

MODERNÉ ŠTATISTICKÉ MODELY URČUJÚCE ZLEPŠENIE ZDRAVOTNÉHO STAVU PACIENTA PO REHABILITÁCII ZLOMENÍN A RESEKCIÁCH OSTEOSARKÓMU

¹Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzikálnej a teoretickej chémie, Bratislava, Slovensko.

²Scuola Superiore Meridionale. University of Naples Federico II. Naples, Italy.

³Chemical Engineering Department. University of Matanzas, Matanzas. Cuba.

⁴Klinika fyziatrie, balneológie a liečebnej rehabilitácie, UNB, Bratislava, Slovensko.

⁵Rehabilitácia – Ambulancia profesora Gútha

Furka¹, S., Dueñas Santana^{2,3} J. A., Gúth⁴ A., Gúth⁵ A. jun., Tóth¹ A., Vengrini¹ J., Furka¹ D.: Štatistické sledovanie zmien zdravotného stavu pacienta pre objektívne, kvázi-objektívne a subjektívne určené parametre.

Súhrn

Úvod: Pre správne a jednoznačné vyhodnotenie zlepšenia alebo zhoršenia zdravotného stavu pacienta je nutné využiť správne a moderné štatistické modely, pričom nie vždy je možné použiť jednoduchú popisnú štatistiku.

Súbor: Výskum je založený na dvoch skupinách pacientov pred a po rehabilitácii zlomeniny zápästia a pred a po radikálnej resekcii intramedulárneho osteosarkómu.

Cieľ: Cieľom práce je štatisticky popísať post-rehabilitačné a post-liečebné zlepšenie alebo zhoršenie zdravotného stavu pacientov s rozličnými diagnózami a vytvoriť tak metodologické usmernenie pre využitie štatistiky v profesionálnej vedeckej činnosti lekárov. Opísané príklady by mali byť okamžite analogizované v odborných prácach.

Metódy: Dynamometer - Dynatest, Riester, SRN ako objektívna meracia metóda definujúca prístrojom získateľné číselné údaje. Metóda Altridg® a Barker® pre meranie koncentrácie vápnika v krvi ako objektívna meracia metóda. Nácvik vertikalizácie chôdze a čas behu pacienta 2 roky po radikálnej resekcii osteosarkómu ako kvázi-objektívne metódy získania údajov. Stanovenie číselných hodnôt slovných odpovedí pacienta hodnotovou maticou ako subjektívna metóda získania údajov. Ďalšie metodiky: chirurgia, chemoterapia, liečebná rehabilitácia, pracovná rehabilitácia, výchovná rehabilitácia, psycho-sociálna rehabilitácia a muzikoterapia.

Výsledky a záver: Vytvorili sme spoľahlivý model a inštrukcie pre štatistické určenie zlepšenia alebo zhoršenia zdravotného stavu pacienta pomocou jednoduchej štatistiky, korelačnej analýzy, T-testu a testu rozptylov.

Kľúčové slová: variabilita, T-Test, F-Test, štatistika, operácia, rehabilitácia, muzikoterapia

Furka¹, S., Dueñas Santana^{2,3} J. A., Gúth⁴ A., Gúth⁵ A. jun., Tóth¹ A., Vengrini¹ J., Furka¹ D.: Modern statistical models determining the improvement of the patient's health status after fracture rehabilitation and osteosarcoma resections.

Summary

Introduction: For a correct and unambiguous evaluation of the improvement or deterioration of the patient's state of health, it is necessary to use correct and modern statistical models, while simple descriptive statistics is not always sufficient.

Set: The research is based on two groups of patients which involve patients before and after wrist fracture rehabilitation and patients before and after radical resection of intramedullary osteosarcoma.

Aim: The goal of the work is to statistically describe the post-rehabilitation and post-treatment improvement or deterioration of the health status of patients with various diagnoses and thus create a

methodological guideline for the use of statistics in the professional scientific activity of doctors. The described examples should be immediately analogized in professional articles.

Methods: Dynamometer - Dynatest, Riester, SRN as an objective measurement method defining numerical data obtainable by the device. The Altridge® and Barker® method for measuring calcium concentration in blood as an objective measurement method. Vertical gait training and patient running time 2 years after radical osteosarcoma resection as quasi-objective data acquisition methods. Determining the numerical values of the patient's verbal answers with a value matrix, as a subjective method of obtaining data. Other methods: surgery, chemotherapy, medical rehabilitation, occupational rehabilitation, educational rehabilitation, psycho-social rehabilitation and music therapy.

Conclusion: We have created a reliable model and instructions for statistically determining the improvement or deterioration of a patient's health status using simple statistics, correlation analysis, T-test and variance test.

Key words: *variability, T-Test, F-Test, statistics, surgery, rehabilitation, music therapy*

*Furka¹, S., Dueñas Santana^{2,3} J. A., Gúth⁴ A., Gúth⁵ A. jun., Tóth¹ A., Vengrini¹ J., Furka¹ D.:
Moderne statistische Modelle zur Bestimmung der Verbesserung des Gesundheitszustandes des
Patienten nach Frakturheilung und Osteosarkom-Resektionen.*

Zusammenfassung

Einführung: Für eine korrekte und eindeutige Bewertung der Verbesserung oder Verschlechterung des Gesundheitszustandes des Patienten ist es notwendig, korrekte und moderne statistische Modelle zu verwenden, wobei einfache deskriptive Statistiken nicht immer verwendet werden können.

Mustermenge: Die Forschung basiert auf zwei Gruppen von Patienten vor und nach der Rehabilitation von Handgelenksfrakturen und vor und nach der radikalen Resektion des intramedullären Osteosarkoms.

Ziel: Ziel der Arbeit ist es, die Verbesserung bzw. Verschlechterung des Gesundheitszustandes von Patienten mit unterschiedlichen Diagnosen nach Rehabilitation und Nachbehandlung statistisch zu beschreiben und damit eine methodische Richtlinie für den Einsatz von Statistiken in der professionellen wissenschaftlichen Tätigkeit von Ärzten zu erstellen. Die beschriebenen Beispiele sollten in Fachartikeln sofort analogisiert werden.

Methoden: Dynamometer - Dynatest, Riester, BRD als objektives Messverfahren welches numerische Daten definiert, die vom Gerät erhalten werden können. Die Altridge®- und Barker-Methode® zur Messung der Kalziumkonzentration im Blut als objektive Messmethode. Vertikales Gangtraining und Patientenlaufzeit 2 Jahre nach radikaler Osteosarkom-Resektion als quasi-objektive Datenerfassungsmethoden. Bestimmung der numerischen Werte der verbalen Antworten des Patienten mit einer Wertematrix als subjektive Datenermittlungsmethode. Andere Methoden: Operation, Chemotherapie, medizinische Rehabilitation, berufliche Rehabilitation, pädagogische Rehabilitation, psychosoziale Rehabilitation und Musiktherapie.

Schlussfolgerung: Wir haben ein zuverlässiges Modell und Anleitungen erstellt, um die Verbesserung oder Verschlechterung des Gesundheitszustands eines Patienten anhand einfacher Statistiken, Korrelationsanalysen, T-Tests und Varianztests statistisch zu bestimmen.

Schlüsselwörter: *Variabilität, T-Test, F-Test, Statistik, Chirurgie, Rehabilitation, Musiktherapie*

Úvod

Veľká rozmanitosť parametrov popisujúcich meniaci sa zdravotný stav pacienta vyžaduje využitie rozdielnych štatistických modelov pri rozdielnych diagnózach. Nejedná sa pritom iba o problematiku ambulantnej praxe, ale aj o neoddeliteľný základ vedeckého overenia hypotéz. Najnáročnejšími problémami v štatistickom sledovaní zmien zdravotného stavu pacienta sú výber relevantného ukazovateľa, voľba metódy získania informácie a výber vhodného matematického modelu. Tieto tri body predstavujú akési kroky, ktoré nás vedú previesť cez často neprehľadné a zdanlivo nesúvisiace dáta do cieľa, v ktorom je naša hypotéza zamietnutá alebo potvrdená. Výber relevantného ukazovateľa predstavuje akýsi rámec plánovania. V odbornej praxi nám tento krok často zjednodušujú nekonečné tabuľky popisujúce skóre. Číselná hodnota skóre zaradí pacienta do konkrétnej skupiny, ktorej v závislosti na skóre môžeme indikovať určitú liečbu, rehabilitáciu, odporúčenie alebo usmernenie.

Skóre tabuľky a dotazníky sú zvyčajne výsledkom dlhodobých skúseností skupín expertov, ktoré boli niekoľkokrát nezávisle validované a mali by sme sa teda spoľahnúť na ich výsledok. Čo však robiť, ak neexistuje príslušná skórovacia tabuľka ušitá na mieru pre vami sledovanú problematiku? Musíte si sami nájsť parameter alebo skupinu parametrov, ktoré chcete sledovať. Tieto parametre by sa mali meniť v závislosti od progresu alebo regresu ochorenia. Spravidla volíme viacero parametrov, čím vytvárame akúsi vnútornú validáciu kauzality. Pre následnú matematickú interpretáciu získaných parametrov, z ktorej samozrejme nechceme ošedivieť, je nutné zväziť, či je výsledkom sledovaného parametra číslo alebo slovo. Ak si zvolíme číselný parameter, výsledný výpočet je jednoduchým dosadením do matematického modelu. Ak zvolíme slovnú odpoveď ako hodnotu parametra, je nutné vytvoriť takzvanú diskretnú (celočíselnú) hodnotovú maticu, ktorá udeľuje číselné substitúcie jednotlivým slovným možnostiam. Odpoveď je teda nutné zaokrúhliť na celé číslo nachádzajúce sa v matici. Získané číselné substitúcie nám umožnia interpretovať slovné údaje matematicky. Hodnotové matice predstavujú elegantný spôsob využiteľný prakticky kedykoľvek, avšak pri interpretácii musíme dávať pozor, či sú slovné odpovede kvalifikačné alebo kvantifikačné, od čoho závisí náročnosť riešenia. Posledný krok, výber vhodného matematického modelu, zahŕňa najzásadnejšiu otázku pre vyhodnotenie experimentálnych parametrov popisujúcu správnosť odpovede. Môžeme si zvoliť jednoduchú štatistiku zahŕňajúcu aritmetický priemer, modus, medián, variabilitu a smerodajnú odchýlku. Takisto môžeme využiť aj sofistikovanejšie modely ako sú korelačná analýza, test rozptylov alebo T-test. Využitie vhodných štatistických modelov pre správne kategorizovaných pacientov vedie k prehľadnému získaniu informácie ako vplyva liečba na zlepšenie alebo zhoršenie zdravotného stavu. Ak poznáme informáciu o vplyve konkrétnej liečby, vieme správne a presnejšie naplánovať liečebnú stratégiu a predpokladať liečebné výsledky. Správna liečebná stratégia pre konkrétnu kategóriu pacienta následne vedie k zníženiu liečebných nákladov avšak môže viesť aj k skráteniu doby liečby, vyhnutiu sa voľby nesprávnej liečby ale aj k zlepšeniu prevencie. Komplexnosť drastických a časovo náročných terapií vyžaduje dlhodobé sledovanie rozdielneho spektra parametrov, čo predstavuje náročnú úlohu pre vyhodnotenie skutočného zlepšenia alebo zhoršenia zdravotného stavu. Medzi náročné terapie ktoré podstúpili pacienti šetrení v tejto práci patria radikálna resekcia, chemoterapia, liečebná rehabilitácia, pracovná rehabilitácia, výchovná rehabilitácia, psycho-sociálna rehabilitácia a muzikoterapia. V predloženej práci preto demonštrujeme na skutočných dátach o zlepšení a zhoršení stavu rôznych skupín pacientov po liečbe a následnej rehabilitácii možnosti, výhody a nevýhody využitia jednotlivých štatistických modelov pri hodnotení zlepšenia alebo zhoršenia zdravotného stavu.

Cieľ a úlohy

Naším hlavným cieľom je vytvoriť metódu využitia modernej štatistiky v rehabilitačných a iných odboroch medicíny v podobe intuitívneho návodu na použitie niekoľkých odlišných štatistických metód pre vyhodnotenie zmeny zdravotného stavu pacienta. Využitie predloženej práce vedie k zvýšeniu spoľahlivosti interpretácie vedecko-ambulantných dát. Zvýšená spoľahlivosť vedie k zlepšeniu možnosti výberu vhodnej liečebnej metodiky na základe jasných štatistických výsledkov.

Skupina pacientov a sledované parametre

Pre potreby štatistického šetrenia bolo vyselektovaných 40 pacientov (23 žien; 17 mužov) so zlomeninou zápästia, pričom sledované parametre boli (I) pred liečbou (II) po 3 mesiacoch od začiatku liečby počas rehabilitácie a (III) po ukončení liečby. Sledovanými parametrami boli dĺžka liečby ako kvázi-objektívny parameter, individuálny pocit bolesti a pocit pôvodnej sily ako subjektívny parameter a svalová sila meraná dynamometricky ako objektívny parameter.

Druhá skupina pacientov zahŕňala 26 pacientov (12 žien, 4 zomreli; 14 mužov, 6 zomrelo) s diagnostikovaným intramedulárnym osteosarkómom, u ktorých sa sledovali parametre (I) pred radikálnou resekciou, (II) po radikálnej resekcii počas rehabilitácie a (III) po 2 rokoch od radikálnej resekcii a rehabilitácie. Sledovanými parametrami boli dĺžka liečby, dĺžka nacvičenia vertikalizácie chôdze a čas behu pacienta na 30 metrov dlhej trati dva roky po ukončení liečby ako kvázi-objektívny parameter. Ako subjektívny parameter sme zvolili pocit bolesti a pocit pulzovania v končatine po fyzickej námahe. Sledovali sme takisto koncentrácie vápnika v krvnom sére pred, počas a po ukončení liečby ako objektívny parameter.

Ako kvázi-objektívne definujeme lekárom zapísané údaje, ako objektívne parametre definujeme parametre získané odčítaním hodnoty z prístroja alebo dáta z laboratória a ako subjektívne parametre definujeme údaje získané tvrdením pacienta. Objektívne parametre zaokrúhľujeme na 2 platné desatinné

miesta. Kvázi-objektívne parametre udávame v jednotkách dni alebo zaokrúhľujeme na celé čísla. Subjektívne parametre z dotazníka, ktorý pacient vyplnil, obsahovali slovné odpovede na otázky:

- 1) Cítite bolesť končatiny pri pohybe (áno, možno áno, neviem, možno nie, nie)
- 2) Cítite bolesť končatiny v kľude (áno, možno áno, neviem, možno nie, nie)
- 3) Cítite pulzovanie v končatine (áno, nie)

Tieto slovné odpovede boli následne transformované hodnotovou maticou kde áno=1, možno áno=2, neviem=3, možno nie=4 a nie=5. Transformované číselné údaje boli využité pre výpočty v štatistických modeloch.

Jednoduchá štatistika

Základným východiskom pre využitie jednoduchej alebo inak nazývanej popisnej štatistiky oproti pokročilejším štatistickým modelom je malá skupina pacientov. Štatistické ukazovatele ako je aritmetický priemer, modus, medián, variabilita a smerodajná odchýlka nám môžu ukázať, kde sa z daného pohľadu nachádza konkrétny jedinec v sledovanom súbore. To znamená odpoveď na otázku, či daný jedinec spĺňa sledovanú hypotézu. Nedokážu však porovnať dve veľké skupiny pacientov, prípadne jednoznačne vyhodnotiť, či došlo k zlepšeniu alebo zhoršeniu sledovaného parametra po podaní liečby. Jednoduchá štatistika nám však môže elegantne kategorizovať skupinu pacientov, ktorú sledujeme. Jednotlivé veličiny popisnej štatistiky sú uvedené v tabuľke č. 1.

Tabuľka č. 1 – Veličiny popisnej štatistiky

Veličina	Čo získame	Do bunky v MS. Excel napíšeme
Modus	Najčastejšia hodnota meraného parametra u pacienta	=MODE(označíme_hodnoty)
Medián	Určí hodnotu parametra, od ktorej je polovica údajov väčšia a polovica údajov menšia	=MEDIAN(označíme_hodnoty)
Aritmetický priemer	Priemerná hodnota parametra	=AVERAGE(označíme_hodnoty)
Smerodajná odchýlka (SD)	Ako sa hodnoty meraného parametra odlišujú od priemeru	=STDEV.P(označíme_hodnoty)
* Rozptyl	Miera variability, umocnením na ² získame smerodajnú odchýlku	=VAR.P(označíme_hodnoty)

* Veličina je uvedená len pre potreby pokročilej štatistiky.

Ak na reálny súbor našich pacientov aplikujeme veličiny popisnej štatistiky, získame hodnoty rôzne popisujúce náš súbor pacientov. Vždy je nutné popisovať štatistický súbor viacerými veličinami, nakoľko relevantnosť jednej z veličín pre hodnotenie celkového súboru nemusí byť dostatočná. V tabuľke sú zobrazené vypočítané popisné štatistické veličiny (ukazovatele) popisujúce parameter „pocit bolesti“ u pacientov po liečbe zlomeniny zápästia a po operácii intramedulárneho osteosarkómu (Tab. č. 2).

Tabuľka č. 2 – Ukazovatele popisnej štatistiky subjektívneho parametra „pocit bolesti“ na vzorke pacientov s odlišnými diagnózami pred liečbou, počas rehabilitácie a po ukončení liečby

	Liečba zlomeniny zápästia			Po resekcii a rehabilitácii osteosarkómu		
	Pred liečbou	3 mesiace po začatí liečby	po ukončení liečby	Pred resekciou	Po resekcií, a rehabilitácii	2 roky po resekcií
Modus	1	2	4	1	1	4
Medián	1	2	4	1	1	3
Priemer	1,4	2,3	3,75	2	1,3	3,1
SD	± 0,5	± 0,9	± 1,2	± 1,3	± 0,63	± 1,1

* 1=áno, 2=možno áno, 3=neviem, 4=možno nie, 5=nie

Z vypočítaných údajov zisťujeme, že najčastejšia odpoveď (modus) pre liečbu zlomeniny zápästia v čase pred liečbou mala hodnotu 1. Z hodnotovej matice tak vieme vyčítať, že najčastejšou odpoveďou na otázku, či pacient pred liečbou pociťoval bolesť, je z pochopiteľných dôvodov „áno“. Keďže je modus a medián v populácii s rovnakou hodnotou, môžeme očakávať štatisticky významnú homogenitu odpovedí pacientov. Aritmetický priemer je nutné zaokrúhliť na celé číslo, nakoľko desatinná hodnota sa v hodnotovej matici nenachádza. Ak sa hodnota modusu podobá hodnote priemeru, vieme odhadnúť, že aritmetický priemer je vhodná veličina na popis sledovania pocitu bolesti. Smerodajná odchýlka (SD)

nám zas dodáva informáciu o tom, s akou presnosťou odhadujú pacienti pocit bolesti oproti priemeru svojej skupiny. Porovnaním opisných štatistických veličín vypočítaných zo skupiny pacientov pred liečbou, v určitom intervale po začiatku liečby a po ukončení liečby vidíme postupné zvyšovanie hodnoty. Prekladom do hodnotovej matice vieme následne určiť že „pocit bolesti“ u pacienta postupne v horizonte 6 mesiacov odznieva. Ak porovnáme získané opisné štatistické veličiny pacientov so zlomeninou zápästia a pacientov po resekcii a rehabilitácii osteosarkómu, je v tabuľke (**Tab. č. 2**) viditeľné, že druhá z diagnóz vyžaduje dlhší čas rekonvalescencie.

Interpretácia číselných výsledkov jednoduchej štatistiky nie je však vždy jednoduchá a môže viesť k falošným a nedostatočným vysvetleniam. Zvyčajným problémom, je kombinácia náročných terapií ktoré rozdielne vplyvajú na výsledok liečby. Rozdielnosť môže byť v priamom, nepriamom vplyve ako aj v sile vplyvu. Preukázalo sa, že radikálna resekcia osteosarkómu, doplnená o chemoterapiu, rehabilitáciu a aplikáciu niektorých muzikoterapeutických techník vedie k zvýšeniu komfortu pacienta počas liečby. Mnohé medzinárodné štúdie totiž jednohlasne poukazujú na možnosti využitia niektorých muzikoterapeutických techník pri liečbe rakoviny a chronických ochorení. [1] Správne nasadená muzikoterapia znižuje u pacientov hladiny stresu, zlepšuje kognitívne schopnosti a moduluje v určitej miere bolesť. Existuje napr. štúdia, ktorá bola vykonaná na klinike Tongjskej univerzity v Šanghaji, pri ktorej boli zaznamenané významné zlepšenia parametrov v kognitívno-funkčionej a emocionálnej oblasti. [2] Vplyv muzikoterapie na liečbu onkologických ochorení je oproti radikálnej resekcii alebo chemoterapii nepriamy avšak preukázateľne zvyšuje komfort pacienta. Zložitá kombinácia extrémne odlišných liečebných techník môže pri využití jednoduchej štatistiky viesť k problému, kedy viaceré príspevky s negatívnou a pozitívnou chybou význam chýb znížia alebo úplne vynulujú. V takomto prípade dostaneme číselné hodnoty niektorých jednoduchých štatistických parametrov nesprávne alebo len zdanlivo správne a bez skúseností je správne interpretovanie jednoduchej štatistiky takmer nemožné. Pre zložitejšie situácie a zjednodušenie interpretácie boli preto vyvinuté pokročilé štatistické modely zakladajúce sa na tzv. normálnom rozdelení všeobecnej populácie, v ktorej vieme nájsť malé množstvo pacientov s extrémnymi parametrami (hypochondria, precitlivosť, znížená citlivosť) a dominantné množstvo pacientov s priemernými parametrami.

Sumarizácie viacerých parametrov s rôznou zdanlivou pravdivosťou do jedného popisného parametru je preto možná pomocou zložitejších modelov uvažujúcich o reálnom rozdelení normálnej populácie pacientov. Tieto modely doslova „vyplývajú“ z výpočtu bezrozmerné číslo (číslo ktoré nemá svoju jednotku) kombinujúce viacero ukazovateľov jednoduchej štatistiky spôsobom, ktorý reprezentuje normálnu populáciu pacientov. Cenou je však to, že prideme o možnosť číselnej predstavy o priemernom veku, priemernej svalovej sile a pod. Získame iba informáciu o platnosti nášho predpokladu s konkrétnymi hodnotami „áno“ a „nie“. Obťažnosť a interpretovateľnosť jednoduchej štatistiky takisto spravidla stúpa s rastúcim počtom pacientov.

Pokročilá štatistika

Na rozdiel od jednoduchej štatistiky nám pokročilá štatistika neudáva číselný výsledok, ale nám len potvrdzuje alebo zamietá hypotézu. Preto je nutné hypotézu ešte pred začatím rátania formulovať. Hypotézou môže byť ľubovoľné tvrdenie, ktoré vo výsledku bude platiť alebo bude nekompromisne zamietnuté. Hranica medzi platnosťou alebo zamietnutím hypotézy je zadaná hladinou pravdepodobnosti (α), ktorá vyplýva z normálneho rozdelenia všeobecnej a zároveň normálnej populácie. Základné predpoklady normálnej populácie zahŕňajú heterogénnu populáciu, ktorá obsahuje jedincov štandardných pre daný súbor, ako aj jedincov s pozitívnym a negatívnym extrémom hodnoty sledovaného parametra. Maximálna hodnota hladiny pravdepodobnosti má v normálnom rozdelení hodnotu 1, minimálna hodnota hladiny pravdepodobnosti má hodnotu 0. Čím menšiu hladinu pravdepodobnosti si pri šetrení zvolíme, tým menšiu rozdielnosť oboch súborov parametrov dokážeme. To znamená aj zmenenie vplyvu chýb a extrémov.

Pri štatistickom šetrení využívajúcom normálne rozdelenie definované gaussovou krivkou si sami volíme hraničnú hladinu pravdepodobnosti, ktorá pre nás predstavuje takzvanú kritickú hodnotu potvrdenia alebo zamietnutia hypotézy. Pre prístrojom získané hodnoty parametrov preto doporučujeme voliť kritickú hladinu pravdepodobnosti 0.05, pre kvázi-objektívne parametre 0.1 a pre subjektívne získané parametre 0.2. Vybranú kritickú hodnotu hladiny pravdepodobnosti následne prepočítame na kritickú F-hodnotu a T-hodnotu. Následne je nutné rozumieť, aký číselný údaj získavame výpočtami v pokročilej štatistike. Kritické hodnoty oboch testov (T_{krit} a F_{krit}) pre tú istú kritickú hladinu

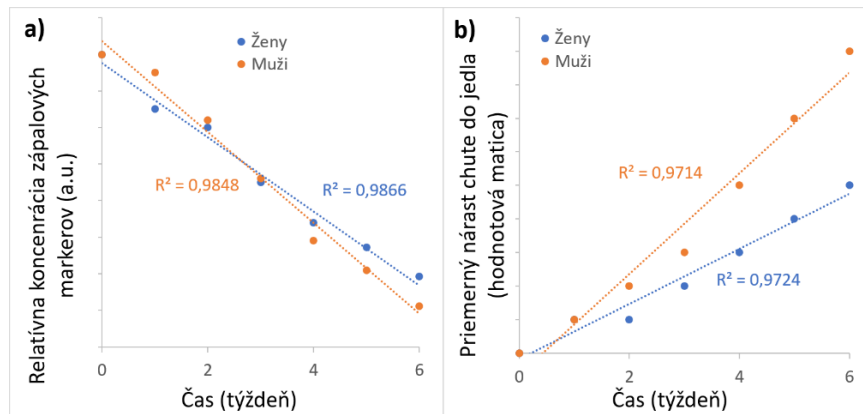
pravdepodobnosti majú odlišné tabuľkové hodnoty. Tieto hodnoty vieme jednoducho z príslušných tabuliek odčítať, čo však môže byť zbytočne zdĺhavé.

Okrem kritických hodnôt potrebujeme aj F-hodnoty a T-hodnoty našich súborov, ktoré budeme s kritickými hodnotami porovnávať. Tieto hodnoty vyplývajú zo špecifických kombinácií ukazovateľov jednoduchej štatistiky. Nejedná sa teda o tabuľkové údaje, ako je to v prípade kritických hodnôt, ale o čísla štatisticky popisujúce nami porovnávané súbory. Porovnaním kritických hodnôt a nami vypočítaných hodnôt popisujúcich súbory pacientov zistíme, či nami vypočítané hodnoty sú menšie ako kritické hodnoty, čím potvrdíme, že dva analyzované súbory sú rovnaké (štatisticky nevýznamne rozdielne). Naopak, ak sú naše hodnoty väčšie ako kritické hodnoty, potvrdíme, že súbory sú štatisticky významne rozdielne. Ak sú tieto súbory štatisticky významne rozdielne, môžeme povedať, že liečba viedla k zlepšeniu alebo po zhoršení zdravotného stavu pacienta. Pre úplnosť je nutné uviesť, že na štatistický súbor v pokročilej štatistike pozeráme ako na poloplňnú a poloprázdnu fľašu, pričom potvrdením aj vyvrátením konkrétnych hypotéz vieme potvrdiť tú istú kauzalitu buď z negatívneho alebo pozitívneho pohľadu.

Postup pre získanie F- a T-hodnôt je uvedený v nasledovných kapitolách. Pre uľahčenie práce a zjednodušenie výpočtu stĺpcov plných údajov doporučujeme využiť softvérový balík Microsoft Excel (MS. Excel). MS. Excel významne uľahčuje prácu automatizovaným výpočtom kritických hodnôt T_{krit} a F_{krit} ako aj priemerov, modusov, smerodajných odchýlok a iných štatistických ukazovateľov doslova na dva kliky. Rovnako nám umožňuje vypočítať z našich údajov T-hodnotu aj F-hodnotu. Našou úlohou v takomto prípade zostane iba výsledné porovnanie, či je vypočítaná T- alebo F-hodnota menšia ako kritická hodnota alebo väčšia. Problémami pokročilej štatistiky sú hlavne falošná pozitivita a falošná negativita. Výpočtom falošnej positivity a falošnej negativity sa venuje množstvo kolektívov. [3, 4, 5]

Korelačná analýza – súvisia spolu liečba a zlepšenie/zhoršenie stavu pacienta?

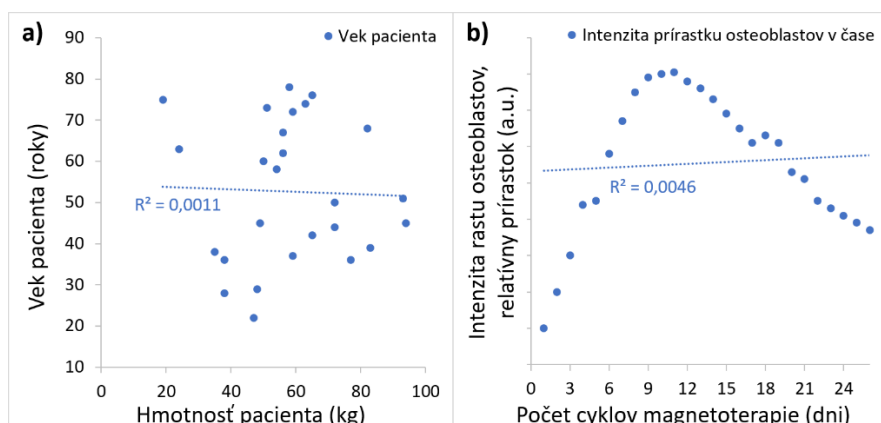
Metóda korelačnej analýzy (vzťahová analýza) nám umožňuje potvrdiť, či existuje vzťah medzi lineárnym vývojom parametra v čase. Tým odpovedá na otázku, či liečba na zdravotný stav pacienta vplýva alebo nevplýva. Takisto umožňuje sledovať vplyv pohlavia, veku alebo komorbidít na zlepšenie stavu pacienta po liečbe. Ak sledujeme hodnotu parametra v určitých časových krokoch po liečbe a vidíme lineárnu závislosť, vieme stanoviť silu tohto vzťahu, ktorá udáva efektivitu liečebnej metódy. Túto efektivitu vyjadrujeme korelačným koeficientom. Najvyužívanejším je tzv. „Pearsonov“ korelačný koeficient, ktorý popisuje lineárnu koreláciu medzi hodnotou sledovaného parametra a napríklad jeho zmenou v čase (**Obr. č. 1**). V programe Microsoft Excel označíme dva stĺpce, vložíme bodový graf a pravou klávesou klikneme na niektorý zo zobrazených bodov. V ponuke zvolíme „pridať spojnicu trendu a zobrazíť hodnotu R^2 “. Ak je hodnota blízka číslu ± 1 , máme výbornú koreláciu a parameter sa v čase vplyvom liečby alebo hojenia zlepšoval (**Obr. č. 1a**) alebo zhoršoval (**Obr. č. 1b**). Ak je hodnota blízka nule, odpoveď je, že liečba na sledovaný parameter vplyv nemala alebo že neprebíha hojenie podľa predpokladu. Pre bežné využitie v medicíne volíme hranicu, ktorá potvrdzuje alebo vyvráti koreláciu, s ohľadom na typ parametra. Ak je parameter objektívne získaný ako meraná hodnota prístroja, údaj z laboratória, za potvrdenie korelácie považujeme hodnoty $R^2 \geq 0.95$. Ak sa jedná o parameter sledovaný kvázi-objektívne (odhad lekára podľa skúsenosti), za potvrdenie korelácie volíme hodnoty $R^2 \geq 0.90$. Ak sa však jedná o parameter subjektívny stanovený pacientom a jeho tvrdeniami, za potvrdenie korelácie považujeme hodnoty $R^2 \geq 0.80$. Znižovanie limitnej hodnoty potvrdzujúcej koreláciu je nutné na základe rastúceho množstva chýb a nepresností zahmlievajúcich skutočnú hodnotu parametra. Medzi náhodné vplyvy znižujúce presnosť patrí napríklad znížený/zvýšený prah bolesti, periférna neuropatia alebo nejasný subjektívny popis sledovaného parametra pacientom v dôsledku oslabených rozumových schopností.



Obr. č. 1 – Korelácia závislosti u pacientov po resekcii osteosarkómu a) koncentrácie zápalových markerov v krvnom sére; b) nárastu chuti do jedla. Vo všetkých prípadoch je korelačný koeficient R^2 blízky číslu 1, čo vyjadruje výbornú spoľahlivosť.

Na oboch obrázkoch je viditeľný rozdielny sklon spojnice trendu u mužov a žien (prerušovaná čiara). Obrázok **a)** zobrazuje viditeľný pokles závislosti, pričom je evidentné že koncentrácia zápalových markerov klesala rozdielne u mužov a žien s časom po resekcii osteosarkómu. Korelačný koeficient R^2 je však napriek rozdielnemu sklonu priamok prakticky rovnaký, čo popisuje totožnú mieru vzájomnej závislosti koncentrácie zápalových markerov od času. Obrázok **b)** popisuje nárast priemernej chuti pacientov do jedla stanovenej hodnotovou maticou (rozsah hodnotových odpovedí stupnice 1-10). Pozorujeme závislosť rastu chuti s rastúcim časom od resekcie osteosarkómu. Spojnice trendu pre mužov a ženy majú rozdielny sklon (smernicu). Napriek rozdielnemu sklonu sú opäť korelačné koeficienty prakticky totožné. Takisto vidíme, že korelačné koeficienty klesajúcej a stúpajúcej závislosti môžu byť podobné a vôbec nesúvisia so sklonom spojnic trendov. Vzhľadom na nezávislosť korelačných koeficientov od sklonu spojnic vieme korelačný koeficient využiť pre lunárne hodnotenie ľubovoľných vzájomne závislých parametrov (napr. chudnutie vs. Cvičenie; sila vs. dĺžka rehabilitácie a ďalšie). Zaujímavou vlastnosťou korelačnej analýzy je, že vie pacientov roztriediť do kategórií, čomu sme sa venovali v práci. [6]

Zásadným problémom korelačnej analýzy je striktná závislosť od lineárnej zmeny parametra. Pomocou tejto metódy vieme sledovať len parametre, o ktorých sme si istí, že sa budú vyvíjať plynule. Napríklad postupné zvyšovanie svalovej sily s rastúcim časom liečby. Ak však nie sú ukazovatele vzájomne lineárne závislé od času (priamka), nemôžeme koreláciu pre vyhodnotenie zlepšenia alebo zhoršenia zdravotného stavu použiť. Príklady súborov výsledkov, kde nevieme koreláciu použiť, sú uvedené na obrázku (**Obr. č. 2**).



Obr. č. 2 – Problémy nulovej korelácie a) nezávislé parametre zobrazujúce nezávislosť veku pacienta a hmotnosti, Pearsonov koeficient je použiteľný a ukazuje na nezávislosť, b) závislosť času cyklicky aplikovanej magnetoterapie na rast osteoblastov, ktorá je nelineárna, avšak správna. Pearsonov korelačný koeficient je v tomto prípade nepoužiteľný.

Na obrázku nie je možné pozorovať priamku, okolo ktorej by boli rozptýlené body (**Obr. č. 2a, b**). Pearsonov koeficient by nám v oboch prípadoch vyšiel s nízkou hodnotou. Môže sa však stať, že zdanlivo nesúvisiace súbory súvisia, avšak nelineárne. Tento model môžeme okometricky dokonca

pozorovať na obrázku (**Obr. č. 2b**), kde je korelácia s extrémne nízkou hodnotou, avšak parabolický priebeh napovedá závislosť obsahujúcu druhú mocninu.

Posledným problémom v medicínskej praxi, ktorý obmedzí použiteľnosť korelačnej analýzy pre určenie hypotézy, či liečba zlepší alebo zhorší sledovaný parameter je stav, že nie sme schopní získať dvojice hodnôt pre konkrétneho pacienta z dôvodu, že pacient sa na druhé meranie nedostavil, alebo zomrel. V oboch uvedených prípadoch je nutné využiť pre potvrdenie alebo vyvrátenie zhody zložitejší model vychádzajúci z normálneho rozdelenia všeobecnej populácie uvedený v tejto práci v kapitole pod názvom „T-test“.

Studentov T-test – zmenil sa významne zdravotný stav skupiny pacientov pred a po liečbe?

V liečebnej rehabilitácii a iných medicínskych odboroch vieme využiť T-test ako doplňujúci a overujúci štatistický model k jednoduchšej korelačnej analýze. Rovnako ho môžeme využiť aj bez korelačnej analýzy. Nespornými výhodami T-testu oproti korelácii je čisto matematické pozadie bez potreby vyhodnocovania grafov. Zároveň nie sme nútení využiť dvojice hodnôt (pred a po liečbe) pre každého pacienta, ako je to nutné v korelačnej analýze. Sila nevyužitia dvojíc spočíva v možnosti započítať dáta pre pacientov, ktorí už na vyšetrenie po liečbe neprišli, prípadne zomreli. V uvedenom teste nás nezaujíma, či hodnota meraného parametra pred liečbou a po liečbe patrila tomu istému pacientovi alebo inému. Pre využitie v liečebnej rehabilitácii je takýto prístup dostačujúci na sledovanie subjektívneho a kvázi-subjektívneho ukazovateľa. Nemôžeme ju však jednoducho použiť pre vyhodnotenie rozdielu v efektívite dvoch rozdielnych liečebných metodík, kde by sme potrebovali sledovať dvojice dát špecifické pre konkrétneho pacienta. Samotná matematická podstata a odvodenie T-testu nie je predmetom tejto práce a je detailne prejednávaná v štúdiu. [7] Pre intuitívne a efektívne využitie tohto modelu v medicínskej praxi sme navrhli a validovali nasledovný postup využitia Studentovho T-testu.

Postup pre vyhodnotenie zlepšenia alebo zhoršenia sledovaného parametra „svalová sila“ meraná v newtonoch, dynamometrom. Každý zo 40 sledovaných pacientov po zlomenine zápästia podstúpil meranie sily po 3 mesiacoch od začatia liečby (údaje sme napísali do (I) prvého stĺpca v MS. Excel) a po ukončení liečby (údaje sme zapísali do (II) druhého stĺpca v MS. Excel). Keďže ihneď po úraze nie je možné merať svalovú silu, za prvé meranie („pred“) považujeme meranie po 3 mesiacoch od úrazu. V metóde nie je dôležité poradie pacientov, ani priradenie dvojíc hodnôt „pred“ a „po“ ku konkrétnym pacientom. Výpočet poskytuje správny výsledok nezávisle na tom, či sú oba stĺpce rovnako dlhé alebo nie (rôzna dĺžka sa vyskytuje, ak sa niektorí pacienti nedostavia na vyšetrenie z dôvodu smrti alebo prehliadnutia termínu). Nezávislosť na rovnakom množstve dát meraných pred a po liečbe zvyšuje silu a univerzálnosť metódy. Hypotéza, ktorú chceme potvrdiť alebo vyvrátiť, je tvrdenie: „Po liečbe sa štatisticky významne zlepšil zdravotný stav pacientov“. Výsledok nám striktno a zároveň slovne potvrdí alebo vyvráti uvedenú hypotézu.

Krok 1) Zistíme základné ukazovatele jednoduchej štatistiky osobitne pre oba stĺpce „pred“ a „po“. Údaje o svalovej sile v ruke pacientov v liečbe a po liečbe zlomeniny zápästia sú v tabuľke (**Tab. č.3**).

Krok 2) Kontrola rozdielnosti stĺpcov porovnaním nami vypočítanej F-hodnoty s tabuľkovou kritickou F_{krit} hodnotou. Kritická hodnota je dôležitá preto, aby nám jasne zadefinovala, či náš výsledok zapadá alebo nezapadá do predpokladu. Jej funkcia je vždy nasledovná. Ak $F > F_{krit}$, stĺpce sú štatisticky významne rozdielne na uvedenej hladine pravdepodobnosti a ochorenie sa zlepšilo/zhoršilo. Rozdiel v zlepšení a zhoršení zistíme porovnaním priemeru hodnôt v stĺpci „pred“ a „po“ ochorenia s očakávaným vývojom pre zlepšenie. Ak však vyjde opačný vzťah porovnania $F < F_{krit}$, stĺpce nie sú štatisticky významne rozdielne a ochorenie sa nezlepšilo/ nezhoršilo.

K účelu výpočtu F- a T-hodnôt si musíme zvoliť, ako presne chceme hypotézu potvrdiť/vyvrátiť. Nakoľko je dynamometer prístroj udávajúci číselný výsledok, volíme hladinu pravdepodobnosti pre objektívne parametre s hodnotou 0.05. Kritickú hodnotu získame bez výpočtu jednoduchým napísaním do ľubovoľnej bunky „=FINV(0.05;39;39)“, kde hodnota 0.05 je nami volená hladina pravdepodobnosti, prvé a druhé číslo 39 popisujú údaj nazývaný stupeň voľnosti pre prvý a druhý stĺpec. Jeho hodnota je vždy o jedno nižšia ako je počet pacientov vo výpočte daného stĺpca. Kritickú hodnotu F_{krit} vieme nájsť aj pomocou Googlu v štatistickej tabuľke pre F rozdelenie. Je však jednoduchšie zadať vzorec pre výpočet do MS. Excel.

Tabuľka č. 3 – Jednoduchá štatistika vypočítaná z dynamometricky určenej svalovej sily pred a po liečbe zlomeniny zápästia.

Potrebné veličiny	Hodnota v 3. mes. po úraze (Vypočítané zo stĺpca I)	Hodnota po liečbe (Vypočítané zo stĺpca II)	Vzorec na výpočet údajov
Priemer	$x_1 = 314$	$x_2 = 378$	*
Rozptyl	3574	2889	*
Odhad variability	$v_1 = 3666$	$v_2 = 2964$	$= \frac{\text{rozptyl} \cdot \text{počet pacientov v stĺpci}}{\text{počet pacientov v stĺpci} - 1}$
Počet pacientov	$n_1 = 40$	$n_2 = 40$	$= \text{počet číselných riadkov v stĺpci}$
Stupne voľnosti	39	39	$= \text{počet pacientov} - 1$
F-hodnota	<u>1.23707</u>		$= \frac{\text{Odhad variability pre stĺpec 1}}{\text{Odhad variability pre stĺpec 2}}$
Kritická F_{Krit}	<u>1.70446</u>		<ul style="list-style-type: none"> • Výpočet v MS. Excel pomocou =FINV(0.05;39;39) • Pozretie údajov v štatistickej tabuľke

* vzorce pre výpočet v MS. Excel sú uvedené v kapitole „jednoduchá štatistika“

Na základe výpočtu sme zistili, že naša F-hodnota je nižšia ako tabuľková F_{Krit} hodnota, čo popisuje, že súbory sú na hladine pravdepodobnosti 0.05 podkriticky zhodné a teda môžeme využiť T-TEST pre posledný krok vyhodnotenia. Ak by hodnota vypočítaného F parametru vyšla vyššia ako F_{Krit} , nedoporučujeme využiť prezentovaný model výpočtu, ale poradiť sa s expertom na problematiku. V tomto momente môžeme využiť pre výpočet aj kalkulačku a papier. Podobným spôsobom si pripravíme aj kritickú hodnotu T_{Krit} pre celkové vyhodnotenie platnosti nášho predpokladu. Hodnotu T_{Krit} na hladine pravdepodobnosti 0.05 získame z tabuľkovej hodnoty pre T-rozdelenie alebo ako „=TINV(0.05;78)“, kde číslo 78 vypočítame ako súčet stupňov voľnosti pre oba stĺpce kde $39 + 39 = 78$. Pre uvedené údaje nám MS. Excel dodá hodnotu $T_{\text{Krit}} = 1.99084$.

Krok 3) Výpočet hodnoty T a jej porovnanie s kritickou hodnotou T_{Krit} . Vzorec na získanie T-hodnoty je síce zdlhavý, ale jednoznačný a všetko na jeho dosadenie už poznáme. Preto sa netreba obávať, ale s pomocou kalkulačky a papiera rýchlo získame výsledok. Vypočítame si rozdiel priemerov. Kladnú hodnotu rozdielu (ak nám vyjde záporné znamienko, nevšímame si ho) dosadíme do vzorca:

$$T = \frac{\text{Kladná hodnota } x_2 - x_1}{\sqrt{(n_1 \cdot v_1^2 + n_2 \cdot v_2^2)}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 \cdot (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

Kde n_1 a n_2 definuje počet pacientov v stĺpci 1 a 2 (**Tab. č. 3**). Hodnoty x_1 a x_2 sú aritmetické priemery každého zo stĺpcov a hodnoty n_1 a n_2 sú odhady variability z tabuľky (**Tab. č. 3**). Výsledná hodnota T po dosadení poskytne hodnotu $T = 4.93657$ čo je výrazne vyššie ako v kroku 3 vypočítaná $T_{\text{Krit}} = 1.99084$. Nakoľko $T > T_{\text{Krit}}$, odpoveď na našu otázku znie: Oba súbory sú štatisticky významne rozdielne a liečba viedla k výraznému zlepšeniu zdravotného stavu pacienta.

V prípade, že nám opätovne vychádza nevýznamná zmena aj napriek evidentnému zlepšovaniu stavu pacientov, máme zle zvolenú hladinu pravdepodobnosti a vyšetrujeme iba úzke spektrum pacientov. V tomto prípade musíme upraviť hladinu pravdepodobnosti, na ktorej skupinu pacientov vyšetrujeme, na vyššiu hodnotu znamenajúcu však nižšiu presnosť. Ak by sme hladinu pravdepodobnosti zmenili na 0.5 alebo dokonca až 1, zvýšili by sme chybovosť až na takú hranicu, že by nám štatistika potvrdila prakticky akékoľvek nepravdivé hypotézy. Z tohto dôvodu a validovaných výsledkov z 316 odborných prác s medicínskou a rehabilitačnou tematikou doporučujeme nikdy neprekračovať túto hodnotu nad úroveň 0.30.

Párový T-test – Overujeme, či nám dve rozdielne metodiky získania hodnoty parametra poskytnú porovnateľne spoľahlivý výsledok.

Sledovanými parametrami pri hodnotení zdravotného stavu pacienta môžu byť aj obsahy metabolitov v krvi. V prípade post-operačnej starostlivosti po resekcii osteosarkómu alebo pri hojení zlomenín je možné sledovať koncentrácie vápnika alebo kalcitonínu v krvi pacienta. V párovom teste je absolútne zásadné sledovať pre každého pacienta dvojicu údajov. Ak neexistuje dvojica údajov pre každého

pacienta, tohto jedinca zo štatistiky vylúčime. Nutnosť analýzy dvoch rovnako dlhých stĺpcov je základným rozdielom oproti predošlému Studentovmu T-testu. Možnosti nášho súboru preto sú:

- Sledovanie koncentrácie vápnika na začiatku liečby a po ukončení liečby, pričom každá dvojica údajov reprezentuje špecificky konkrétneho pacienta pred a po liečbe. Hodnoty sa pre pacientov vzájomne nesmú zamieňať. Pacienti, ktorí sa na druhé vyšetrenie nedostavili alebo zomreli, logicky dvojicu hodnôt nemajú a musia byť zo súboru preto vylúčení.
- Sledovanie koncentrácie vápnika v krvi konkrétneho pacienta dvomi odlišnými metódami, ktoré chceme porovnať. Hodnoty sa pre pacientov vzájomne nesmú zamieňať. Pacienti, ktorí nemali zmeranú hodnotu oboma metódami, logicky dvojicu hodnôt nemajú a preto musia byť zo súboru vylúčení.

Na vzorke pacientov po resekcii osteosarkómu sme vyšetrovali koncentrácie vápnika v krvi dvomi odlišnými metódami. Hypotézou je predpoklad, že obe metódy sú rovnako reprezentatívne. Ak je výsledkom $T_{\text{párové}} > T_{\text{krit}}$, metódy budú štatisticky významne rozdielne. Ak však vyjde $T_{\text{párové}} < T_{\text{krit}}$, metódy budú štatisticky podobné.

Laboratórium nám vie analyzovať koncentráciu vápnika dvomi rozdielnymi akreditovanými metódami, z ktorých prvá je Altridge® (ALR) a druhá Barker® (BAR). Keďže sledujeme skupinu pacientov, u ktorých dochádza k individuálnej zmene hodnôt parametru, musíme sledovať dvojice hodnôt. V MS. Excel si vytvoríme tri stĺpce. (I) Prvý stĺpec zodpovedá nameraným koncentráciám vápnika metódou ALR, (II) druhý stĺpec metódou BAR. Tretí stĺpec (III) nazveme „diferencie“ alebo „rozdiel“. Tento stĺpec je kľúčový, pretože vzniká odčítaním hodnoty v stĺpci II od hodnoty v stĺpci I. Toto opakujeme pre každý riadok osobitne. Vzniknutý stĺpec rozdielov číselných hodnôt osobitne pre každého pacienta tvorí univerzálny základ ďalšieho výpočtu. Ak v niektorom riadku vyšlo záporné číslo, zmeníme ho na kladnú hodnotu. Vzniknutý stĺpec čisto kladných rozdielov následne využijeme do výpočtu (**Tab. č. 4**) Nakoľko z pôvodných 26 pacientov s diagnostikovaným intramedulárnym osteosarkómom malo obomi metódami vyšetrenú krv iba 12 pacientov, viac ako polovicu pacientov sme nemohli do výpočtu párovým T-testom zahrnúť, pretože neexistuje možnosť výpočtu diferencie medzi metódami. Nakoľko sa jedná o objektívny parameter, presnú laboratórnu diagnostiku, volíme pre výpočet hladinu pravdepodobnosti 0.05. V tabuľke (**Tab. č. 4**) sú uvedené štatistické veličiny potrebné k vyhodnoteniu údajov v párovom T-teste.

Tabuľka č. 4 – Jednoduchá štatistika vypočítaná z koncentrácií vápnika v krvi pacienta, stanovené dvomi metódami.

Potrebné veličiny	Koncentrácia vápnika stanovená s ALR	Koncentrácia vápnika stanovená s BAR	Vzorec na výpočet údajov
*Kladný rozdiel	Stĺpec (I)	Stĺpec (II)	= číslo v stĺpci(I) – číslo v stĺpci(II) Opakujeme pre každý riadok osobitne
Priemerný kladný rozdiel	0.01		= AVERAGE(označiť_celý_stĺpec III)
Rozptyl rozdielu	0.000333		= VAR.P(označiť_celý_stĺpec III)
SD rozdielu	0.0183		= STDEV.P(označiť_celý_stĺpec III)
Počet pacientov	n= 12		= počet číselných riadkov v stĺpci
Stupne voľnosti	11		= počet pacientov – 1
Kritická T_{krit}	2.20098		<ul style="list-style-type: none"> • Výpočet v MS. Excel pomocou =TINV(0.05;11) • Pozretie údajov v štatistickej tabuľke

* Výpočet kladných diferencií vytvára stĺpec rozdielov, z ktorého rátame všetky údaje v tabuľke č. 4.

Posledným krokom je výpočet našej párovej T-hodnoty pre vyšetrovaný súbor pacientov. Nakoľko je párový test závislý len od jedného stĺpca (stĺpec III alebo stĺpec rozdielov), jeho výpočet je značne jednoduchší než v prípade iných štatistických modelov. Takisto však odporúčame počítať hodnotu ručne na papier.

$$T_{\text{párové}} = \frac{\text{priemerný kladný rozdiel} \cdot \sqrt{n - 1}}{\text{SD rozdielu}}$$

Dosadením čísel získaných výpočtami jednoduchej štatistiky uvedených v tabuľke (Tab. č. 4) vypočítame $T_{\text{párové}} = 1.81659$. Táto hodnota je nižšia ako T_{krit} , čo znamená, že na hladine pravdepodobnosti 0.05 neexistuje štatisticky významný rozdiel medzi metódami ALR a BAR.

Sledovanie rozptylov – Prebehla liečba rovnako úspešne u dvoch skupín s rozdielnou rýchlosťou zlepšenia zdravotného stavu?

V prípade, že nás nezaujíma, či sa stav pacienta zlepšil alebo zhoršil, ale chceme sledovať, či sa dve veľké skupiny pacientov v sledovanom parametre štatisticky významne odlišujú alebo neodlišujú, využijeme metódu sledovania rozptylov. Nakoľko sa nejedná o párové hodnoty, nie je nutné, aby boli oba stĺpce rovnako dlhé. Použijeme preto príklad sledovanej skupiny pacientov analyzovanej dva roky po odstránení intramedulárneho osteosarkómu. Keďže niekoľko pacientov medzičasom zomrelo a niekoľko pacientov sa behu z dôvodu imobility nezúčastnilo, bude početnosť skupiny žien a mužov rozdielna. Korelačná analýza preukázala, že zlepšovanie vertikalizácie chôdze bolo odlišné u mužov (trvalo kratšie) a u žien (trvalo dlhšie). Z uvedených údajov však nie je jasné, či dokázateľne dlhšia liečba u žien oproti mužom vplýva na výslednú schopnosť pohybu alebo neovplyvňuje. Hypotézou v tomto šetrení je: „Je v remisii po odstránení osteosarkómu rozdielna schopnosť bežať u žien oproti mužom?“. Sledovaním rozptylov je možné sledovať rovnako rozdiely v objektívnych, kvázi-objektívnych ako aj v subjektívnych parametroch. Získané výsledky boli vyhodnotené testom pre sledovanie rozptylov, ktorý pre svoj výpočet potrebuje ukazovatele jednoduchej štatistiky vypočítané a uvedené v tabuľke (Tab. č. 5). Nakoľko sa jedná o kvázi-objektívny parameter meraný stopkami, vyšetrujeme na hladine pravdepodobnosti 0.10.

Tabuľka č. 5 – Vypočítaná jednoduchá štatistika z časov behu dvoch skupín pacientov s rozdielnou dĺžkou rehabilitácie.

Potrebné veličiny	Muži (čas behu/30m)	Ženy (čas behu/30m)	Vzorec na výpočet údajů
Priemer	$x_1 = 9.46$	$x_2 = 10.12$	*
Rozptyl	0.3301	0.4521	*
Odhad variability	$v_1 = 0.3405$	$v_2 = 0.4689$	$= \frac{\text{rozptyl} \cdot \text{počet pacientov v stĺpci}}{\text{počet pacientov v stĺpci} - 1}$
Počet pacientov	$n_1 = 8$	$n_2 = 6$	$= \text{počet číselných riadkov v stĺpci}$
Stupne voľnosti	7	5	$= \text{počet pacientov} - 1$
F-hodnota	<u>1.37713</u>		$= \frac{\text{Odhad variability pre stĺpec 1}}{\text{Odhad variability pre stĺpec 2}}$
Kritická F_{krit}	<u>3.36788</u>		<ul style="list-style-type: none"> • Výpočet v MS. Excel pomocou =FINV(0.10;7;5) • Pozretie údajů v štatistickej tabuľke

Hodnota parametra F je nižšia ako vypočítaná F-hodnota, preto medzi skupinami nie je štatisticky významný rozdiel (rozdiel v rozptyle hodnôt). Obe skupiny sú štatisticky podobné. Na základe uvedeného výpočtu môžeme povedať, že napriek úmrtiu niektorých z pacientov a evidentnému rozdielu aritmetických priemerov sú skupiny na hladine pravdepodobnosti 0.05 nevýznamne rozdielne.

Záver

Existuje množstvo štatistických modelov, avšak ich validácia a využitie v konkrétnych aspektoch liečebnej rehabilitácie nebola dodnes deklarovaná. Nutná kombinácia časovo aj metodicky náročných terapií ktorými sú radikálne resekcie, chemoterapia, liečebná rehabilitácia, pracovná rehabilitácia, výchovná rehabilitácia, psycho-sociálna rehabilitácia a muzikoterapia vyžadujú výber a sledovanie nepriamych ukazovateľov zdravotného stavu, ktoré umožnia sledovať celkové zlepšenie alebo zhoršenie stavu v dlhodobom horizonte. Na základe získaných výsledkov dlhodobých analýz preto doporučujeme pre hodnotenie zdravotného stavu využiť vo výpočtoch kritickú hladinu pravdepodobnosti 0.05 pre nepriame avšak objektívne získateľné parametre (prístrojom získané hodnoty). V prípade nepriamych kvázi-objektívnych parametrov (lekárom určené hodnoty) doporučujeme využiť vo výpočte kritickú hladinu pravdepodobnosti 0.1. Takisto je možné štatisticky sledovať subjektívne parametre určené pocitom pacienta ako sú chuť do jedla, pocit bolesti, pocit uvoľnenia po muzikoterapii avšak v takomto

prípade doporučujeme vyšetrovať na kritickej hladine pravdepodobnosti 0.2. Na dvoch skupinách pacientov sme vytvorili metódu pre jednoznačné štatistické spracovanie výsledkov odborných prác v rehabilitácii a príbuzných medicínskych odboroch. Práca v diskusii zhodnocuje možnosti a obmedzenia využitia uvedených metód korelačnej analýzy, T-testu, párového T-testu a testu sledovania rozptylov (F-testu). Výsledky práce slúžia ako metodické usmernenie k modernej štatistike, dodnes len veľmi obmedzene využívanéj v medicíne. Popísaná metodika usmerňuje správne a jednoduché využitie pokročilých štatistických metód na popis veľkých objemov dát ukazujúcich na rekonvalescenčné charakteristiky pacienta po rehabilitácii. Využitie prezentovaných modelov umožňuje efektívnejšie a správnejšie spracovanie odborných a vedeckých prác v medicíne.

Literatúra

- [1] M. Gálffy Hodosy, "Muzikoterapia v rehabilitácii pacientov po cievnej mozgovej príhode." 2022. Rehabilitácia. Vol 59/2, P112-158.
- [2] P. He, "Musiktherapie als teambasierte Add-on-Therapie bei Krebs- und Dialysepatienten." 2018. Musik-, Tanz- und Kunsttherapie. Vol 28/2, ISSN 0933-6885.
- [3] D. Colquhoun, "The reproducibility of research and the misinterpretation of p-values." 2017. R Soc Open Sci. Vol 4/12, P171085.
- [4] E. Surkova a kol., "False-positive COVID-19 results: hidden problems and costs." 2020. The Lancet Respiratory Medicine. Vol 8/12, P1167-1168.
- [5] I. Stegeman a kol., "Risk factors for false positive and for false negative test results in screening with fecal occult blood testing" 2013. International Journal of Cancer. Vol 133/10, P2408-2414.
- [6] S. Furka a kol., "Použitie štatistiky pri hodnotení stavu pacienta po rehabilitácii" 2019. Rehabilitácia. Vol 56/4, P301.
- [7] Tae Kyun Kim., "T test as a parametric statistic" 2015. Korean Journal of Anesthesiology. Vol 68/6, P540-546.