kg)	72,77 ± 13,37	39,25 ± 8,85	<0,05
Voda (kg)	42,23 ± 5,63	52,41 ± 10,85	<0,05

Jak je vidět z Tabulky 3, tak při porovnání SF-BIA zařízení Tanita BC-1000 a MF-BIA zařízení Inbody 230 vyšly statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) ve všech parametrech tělesného složení, mimo hmotnosti, u které jsou rozdíly zanedbatelné. Tabulka 4 znázorňuje porovnání Tanity BC-1000 a Inbody S10 a opět jsou rozdíly u všech sledovaných parametrů

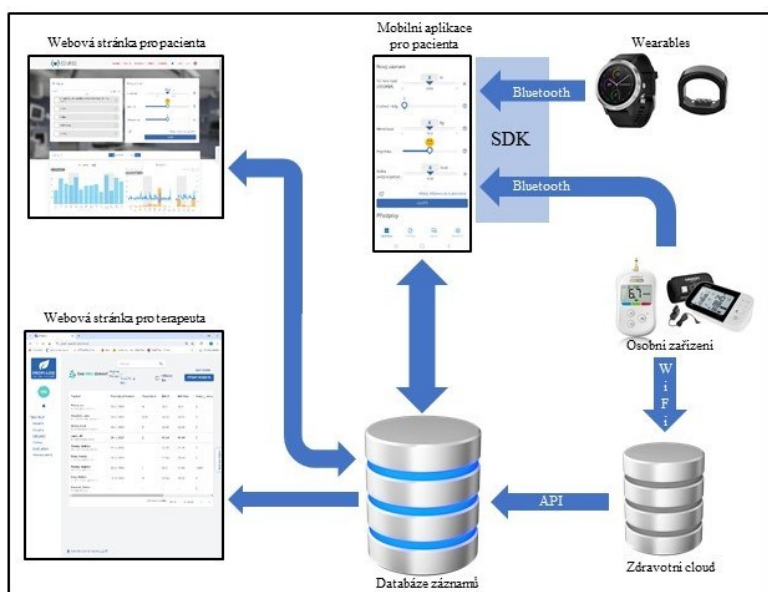
statisticky významné. Naopak porovnání parametrů u obou přístrojů Inbody vyšlo statisticky nevýznamné. Porovnání zařízení BCM a Inbody S10 u pacientů s CKD je popsáno v **Publikaci 1**.

4.2 Telemedicínské projekty

4.2.1 EDURES

EDURES je systém určený pro monitoring pacientů a případnou komunikaci terapeuta s pacientem. Obecné schéma systému je zobrazeno na Obrázku 2. Technologická infrastruktura sběru dat se skládá z back office aplikace pro lékaře a terapeuty, webové aplikace pro pacienty a mobilní aplikace pro pacienty. Všechny komponenty jsou postaveny na platformě PROFI-LOG.

Fyziologické hodnoty jsou u pacientů monitorovány řadou osobních nositelných senzorů (hodinky, fitness náramky, prsteny) a řadou domácích měřících zařízení (váhy, tonometry apod.). List podporovaných zařízení, které umí platforma PROFI-LOG číst, čítá na 450 modelů zařízení běžně dostupných na trhu.



Obrázek 2 - Obecné schéma systému EDURES

Data ze senzorů jsou přenášena buď přes bluetooth přímo do EDURES mobilní aplikace pomocí SDK (Software Development Kit, komunikační komponenta výrobce), nebo jsou přenášena přes aplikaci výrobce v mobilním telefonu pacienta do cloudového úložiště výrobce a odtud do back office aplikace PROFI-LOG, odkud se dostane zpět do

mobilní aplikace pacienta. První popsaná a projektem preferována cesta je výhodnější a rychlejší, u druhé dochází k časové prodlevě a ztrátě granularity (tzv. bucketování) dat, ale je často nevyhnutelná kvůli „vendor locku“ (nepovolání přímé komunikace výrobce zařízení, aby výrobce neztratil obchodně využitelný kontakt s uživatelem zařízení). V mobilní aplikaci EDURES a na webové stránce pacienta jsou data z fyziologického měření doplňována pacientem o data z pozorování. Bolesti, únava, psychika a další škály jsou nabízeny dle preskripce měření a pozorování stanovené terapeutem individuálně či šablonou diagnózy přiřazené v systému pacientovi. Pacient si může podle příznaků vybrat další subjektivní parametry, které zaznamená a při opakovaném záznamu se monitoruje vývoj projevu v čase. Mezi pozorovanými parametry jsou sbírány i data nutričního příjmu z Kalorických tabulek a kontextové poznámky uživatele.

Všechna nasbíraná data jsou evidována jako časové řady. Terapeut si může zobrazit více parametrů v jednom grafu a sledovat tak kauzalitu vývoje jednotlivých parametrů v back office aplikaci. Výzkumník exportuje časové řady parametrů těch pacientů, které zahrnuje do studie a dále je zpracovává ve svých klinických a statistických nástrojích.

Data se využívají ke zpětné vazbě pacientovi. Pro tyto účely je připravena selekce vybraných dat ve formě dashboardu, který může pacient každodenně pozorovat. Podrobnější pohled na data v aplikaci, webu a back office slouží i jako podklad při on-line konzultaci a on-line edukaci pacienta, kdy nad stejným pohledem vzdáleně diskutují terapeut i pacient.

Data časových řad měření a pozorování se dále používají k řadě výpočtů sloužících pro triáž pacientů. Patří mezi ně výpočty odborných indexů (BMI apod.), výpočty trendů (gradient hodnoty v čase) a predikce (například strojovým učením sestavená časová řada pravděpodobného vývoje). Mobilní aplikace pro Android je psána v jazyce Kotlin. Mobilní aplikace pro iOS je psána v jazyce Swift. Webová rozhraní jsou psána v jazyce React. Použitá databáze je pro velký objem dat Mongo DB v kombinaci s Elasticsearch. Obrázek 3 znázorňuje náhled na data pacienta.



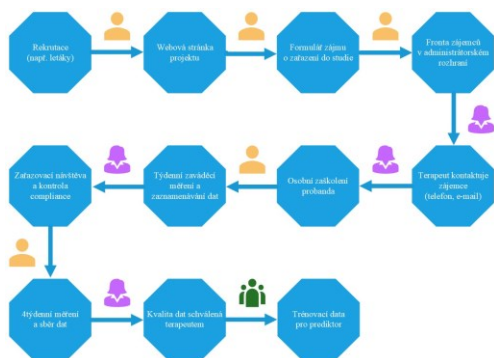
Obrázek 3 - Ukázka celkového náhledu na data pacienta v systému EDURES

V horní části náhledu je 14denní záznam kroků pacienta a energetický příjem. V prostřední části je vidět záznam daného dne, včetně detailního záznamu jídelníčku. Ve spodní části je záznam hmotnosti, či dalších parametrů, během vybraného období.

4.2.2 Prediktor hmotnosti

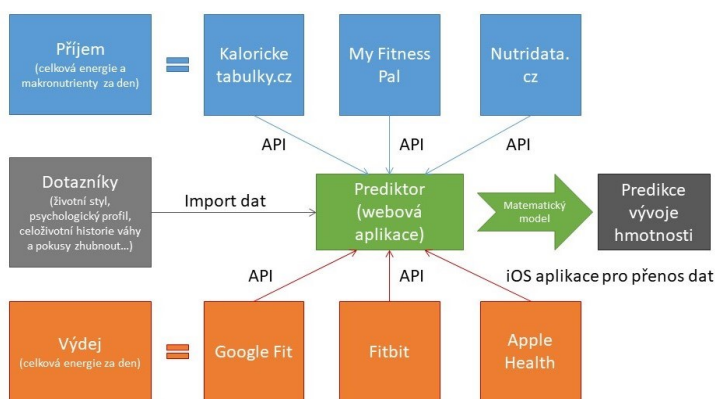
Hlavním výsledkem tohoto portálu by mělo být, na základě získaných dat od pacienta, predikovat vývoj jeho hmotnosti. Smyslem prediktoru je učení se na kvalitních datech a na základě těchto dat a vytvořit tzv. umělou neuronovou síť, která bude umět reagovat na změny v „chování“ pacienta.

Pro sběr dat byly v 1. fázi osloveni primárně pacienti 3. interní kliniky 1. lékařské fakulty a VFN a pacienti ordinací Oberisk. Schéma náboru a průběhu samotné studie je znázorněn na Obrázku 4.



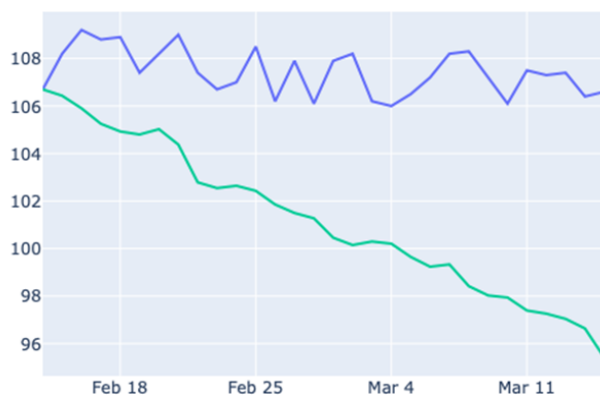
Obrázek 4 - Schéma náboru, zavedení a průběh studie

Byla sbírána data pacientů jako jídelní zvyklosti, energetický výdej formou habituální aktivity, tj. kroků a dále také data z dotazníků. Schéma sběru dat je znázorněno na Obrázku 5.

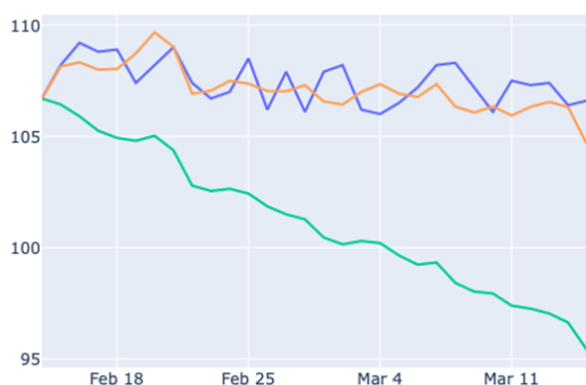


Obrázek 5 - Schéma sběru dat pro Prediktor hmotnosti

Bohužel z důvodu velkého odpadu pacientů v průběhu programů nebyl nasbírán dostatek dat pro vytvoření umělé neuronové sítě. Návratnost byla pouze 21 %. Z důvodu nízké návratnosti bylo hledáno náhradní řešení a byl tak využit již existující model dr. Halla (Hall, 2006), na který byla implementována data. Tento model byl však vyvíjen v laboratorních podmínkách, což se ukázalo jako problematické a výsledky z modelu tak neodpovídaly reálným datům. Data pacientů byla rozdělena na trénovací a testovací data a následně byl pro každého vypočítán korekční koeficient, po jehož aplikaci již model vykazoval přesnější výsledky. Na obrázcích níže jsou ukázky průběhu predikce před aplikací korekčního koeficientu (Obrázek 6) a po aplikaci korekčního koeficientu (Obrázek 7).



Obrázek 6 - Predikce hmotnosti v modelu Dr. K. Halla
(zeleně – predikovaná hmotnost, modrá – naměřená hmotnost)



Obrázek 7 - Predikce hmotnosti dle modelu Dr. K. Halla doplněný
o korekční koeficient (oranžová barva)

Výše zmíněný projekt byl publikován v zahraničním časopise (Kade et al., 2021), který je přílohou disertační práce (**Publikace 2**).

V druhé fázi bylo využito dat 29 pacientů ordinací Oberisk. Model byl navržen jako neuronová síť s dlouhou krátkodobou pamětí (LSTM) a trénovací data mu byla předkládána ve formátu posuvného okna. To znamená, že modelu byl vždy předložen úsek 14 denních záznamů, který byl při každé iteraci posunut o jeden den. Tím se model mohl učit z více časových kroků a zachytit časové závislosti. Natrénovaný model prokázal určitý potenciál využití hlubokého učení, zejména sítě LSTM, pro predikci hmotnosti pacientů. Průměrná absolutní chyba na testovací sadě dat naznačovala adekvátní výkon predikce, avšak predikované hodnoty mezi jednotlivými dny vykazovaly neobvyklou fluktuaci. Vzhledem k omezenému množství trénovacích dat může tento model spíše odhalovat určité trendy a nelze ho považovat za přesný prediktor denního vývoje hmotnosti pacienta. V budoucnu je plánováno rozšíření modelu a jeho trénování na výrazně větším datovém setu.

4.3 Nepřímá kalorimetrie u obézních pacientů

Jedním z podstatných aspektů správné intervence u obézních pacientů je správné nastavení energetického příjmu. Obézní pacienti bývají často adaptovaní na nízký příjem, proto zjištění REE pomocí nepřímé kalorimetrie může hrát zásadní roli.

V období od prosince 2021 do června 2023 bylo analyzováno 71 pacientů na nepřímé kalorimetrii a zároveň na BIA přístroji Inbody 230. Podmínkou pro zařazení do analýzy bylo $BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$, absence kontraindikací pro měření bioimpedance a dostatečná kvalita měření nepřímé kalorimetrie. REE bylo měřeno pomocí přístroje Cortex Metalyzer 3B (CORTEX Biophysik GmbH, Leipzig, Germany, 2020). Pacienti byli měřeni ráno v době od 7:00 do 9:00.

Výzkumný soubor byl následně rozdělen do skupin dle míry adaptace, resp. na základě naměřené hodnoty REE v porovnání s vypočtenou hodnotou REE dle Harris-Benedictovy rovnice do pěti skupin. Tyto skupiny byly definovány na základě výsledků REE následně:

- Méně než 85 % předpokládané hodnoty (skupina 1);
- Pod 95 % předpokládané hodnoty (skupina 2);
- 95-104 % předpokládané hodnoty (skupina 3);
- 105–115 % předpokládané hodnoty (skupina 4);
- Nad 115 % předpokládané hodnoty (skupina 5).

Z hlediska péče o pacienty s obezitou byli vyčlenění probandi ze skupin s nízkým naměřeným REE v poměru s předpokládaným REE dle Harris-Benedictovy rovnice, tedy pacienti ze skupin 1 na 2. U adaptovaných pacientů ve skupinách 1 a 2 byla zjištěna silná korelace mezi svalovou hmotou, FFM (beztuková hmota) a TBW v porovnání s hodnotou měřeného REE. Naopak procento tuku nevykazovalo statistickou významnost. Z toho vyplývá, že u adaptovaných jedinců platí, že čím více svalové hmoty mají, tím vyšší bude REE. Korelace porovnávaných proměnných jsou uvedeny v Tabulce 5.

Tabulka 5 - Korelace mezi naměřeným REE s parametry tělesného složení u skupiny adaptovaných pacientů

N=23	RMR naměřený (kcal/d)
IB-sval (kg)	0,75
	p< 0,05
IB-TWB (kg)	0,74
	p< 0,05
IB-FFM (kg)	0,73
	p< 0,05
IB % tuku	0,24
	p=0,270

Detailní výsledky této studie jsou zpracovány v článku (Jilkova et al., 2024), který je v recenzním řízení v zahraničním impaktivním časopise. Článek je přílohou disertační práce (**Publikace 10**).

4.4 6minutové chodecké testy

V rámci sběru dat pomocí telemedicínských prostředků byly sbírány výsledky chodeckých testů u pacientů s metabolickými onemocněními pro zhodnocení zdatnosti pacientů a pro zpřesnění predikce jejich úspěšnosti v redukčním režimu. Do tohoto datasetu byli zahrnuti pacienti s BMI větším než 30 kg/m². Vzhledem k tomu, že normy pro výsledky 6MWT nerespektují tělesné parametry a pohlaví, byly porovnávány výsledky chodeckých testů s výše zmíněnými parametry, a zda existuje mezi nimi nějaká souvislost a není možné predikovat výsledek chodeckého testu (6MWD) pro metabolické pacienty.

Celkem bylo v období září 2020 až březen 2024 změřeno 714 chodeckých testů a zaznamenáno do ČPZ, ze kterého byla poté exportována data pro zpracování. Z celkového počtu chodeckých testů bylo vyřazeno 212 testů, které byly měřeny u stejných pacientů opakovaně. Následně byly vyřazeny testy pacientů, kteří neabsolvovali bioimpedanci a vznikl tak soubor 266 pacientů. Testy byly prováděny na 50 metrů dlouhé, rovné chodbě, za stálých podmínek. Na začátku testu byli pacienti informováni o průběhu testu, byl jim změřen krevní tlak a měli za úkol posoudit stupeň bolesti na stupnici 0 až 10. Popisná statistika souboru 266 pacientů je zobrazena v Tabulce 6.

Tabulka 6 - Popisná statistika pacientů s bioimpedancí (n = 266)

N=266	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
Věk (roky)	48,85 ± 11,53	49,00	22,00	80,00
Výška (cm)	173,12 ± 10,31	172,00	148,00	204,00
Hmotnost (kg)	125,82 ± 27,41	121,00	73,00	217,20
BMI (kg/m ²)	41,80 ± 7,49	40,54	30,13	67,30
Tuk (%)	43,52 ± 7,75	44,64	16,01	55,70
Svaly (%)	31,81 ± 4,87	31,12	13,80	53,67
Vzdálenost (m)	494,68 ± 82,15	500,00	190,00	720,00

Z naměřených parametrů byly sestaveny vícenásobné regresní rovnice, predikující ušlou vzdálenost během 6MWT. U výše zmíněného souboru pacientů byla sestavena korelační matice (Tabulka 7). U souboru probandů s bioimpedancí (N=206) se zkoumaly závislosti výsledků 6MWT na množství tuku (%) a množství svalů (%).

Tabulka 7 - Korelační matice u pacientů s bioimpedancí

N=266	Věk	Výška	Hmotnost	BMI	Tuk (%)	Svaly (%)	Stupeň bolesti před	Vzdálenost
Věk (roky)	1,00	-0,09	-0,23	-0,23	-0,14	0,11	0,19	-0,18
	p=---	p=0,17	p<0,001	p<0,001	p=0,02	p=0,09	p<0,001	p<0,001
Výška (cm)	-0,09	1,00	0,57	0,04	-0,56	0,59	-0,13	0,32
	p=0,17	p=---	p<0,001	p=0,51	p<0,001	p<0,001	p=0,03	p<0,001
Hmotnost (kg)	-0,23	0,57	1,00	0,84	0,16	-0,04	0,02	-0,09
	p<0,001	p<0,001	p=---	p<0,001	p=0,01	p=0,47	p=0,80	p=0,12
BMI (kg/m ²)	-0,23	0,04	0,84	1,00	0,55	-0,44	0,11	-0,32
	p<0,001	p=0,51	p<0,001	p=---	p<0,001	p<0,001	p=0,08	p<0,001
Tuk (%)	-0,14	-0,56	0,16	0,55	1,00	-0,96	0,18	-0,47
	p=0,02	p<0,001	p=0,01	p<0,001	p=---	p<0,001	p<0,001	p<0,001
Svaly (%)	0,11	0,59	-0,04	-0,44	-0,96	1,00	-0,18	0,43
	p=0,09	p<0,001	p=0,47	p<0,001	p<0,001	p=---	p<0,001	p<0,001
Stupeň bolesti před	0,19	-0,13	0,02	0,11	0,18	-0,18	1,00	-0,25
	p<0,001	p=0,03	p=0,80	p=0,08	p<0,001	p<0,001	p=---	p<0,001
Vzdálenost (m)	-0,18	0,32	-0,09	-0,32	-0,47	0,43	-0,25	1,00
	p<0,001	p<0,001	p=0,12	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p=---

Z důvodu multikolinearity byly vyřazeny údaje o hmotnosti a % svalové tkáně. V rámci univariantsní analýzy již nebyly vyřazeny další proměnné. Následně byla provedena multivariantsní analýzy, která vychází z Tabulky 8.

Tabulka 8 - Vícefaktorová regresní analýza

N=266	Vzdálenost (m), R ² =0,30, p<0,001		
	b	Sm.chyba	p
Abs.člen	648,23	119,31	<0,001
Věk (roky)	-1,71	0,39	<0,001
Výška (cm)	0,96	0,57	0,10
BMI (kg/m ²)	-2,16	0,79	0,01
Tuk (%)	-3,21	0,92	<0,001
Stupeň bolesti před	-3,96	1,88	0,04

Z tabulky je patrné, že hodnota výšky vyšla v modelu statisticky nevýznamná, tudíž byla provedena další regresní analýza, kde byla hodnota výšky vynechána (Tabulka 9).

Tabulka 9 - Regresní analýza bez výšky probandů

N=266	Vzdálenost (m), $R^2=0,30$, $p<0,001$		
	b	Sm.chyba	p
Abs.člen	838,05	37,20	<0,001
Věk (roky)	-1,79	0,39	<0,001
BMI (kg/m ²)	-1,53	0,69	0,03
Tuk (%)	-4,01	1,89	0,03
Stupěň bolesti před	-4,27	0,66	<0,001

Z tabulky je patrné, že všechny nezávislé proměnné jsou statisticky významné, byť koeficient determinace je nízký ($R^2 = 0,30$).

Regresní rovnice pro skupinu pacientů s daty z bioimpedance je následující:

$$6MWD = 838,05 - 1,79 \times \text{věk} - 1,53 \times \text{BMI} - 4,01 \times \text{tuk} - 4,27 \times \text{stupeň bolesti před}$$

Podobně byla zpracována odděleně data pro souboru mužů a žen a jednotlivé regresní rovnice vyšly následovně.

$$\text{Muži: } 6MWD = 284,09 - 1,87 \times \text{věk} + 9,46 \times \text{svaly}$$

$$\text{Ženy: } 6MWD = 799,68 - 1,99 \times \text{věk} - 2,63 \times \text{BMI} - 2,53 \times \text{tuk}$$

Z výše uvedeného je patrné, že výsledek 6MWT ovlivňuje více faktorů, zvláště u pacientů s dalšími komorbiditami. Vliv mohou mít hlavně pohybová omezení, dechové potíže apod. Dále pokračuje sběr dat pro další a podrobnější analýzu závislosti výsledků 6MWT na parametrech ovlivňující výsledek.

Část souboru, včetně analýzy výsledků profesionálních chodkyň na vrcholných atletických akcích je popsána v samostatném článku (Kade et al., 2024), který byl přijat k publikaci a je přílohou disertační práce (**Publikace 9**).

5 Diskuse

Péče o obézní pacienty je komplexní proces a zahrnuje celou řadu dílčích procesů.

Telemedicína by měla pomoci primárně v monitoringu pacientů a komunikaci s pacienty (Alencar et al., 2020; Duncan et al., 2020; Jimenez-Garcia et al., 2022; Thomas et al., 2019). Být je telemedicína užitečným pomocníkem, není samo spásná a nenahradí osobní kontakt, který je však potřeba využít co nejefektivněji. Jedním z podstatných parametrů, který se v rámci intervence sleduje, je tělesné složení pacientů, k jehož měření se hodně využívají

různé bioimpedanční přístroje. Existuje velké množství přístrojů s různou přesností. Většinou jsou přístroje validovány se zlatým standardem, za který se považuje DEXA (Frija-Masson et al., 2021; Hussain et al., 2014; Samouda & Langlet, 2022). V rámci péče o pacienty a získání dat byly postupně měřeny tělesné parametry na zařízeních Tanita BC-1000, Inbody 230, Inbody S10 a BCM. Publikována byla data z měření hemodialyzovaných pacientů na přístrojích BCM a Inbody S10 (**Publikace 1** v příloze disertační práce) (Kade et al., 2023) a stejně jako u podobných studií (Yang et al., 2017; Zhou et al., 2019) byly závěrem signifikantní rozdíly mezi přístroji a nutnost využití stejného přístroje při porovnávání naměřených hodnot. Dále byly testovány a porovnávány další zařízení, konkrétně Inbody 230, Inbody S10 a Tanita BC-1000 se statisticky významnými rozdíly mezi oběma přístroji Inbody oproti Tanitě. Naopak porovnání obou přístrojů Inbody bylo statisticky nevýznamné. Inbody S10 porovnával s DEXOU, jakožto zlatým standardem, ve své studii Jayanama (Jayanama et al., 2018) se statisticky významnou korelací. Buckinx a kol. (Buckinx et al., 2015) rovněž porovnával na 219 probandech Inbody S10 s Dexou, a ačkoli se výsledky měření bioimpedance jeví jako spolehlivé, tak shoda mezi metodami byla spíše nízká.

Inbody 230 bylo také porovnáváno se zlatým standardem na 145 probandech (Karelis et al., 2013) se statisticky významnými korelacemi u tělesného složení. Oproti tomu studie Geda a kol. (Gade et al., 2020) na 31 geriatrických probandech poukazuje na nezaměnitelnost Inbody 230 a Dexy. Nickerson a kol. ve své studii (Nickerson et al., 2020) porovnávali mimo jiné Inbody 230 s Dexou. Výsledkem je zaměnitelnost přístrojů Inbody, konkrétně Inbody 230 a Inbody 770, nicméně ve srovnání s Dexou vykazovaly přístroje Inbody mírné rozdíly. Podobně McLester a kol. porovnával dokonce 3 přístroje Inbody (230, 720 a 770) a Dexu (McLester et al., 2020). Výsledky se shodují se studií Nickersona (Nickerson et al., 2020).

V návaznosti na úvodní diagnostické měření obézních pacientů je podstatné pacienty monitorovat a pracovat s jejich daty. K monitoringu pacientů v rámci výzkumů a kvalifikačních prací byl vyvinut systém EDURES jako telemedicínský projekt, který je součástí ČPZ, umí sbírat data pacientů z aplikací třetích stran a také přímo dat zadávaných do aplikace. Je určena primárně pro metabolické pacienty, převážně obézní pacienty, diabetiky, bariatrické pacienty. ČPZ (EDURES) je v tomto v České republice unikátní projekt, který má v současné době přes 7000 zaregistrovaných uživatelů. ČPZ je mimo jiné popsán v publikacích, které jsou přílohou disertační práce (**Publikace 4, Publikace 5, Publikace 6**).

V zahraničí existuje několik podobných projektů, například Kondo a kol. (Kondo et al., 2022) zmiňuje systém DiaBeticsLite. Sakane a kol. (Sakane et al., 2023) ve své studii zmiňuje aplikaci KENPO, která byla vyvinuta společností Omron Healthcare a zaměřuje se na „specifické zdravotní poradenství“ pro prevenci metabolického syndromu, cukrovky 2. typu a kardiovaskulárních onemocnění. Hu a kol. (Hu et al., 2021) využívá ve svém výzkumu aplikaci „Personalized Nutrition Project“ k monitorování stravy a nápojů, cvičení a hmotnosti. Zároveň zmiňuje výhody selfmonitoringu, ale zdůrazňuje udržování pravidelného kontaktu s pacienty pro lepší adherenci.

Aplikaci, která by pomáhala monitorovat dětské pacienty s nadváhou a obezitou, včetně bezpečného šifrování, popisuje Jimenez-Garcia a kol. (Jimenez-Garcia et al., 2022) ve své studii.

Pokusy o prediktor hmotnosti jsou také známé spíše ze zahraničí. V České republice podobný projekt znám není. Nejrelevantnější a nejpodobnější projekty v zahraniční literatuře jsou:

- „Body weight planner“, který je volně dostupný na internetových stránkách National institut of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (NIH). Odkaz na samotný prediktor: <https://www.niddk.nih.gov/bwp>.
- „Weight Loss Predictor Calculator, který je přístupný na stránkách Penningtonského biomedicínského výzkumného centra Louisianské státní univerzity (PBRC). Odkaz na samotný prediktor: <https://www.pbrc.edu/research-and-faculty/calculators/weight-loss-predictor/>.

Na základě údajů z dvouleté studie CALERIE, která hodnotila dlouhodobé účinky sníženého příjmu energie (Rochon et al., 2011), byly testovány a porovnávány dva matematické modely. V tomto srovnání byl lepší model NIH, který přesně simuloval průměrné změny tělesné hmotnosti, tukové hmoty a energetického výdeje v reakci na dvouleté omezení příjmu kalorií.

Rozdíly v aplikaci výše zmíněného modelu pro českou populaci mohou být dány tím, že model byl vyvinut na základě laboratorních dat a na druhé straně nepřesnostmi při samosběru dat pacienty v případě implementace dat prediktoru hmotnosti českých pacientů.

Pro predikci hmotnosti, a hlavně zdravotních rizik a dobrému nastavení pohybové a stravovací intervence je třeba znát REE (klidový energetický výdej) pacienta. Jak bylo zmíněno ve výsledcích, tak u obézních pacientů se můžeme setkat, jak s pacienty velmi

adaptovanými na nízký příjem, tak naopak s pacienty s nadprůměrnou hodnotou REE oproti referenčním hodnotám. Nesrovnalosti v porovnání odchylek mezi naměřenými REE nepřímou kalorimetrií a výpočtem pomocí Harris-Benedictovy rovnice lze přičíst buď adaptaci na nízký energetický výdej, nebo zvýšené svalové hmotě ve skupině se zvýšenými hodnotami REE. Další možností je ovlivnění měření nedodržením pokynů před měřením, nespoluprací pacienta či neschopností dosáhnout stavu psychického a fyzického klidu během měření (Pavlidou et al., 2018; Popp et al., 2020). Ve studii nebyl brán v potaz zdravotní stav pacientů, což vedlo k zařazení jedinců s různými komorbiditami, které jsou u obézních pacientů často přítomné a mohou ovlivnit přesnost měření (Delsoglio et al., 2019). Navzdory vysokým nárokům na personál a přísným vyšetřovacím protokolům však může nepřímá kalorimetrie poměrně přesně určit klidový energetický výdej jedince a pomoci při vypracování vhodného plánu redukce hmotnosti. Lam a Ravussin ve své studii (Lam & Ravussin, 2017) uvádí, že díky nepřímé kalorimetrii je možné identifikovat rizikové jedince, což umožňuje včasnou preventivní intervenci a matematické modelování založené na nepřímé kalorimetrii může hrát klíčovou roli v individuálně přizpůsobených opatřeních.

Pro úspěšný redukční režim a v podstatě i pro lepší prognózu je v konečné fázi nejdůležitější zdatnost pacienta, která víceméně souvisí se svalovou hmotou. Pro testování zdatnosti, zvláště u obézních pacientů, je hojně využíván 6MWT. V rámci péče o pacienty jsou sbírány výsledky 6MWT a porovnávány s normami, které zohledňují pouze pohlaví a věk. Vzhledem k tomu, že zároveň bylo měření i složení těla, bylo snahou zjistit, jaké tělesné faktory mohou výsledek ovlivnit. Výsledek může být ovlivněn věkem, výškou, hmotností, BMI, ale i procentem svalové hmoty, či tukové tkáně. Tyto výsledky potvrzují i další studie, které zmiňují vliv tělesných parametrů na výsledek v 6MWT (Cacau et al., 2016). Nejčastějšími parametry, které ovlivňovali výsledek 6MWT, jsou věk, výška, hmotnost a BMI (Camarri et al., 2006; Enright & Sherrill, 1998; Chetta et al., 2006; Iwama et al., 2009; Ross et al., 2010; Zou et al., 2017). Studie Santarema a kol. (Correia de Faria Santarem et al., 2015) potvrzuje vliv svalové hmoty na výkon v 6MWT. U obézních pacientů, potažmo chronických pacientů jistě ovlivňují výkon v chodeckém testu i komorbidity spojené s těmito onemocněními. Donini a kol. (Donini et al., 2013) to potvrzuje ve studii na pacientech s obezitou 3. stupně. Podobně další studie hodnotily výsledky chronických pacientů, např. chronickou obstrukční plicní nemocí (Yuan et al., 2020), obézních adolescentů s obezitou (Udomittipong et al.,

2021; Valerio et al., 2018), bronchiektázií bez přítomnosti cystické fibrózy (Sami et al., 2020), dětí s cystickou fibrózou (Roshanzamir et al., 2022) a s astmatem (Meys et al., 2023).

V článku (Kade et al., 2024), který se týká se výsledků v chůzi nejen obézních pacientů, ale i profesionálních atletů a který je přijat k publikaci v časopise *Medicina Sportiva* a je společně s potvrzením o přijetí přílohou disertační práce (**Publikace 9**), byla diskutována myšlenka aktualizace norem pro 6MWT. Často se v ordinaci objevují pacienti s výškou kolem 200 cm a na druhou stranu pacienti do 150 cm, ale s podobným BMI, a přesto mají stejné normy pro 6MWT.

6 Závěry

Tato práce se zabývá procesem péče o obézního pacienta se zaměřením na monitoring, telemedicínu a zdatnost. Péče o obézní pacienty je komplexní proces, do kterého vstupuje mnoho proměnných a úspěšnost léčby je ovlivněna mnoha faktory. V této práci je popsán proces počínaje tělesnou diagnostikou, po telemedicínský monitoring, predikce, stanovení klidového metabolismu a zjištění a predikci zdatnosti pacienta (Obrázek 1).

V rámci prvního kroku bylo cílem (**cíl 1**) porovnat různá bioimpedanční zařízení a jejich možné využití v prvotní diagnostice pacienta a následnému porovnání hodnot. Bioimpedanční zařízení, převážně od různých výrobců pracují na různých frekvencích a počtu elektrod, tudíž výsledky na různých zařízeních se dají těžko porovnávat, a proto je vhodné porovnávat výsledky vždy na stejném přístroji a ideálně při měření za co nejshodnějších podmínek (**Publikace 1**).

Telemedicína je vhodným nástrojem pro usnadnění a zefektivnění péče o pacienty. Šetří náklady na péči a díky stále se vyvíjejícím se technologiím je stále dostupnější. Díky monitoringu velkého množství různých parametrů, jako jsou například kroky, jídelníček, měření krevního tlaku, glykémie, výsledků testů zdatnosti, subjektivních pocitů či složení těla, je možné pacienty lépe kontrolovat a efektivně intervenovat a komunikovat s nimi. Navíc takto zaznamenaná data je možné kdykoli opět využít a inspirovat se například v obdobích, kdy se pacientovi nedaří.

Díky monitoringu velkého množství různých parametrů, jako jsou například kroky, jídelníček, měření krevního tlaku, glykémie, výsledků testů zdatnosti, subjektivních pocitů či složení těla, je možné pacienty lépe kontrolovat a efektivně intervenovat a komunikovat s nimi.

Telemedicínský projekt, jehož realizace je definována jako **cíl 2** této práce je ČPZ, resp. EDURES, který umožňuje monitoring výše popsaných parametrů a je popsán v příložených publikacích disertační práce (**Publikace 4, Publikace 5, Publikace 6**). V návaznosti na vytvoření telemedicínského projektu bylo dalším cílem (**cíl 3**) vytvoření predikčního modelu pro vývoj hmotnosti. Pilotní fáze prediktoru je blíže popsána v **Publikaci 2**, která je přílohou disertační práce. Pro další vývoj prediktoru bude třeba pokračovat ve sběru dat, aby se mohl systém trénovat na více datech a zpřesňovat se.

Cílem 4 této práce bylo definování parametrů, které ovlivňují energetický klidový výdej a zda jsou obézní pacienti adaptovaní na nízký příjem. Výsledky, které definují tento cíl, jsou popsány v **Publikaci 10**, která je přílohou disertační práce s výsledkem, že adaptování na nízký energetický příjem je individuální a nelze proto u obézních pacientů spoléhat na výpočty pomocí prediktivních rovnic (například rovnice Harris-Benedicta).

Posledním cílem (**cíl 5**), v rámci zjišťování zdatnosti pomocí 6MWT, bylo zjistit, jaké parametry ovlivňují výkon v 6MWT u obézních pacientů. Obecně se normy 6MWT vztahují pouze k věku testovaného a nebere v potaz další parametry. **Publikace 9** se zabývá parametry, které výsledky 6MWT ovlivňují. Výsledek 6MWT ovlivňuje u obézních pacientů více parametrů a také přítomné komorbidity, které tito pacienti často mají.

Pro další zlepšení individualizované péče je třeba získat další data, která je třeba dále vyhodnotit, ať už se týká optimalizace dat pro predikce hmotnosti, či pro vyhodnocování zdatnosti při 6MWT apod.

7 Použitá literatura

- Abbas, S. R., Zhu, F., Kaysen, G. A., Kotanko, P., & Levin, N. W. (2014). Effect of change in fluid distribution in segments in hemodialysis patients at different ultrafiltration rates on accuracy of whole body bioimpedance measurement. *Journal of Applied Physiology*, 116(11), 1382-1389. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01361.2013>
- Alencar, M., Johnson, K., Gray, V., Mullur, R., Gutierrez, E., & Dionico, P. (2020). Telehealth-Based Health Coaching Increases m-Health Device Adherence and Rate of Weight Loss in Obese Participants. *Telemed J E Health*, 26(3), 365-368. <https://doi.org/10.1089/tmj.2019.0017>
- Buckinx, F., Reginster, J. Y., Dardenne, N., Croisier, J. L., Kaux, J. F., Beudart, C., Slomian, J., & Bruyere, O. (2015). Concordance between muscle mass assessed by bioelectrical impedance analysis and by dual energy X-ray absorptiometry: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*, 16, 60. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0510-9>

- Cacau, L. A., de Santana-Filho, V. J., Maynard, L. G., Gomes, M. N., Fernandes, M., & Carvalho, V. O. (2016). Reference Values for the Six-Minute Walk Test in Healthy Children and Adolescents: a Systematic Review. *Braz J Cardiovasc Surg*, *31*(5), 381-388. <https://doi.org/10.5935/1678-9741.20160081>
- Camarri, B., Eastwood, P. R., Cecins, N. M., Thompson, P. J., & Jenkins, S. (2006). Six minute walk distance in healthy subjects aged 55-75 years. *Respir Med*, *100*(4), 658-665. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2005.08.003>
- Cawley, J. (2015). An economy of scales: A selective review of obesity's economic causes, consequences, and solutions. *J Health Econ*, *43*, 244-268. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2015.03.001>
- Correia de Faria Santarem, G., de Cleve, R., Santo, M. A., Bernhard, A. B., Gadducci, A. V., Greve, J. M., & Silva, P. R. (2015). Correlation between Body Composition and Walking Capacity in Severe Obesity. *PLoS One*, *10*(6), e0130268. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130268>
- Delsoglio, M., Achamrah, N., Berger, M. M., & Pichard, C. (2019). Indirect Calorimetry in Clinical Practice. *J Clin Med*, *8*(9). <https://doi.org/10.3390/jcm8091387>
- Donini, L. M., Poggiogalle, E., Mosca, V., Pinto, A., Brunani, A., & Capodaglio, P. (2013). Disability affects the 6-minute walking distance in obese subjects (BMI>40 kg/m²). *PLoS One*, *8*(10), e75491. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075491>
- Duncan, M. J., Fenton, S., Brown, W. J., Collins, C. E., Glozier, N., Kolt, G. S., Holliday, E. G., Morgan, P. J., Murawski, B., Plotnikoff, R. C., Rayward, A. T., Stamatakis, E., Vandelanotte, C., & Burrows, T. L. (2020). Efficacy of a Multi-component m-Health Weight-loss Intervention in Overweight and Obese Adults: A Randomised Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health*, *17*(17). <https://doi.org/10.3390/ijerph17176200>
- Enright, P. L., & Sherrill, D. L. (1998). Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med*, *158*(5 Pt 1), 1384-1387. <https://doi.org/10.1164/ajrcm.158.5.9710086>
- Frija-Masson, J., Mullaert, J., Vidal-Petiot, E., Pons-Kerjean, N., Flamant, M., & d'Ortho, M. P. (2021). Accuracy of Smart Scales on Weight and Body Composition: Observational Study. *JMIR Mhealth Uhealth*, *9*(4), e22487. <https://doi.org/10.2196/22487>
- Gade, J., Astrup, A., Vinther, A., & Zerahn, B. (2020). Comparison of a dual-frequency bio-impedance analyser with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of body composition in geriatric patients. *Clin Physiol Funct Imaging*, *40*(4), 290-301. <https://doi.org/10.1111/cpf.12633>
- Hall, K. D. (2006). Computational model of in vivo human energy metabolism during semistarvation and refeeding. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, *291*(1), E23-37. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00523.2005>
- Hu, L., Illiano, P., Pompeii, M. L., Popp, C. J., Kharmats, A. Y., Curran, M., Perdomo, K., Chen, S., Bergman, M., Segal, E., & Sevick, M. A. (2021). Challenges of conducting a remote behavioral weight loss study: Lessons learned and a practical guide. *Contemp Clin Trials*, *108*, 106522. <https://doi.org/10.1016/j.cct.2021.106522>
- Hussain, Z., Jafar, T., Zaman, M. U., Parveen, R., & Saeed, F. (2014). Correlations of skin fold thickness and validation of prediction equations using DEXA as the gold standard for estimation of body fat composition in Pakistani children. *BMJ Open*, *4*(4), e004194. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-004194>

- Chetta, A., Zanini, A., Pisi, G., Aiello, M., Tzani, P., Neri, M., & Olivieri, D. (2006). Reference values for the 6-min walk test in healthy subjects 20-50 years old. *Respir Med*, *100*(9), 1573-1578. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2006.01.001>
- Iwama, A. M., Andrade, G. N., Shima, P., Tanni, S. E., Godoy, I., & Dourado, V. Z. (2009). The six-minute walk test and body weight-walk distance product in healthy Brazilian subjects. *Braz J Med Biol Res*, *42*(11), 1080-1085. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2009005000032>
- Jayanama, K., Putadechakun, S., Srisuwarn, P., Vallibhakara, S. A., Chattranukulchai Shantavasinkul, P., Sritara, C., Kantachuvesiri, S., & Komindr, S. (2018). Evaluation of Body Composition in Hemodialysis Thai Patients: Comparison between Two Models of Bioelectrical Impedance Analyzer and Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. *J Nutr Metab*, *2018*, 4537623. <https://doi.org/10.1155/2018/4537623>
- Jilkova, A., Lampova, B., Kade, O., Kourimska, L., Chrpova, D., Kaiserova, I., & Matoulek, M. (2024). Resting energy expenditure in extremely obese patients: comparison of the Harris Benedict equation with indirect calorimetry, dependence of resting energy expenditure on body composition in patients with metabolic adaptation. *Journal of Clinical Medicine*.
- Jimenez-Garcia, E., Murillo-Escobar, M. A., Fontecha-Diezma, J., Lopez-Gutierrez, R. M., & Cardoza-Avendano, L. (2022). Telehealth Secure Solution to Provide Childhood Obesity Monitoring. *Sensors (Basel)*, *22*(3). <https://doi.org/10.3390/s22031213>
- Kade, O., Drahotova, A., Svacina, S., & Matoulek, M. (2024). Vliv fyzických parametrů na výkon v chůzi [Preprint]. *Medicina Sportiva*.
- Kade, O., Haskova, A., Svacina, S., Zurkova, P., Mikes, O., Cmerdova, K., & Matoulek, M. (2021). Telemedicine and Metabolic Diseases in Practice - Weight Predictor Localized for the Czech Population. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, *39*(2). <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2021.39.006272>
- Kade, O., Malik, J., Cmerdova, K., Matoulek, M., Satrapova, V., Hladinova, Z., Valerianova, A., & Zurkova, P. (2023). Significant differences between two commonly used bioimpedance methods in hemodialysis patients. *Clin Nephrol*, *99*(6), 283-289. <https://doi.org/10.5414/CN110818>
- Karelis, A. D., Chamberland, G., Aubertin-Leheudre, M., Duval, C., Ecological mobility in, A., & Parkinson, G. (2013). Validation of a portable bioelectrical impedance analyzer for the assessment of body composition. *Appl Physiol Nutr Metab*, *38*(1), 27-32. <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0129>
- Kondo, M., Okitsu, T., Waki, K., Yamauchi, T., Nangaku, M., & Ohe, K. (2022). Effect of Information and Communication Technology-Based Self-management System DialBeticsLite on Treating Abdominal Obesity in the Specific Health Guidance in Japan: Randomized Controlled Trial. *JMIR Form Res*, *6*(3), e33852. <https://doi.org/10.2196/33852>
- Lam, Y. Y., & Ravussin, E. (2017). Indirect calorimetry: an indispensable tool to understand and predict obesity. *Eur J Clin Nutr*, *71*(3), 318-322. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.220>
- Matoulek, M., Sadílková, A., Riegel, K., Mikeš, O., Tuka, V., & Kádě, O. (2019). *Manuál praktické obezitologie nejen pro praktické lékaře*. NOL.
- Matoulek, M., Svacina, S., & Lajka, J. (2010). The incidence of obesity and its complications in the Czech Republic. *Vnitr Lek*, *56*(10), 1019-1027. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21105446> (Vyskyt obezity a jejich komplikaci v Ceske republice.)

- McLester, C. N., Nickerson, B. S., Kliszczewicz, B. M., & McLester, J. R. (2020). Reliability and Agreement of Various InBody Body Composition Analyzers as Compared to Dual-Energy X-Ray Absorptiometry in Healthy Men and Women. *J Clin Densitom*, 23(3), 443-450. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2018.10.008>
- Meys, R., Janssen, S. M. J., Franssen, F. M. E., Vaes, A. W., Stoffels, A. A. F., van Hees, H. W. H., van den Borst, B., Klijn, P. H., Burtin, C., van 't Hul, A. J., & Spruit, M. A. (2023). Test-retest reliability, construct validity and determinants of 6-minute walk test performance in adult patients with asthma. *Pulmonology*, 29(6), 486-494. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2022.10.011>
- Nickerson, B. S., McLester, C. N., McLester, J. R., & Kliszczewicz, B. M. (2020). Agreement Between 2 Segmental Bioimpedance Devices, BOD POD, and DXA in Obese Adults. *J Clin Densitom*, 23(1), 138-148. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2019.04.005>
- Pavlidou, E., Petridis, D., Tolia, M., Tsoukalas, N., Poultsidi, A., Fasoulas, A., Kyrgias, G., & Giaginis, C. (2018). Estimating the agreement between the metabolic rate calculated from prediction equations and from a portable indirect calorimetry device: an effort to develop a new equation for predicting resting metabolic rate. *Nutr Metab (Lond)*, 15, 41. <https://doi.org/10.1186/s12986-018-0278-7>
- Popp, C. J., Butler, M., Curran, M., Illiano, P., Sevick, M. A., & St-Jules, D. E. (2020). Evaluating steady-state resting energy expenditure using indirect calorimetry in adults with overweight and obesity. *Clin Nutr*, 39(7), 2220-2226. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.10.002>
- Rochon, J., Bales, C. W., Ravussin, E., Redman, L. M., Holloszy, J. O., Racette, S. B., Roberts, S. B., Das, S. K., Romashkan, S., Galan, K. M., Hadley, E. C., Kraus, W. E., & Group, C. S. (2011). Design and conduct of the CALERIE study: comprehensive assessment of the long-term effects of reducing intake of energy. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 66(1), 97-108. <https://doi.org/10.1093/gerona/glq168>
- Roshanzamir, Z., Shirzadi, R., & Modaresi, M. (2022). The correlation between 6-min walk test and respiratory parameters in children with cystic fibrosis. *Ir J Med Sci*, 191(1), 289-294. <https://doi.org/10.1007/s11845-021-02564-9>
- Ross, R. M., Murthy, J. N., Wollak, I. D., & Jackson, A. S. (2010). The six minute walk test accurately estimates mean peak oxygen uptake. *BMC Pulm Med*, 10, 31. <https://doi.org/10.1186/1471-2466-10-31>
- Sakane, N., Suganuma, A., Domichi, M., Sukino, S., Abe, K., Fujisaki, A., Kanazawa, A., & Sugimoto, M. (2023). The Effect of a mHealth App (KENPO-app) for Specific Health Guidance on Weight Changes in Adults With Obesity and Hypertension: Pilot Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth*, 11, e43236. <https://doi.org/10.2196/43236>
- Sami, R., Zohal, M., & Mohammadi, N. (2020). Clinical Determinants of the Six-Minute Walk Test (6MWT) in Stable Non-Cystic Fibrosis Bronchiectasis Patients. *Tanaffos*, 19(4), 385-391. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33959177>
- Samouda, H., & Langlet, J. (2022). Body fat assessment in youth with overweight or obesity by an automated bioelectrical impedance analysis device, in comparison with the dual-energy x-ray absorptiometry: a cross sectional study. *BMC Endocr Disord*, 22(1), 195. <https://doi.org/10.1186/s12902-022-01111-6>
- Thomas, J. G., Bond, D. S., Raynor, H. A., Papandonatos, G. D., & Wing, R. R. (2019). Comparison of Smartphone-Based Behavioral Obesity Treatment With Gold Standard Group Treatment and Control: A Randomized Trial. *Obesity (Silver Spring)*, 27(4), 572-580. <https://doi.org/10.1002/oby.22410>

- Udomittipong, K., Thabungkan, T., Nimmannit, A., Tovichien, P., Charoensitisup, P., & Mahoran, K. (2021). Obesity Indices for Predicting Functional Fitness in Children and Adolescents With Obesity. *Front Pediatr*, 9, 789290. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.789290>
- Valerio, G., Licenziati, M. R., Tortorelli, P., Calandriello, L. F., Alicante, P., & Scalfi, L. (2018). Lower Performance in the Six-Minute Walk Test in Obese Youth With Cardiometabolic Risk Clustering. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 9, 701. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00701>
- Van Biesen, W., Williams, J. D., Covic, A. C., Fan, S., Claes, K., Lichodziejewska-Niemierko, M., Verger, C., Steiger, J., Schoder, V., Wabel, P., Gauly, A., Himmele, R., & Euro, B. C. M. S. G. (2011). Fluid status in peritoneal dialysis patients: the European Body Composition Monitoring (EuroBCM) study cohort. *PLoS One*, 6(2), e17148. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017148>
- Yang, E. M., Park, E., Ahn, Y. H., Choi, H. J., Kang, H. G., Cheong, H. I., & Ha, I. S. (2017). Measurement of Fluid Status Using Bioimpedance Methods in Korean Pediatric Patients on Hemodialysis. *J Korean Med Sci*, 32(11), 1828-1834. <https://doi.org/10.3346/jkms.2017.32.11.1828>
- Yuan, L., Li, L., Yu, T., Yang, Z., Jiang, T., Ma, Q., Qi, J., Shi, Y., & Zhao, P. (2020). The correlational study about neutrophil-to-lymphocyte ratio and exercise tolerance of chronic obstructive pulmonary disease patients. *Medicine (Baltimore)*, 99(33), e21550. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000021550>
- Zhou, Y., Hoglund, P., & Clyne, N. (2019). Comparison of DEXA and Bioimpedance for Body Composition Measurements in Nondialysis Patients With CKD. *J Ren Nutr*, 29(1), 33-38. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2018.05.003>
- Zou, H., Zhu, X., Zhang, J., Wang, Y., Wu, X., Liu, F., Xie, X., & Chen, X. (2017). Reference equations for the six-minute walk distance in the healthy Chinese population aged 18-59 years. *PLoS One*, 12(9), e0184669. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184669>

Seznam publikační činnosti doktoranda

Publikace *in extenso*, které jsou podkladem disertace

a) S IF

- **Kade O**, Malik J, Cmerdova K, Matoulek M, Satrapova V, Hladinova Z, Valerianova A, Zurkova P. Significant differences between two commonly used bioimpedance methods in hemodialysis patients. *Clin Nephrol*. 2023 Jun;99(6):283-289. doi: 10.5414/CN110818. PMID: 37042273. (IF 1.1)
- **Kade O**, Haskova A, Svacina S, Zurkova P, Mikes O, Cmerdova K, Matoulek M. Telemedicine and Metabolic Diseases in Practice -Weight Predictor Localized for the Czech Population[J]. *Biomedical Journal of Scientific and Technical Research*, 2021, 39(2): 31145-31145. (IF 1.2)

b) Bez IF

- **Kade O**, Svacina S, Matoulek M. Telemedicína v léčbě obezity. *Profi Medicína*, 2023. 19-20: p.12-13
- **Kade O**, Drahotová A, Kaiser J, Kaiserova I, Svacina S, Matoulek M. Vliv fyzických parametrů na výkon v chůzi. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 2024. PŘIJATO K PUBLIKACI
- Matoulek M, Cibulkova N, **Kade O**, Haspicova M. Physical activity in the treatment of obesity in practice. *Vnitr Lek.* 2020 Winter;66(8):483-488. English. PMID: 33740847.
- Matoulek M, Cmerdova K, Zurkova P, **Kade O**. Telemedicína, obezita, diabetes a životní styl v praxi. *Časopis lékařů českých*, 2021. 160(7-8): p. 302-309.
- Urban M, **Kade O**, Pavlik V, Safka V, Lasak P, Pravdova L. Telemedicína v léčbě obezity v praxi. *Military Medical Science Letters*, 2020. 89(2): p. 74-79.
- Cibulkova N, Zurkova P, **Kade O**, Matoulek M. Význam pohybové aktivity u pacientů po bariatrických výkonech. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*; 2019, Vol. 28 Issue 2, p61-69, 9p
- Jilkova, A., Lampova, B., **Kade, O.**, Kourimska, L., Chrpova, D., Kaiserova, I., & Matoulek, M. (2024). Resting energy expenditure in extremely obese patients: comparison of the Harris Benedict equation with indirect calorimetry, dependence of resting energy expenditure on body composition in patients with metabolic adaptation. *Journal of Clinical Medicine*. V RECENZNÍM ŘÍZENÍ

Publikace *in extenso*, které nejsou podkladem disertace

a) S IF

- Haskova A, Radovnicka L, Petruzalkova L, Parkin CG, Grunberger G, Horova E, Navratilova V, **Kade O**, Matoulek M, Prazna M, Soupal J. Real-time CGM Is Superior to Flash Glucose Monitoring for Glucose Control in Type 1 Diabetes: The CORRIDA Randomized Controlled Trial. *Diabetes Care*. 2020 Nov;43(11):2744-2750. doi: 10.2337/dc20-0112. Epub 2020 Aug 28. PMID: 32859607; PMCID: PMC7576432. (IF 14.8)

Posterové prezentace

- **Kade O**, Haskova A, Zurkova P, Cmerdova K, Svacina S, Matoulek M. Telemedicína a metabolická onemocnění – prediktor hmotnosti. Konference LIFMAT, Praha 2021
- **Kade O**, Haskova A, Zurkova P, Cmerdova K, Svacina S, Matoulek M. Telemedicína a metabolická onemocnění – prediktor hmotnosti. Konference Obezitologie a bariatric, Olomouc 2021
- **Kade O**, Lahodova K, Haskova A, Svacina S, Matoulek M. Moderní technologie při snižování hmotnosti. Konference LIFMAT, Praha 2022
- **Kade O**, Drahotova A, Svacina S, Matoulek M. Vliv tělesných parametrů na výkon v chůzi. Konference tělovýchovného lékařství, Mariánské Lázně 2023

Přednášky

- **Kade O**, Malik J, Hladinova Z, Satrapová V, Svacina S, Zurkova P, Matoulek M. Významné rozdíly mezi dvěma běžně používanými bioimpedančními metodami u hemodialyzovaných pacientů. Symposium pro cévní přístup, Olomouc 2023