

# Állatorvostudományi Egyetem

Állathigiéniai, Állomány-egészségtani Tanszék és  
Mobilklinika



## Hipokalcémia monitoringvizsgálatok tejhasznú tehenekben

*Hypocalcemia monitoring examinations in dairy cows*

**Készítette:** Fűrész Orsolya Erzsébet

### **Témavezetők:**

Dr. habil Könyves László Péter

egyetemi docens, tanszékvezető

Dr. Hejel Péter

tudományos munkatárs

Állathigiéniai, Állomány-egészségtani

Tanszék és Mobilklinika

Budapest, 2023.

## Absztrakt

A diplomamunka célja az volt, hogy felmérjem a szubklinikai hipokalcémia prevalenciáját egy hazai tejtermelő szarvasmarha telepen. A témával kapcsolatos szakirodalmi adatok áttekintése után összefoglaltam a hipokalcémia, előfordulását, kialakulásának okait, lefolyását, következményeit az állománydiagnosztikai módszereket, illetve a lehetséges megelőzési és kezelési módokat.

A felmérés céljából 2023 nyarán frissen ellett tehenekből vérmintákat vettünk az ellést követő (0-7. laktációs nap) időszakban, majd meghatároztuk a minták ionizált kalcium (iCa) koncentrációját. Hipokalcémiásnak tekintettük azokat az állatokat, amelyeknek valamely mintavétele során a vér iCa koncentrációja kevesebb, mint 1,06 mmol/l volt.

A vizsgálatot 69 állat bevonásával végeztük, melyekből összesen 266 mintát vettünk az ellést követő 0.-7. napokban. A vérminták iCa koncentrációját helyben határoztuk meg, egy vérgáz- és elektrolitalizátor segítségével. A szubklinikai hipokalcémia előfordulása az általunk vizsgált gazdaságban és időszakban az első laktációsok esetében 36,36% volt, míg a többször ellett állatok esetén 68,08%.

Ezt követően az eredményeinket összevettem korábbi tanulmányok eredményeivel. Arra a következtetésre jutottam, hogy eredményeink hozzávetőlegesen megegyeznek a témában végzett korábbi vizsgálatok eredményeivel. Az eredmények értékelése után elmondható, hogy a szubklinikai hipokalcémia előfordulása az általunk vizsgált magyarországi állományban is számottevő, ezért ajánlott a folyamatos hipokalcémia monitoring beillesztése az állomány egészségügyi gondozásba, és a hipokalcémia előfordulásának gyakoribbá válása esetén az előkészítő és az ellés utáni takarmányozás felülvizsgálata megoldásként szolgálhat, hogy megelőzzük ezt az állapotot, ezzel kiküszöbölve egy lényeges hajlamosító tényezőt az ellés utáni betegségekre.

## Abstract

The purpose of my thesis was to assess the prevalence of subclinical hypocalcemia in a large-scale dairy cattle farm. After a review of the literature of the topic, I summarized the course, consequences, prevalence, herd diagnostic methods and possible prevention and treatment of clinical and subclinical hypocalcaemia.

For the study, blood samples were taken from freshly calved cows in the summer of 2023, during the post-calving period (0 to 7 days in milk), and the ionised calcium (iCa) concentration of the samples was determined. Animals with a low (<1.06 mmol/l) blood iCa concentration were considered hypocalcemic.

The study was performed on 69 animals, from which a total of 266 samples were taken between days 0 and 7 after calving. The iCa concentration of blood samples was determined *in situ* using a blood gas- and electrolyte analyser. The prevalence of subclinical hypocalcemia on the farm was 36.36% for primiparous and 68.08% for multiparous cows.

I then compared our results with the previous studies. I conclude that our results are approximately in line with the previous studies on the subject. After evaluating the results, it can be said that the prevalence of subclinical hypocalcaemia is significant in the Hungarian herd we studied. Therefore, the inclusion of continuous hypocalcaemia monitoring in the herd-health management protocol is recommended, and in case of a higher incidence of hypocalcaemia, the review of the pre- and post-calving feeding could be a solution to prevent this condition, thus eliminating a major predisposing factor for post-calving diseases.

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>1</b>	<b>Bevezetés.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Szakirodalmi áttekintés.....</b>	<b>7</b>
2.1	<i>A tejtermelő tehenek kalcium szükséglete, a hipokalcémia kialakulása .....</i>	7
2.2	<i>A hipokalcémia lefolyása, megjelenési formái.....</i>	9
2.3	<i>A hipokalcémia következményei.....</i>	10
2.3.1	<i>Klinikai hipokalcémia következményei.....</i>	10
2.3.2	<i>Szubklinikai hipokalcémia következményei.....</i>	10
2.4	<i>Előfordulása, kóroktana, kórfejlődése .....</i>	14
2.4.1	<i>Klinikai hipokalcémia előfordulása .....</i>	14
2.4.2	<i>Szubklinikai hipokalcémia előfordulása .....</i>	15
2.5	<i>Állománydiagnosztikai módszerek .....</i>	16
2.5.1	<i>Mintaszám meghatározása, a mintavétel módszertana .....</i>	16
2.5.2	<i>Az ionizált kalcium .....</i>	17
2.5.3	<i>A gyakorlatban alkalmazott határértékek.....</i>	18
2.6	<i>Megelőzés, kezelés .....</i>	18
2.6.1	<i>Előkészítő takarmányozás.....</i>	18
2.6.2	<i>Ellés után alkalmazható készítmények .....</i>	21
<b>3</b>	<b>Célkitűzések .....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>Anyag és Módszer.....</b>	<b>22</b>
4.1	<i>A vizsgálat helye, ideje, a kísérletbe vont állatok.....</i>	22
4.2	<i>A kísérleti protokoll.....</i>	23
4.3	<i>Az eredmények statisztikai értékeléséhez használt módszerek.....</i>	25
<b>5</b>	<b>Eredmények és megbeszélésük.....</b>	<b>26</b>
5.1	<i>A szubklinikai hipokalcémia prevalenciája különböző laktációs számú tehenek esetében .....</i>	26
5.2	<i>Az iCa értékek átlaga, szórása a normo- és szubklinikai hipokalcémiás egyedek esetében.....</i>	27
5.3	<i>Az iCa értékek eloszlásának vizsgálata .....</i>	29
5.4	<i>Az első laktációs és többször ellett tehenek statisztikai összehasonlítása .....</i>	30
5.5	<i>A vér iCa koncentrációjának változása az idő függvényében.....</i>	31
5.6	<i>A vér iCa koncentrációjának változása az idő függvényében a különböző laktációkban.....</i>	34

<b>6</b>	<b>Következtetések .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Összefoglalás .....</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>Irodalomjegyzék .....</b>	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>Köszönetnyilvánítás.....</b>	<b>46</b>
<b>10</b>	<b>Melléletek .....</b>	<b>47</b>

# 1 BEVEZETÉS

A tejtermelő tehenek egészségének, és ezzel összefüggésben álló termelésének és szaporasági teljesítményének biológiai háttere összetett, és számos tényező befolyásolja azt. Az ellés körül meginduló tejtermelés miatt jelentősen megemelkedik az állatok energia-, fehérje-, ásványi anyag-, mikroelem-, vitamin- és más táplálóanyag szükséglete, és az ehhez történő alkalmazkodás megterheli az állatokat. Az egyes anyagcserefolyamatok összetett szabályozás alatt állnak, amely elsősorban a szervezet egyensúlyi állapotának, homeosztázisának fenntartására irányul. Az alkalmazkodás zavara az állat belső egyensúlyának felborulását eredményezi, amely ebben az egyébként is kritikus időszakban hajlamosít bizonyos megbetegedések kialakulására és ennek következtében a termelékenységi mutatók romlásához is vezethet, így gazdasági szempontból is hátrányos. A tejtermelő teheneket érintő megbetegedések jelentős része az ellés körüli időszakban jelentkezik. Gyakran alakulnak ki különböző metabolikus megbetegedések, mint a ketózis, a bendőacidózis, illetve a hipokalcémia.

A hipokalcémia az egyik leggyakrabban előforduló metabolikus zavar a tejtermelő tehenek esetében. Klinikai lefolyást tekintve megkülönböztethető a speciális klinikai tünetektől mentes szubklinikai, illetve az ellési bénulásnak nevezett klinikai forma. A szubklinikai hipokalcémia előfordulása első laktációsok esetében 25, többször ellett tehenek esetében 50% körül alakul, míg a klinikai forma előfordulása ennél jóval alacsonyabb, 2-3% körülire tehető. A hipokalcémia hajlamosít további, az ellés körüli időszakban jelentkező betegségek kialakulására, ezért a folyamatos állomány szintű nyomon követése, azaz monitorozása, kiemelten fontos feladat a tejtermelő szarvasmarha állományok állomány-egészségügyi munkáinak sorában. Az ellés után jelentősen növekszik a tehén kalcium szükséglete a megfelelő mennyiségű és minőségű kolosztrum megtermelése, majd a hirtelen meginduló és gyorsan emelkedő tejtermelés miatt. Az így kialakuló szükséglet fedezésére a vérben szabad, ionizált formában jelenlévő kalcium sokszor nem elegendő és a hiányzó mennyiség raktározó szervekből történő felszabadítása időigényes folyamat, így könnyen kialakulhat a kalcium hiányos állapot. Az ellés utáni alacsony szárazanyag-felvétel ezt tovább súlyosbítja.

A hosszabb ideig fennálló kalcium hiányos állapot az izmok elégtelen működéséhez, illetve az immunrendszer nem megfelelő válaszadó képességéhez vezet. Gyakran alakul ki következtében nehézzelés, magzatburok visszamaradás, involúciós zavarok, tőgygyulladás,

enyhe bendőmotilitás és az emésztés hatékonyságának csökkenése miatt kialakulhat ketózis, illetve hajlamosít az oltógyomor helyzetváltozás kialakulására is. Negatív hatással van továbbá a tejtermelő képességre és növeli az állat fogékonyságát a különböző fertőző betegségekre.

A hipokalcémia időben történő felismerése elősegíti a szakszerű beavatkozások elvégzését, a célzott monitoring vizsgálatok eredményére alapozott megelőző intézkedésekkel pedig megelőzhető, vagy mérsékelhető annak gazdasági kártétele. Megelőzése megfelelő ellés előtti előkészítő takarmányozással lehetséges, amelynek hatására a szervezet kalciumkészletének mozgósításához szükséges idő lerövidül. Dolgozatomban egy hazai, nagylétszámú tejtermelő szarvasmarha állományban végeztem a hipokalcémia prevalenciájának megállapítására irányuló vizsgálatokat.

## 2 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

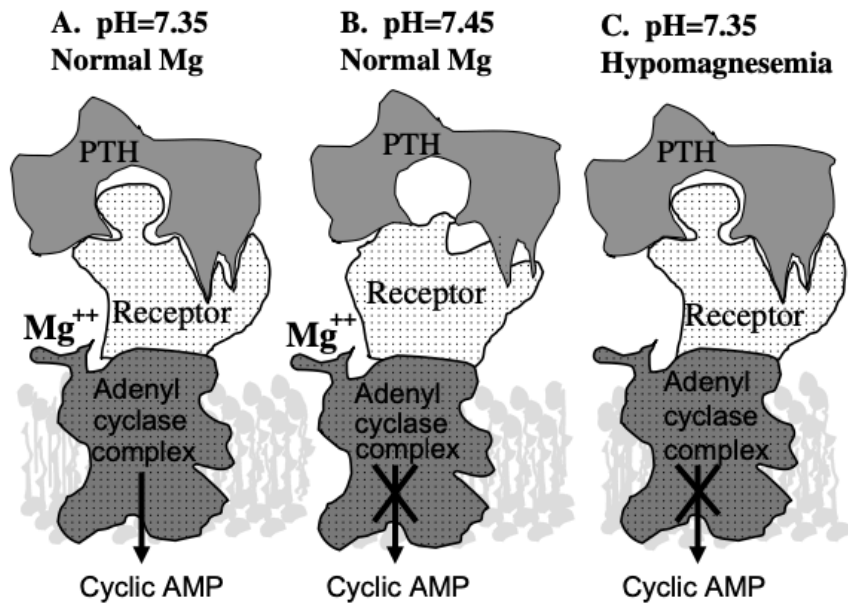
### 2.1 A tejtermelő tehenek kalcium szükséglete, a hipokalcémia kialakulása

Egy nem termelő tehen átlagos napi kalcium szükséglete körülbelül 21-30 g. Az ellés napján a tehen főcstejet termel, körülbelül 10 litert, amely hozzávetőlegesen 23 g kalciumot igényel. A tejtermelés beindulásakor átlagosan további 50-56 g kalciumra van szüksége a tehennek minden egyes nap, amikor tejet termel [1]. Ezeket a számokat figyelembe véve láthatjuk, hogy ellés után az állatok kalcium szükséglete megháromszorozódik, kevesebb, mint egy hét leforgása alatt. Sajnos az ellés körüli időszakban gyakran jelentkező, akár 30 %-os napi szárazanyag felvétel csökkenés tovább súlyosbítja a kalciumhiányt. [2].

Ennek következményeként a tehenek rendkívül hajlamossá válnak a hipokalcémia kialakulására. A kalciumháztartás laktáció elején jelentkező zavara nagyrészt annak a következménye, hogy a tehen nagy mennyiségű kalciumot választ ki a tejbe, a takarmánnyal felvett kalcium nem elegendő ennek fedezésére, ugyanakkor nem képes időben mobilizálni a csontokban tárolt kalciumot [1, 3]. A vér élettani kalcium koncentrációjának fenntartása érdekében célzott szabályozó mechanizmus aktiválásával növeli a parathormon (PTH) elválasztását. Ez a hormon felelős a kalcium csontokból történő mozgósításáért, ugyanakkor hatására csökken a vese általi kalcium ürítés és közvetetten növeli a kalcium bélben történő felszívódását (2. ábra) [1, 2]. A bélből közvetett módon történő felszívás az 1,25-dihidroxi-D-vitamin hatására történik. Ezt a hormont a vese állítja elő a D-vitaminból a vér PTH szintjének emelkedésére válaszul. A szervezet kalcium-homeosztázisának fenntartásában számos egyéb tényező is szerepet játszik, mint a szervezet metabolikus státusza. A metabolikus alkalózis hajlamossá teszi a hipokalcémiára azáltal, hogy a PTH-receptor konformációjának megváltozása miatt csökkenti a csont- és vesesejtek felületén található receptorok PTH-ra adott válaszát (1. ábra) [4, 5]. Emiatt a csontokban nem aktiválódnak az osteoclastok, így a Ca-reszorpció. A vesékben elégtelen lesz a Ca-reabszorpció, illetve ami még fontosabb, hogy a 25-hidroxi-D-vitamin átalakulása 1,25-dihidroxi-D-vitammá is zavart szenved. Ennek az átalakulásnak a hiányában viszont a táplálékkal bevitt Ca fokozott visszaszívásának mechanizmusa elégtelenné válik. A hipokalcémia tehát akkor alakul ki, ha a tehen nem tud elegendő Ca-ot felvenni a takarmányból, mozgósítani csontjaiból, illetve elegendő Ca-ot visszaszívni a vesék által ahhoz, hogy pótolja a fellépő Ca-hiányt. [6]



A téhen magnézium-háztartása szintén hatással van a Ca-anyagcserére. A hipomagnezémiás állapot negatívan befolyásolja a Ca-anyagcserét azáltal, hogy csökkenti a PTH szekréciónak, illetve a szövetek PTH iránti érzékenységét. A magnéziumhiányos állapot az alkalózistól függetlenül zavarhatja a PTH hatását a célszövetekben, mivel a PTH hatására meginduló folyamatban található egy magnézium kötőhely is, amelyet a magnéziumnak a folyamat végbemeneteléhez el kell foglalnia (1.ábra). [6, 7]



*1.ábra: A parathormon hatásai a csont- és vesesejtek felszínén különböző vér pH-n, illetve a Mg-ion hatása a folyamatra.*

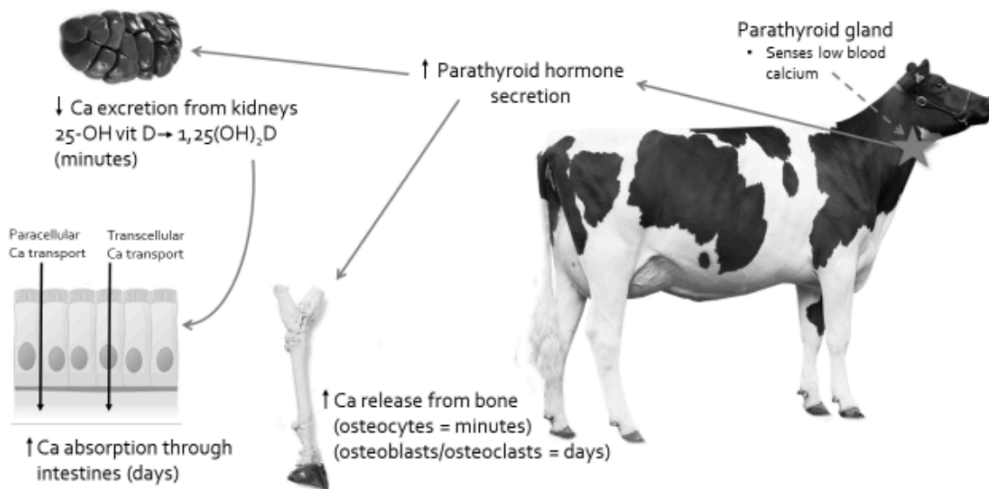
*A. eset: Fiziológias esetben a hipokalcémia hatására felszabaduló PTH kölcsönhatásba lép a csont- és vesesejtek felszínén található receptorral. Ennek hatására az adenilát-cikláz komplex ciklikus AMP termelését eredményezi, amely olyan mechanizmusokat indít el a csontokban és a vesében, amely segíti a vér Ca-koncentrációjának élettani szintre emelését.*

*B. eset: Az alkalikus állapot a PTH-receptor alakjának megváltozását eredményezi, így az nem képes felismerni és megkötni a PTH-t, így nem termelődik ciklikus AMP, a mechanizmusok gátlódnak.*

*C. eset: Az adenilát-cikláz működéséhez magnézium is szükséges, a magnézium-hiányos állapot csökkenti a ciklikus AMP termelődését, így ebben az esetben is gátlódnak a mechanizmusok. [6]*

## 2.2 A hipokalcémia lefolyása, megjelenési formái

A hipokalcémia megjelenhet klinikai, tehát specifikus tünetekben megnyilvánuló formában, vagy szubklinikai formában, amely esetben klinikai tüneteket ugyan nem észlelünk, de a vérben az élettaninál alacsonyabb kalcium koncentráció mérhető. A szubklinikai hipokalcémia előfordulási gyakorisága többszöröse a klinikai formának. A szubklinikai hipokalcémia prevalenciája az első laktációs tehének körében 25 %, míg a többször ellettek esetében akár az 50 %-ot is elérheti. A klinikai forma átlagosan az állomány 5 %-ában jelentkezik [6]. A vér alacsony kalcium koncentrációja egy jelentős kockázati tényező az ellés után előforduló betegségek, reprodukciós rendellenességek esetében, és a hiány fennállásának idejétől függően negatívan befolyásolhatja a tejtermelést is. Az ellés körül és a laktáció kezdetén a tehének többségében jelentkezik a kalcium hiány. A hipokalcémia mértékét meghatározza, hogy a szervezet milyen gyorsan tud reagálni a vér lecsökkent kalcium koncentrációjára. A kalcium homeosztázis fenntartásáért felelős szabályozás fő szervei a csontok, a vese és a bél (2. ábra). [2, 8]



2.ábra: A tehén alacsony vér kalciumkoncentrációra adott válaszát bemutató vázlatos ábra. Ezek a folyamatok egymással párhuzamosan zajlanak. [2]

## 2.3 A hipokalcémia következményei

### 2.3.1 Klinikai hipokalcémia következményei

A klinikai hipokalcémia általában az ellést követő 72 órán belül jelentkezhet, az esetek nagy részében az első 24 órában okoz problémát. Tünetei a megnövekedett pulzusszám, étvágytalanság, alacsony rektális hőmérséklet, a kiálló, ún. perifériális testrészek (pl. fülkagyló) hideg tapintata, kitágult pupillák, lecsökkent bendőmozgás, gátolt vizelet és bélsárürítés, általános izomgyengeség, súlyosabb esetekben az állat elfekvése. A vérben hirtelen fellépő, akut Ca-hiány (plazma összes kalcium, (tCa)  $<1,4$  mmol/l) a neuromuszkuláris funkció nem megfelelő működéséhez, valamint a keringés elégtelenségéhez vezet, illetve az állat öntudatára is negatív hatással van [9]. A jellegzetes tünetek megjelenése alapján általában könnyen diagnosztizálható ez a súlyos anyagcserezavar [10, 11].

A hosszú ideig fennálló elfekvő állapot az ún. downer-cow szindróma, amelynek elsősorú oka a klinikai hipokalcémia, mely során az állat képtelen felállni. Az elfekvő tehén hatalmas súlya által kifejtett nyomás hatására már 4 óra fekvés után kialakulhatnak a végtagok izomzatában elhalások, a megfelelő vérellátás hiánya miatt fellépő iszkémia következményeként. Ez maradandó ideg- illetve izomkárosodásokat okoz, ami lényegesen csökkenti a felépülés esélyét. A betegség lefolyása függ a károsodás mértékétől és attól, hogy az érintett tehén milyen hosszú idő múlva képes felállni. A súlyos károsodás akár elhulláshoz is vezet [6, 12].

### 2.3.2 Szubklinikai hipokalcémia következményei

A klinikai formával szemben a szubklinikai hipokalcémia általában nem jár specifikus tünetek megjelenésével, de a vér lecsökkent kalcium koncentrációja (tCa  $<2,1$  mmol/l) kimutatható [6, 13]. Számos tanulmányban leírták, hogy közvetlenül vagy közvetve összefüggésbe hozható bizonyos ellés utáni betegségekkel, az elvártnál alacsonyabb szintű tejtermeléssel és bizonyos szaporodási zavarokkal [2, 3, 6, 14]. Egy 2018-ban készült tanulmány szerint, amelyben 79 tejtermelő szarvasmarhát vizsgáltak, azoknál az állatoknál, akiknek a vérében ellés előtt alacsonyabb tCa koncentráció ( $<2,0$  mmol/l), és az ellés után alacsonyabb volt a tCa és az iCa koncentráció ( $<1,0$  mmol/l) is mint egészséges társaikban, gyakrabban fordultak elő ellés körüli betegségek [15]. A szubklinikai hipokalcémiát összefüggésbe hozták olyan betegségekkel mint a nehézellés, magzatburok visszamaradás, méhgyulladás, oltógyomor helyzetváltozás, ketózis, masztitisz [8].

A vér kalcium koncentráció mérésének időpontja jelentősen befolyásolja annak diagnosztikai értékét, azaz, hogy mennyire következtethetünk a kapott értékekből az egyes betegségek esetén az ok-okozati összefüggésekre. Az ellés utáni első 24 órában a vér kalcium koncentrációjának csökkenése nem feltétlenül tükrözi az egyed kalciumháztartásának stabilitását, mivel az a következő néhány napban a legtöbb esetben rendeződik. Azonban, ha megkésve, csak néhány nappal az ellés után mérjük a kalcium koncentrációját, előfordulhat, hogy a már fennálló lecsökkent étvágy, valamilyen szervezetben zajló gyulladás vagy egyéb anyagforgalmi betegség befolyásolhatja eredményünket. Ennek oka, hogy egy szervezetben zajló gyulladás is okozhat az élettaninál alacsonyabb vér kalcium koncentrációt [8]. Tehát egyéb fennálló betegség esetén megállapított hipokalcémia akár egy következménye is lehet a legyengült állapotnak.

Számos tanulmányban vizsgálták a hipokalcémia és az ellés körüli megbetegedések kialakulása közötti összefüggéseket. A kalcium simaizom-működésben betöltött szerepe miatt a hiánya lecsökkent bendő- és bélmotilitáshoz vezethet, ezzel rontva az emésztés hatékonyságát [16]. Az oltógyomor helyzetváltozásának kialakulása egy meglehetősen bonyolult, összetett folyamat. Az előgyomrok izomműködésének zavara és az alacsony takarmányfelvétel miatt a kialakuló hiányos bendőteltettségek meghatározó jelentőségű az oltógyomor helyzetváltozás kialakulásában. [16]

Egy nemrégiben (2020) készült 26 tejtermelő szarvasmarha bendőaktivitását vizsgáló tanulmány szerint erős, pozitív korreláció mutatható ki a vér alacsony kalcium koncentrációja és a kérődzési idő csökkenése között. Megállapították, hogy az ellést követő 12 órában a tehének  $< 2,00$  mmol/L vér tCa koncentráció esetén átlagosan 77 perccel kevesebbet töltöttek kérődzéssel a laktációjuk első napján [17].

A hipokalcémia az izomműködésre gyakorolt negatív hatása miatt szerepet játszik a masztitisz kialakulásában is, ugyanis a lecsökkent izom kontraktilitás a tőgybimbó záróizom elégtelen vagy csökkent záródóképességéhez vezethet, amely lehetővé teszi a felszálló fertőzések kialakulását, ezáltal hajlamosítva az állatot a tőgygyulladásra. Ehhez további hajlamosító tényezőként hozzájárul az immunrendszer kalcium hiányában fennálló elégtelen működése is, amelynek lehetséges okáról a későbbiekben lesz szó. [8, 17]

Ami a kalcium szaporodásbiológiában betöltött szerepét illeti, a hipokalcémia hajlamosíthat a nehézellésre, magzatburok visszamaradásra és a két ellés közti idő hosszának növekedésére is. Mivel a méhizomzat megfelelő működéséhez, a méhizomzat összehúzódásaihoz is elegendő kalciumra van szükség, a szubklinikai hipokalcémiában

szenvedő teheneknél az ellés lefolyása is hosszabbra nyúlhat, gyakoribbá válnak a nehézzellések, ebből következően a születendő borjú egészsége és életképessége is veszélybe kerül [18, 19]. A méh involúciójában ezen okok miatt szintén szerepet játszik a kalcium, így hipokalcémia esetén fennálló elégtelen simaizom működésnek köszönhetően ez is elhúzódó lehet, hajlamosítva ezzel a teheneket a magzatburok visszamaradásra, méhgyulladás kialakulására. A kalciumhiány méhre gyakorolt hatása nem csak közvetlenül az izomműködésben betöltött szerepe miatt okoz problémát, hanem az immunrendszerre, azon belül is a neutrofil granulociták aktivitására gyakorolt hatása miatt is [19, 20].

A hipokalcémia növeli az állat fertőző betegségekkel szembeni fogékonyságát is, mivel a kalcium elengedhetetlen a neutrofil granulociták megfelelő működéséhez, de ugyanakkor szerepet játszik a gyulladással kapcsolatos folyamatok szabályozásában is, ezáltal befolyásolva a megfelelő immunválasz kialakulását [21, 22]. Hipokalcémia esetén a citoszolban alacsonyabb az  $iCa$  koncentráció, és ezáltal csökkent fagocitózis mértéke, illetve elégtelen oxidatív válaszhoz is vezet [23]. Kimutatható, hogy a szubklinikai hipokalcémiában szenvedő tehenek vérében található neutrofil granulociták kevésbé alkalmasak a fagocitózisra és a patogén baktériumok elpusztítására. A neutrofilok működéséhez szükség van a citoszolban található elegendő kalcium-ionra, amely a másodlagos granulumok és a fagoszóma-membrán összeolvadásához szükséges a baktericid aktivitás során, enélkül elégtelenné válik a fagocitózis [24]. A citoszolban található magas kalcium-ion koncentráció szerepet játszik a már bekebelezett baktériumok elpusztításához szükséges NADPH-oxidáz aktiválásában, amely a reaktív oxigéngyökök termeléséért felelős. A citoszolban lévő kalcium-ion visszapótlása az endoplazmatikus reticulumból történik, azonban hipokalcémia esetén ezekben a sejtszervekben sem található elegendő mennyiségű kalcium-ion, így a szervezet a neutrofilok aktivitásának csökkentésével és a reaktív oxigéngyökök generálásának visszafogásával reagál, ami végül az említett elégtelen fagocitózishoz és csökkent baktériumölő képességhez vezet [25]. A szubklinikai hipokalcémiában érintett tehenek vérében emellett kevesebb leukocita található. Ezek a körülmények nem csak a méh egészségét veszélyeztetik, de az állat egész immunállapotát gyengítik, tovább fokozva ezzel az egyed fogékonyságát más fertőző betegségekre [2, 26]. Hipokalcémiás állatokban jelentősen romlik a fogamzási arány is [26, 27]. Egy 2017-ben készült tanulmányban kimutatták, hogy a krónikusan alacsonyabb  $tCa$  koncentrációval rendelkező tehenek esetében, amelyeknek a laktáció első három napjában tartósan 2,15 mmol/l érték alatt volt a vér  $tCa$  koncentrációja, 70%-al csökken az esélye az első termékenyítés sikerességének [28].

Az ellés utáni hipokalcémiás állapot összefüggésbe hozható az energia egyensúllyal is. Kimutatható, hogy az alacsonyabb szérum kalcium koncentrációval rendelkező állatok esetében a nem-észterifikált zsírsavak (NEFA) koncentrációja magasabb lesz, amely negatív energiamérlegre utal, és további metabolikus betegségekhez vezethet [29]. Egy friss, 2023-ban publikált magyar tanulmány szerint, amelyben 310 tejlő szarvasmarhát vizsgáltak, szintén összefüggést találtak a vér alacsonyabb kalcium koncentrációja (<2,2 mmol/l) és az emelkedett plazma NEFA koncentrációk (>1,0 mmol/l) között. Az ellés után megemelkedett NEFA koncentráció összefügghet az ellés körül jelentkező inzulinrezisztenciával is, de befolyásolhatja a vér alacsony kalciumkoncentrációja miatt kialakuló szárazanyag-felvétel csökkenését, valamint a simaizom működésnek a kalciumhiány okozta elégtelenségéből fakadó renyhe bendőműködés is. Bár nem volt statisztikailag kimutatható korreláció a két érték között, alacsonyabb tCa értékek esetén a NEFA koncentráció emelkedése kimutatható volt, tehát a kalciumhiányos állapottal együtt gyakran előfordul az energiaforgalom zavara is. Ismert, hogy ha egy szervrendszer működési egyensúlya felborul, az jelző értékű lehet más anyagcsereproblémára vonatkozóan, illetve más szervrendszerek zavarát is előidézheti az ellés körüli időszakban [30].

Ami a tejtermelésben betöltött szerepét illeti, a szubklinikai hipokalcémia attól függően befolyásolja azt, hogy az esetleges kalcium hiányos állapot az ellést követően hosszabb ideig fennáll, vagy csak az első pár napra korlátozódik. Egy, az Egyesült Államokban 396 holstein-fríz szarvasmarha bevonásával készült tanulmányban az ellést követő 4 napban minden nap megmérték a vér tCa koncentrációját. Azoknál a több laktációs teheneknél, amelyekben az első napon alacsonyabb volt a tCa koncentrációja a vérben, a tejtermelés mértéke nagyobb volt, mint normokalcémiás társaik esetében. Ezzel szemben azoknál az állatoknál, akiknél még a negyedik laktációs napon is alacsonyabb tCa koncentráció volt mérhető a vérben, alacsonyabb tejtermelési mutatókat láthatunk, tehát esetükben a csökkent kalcium koncentráció negatívan befolyásolta a tejtermelést a normokalcémiás társaikhoz viszonyítva. Az első laktációs tehenek esetében szintén megállapították az első napon fennálló alacsony kalcium koncentráció (tCa <2,15 mmol/l) és a magasabb tejtermelés közötti összefüggést, azonban esetükben a későbbiekben mért alacsony kalcium koncentráció nem volt hatással a tejtermelésre. [31]

Ami a hipokalcémia gazdasági hatásait illeti, az Egyesült Államokban születtek becslések, melyek szerint egy ilyen eset nagyjából 125-300 dollár közötti értékben okozhat kárt az adott állattartónak, ez a jelenlegi árfolyam szerint átszámítva nagyjából 46.000-110.000

forint értéknek felel meg, amely az állomány érintettségének nagyságát tekintve jelentős többletköltségnek bizonyul egy-egy telep esetében [2]. Ez is egyértelművé teheti számunkra, hogy mindenképpen érdemes foglalkozni ezzel a kérdéssel és egy hosszú távon is működőképes, fenntartható monitoring rendszerre alapozott preventív protokollt bevezetni az állomány kalcium ellátottságának biztosítása érdekében.

## 2.4 Előfordulása, kóroktana, kórfejlődése

A hipokalcémia tejtermelő tehenek gyakori megbetegedése, amely elsősorban közvetlenül az ellést követő néhány napon jellemző. Általában a nagyobb tejtermelésű, idősebb tehenek betegszenek meg, de az első laktációs állatok esetében is megállapítható. Az ellés körüli időszakban a vér ionösszetétele a legtöbb tehén esetében megváltozik. A hipokalcémia kialakulásában, kóroktanában szerepet játszó tényezők a magas tejhozam, a vérben található kalcium megfogyatkozása, a mellékpajzsmirigy hipofunkciója, és nem utolsósorban a nem megfelelő ellés előtti előkészítő takarmányozás, illetve az ellés utáni elégtelen takarmányfelvétel [32].

A legtöbb tehénél a laktációja kezdetén átmeneti hipokalcémia jelentkezik, attól függetlenül, hogy látszólag a mellékpajzsmirigy működése és a D-vitamin ellátottsága megfelelő. Az esetek többségében ez az átmeneti állapot nem olyan súlyos, hogy klinikai tünetekben jelenjen meg, így a vér tCa tartalma néhány napon belül normalizálódik [3].

### 2.4.1 Klinikai hipokalcémia előfordulása

A klinikai hipokalcémia (*paresis puerperalis*) egy akut, vagy perakut formában lezajló, közvetlenül az ellés utáni napokban (jellemzően az 1-3. nap) jelentkező anyagforgalmi betegség [32].

A klinikai hipokalcémia előfordulása tejtermelő tehenészetekben a szakszerűen összeállított takarmányadag, a monitorozás és folyamatos felügyelet, a csúcstermeléshez optimalizált környezet miatt az esetek többségében elenyésző, nagyjából 5-7% közé tehető [33].

A klinikai hipokalcémia előfordulásának aránya az elmúlt évtizedekben jelentősen csökkent, és viszonylag alacsony a szubklinikai formához képest. A klinikai forma előfordulása az állat korának és laktációs számának emelkedésével növekszik [8, 20]. Az első laktációs tehenek esetében kevesebb, mint 1% körüli értékre tehető az előfordulása, míg a nagyobb laktációs számmal rendelkező tehenek esetében is maximum 10% körüli értéket vesz fel [3, 29, 34].

Egy friss, 2023-ban készült hazai tanulmány szerint, amely során 5 Magyarországon található tejtermelő gazdaságban 310 állatot vizsgáltak, a vizsgálat ideje alatt nem találtak klinikai hipokalcémiás esetet. A gazdaságokban rendelkezésre álló adatok alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a klinikai esetek előfordulása éves szinten 1-2% körül mozog [30].

#### 2.4.2 Szubklinikai hipokalcémia előfordulása

A klinikai formával szemben a szubklinikai hipokalcémia egy igen gyakran előforduló anyagcsere zavar. Előfordulását nagy mértékben befolyásolja a laktáció száma. A többször ellett tehenek esetében ugyanis gyakrabban fordul elő az ellés utáni kalcium hiányos állapot, mint az első laktációjukat megkezdő tehenek esetében. Még részletesebben megtekintve a rendelkezésre álló adatokat, azt mondhatjuk, hogy a második laktációjukat megkezdő tehenek esetében az első laktációs tehenekhez képest az előfordulás a kétszeresére is növekedhet, és ez a növekedés a harmadik vagy a fölötti laktációjukat megkezdő tehenek esetében megmarad. Az első ellés után a szubklinikai hipokalcémia előfordulása 25% körüli értéket mutat, míg a második és azt követő ellések esetében ez a szám átlagban 50%-ra tehető [3, 29].

Számos, külföldön készült tanulmány alapján a szubklinikai hipokalcémia prevalenciája 25-78 % közé tehető [29, 31, 34, 35]. A meglehetősen eltérő adatok hátterében a vizsgált állományok közötti különbségek, a különböző kísérleti elrendezés, illetve az egyes kísérletekre jellemző további sajátosságok állhatnak. Az irodalmi adatokból az is kiderül, hogy az első laktációsok esetében lényegesen kisebb a prevalenciája a szubklinikai hipokalcémiának, mint a második vagy magasabb laktációjukat kezdő tehenek esetében. Az első laktációjukat megkezdő tehenek esetében a prevalencia 2-25%, amíg a magasabb laktációsok esetében ez a szám több, mint 40% [29, 36].

Ami hazánkat illeti, egy 1992-ben Magyarországon készült tanulmányban 10 elsőborjas és 23 második vagy magasabb számú laktációját megkezdő tehenet vontak be egy kísérletbe. A mintavételezés az ellés után történt közvetlenül, majd megismételték azt az ellést követő 12., 24., 48., és 72. órában. Az állatokat 3 csoportra osztották, aszerint, hogy első, második vagy harmadik és későbbi laktációsok voltak-e. A harmadik csoportba tartozó állatok jóval alacsonyabb ionizált kalcium értékekkel rendelkeztek, mint a másik két csoport tagjai. A tCa összehasonlítva az ionizált kalciummal sokkal nagyobb variabilitást mutatott a tanulmány során. Az eredmények azt mutatták, hogy a tCa értéke a plazmában az ellést követően alacsonyabb, majd 24-72 óra alatt rendeződik, míg ebben az esetben is



kimutatható volt, hogy az iCa értéke lényegesen alacsonyabb a többlaktációs tehenek esetében a kor előrehaladtával [33].

Egy szintén Magyarországon 2023-ban készült friss tanulmányban, amely hazai tejelő tehenészetekben készült, 310 szarvasmarhát vizsgáltak, 5 különböző gazdaságban. A mintavétel az ellést követő első 7 nap valamelyikén történt, a farokvénából, vákuumos vérmintavételi csőbe. A vizsgálat során az állatokat normokalcémiás és hipokalcémiás csoportba sorolták. Hipokalcémiásnak minősült az a tehén, amelyik vérében a tCa értéke  $<2,2$  mmol/l volt. A vizsgálatból kiderül, hogy a hipokalcémia előfordulása a gazdaságokban 29,6 és 53,9% között változott az egyes gazdaságokat tekintve, míg az összes minta alapján átlagosan az állatok 39%-a bizonyult hipokalcémiásnak. Ami a laktációs számokat illeti, az első laktációs egyedek közül egy sem volt érintett hipokalcémiában, ezzel szemben a második vagy a fölötti laktációjukat megkezdő szarvasmarhák esetében ez gyakori volt [30].

Ezek alapján megállapítható, hogy a szubklinikai hipokalcémia valóban egy igen gyakran előforduló ellés után jelentkező anyagforgalmi zavar, amelyre érdemes nagy hangsúlyt fektetni [29, 33]. Az elmúlt évtizedekben a kutatások előterébe a sokkal gyakoribb és így nagyobb gazdasági kárt okozó szubklinikai hipokalcémia került, amelynek állományon belüli előfordulását folyamatos és célzott monitoring vizsgálattal lehet megállapítani [8].

## 2.5 Állománydiagnosztikai módszerek

### 2.5.1 Mintaszám meghatározása, a mintavétel módszertana

Az állománydiagnosztikai mérések során fontos a vizsgálatba vont állatok számának helyes meghatározása. Ez biztosítja, hogy az eredmények, reprezentatívak legyenek és az azokból levont következtetéseket az egész állományra nézve lehessen extrapolálni. Ideális, ha az állomány 95%-ból vesznek mintát azonban ez gyakorlati körülmények között nem, vagy csak nehezen megvalósítható, ezért általában kisebb mintaszámot határoznak meg. Ez esetben érdemes a mért értékek elemzésekor egyéb megfigyelt változókat is figyelembe venni, mint például az állatok kérődzési ideje, lépésszáma, tejtermelése, nehézellések, tőgygyulladások előfordulása [37].

A hipokalcémia leginkább az ellést követő 48 órában szokott előfordulni, így ebben az időintervallumban érdemes a mintavételezést elvégezni. Az iCa méréséhez érdemes hordozható laboratóriumi berendezéseket használni, mivel a mérést a mintavétel után

minél rövidebb idő alatt el kell végezni. Amennyiben későbbi, laboratóriumi mérésekre is sor kerül, úgy a hűtésről gondoskodni kell a szállítás és tárolás alatt [37].

Az iCa meghatározásához a vért kalcium-ion kiegyensúlyozott, liofilizált lítium-heparinnal preparált vagy véralvadástgátlót nem tartalmazó csőbe érdemes venni, mivel bizonyos vércsővek esetén (EDTA-s, Na-citrátos) a vér kalciumtartalma jelentősen csökkenhet. Ennek oka, hogy ezek olyan anyagokat tartalmaznak, amelyek képesek megkötni a kalciumot. A megfelelő csőbe vett minta napokig eltartható 4 Celsius fokos hőmérsékleten anélkül, hogy a tCa tartalma jelentősen változna. A legjobb eredmény akkor érhető el, ha a mintát a mintavételt követően centrifugáljuk, így elválasztva a szérumot. Az ionizált kalcium mérése egy bonyolultabb folyamat, mivel a molekula stabilitása az idő elteltével csökken, így pontos eredményt akkor kaphatunk, ha minél hamarabb feldolgozzuk a mintánkat [2].

### 2.5.2 Az ionizált kalcium

A vérben a kalcium három formában található meg. A nagy része (50-60%) ionizált formában van jelen, ez a biológiailag aktív forma, amely a megfelelő kalciumhomeosztázis fenntartásáért felelős, a többi része proteinekhez vagy anionokhoz kötötten található, amelyek együtt a vér összes kalcium tartalmát adják [38, 39].

Annak ellenére, hogy az ionizált kalcium teszi ki a vér kalciumtartalmának nagy részét, a gyakorlati munkában a tCa használata általánosabbnak tekinthető. Ennek oka, hogy az ionizált forma mérése speciális felszerelést igényel és költségesebb is, mivel annak a mintában való gyors változása miatt helyben elvégezhető mérésre van szükség [38].

A tCa koncentrációja általában erős, pozitív korrelációban áll az iCa koncentrációjával, ez azonban az ellés körül megváltozik. Egy 14 szarvasmarha bevonásával készült tanulmányban a -2., 0., 2., 4., 7., és 14. napon vettek vérmintát az állatoktól, majd megmérték az iCa és tCa koncentrációkat, és az értékeket aránypárba állították (iCa:tCa). Ebből kiderült, hogy a -2. naphoz képest a 0.napon az arányuk megnő, majd ez a 7.napra rendeződik. Ennek alapján azt a következtetést vonták le, hogy a tCa változásából nem lehet egyértelműen következtetni a tehén kalciumháztartásának állapotára és javasolták az iCa mérésének bevezetését a hipokalcémia rutinszerű diagnosztizálásába [40].

Korábbi tanulmányok az ionizált kalcium mérésének nehézségei miatt gyakran tCa-ot használtak méréskor [6, 10]. A tCa, annak nagyobb stabilitása miatt kétségtelenül jobban alkalmazható a nem helyszíni laboratóriumi meghatározásokhoz. Ma már azonban tudjuk, hogy a kalcium homeosztázis fenntartásában az ionizált kalcium tartalom a fontosabb,

mivel ez az azonnal rendelkezésre álló, biológiailag aktív forma, míg a nem ionizált formában lévő, kötött állapotú kalciumot előbb ionizált állapotba kell hozni, és ez idő- és energiaigényes folyamat [2, 40].

### 2.5.3 A gyakorlatban alkalmazott határértékek

A szakirodalomban az élettani határértékekre vonatkozóan többféle javaslatot is találhatunk a tCa-ra vonatkozóan, az ionizált kalcium esetében azonban jóval kevesebb forrás áll rendelkezésre. A határértéket általában mmol/l vagy mg/dl mértékegységben adják meg. A tCa-ra vonatkozóan egyes szerzők, mint Seifi és mtsai [41] valamint Roberts és mtsai. [42] a küszöbértéket 2,2 mmol/l és 2,3 mmol/l értékre határozták meg a laktáció első 2 hetében, Reinhardt és mtsai [29] valamint Wilhelm és mtsai [43] pedig 2,0 mmol/L értéket javasoltak. Az iCa esetében viszonylag kevés ajánlást találunk. Kwart és mtsai 1,06 és 1,26 mmol/l között határozták meg az iCa élettani normálérték tartományát tejtermelő tehenekben, valamint elkülönítették az enyhe (0,8 – 1,05 mmol/l, a közepes (0,5-0,79 mmol/l) és a súlyos (<0,5 mmol/l) fokú hipokalcémiát [44], és még napjainkban is számos szerző ezeket a határértékeket használja. Oetzel és mtsai 1,0 mmol/l értéket használtak [37].

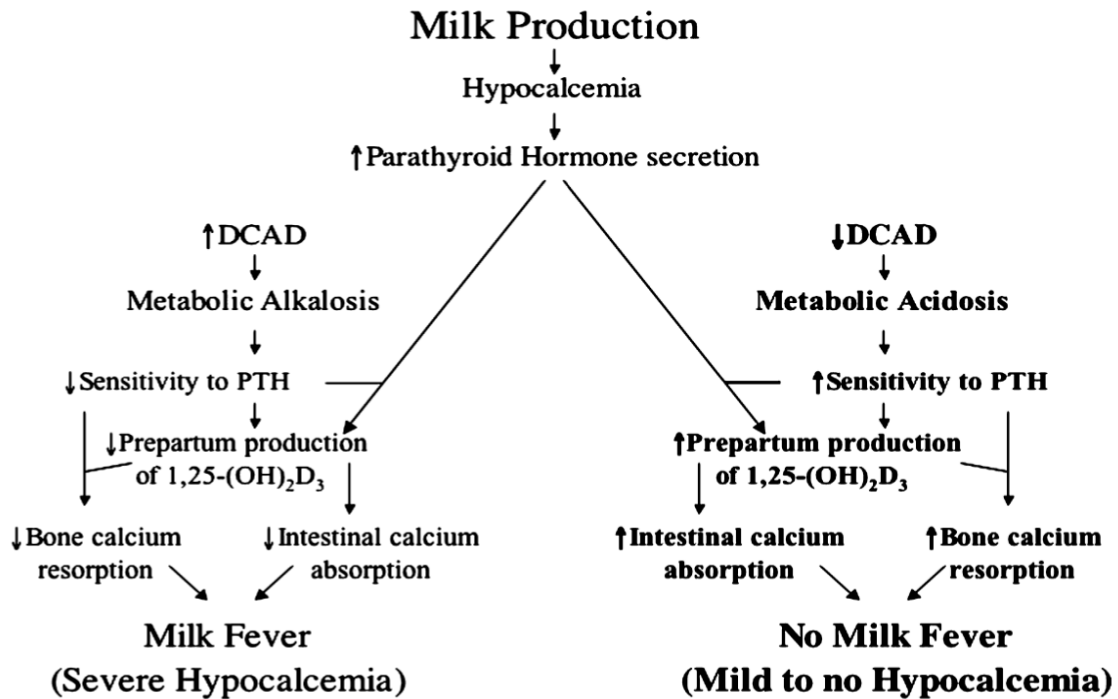
## 2.6 Megelőzés, kezelés

A hipokalcémia megelőzése fontos állomány-egészségügyi feladat, mivel ún. „gate-way” megbetegedésként hajlamosítja az állatot más betegségek kialakulására, így befolyásolja az egészségi állapotot és ezen keresztül a termelékenységet, végső soron az állattartás jövedelmezőségét. Bár léteznek különböző kalcium tartalmú állatorvosi készítmények és takarmánykiegészítők, a hipokalcémia megelőzésének leghatékonyabb eszköze a megfelelő takarmányozási gyakorlat.

### 2.6.1 Előkészítő takarmányozás

Az ellést közvetlenül megelőző, mintegy három hetes időszakban célzott takarmányozással a hipokalcémia kialakulása hatékonyan megelőzhető. Az egyik módszer a takarmányok kation és anion arányának befolyásolására épülő takarmányozási stratégia az anionsós, vagy másképpen fogalmazva a kation-anion különbségen alapuló (dietary cation anion difference, DCAD) előkészítés. A vérben található kalcium mennyisége nagyban függ a pozitív ( $\text{Na}^+$  és  $\text{K}^+$ ) és a negatív ( $\text{Cl}^-$  és  $\text{SO}_4^-$ ) ionok arányától. Ezt nevezik kation-anion különbségnek. A számításához leggyakrabban a  $[(\text{Na} + \text{K})] - [(\text{Cl} + \text{S})]$  egyenletet

használják [45]. A takarmányban lévő kationok és anionok aránya befolyásolja a tehének metabolikus sav-bázis egyensúlyi állapotát. Ha a takarmányban az anionok vannak túlsúlyban, a szervezet sav-bázis egyensúlya az acidózis, ha a kationok, akkor pedig az alkalózis irányába tolódik el. Anionos sók takarmányhoz történő hozzáadása a vér és vizelet pH-értékének csökkenését eredményezi és az így, mesterségesen előidézett metabolikus acidózis kompenzálásának érdekében aktiválódnak a kalcium mobilizációs folyamatok és ez megakadályozza a hipokalcémia kialakulását. A DCAD étrend hatékonyságának és biztonságosságának ellenőrzésére ajánlott a vizelet pH értékének rendszeres üzemi mérése. A kiegyensúlyozott DCAD étrend akkor bizonyul sikeresnek, ha a vizelet pH értéke 5,5 és 6,2 között van, az 5,5 érték alatti vizelet pH a takarmányban lévő túlzott anionbevitelre hívja fel a figyelmet, amely már nem kívánt és nem kompenzálható metabolikus acidózishoz vezethet, ami káros a tehének egészségi állapotára. A diéta működőképessége többek között azon az elven alapul, hogy a vese sejtjeinek felszínén, valamint a csontsejtek felszínén található parathormon receptorok kevésbé működőképesek magas vér pH esetén, mivel ilyenkor nincs szükség a puffer mechanizmusok aktiválására, amik alacsonyabb vér pH esetén aktiválódnának. Emiatt a kalcium felszabadítása a vérbe a csontokból, illetve a vesék általi kalcium visszaszívás zavart szenved, nem tudja pótolni a hirtelen meginduló tejtermelés miatti megnövekedett Ca-igényt, a kalcium homeosztázis felborul, bekövetkezik a hipokalcémiás állapot [6]. Ebből arra következtethetünk, hogy a hipokalcémia kialakulásában jelentős szerepet játszhat a metabolikus alkalózis, amely miatt a szervezet nem képes kialakítani a megfelelő választ a parathormonra, nincs kalcium felszabadulás sem pedig a kalcium bélben történő aktív transzportjához szükséges  $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$  hormon termelése nem működik megfelelően (3. ábra). Az alacsony vagy negatív kation-anion különbség értékű étrend etetése a hipokalcémia előfordulását 50%-ról 30%-ra csökkentheti. Jelenlegi ajánlások szerint a -10 és -15 mEq/100 g közötti szárazanyagtartalmú étrend etetése a megfelelő, a várható ellés időpontja előtti 3 hétben [46]. A kálium bevitelt alacsonyan kell tartani az étrendben, a kloridot ennél kicsit magasabban, valamint a foszforra fontos még odafigyelni, hogy ne legyen magasabb, mint a takarmány 0,35%-a, ugyanis a magas foszfortartalmú takarmány gátló hatással van a vese általi D-vitamin aktiválásra, ezzel csökkentve a kalcium és foszfor felszívódását a bélből. Lényeges dolog továbbá, hogy az állat minél előbb érje el a maximális mértékű szárazanyag-felvételét, hogy pótolni tudja a meginduló tejtermelés során felhasznált Ca-ot [2, 47].



3.ábra: A hipokalcémia következménye és a DCAD alkalmazása. Ha a diéta során az állat sikeresen enyhe acidózis állapotába kerül, a PTH hatékonyan serkenti az 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> termelését, ami fokozott bélrendszeri kalcium abszorpciót és fokozott csont kalcium reszorpciót eredményez. Magas DCAD esetén metabolikus alkalózis lesz, amely esetében a szövetek kevésbé lesznek érzékenyek a PTH-ra.[48]

Másik fontos dolog a megelőzés során az Ca és P (foszfor) tartalom változtatása az étrendben az ellés előtt [49]. Vizsgálatokból kimutatható volt, hogy az ellés előtti alacsony Ca tartalmú takarmány vagy a Ca és P arányának 2:1 re való beállítása jelentősen csökkentette a hipokalcémia előfordulását az ellés után [50, 51]. A takarmányadag Ca tartalma lényegesebb tényező, mint a Ca:P arány, a napi kalcium bevitelt 20 g alatt érdemes tartani a kívánt hatás elérése érdekében [45]. A takarmány Ca-tartalmának alacsony szinten tartása csökkenti a vér Ca-koncentrációját, ami a PTH szekréciót serkenti, ezáltal serkenti az osteoclastok általi csontreszorpciót, illetve az 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> termelődését a vesében. Hazánkban a legelterjedtebb még mindig a hagyományos, alacsony Ca-tartalmú előkészítő takarmányozás, amelynek lényege, hogy az ellés előtti néhány hétben kerülnek a magas Ca-tartalmú takarmányokat, mint a lucerna széna, lucerna szenázs [6, 51].

Egyéb megelőzési stratégiák közé tartozhat a D-vitamin vagy a D-vitamin metabolitjainak alkalmazása az ellés előtt. A D-vitamin aktív formája, a már említett 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>, a vesében termelődik. Mivel a D-vitamin elengedhetetlen a kalcium bélben való

felszívódásához, ezért logikus lépésnek tűnne ennek az adása, azonban ez nem terjedt el, mivel gátolja a vese által termelt aktív forma előállítását. Azok az állatok, amelyek D<sub>3</sub>-vitamint vagy egyéb metabolitokat kaptak, később képtelenek voltak az 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> termelésére, és ezáltal kevésbé tudtak felépülni a hipokalcémiából. Ugyanez a helyzet az ellés előtt alkalmazott kalcium készítmények alkalmazásával, melyekkel felborítjuk az állatok kalcium homeosztázisát, csökken a PTH elválasztás így ellés után nem képesek kellően reagálni a megnövekedett Ca igényre, nem lesz elegendő PTH elválasztás és ezáltal hiába lettek feltöltve előzetesen az állat Ca raktárai, azok felszabadulása a vérbe gátolt lesz [47, 51].

#### 2.6.2 Ellés után alkalmazható készítmények

Az ellést követő időszakban a hirtelen jelentkező kalciumhiányt részben, változó hatékonysággal orvosolhatjuk kalcium tartalmú készítményekkel, ez azonban sokszor igen időigényes és költséges lehet. Kalciumsókat lehet alkalmazni szubkután vagy intravénás módon, beadhatóak kalciumpaszták vagy magas kalciumtartalmú bólusok szájon át, illetve itatható kalcium-propionát az állattal. A klinikai hipokalcémiában szenvedő állatok kezelésére intravénás kalcium-glükonát tartalmú készítmény alkalmazandó, ugyanezt szubklinikai hipokalcémia megelőzésére adhatjuk szubkután. formában. Az intravénás alkalmazás során mindenképpen legyünk tekintettel a készítmény ún. „rebound-hatására”, amely a vér kalciumkoncentrációjának hirtelen csökkenését eredményezheti a beadást követő néhány óra elteltével [52]. Intravénás alkalmazás esetén így mindenképpen próbáljuk valamilyen tartós kalciumforrással is kiegészíteni a kezelésünket. Szubklinikai hipokalcémia esetén tehát főleg szájon át vagy szubkután alkalmazandó készítményeket használjunk. Alkalmazható kalcium-klorid tartalmú készítmény, melynek előnye, hogy savasít, így a tehén saját kalciumraktárainak felszabadítását is támogatja, azonban irritálhatja a szájnyálkahártyát. Kimutatható, hogy az ellés után alkalmazott kalcium-klorid készítmények csökkentik a hipokalcémia és az oltógyomor helyzetváltozás előfordulásának gyakoriságát [53]. A kalcium-propionát hasonlóan jó felszívódású, jól hasznosuló készítmény. Számos készítményt találhatunk a piacon, amely bólusban tartalmaz gyorsabb és lassabb felszívódású kalciumforrásokat is, ezeket szükség szerint alkalmazhatjuk, akár állandó protokoll részeként, akár egy működő monitoring rendszerben egyedi kezelések során [2].

Összességében nézve a megelőzési stratégiákat, a legfontosabb a negatív DCAD éntrend beállítása és az alacsony Ca-tartalmú takarmányozás. Az ellés után alkalmazott

kalciumkiegészítés azokban az esetekben lehet releváns és szükségszerű, ha az ellés előtti előkészítés nem volt ideális. valamint a többször ellett, idősebb tehének esetében is célszerű lehet ez a fajta kiegészítő kezelés, mivel náluk sokkal magasabb az előfordulási aránya a szubklinikai hipokalcémiának [6].

### 3 CÉLKITŰZÉSEK

A célkitűzésünk az volt, hogy egy nagylétszámú tejtermelő szarvasmarha állományban felmérjük a hipokalcémia prevalenciáját és különböző szempontok szerint megvizsgáljuk azt. A hipokalcémia megállapításhoz a vér iCa koncentrációjának értékét használtuk. Megvizsgáltuk a vér iCa koncentrációjának változását laktációs szám szerinti bontásban, az idő függvényében az ellést követő 0.-7. napig. Megvizsgáltuk az iCa értékek eloszlását, illetve összevetettük a hipokalcémiás és normokalcémiás csoportba tartozó egyedek iCa koncentrációinak átlagát.

### 4 ANYAG ÉS MÓDSZER

#### 4.1 A vizsgálat helye, ideje, a kísérletbe vont állatok

A vizsgálatot egy Jász-Nagykun-Szolnok Vármegyében található nagylétszámú (534 tehén) tejelő szarvasmarha telepen végeztük. A mintavételezés 2023 nyarán zajlott, a mintákat reggeli etetést követően vettük. A vizsgálatba 69, frissen ellett (ellés + 0-7 nap), holstein-fríz fajtájú, klinikailag tünetmentes egyedeket vontunk be.

A 2020-ban beüzemelt kötetlen rendszerű, pihenőboxos istálló acélszerkezetes, nyitott tetőgerinccel, az időjárásnak megfelelően mozgatható, automatikus vezérlésű oldalfüggönnyel rendelkezik. A tehének pihenőboxában vízágyas matrac található, a közlekedő betonfelületeket mindenhol gumiborítással látták el. Az istállóban továbbá a mindenkor aktuális hőérzeti index (Temperature Humidity Index, THI) alapján vezérelt ventilációs rendszer, intelligens led megvilágítás, illetve takarmány-visszatoló robot biztosítja az ideális körülményeket.

A fejés teljesen automatizált, szabad tehénforgalmú fejőrobotos rendszerű, SAC RDS Futureline Elite típusú fejőrobotokkal, 4 duplaboxos elrendezésben történik. A vizsgálat idején a fejési átlag 37,5 kg, a tejsír 3,8%, a tejfehérje 3,3% volt. Az állatok naponta átlagosan 2,8-szor voltak megfejve.

Az ún. részleges takarmánykeverék (Partially Mixed Ration, PMR) takarmány kiosztása RMH Vulkán 16 típusú önjáró takarmánykeverő-kiosztó géppel történt, naponta 2-szer. A laktáció ideje alatt a napi abrakszükséglet egy részét a fejőrobotokban biztosították az állatok számára. A napi takarmányadagot az 1. sz. melléklet tartalmazza. A szárazra állítás átlagosan a vemhesség 220. napján történik. Az előkészítő csoportba a várható ellés előtt 3 héttel kerülnek az állatok. Az előkészítő takarmány összetételét a 2. sz. melléklet, a szárazonálló és vemhes üsző takarmány összetételét a 3. sz. melléklet tartalmazza.

A termelő istállóba az ellés napján vagy az azt követő napon kerülnek át, ilyenkor 4 napig a tejuket elkülönítik. Az állatok az ellés körüli időszakban nem kaptak semmilyen kalcium tartalmú kiegészítő állatgyógyászati készítményt vagy kiegészítő takarmányt. A telepen hagyományos, alacsony kalcium tartalmú előkészítő takarmányozás van.

## 4.2 A kísérleti protokoll

A vizsgálati időszakban megálló tehenekből az elléshez viszonyított

- a) 0-24.,
- b) 25-48.,
- c) 49-72. óra időszakban és a
- d) 7. napon

vérmintákat vettünk.

A vizsgálatba vont klinikailag egészséges állatokból a mért változók elemzéséhez két csoport kerül kialakításra a vér ionizált kalcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) koncentrációja alapján. A tehenek a hipokalcémiás csoportba kerültek, ha a vér  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrációja  $<1,06$  mmol/l, illetve a normokalcémiás csoportba, ha a  $\text{Ca}^{2+} \geq 1,06$  mmol/l volt [44]. Ha a vizsgált időszakban a hipokalcémia feltétele egyszer is teljesült, az állat a hCa csoportba került.

A mintavételek a reggeli etetés után 2 órával történtek. Az állatokat a szakmai szabályok betartásával egyedi, nyakrögzítővel felszerelt kezelőállásokban rögzítettük a mintavétel idejére.

Az állatokat szemrevételeztük és megállapítottuk a testkondíció (body condition score, BCS)- és a bendőteltségi (rumen fill score, RFS) pontszámot. A 7. napon végzett vizsgálatot kiegészítettük mozgáskép pontozással (locomotion score, LCS) is.

Ezt követően rektális testhőmérséklet mérést végeztünk (4.ábra).

Amennyiben az állatokon valamilyen klinikai megbetegedést



4.ábra: rektális hőmérséklet mérése



észleltünk, annak tényét és a kezelés módját rögzítettük és amennyiben indokolt volt, döntöttünk az állatok kísérletből történő kizárásáról.

Alkalmanként 9 ml és 2 ml vérmintát vettünk egy tehéntől a *v. epigastrica superficialis*, 15G ½ méretű egyszer használatos injekciós tűvel történő punkciójával. A véralvadás gátlása érdekében a vér felfogására használt egyszerhasználatos műanyag vércsővet 2 mikroliter Na-heparinnal preparáltuk. A vérgáz és elektrolit vizsgálatához gyűjtött vért 2 ml űrtartalmú SARSTEDT Monovette® egyszer használatos, liofilizált kalcium-ion kiegyensúlyozott heparinnal preparált injekciós fecskendőbe fogtuk fel. A mintákat óvatos átforgatások révén összekevertük a véralvadásgátló szerrel, majd 4 °C-os hűtőboxba helyeztük a további vizsgálatig. A vérgáz és elektrolit vizsgálat a mintavételtől számított 30-60 percnyi időn belül megtörtént. A fecskendőkből a légbuborékokat a mintavétel után először eltávolítottuk, majd a fecskendőket óvatosan szintén átforgattuk és ügyeltünk arra, hogy a fecskendő kónuszában alvadésgátolt vér legyen, mielőtt lezártuk és a hűtőtáskába helyeztük.

A vérgáz- és elektrolit analízátorral (iSmart Care 10, iSENS Inc., Dél-Korea) történő helyszíni vizsgálatához az alvadásban gátolt teljes vért használtuk fel. A vérmintát speciális, szűrővel ellátott mikroküvetébe töltöttük, amelyből az analízátor automatikusan szivattyúzza ki a méréshez szükséges mennyiséget (5. ábra). A készülékben a mérés megkezdése előtt rögzítettük a tehén azonosító számát 1234 (tehén ID)-MMDD (dátum)-CAB formátumban és a mintavételkor mért rektális testhőmérsékletét. A berendezés kvantitatív módon megméri a minta kémhatását (pH), oldott szén-dioxid parciális nyomás (pCO<sub>2</sub>), oldott oxigén parciális nyomás (pO<sub>2</sub>), nátrium ion (Na<sup>+</sup>), Kálium-ion (K<sup>+</sup>), kalcium-ion (Ca<sup>2+</sup>), klorid-ion (Cl<sup>-</sup>), glükóz (Glu), laktát (Lac) koncentrációját, valamint hematokrit (Hct) értékét, illetve számítással meghatározza a hőmérsékletre korrigált kémhatás (pH(T)), hőmérsékletre korrigált parciális szén-dioxid nyomás (pCO<sub>2</sub>(T)), hőmérsékletre korrigált parciális oxigén nyomás (pO<sub>2</sub>(T)), a vér teljes szén-dioxid tartalma (ctCO<sub>2</sub>), cHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, standard bikarbonát (cHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(std)), standard bázisfelesleg (BE(ecf)), aktuális bázisfelesleg (BE(B)), anion rés (AnGap), vér hemoglobin koncentráció (ctHb), pH 7,4-re korrigált kalcium-ion (Ca<sup>2+</sup>(7.4)), pO<sub>2</sub>(A-a), a hemoglobin oxigén telítettsége (sO<sub>2</sub>) értékeit.



5. ábra: az iSmart Care 10 vérgáz- és elektrolit analizátor működés közben, illetve a mikroküvetébe töltött vérminta

#### 4.3 Az eredmények statisztikai értékeléséhez használt módszerek

A minták eloszlásának értékeléséhez a Shapiro-Wilk tesztet és a D'Agostino and Pearson's tesztet használtuk. Ezt hisztogram, illetve QQ-plot segítségével ábrázoltuk. Mivel a vizsgált változó nem mutatott normál eloszlást, így a továbbiakban Kruskal-Wallis H-tesztet használtunk annak megállapítására, hogy a különböző mintavételeken belül az egyes csoportok között van-e szignifikáns különbség. A hipokalcémiás, normokalcémiás, illetve első laktációs és többször ellett tehének iCa koncentráció átlagai összehasonlításának szemléltetésére oszlopdiagramot és box-chartot használtunk. A statisztikai elemzések és ábrák Jupyter notebook (<https://jupyter.org/>) környezetben készültek.

## 5 EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉSÜK

A kísérlet során 22 első laktációs és 47 többször ellett, összesen 69 tehénből az ellést követő 0-7. napokon vett, összesen mintegy 266 vérmintát vizsgáltunk meg. Megmértük a vér iCa koncentrációját, és azokat az állatokat tekintettük hipokalcémiásnak, amelyeknek a vér iCa koncentrációja legalább az egyik mintavételi időpontban iCa <1,06 mmol/l volt. A hipokalcémia előfordulási gyakoriságát vizsgáltuk.

### 5.1 A szubklinikai hipokalcémia prevalenciája különböző laktációs számú tehenek esetében

A vizsgálatunkban összehasonlítottuk a szubklinikai hipokalcémia prevalenciáját az első laktációsok és többször ellett tehenek esetében. Az általunk megvizsgált első laktációjukat kezdő teheneknél a szubklinikai hipokalcémia prevalenciája alacsonyabb, mint a többször ellett tehenek esetében (1. táblázat).

*1. táblázat*

*A szubklinikai hipokalcémia prevalenciája a vizsgált tehenekben, az első laktáció esetén, illetve a többször ellettekben*

Laktáció száma	Prevelencia érték (%)	Hipokalcémiás egyed (db)	Összes egyed (db)
Első laktációs	36,36	8	22
Többször ellett	68,08	32	47

Ezt követően meghatároztuk a szubklinikai hipokalcémia prevalenciáját az egyes laktációkban a vér iCa koncentrációja alapján. A vizsgálatunkban az első vagy második laktációjukat kezdő tehenek esetében a szubklinikai hipokalcémia prevalenciája jelentősen alacsonyabb volt, mint a harmadik vagy magasabb laktációs számú tehenek esetében (2. táblázat).

2. táblázat

A szubklinikai hipokalcémia prevalenciája a vizsgált állományban, különböző laktációs számok szerinti bontásban

Laktáció száma	Prevelencia érték (%)	Hipokalcémiás egyed (db)	Összes egyed (db)
1.	36,36	8	22
2.	33,33	4	12
3.	78,95	15	19
4.	80	12	15
5.	100	1	1

5.2 Az iCa értékek átlaga, szórása a normo- és szubklinikai hipokalcémiás egyedek esetében

Összehasonlítottuk az összes vizsgálatba vont, a normokalcémiás ( $iCa \geq 1,06$  mmol/l), illetve a szubklinikai hipokalcémiás ( $iCa < 1,06$  mmol/l) egyedek iCa értékeinek átlagát, illetve szórását (3.táblázat).

1. táblázat

A vizsgálatban résztvevő összes, normokalcémiás ( $iCa \geq 1,06$  mmol/l), illetve hipokalcémiás ( $iCa < 1,06$  mmol/l) tehén iCa koncentráció átlagának és szórásának összehasonlítása

Csoport	iCa átlag (szórás) [mmol/l]
Összes	1,08 ( $\pm 0,11$ )
Normokalcémiás	1,15 ( $\pm 0,05$ )
Hipokalcémiás	1,03( $\pm 0,12$ )

A következő vizsgálatban a tehenek iCa értékeinek átlagát hasonlítottuk össze laktációs szám szerinti bontásban. Az állatokat további csoportokra osztottuk aszerint, hogy normakalcémiásak ( $iCa \geq 1,06$ ), vagy hipokalcémiásak ( $iCa < 1,06$ ) voltak (4.táblázat).

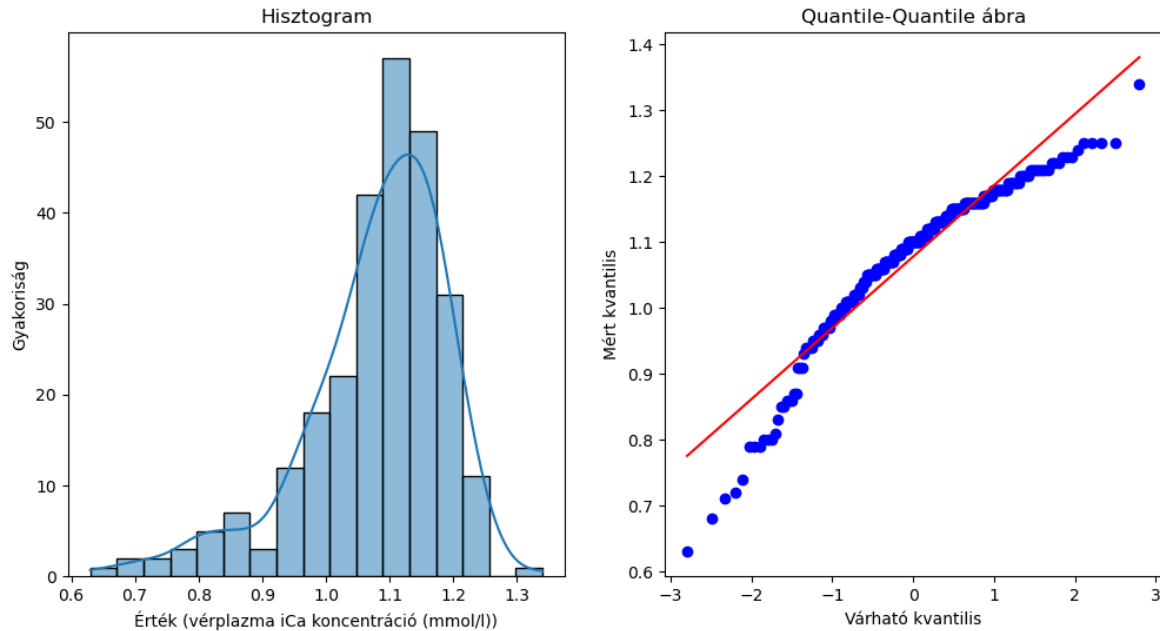
4.táblázat

*A vizsgálatban résztvevő összes egyed, normokalcémiás egyed ( $iCa \geq 1,06$  mmol/l), illetve hipokalcémiás egyed ( $iCa < 1,06$  mmol/l) iCa értéke átlagának összehasonlítása laktációs szám szerinti bontásban*

Csoport	iCa átlag (szórás) [mmol/l]
<b>1. laktációs összes egyed</b>	1,11( $\pm 0,08$ )
1. laktációs normokalcémiás egyedek	1,15( $\pm 0,05$ )
1. laktációs hipokalcémiás egyedek	1,05( $\pm 0,09$ )
<b>2. laktációs összes egyed</b>	1,12( $\pm 0,08$ )
2. laktációs normokalcémiás egyedek	1,15( $\pm 0,04$ )
2. laktációs hipokalcémiás egyedek	1,07( $\pm 0,10$ )
<b>3. laktációs összes egyed</b>	1,05( $\pm 0,14$ )
3. laktációs normokalcémiás egyedek	1,16( $\pm 0,06$ )
3. laktációs hipokalcémiás egyedek	1,03( $\pm 0,14$ )
<b>4. laktációs összes egyed</b>	1,04( $\pm 0,12$ )
4. laktációs normokalcémiás egyedek	1,14( $\pm 0,03$ )
4. laktációs hipokalcémiás egyedek	1,01( $\pm 0,12$ )

### 5.3 Az iCa értékek eloszlásának vizsgálata

Shapiro-Wilk és a D'Agostino and Pearson's tesztekkel megvizsgálva az iCa koncentráció adatok nem mutatnak normál eloszlást (6. ábra)



6. ábra

*Az iCa értékek eloszlása hisztogram, illetve QQ-Plot segítségével ábrázolva. A minta nem normál eloszlású.*

Mivel az értékek nem mutattak normál eloszlást, ezért a továbbiakban Kruskal-Wallis H-tesztet használtuk az egyes csoportok értékeinek statisztikai összehasonlításra.

## 5.4 Az első laktációs és többször ellett tehenek statisztikai összehasonlítása

Elvégeztük a különböző mintavételek (A, B, C és D) esetén az első laktációs és többször ellett tehenek statisztikai összehasonlítását. A különböző betűk a mintavételek időpontját jelölik egy-egy egyed esetén, a következő módon:

- A: az ellést követő 0-24. óra időpontban történő mintavétel;
- B: az ellést követő 25-48. óra időpontban történő mintavétel;
- C: az ellést követő 49-72. óra időpontban történő mintavétel;
- D: az ellést követő 7. napon történő mintavétel.

Vizsgálatunk arra irányult, hogy megállapítsuk, van-e szignifikáns különbség ( $p < 0,05$ ) az első laktációs és többször ellett tehenek iCa koncentrációi esetében (5. táblázat). A vizsgálatból kiderül, hogy B mintavétel és D mintavétel esetében valószínűleg nincs szignifikáns különbség ( $p > 0,05$ ) az első laktációs és a többször ellett tehenek iCa koncentrációi esetében. Az A mintavétel és C mintavétel esetében, illetve az összes mintát együtt véve is valószínűleg van szignifikáns különbség ( $p < 0,05$ ) az első laktációs és többször ellett tehenek iCa koncentrációi esetében.

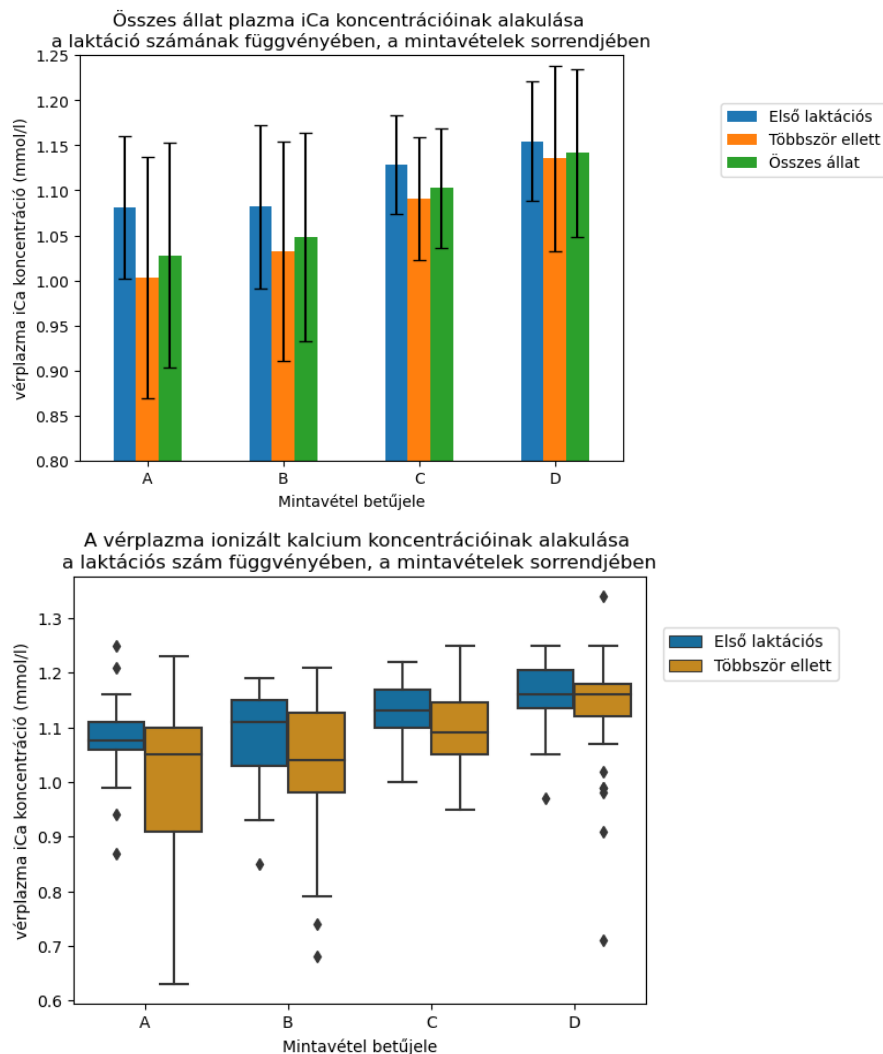
### 5. táblázat

*Az ellést követő időpontokban történő mintavételek (A: 0-24. óra, B: 25-48. óra, C: 49-72. óra, D: 7.napon) statisztikai összehasonlítása, illetve az összes mintavétel statisztikai összehasonlítása az első laktációs és többször ellett tehenek esetében.*

	A minta	B minta	C minta	D minta	Összes minta
Kruskal-Wallis H-érték	5,3728	2,2335	5,1067	0,3630	8,5643
p-érték	0,0205	0,1350	0,0238	0,5470	0,0034

## 5.5 A vér iCa koncentrációjának változása az idő függvényében

A következő vizsgálatunkban az első laktációs, többször ellett és az összes állat esetében hasonlítottuk össze az iCa értékeinek alakulását a különböző mintavételek során (7. ábra), az összehasonlításhoz a különböző csoportok iCa koncentrációinak átlagát használtuk. A vizsgálatunkból kiderül, hogy az első 24 órában történő (A) mintavételhez képest a következő mintavételek (B, C) során az iCa koncentrációk magasabbak voltak, és általában a 7. napon történő mintavétel során voltak a legmagasabb koncentrációban megtalálhatóak a vérben.

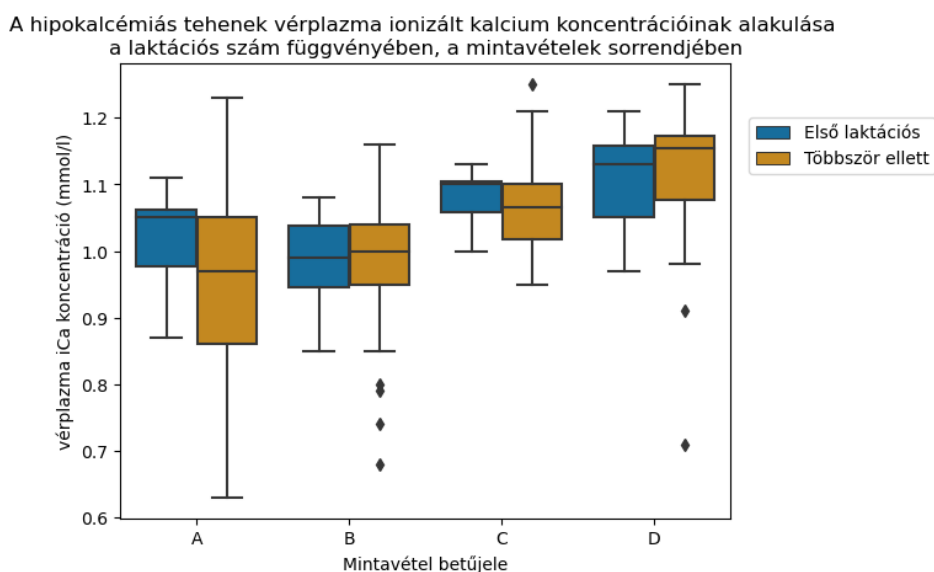
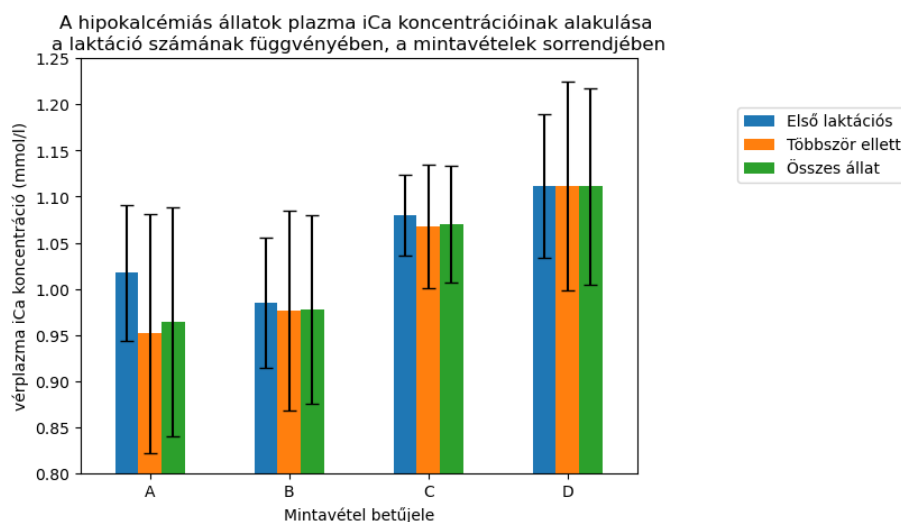


7. ábra

*Az iCa koncentrációk átlagának összehasonlítása az első laktációs, többször ellett és összes állat esetében a különböző mintavételek (A: 0-24 óra, B: 25-48 óra, C: 49-72 óra, D: 7.napon) szerinti sorrendben, két különböző módon ábrázolva*

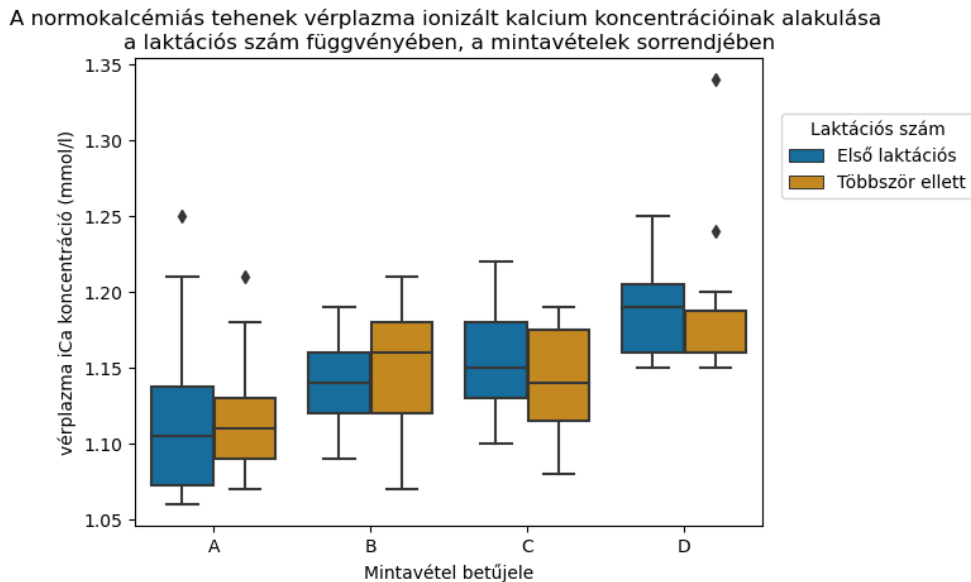
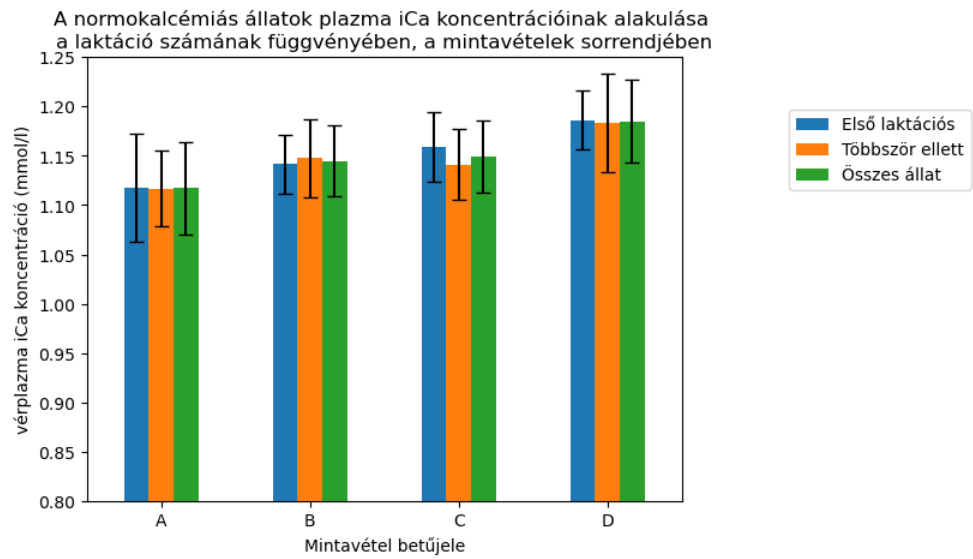


Ezt követően a hipokalcémiás ( $iCa < 1,06$ ) állatok  $iCa$  értékeinek átlagát hasonlítottuk össze az első laktációs, többször ellett és összes állat esetében, a különböző mintavételek során (8. ábra). Ugyanezt az összehasonlítást elvégeztük a normokalcémiás ( $iCa \geq 1,06$ ) állatok esetében is (9. ábra). Mindkét esetben megállapítható, hogy az  $iCa$  koncentrációk a vérben általában emelkedtek az első 24 órában végzett mintavételhez képest, és a 7. napon voltak a legmagasabb koncentrációban.



8. ábra

Az  $iCa$  koncentrációk átlagának összehasonlítása az első laktációs, többször ellett és összes állat esetében a különböző mintavételek (A: 0-24 óra, B: 25-48 óra, C: 49-72 óra, D: 7.napon) sorrendjében, a hipokalcémiás ( $iCa < 1,06$  mmol/l) csoportba tartozó egyedeknél, két különböző módon ábrázolva

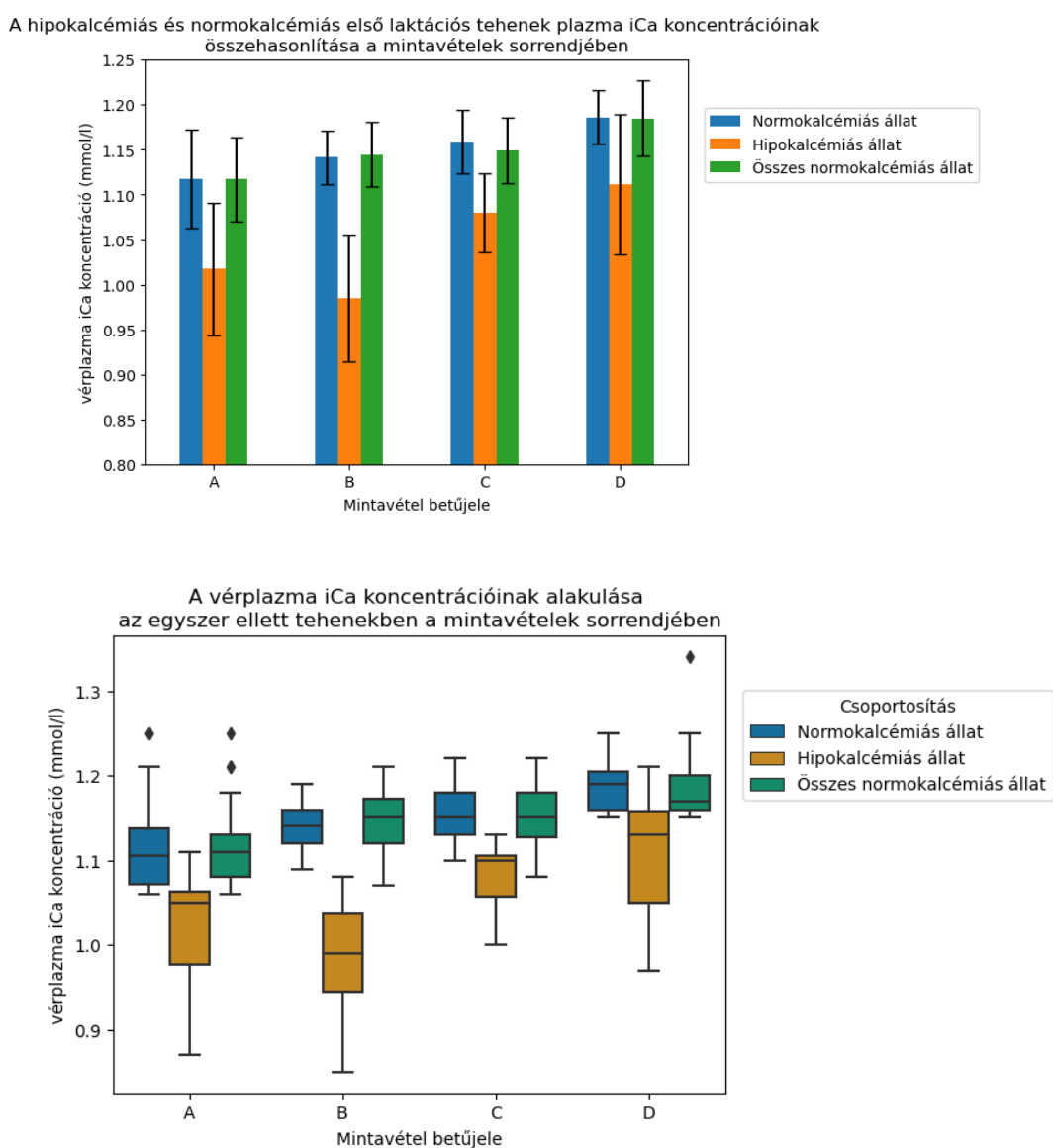


9. ábra

Az iCa koncentrációk átlagának összehasonlítása az első laktációs, többször ellett és összes állat esetében a különböző mintavételek (A: 0-24 óra, B: 25-48 óra, C: 49-72 óra, D: 7.napon) sorrendjében, a normokalcémiás ( $iCa \geq 1,06 \text{ mmol/l}$ ) csoportba tartozó egyedeknél, két különböző módon ábrázolva

## 5.6 A vér iCa koncentrációjának változása az idő függvényében a különböző laktációkban

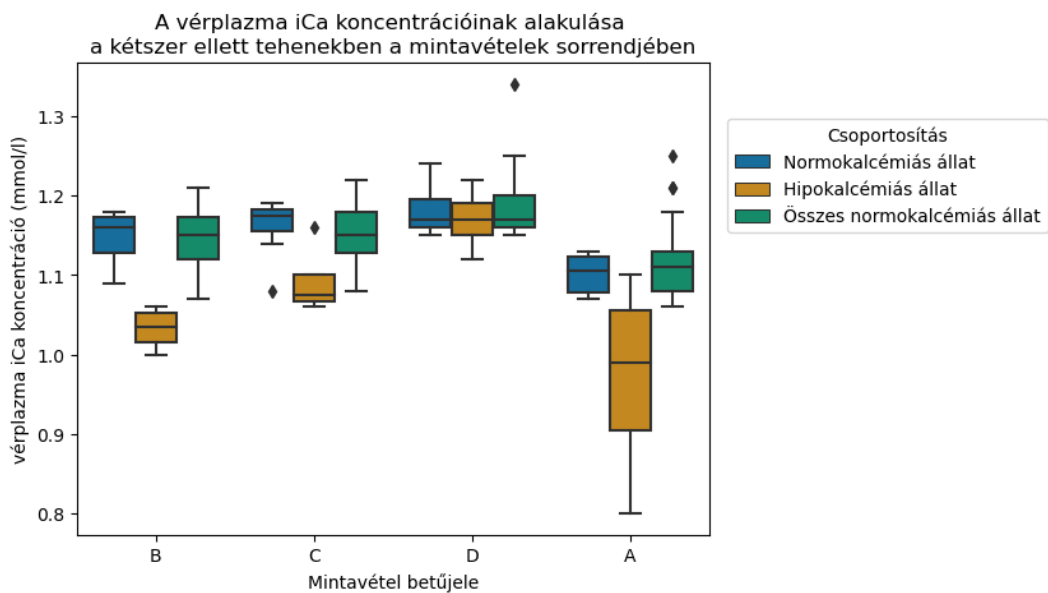
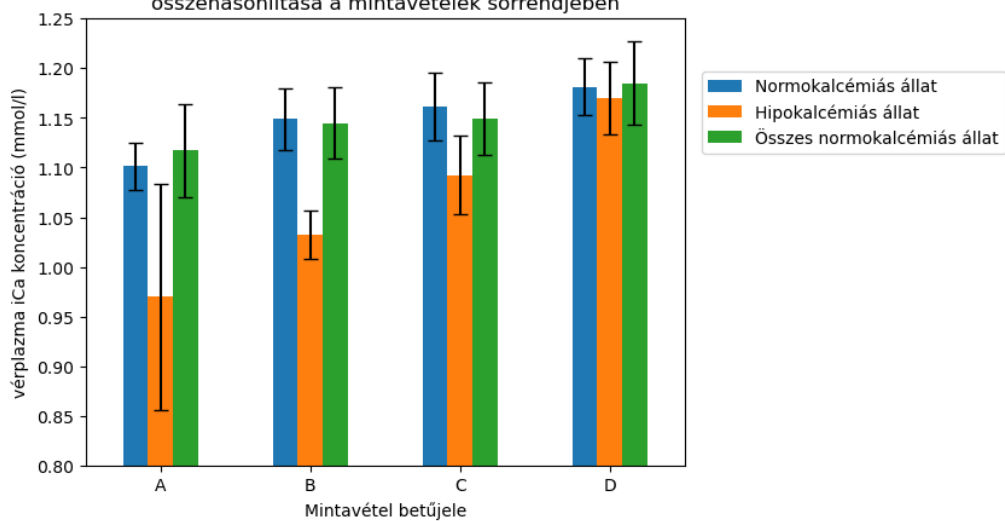
Megvizsgáltuk, hogy az idő függvényében hogyan változnak az egyes laktációkban a normokalcémiás ( $iCa \geq 1,06$  mmol/l) és a hipokalcémiás ( $iCa < 1,06$  mmol/l) állatok iCa koncentrációi az ellést követő időszakban (10.-14. ábra). A tendencia továbbra is az, hogy az iCa általában az első 24 órában veszi fel a legalacsonyabb értéket, majd ezután növekszik az értéke.



10. ábra

Első laktációs tehenek iCa koncentrációinak átlaga a különböző ellést követő mintavételekben, két különböző módon ábrázolva (A: 0-24 óra, B: 25-48 óra, C: 49-72 óra, D: 7. napon)

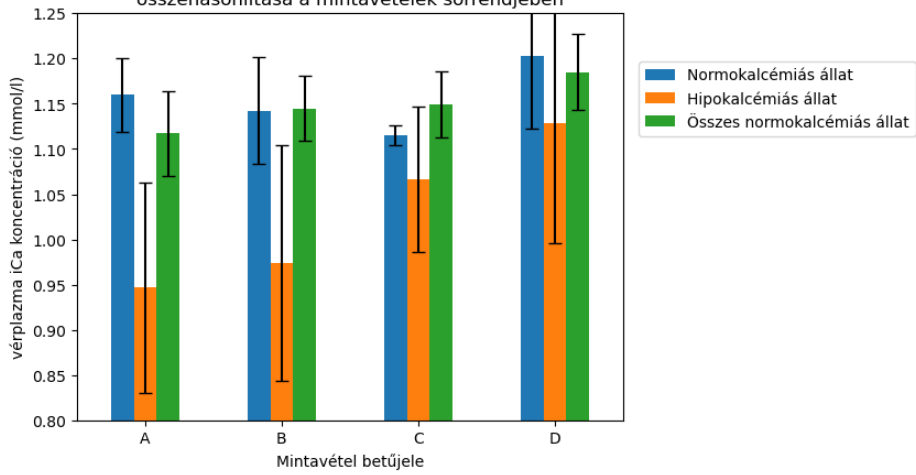
A hipokalcémiás és normokalcémiás második laktációs tehének plazma iCa koncentrációinak összehasonlítása a mintavételek sorrendjében



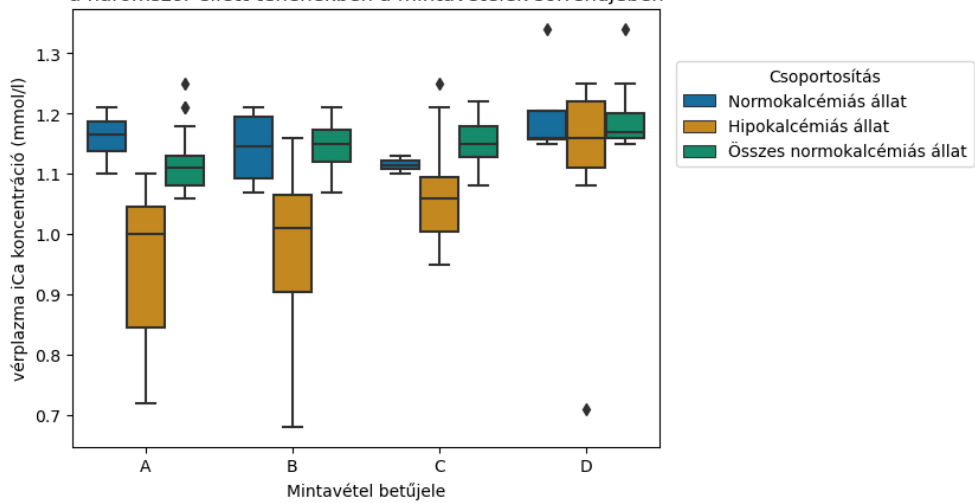
11. ábra

Kétszer ellett tehének iCa koncentrációinak átlaga a különböző ellést követő mintavételekben, két különböző módon ábrázolva (A: 0-24 óra, B: 25-48 óra, C: 49-72 óra, D: 7. napon)

A hipokalcémiás és normokalcémiás harmadik laktációs tehének plazma iCa koncentrációjának összehasonlítása a mintavételek sorrendjében



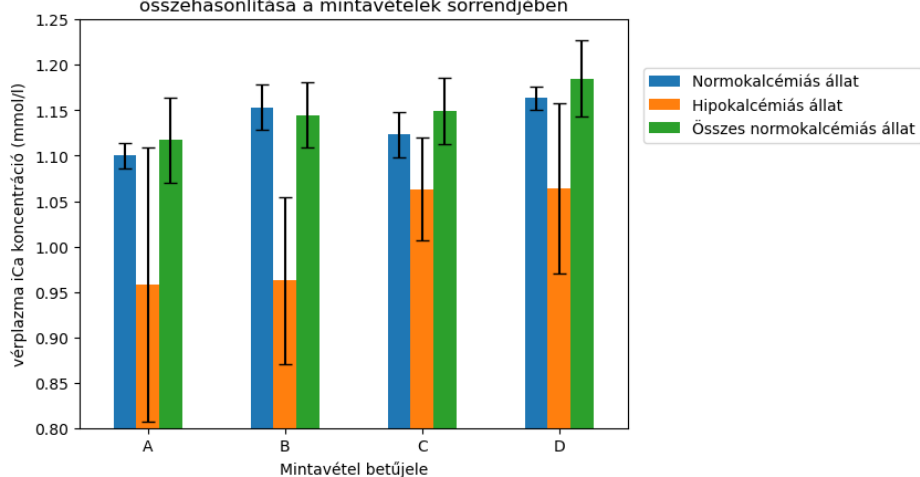
A vérplazma iCa koncentrációjának alakulása a háromszor ellett tehénekben a mintavételek sorrendjében



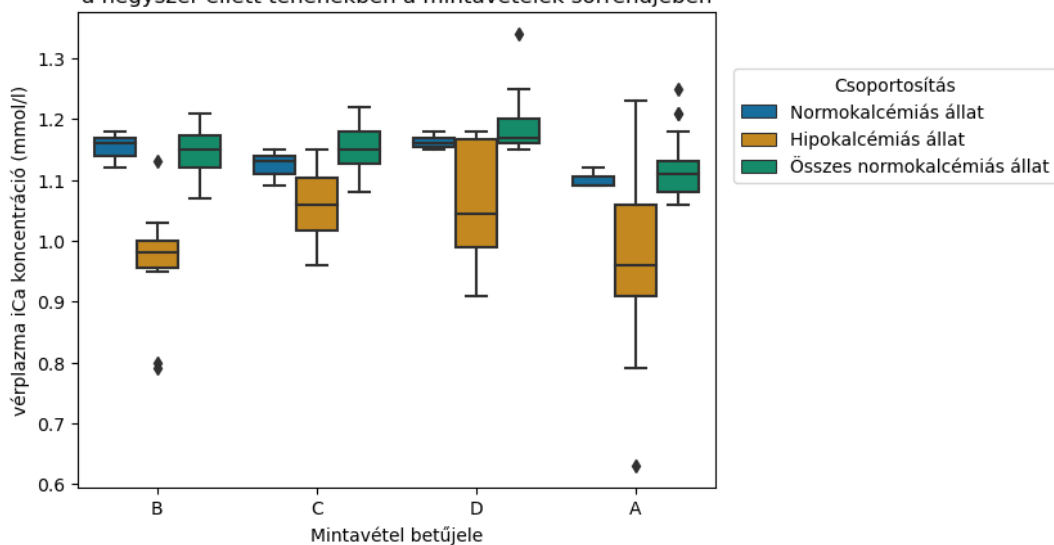
12. ábra

Háromszor ellett tehének iCa koncentrációjának átlaga a különböző ellést követő mintavételekben, két különböző módon ábrázolva (A: 0-24 óra, B: 25-48 óra, C: 49-72 óra, D: 7.napon)

A hipokalcémiás és normokalcémiás negyedik laktációs tehének plazma iCa koncentrációjának összehasonlítása a mintavételek sorrendjében



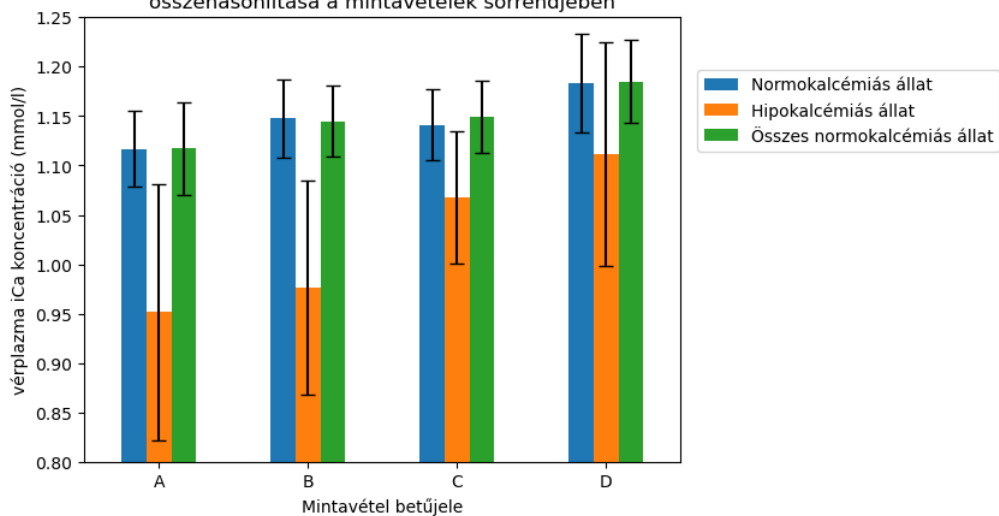
A vérplazma iCa koncentrációjának alakulása a négyyszer ellett tehénekben a mintavételek sorrendjében



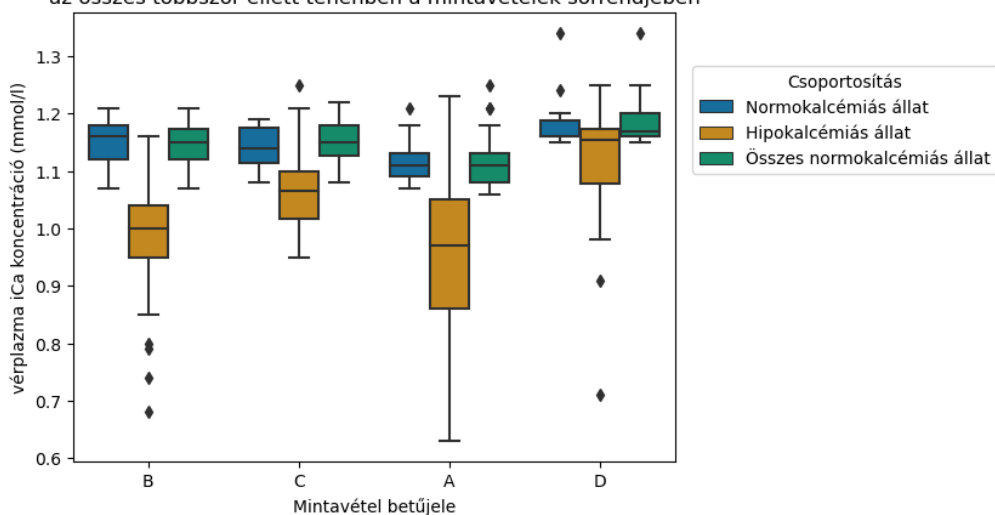
13. ábra

Négyyszer ellett tehének iCa koncentrációjának átlaga a különböző ellést követő mintavételekben, két különböző módon ábrázolva (A: 0-24 óra, B: 25-48 óra, C: 49-72 óra, D: 7.napon)

A hipokalcémiás és normokalcémiás többször ellett tehének plazma iCa koncentrációjának összehasonlítása a mintavételek sorrendjében



A vérplazma iCa koncentrációjának alakulása az összes többször ellett tehénben a mintavételek sorrendjében



14. ábra

Többször ellett tehének iCa koncentrációjának átlaga a különböző ellést követő mintavételekben, két különböző módon ábrázolva (A: 0-24 óra, B: 25-48 óra, C: 49-72 óra, D: 7.napon)

## 6 KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálatunk célja az volt, hogy egy magyarországi tejtermelő szarvasmarha telepen a vérplazma ionizált kalcium koncentrációjának meghatározásával felmérjük a szubklinikai hipokalcémia előfordulási gyakoriságát a frissen ellett tehenek esetében.

Az általunk vizsgált állatok esetében a szubklinikai hipokalcémia prevalenciája az összes egyedre nézve magas, összesen 57,97% volt. Ez az előfordulási arány hasonló a mások által korábban közölt értékekhez. Reinhardt és munkatársai (2011) vizsgálatuk során összes kalciumot (tCa) mértek a vérből és megállapították, hogy 2,0 mmol/l határérték mellett 47% volt a szubklinikai hipokalcémia előfordulása [29]. Rodríguez és munkatársai (2017) szintén 1,98 és 2,1 mmol/l közötti tCa koncentrációnál állapítottak meg szubklinikai hipokalcémiát, és így 78% volt a prevalencia [35]. A különböző eredmények vélhetően a vizsgált állományok közötti különbségeknek, a különböző kísérleti elrendezéseknek, illetve az egyes kísérletekre jellemző további sajátosságoknak köszönhető.

Vizsgálatunkban az első laktációs teheneknél kisebb arányban (36,36%) fordult elő a szubklinikai hipokalcémia, mint többször ellett tehenek (68,08%) esetében. Ez összhangban van számos korábbi tanulmány eredményével. Rodríguez és munkatársai (2017) az első laktációs tehenek 14,3%-ánál, a többször ellett tehenek 85%-ánál állapítottak meg szubklinikai hipokalcémiát [35]. Reinhardt és munkatársai (2011) az első ellés után 25%-ban, a többször elletteknél 47%-ban állapították meg a szubklinikai hipokalcémia előfordulását [29].

Megvizsgáltuk egyes laktációs számok szerinti csoportosításban is a teheneket. Ebből kiderült, hogy a laktációs számok emelkedésével a prevalencia nő és a 3. és attól magasabb laktációs számú tehenek esetében a szubklinikai hipokalcémia prevalenciája jelentősen magasabb (első laktációtól az ötödik laktációig 36,36%, 33,33%, 78,95%, 80%, 100%) (2. táblázat). Ez szintén egybe vág korábbi tanulmányok eredményével. Venjakob és munkatársai (2017) vizsgálatuk során  $tCa < 2,0$  mmol/l határértéket állapítottak meg a szubklinikai hipokalcémiára, és a vizsgálat szintén a prevalencia emelkedését mutatta a laktációs számok emelkedésével [34].

A mintavételi napokat illetően általánosságban elmondható, hogy az elléstől számított első 24 órában (A) történő mintavétel során mért iCa koncentrációk alacsonyabbak, mint az idő előrehaladtával (B, C) történő mintavételek során mért iCa koncentrációk, és általában a 7. napi mintavétel során kaptuk a legmagasabb értékeket. Ez igaz a hipokalcémiás, illetve a normokalcémiás állatok esetében is. Korábbi tanulmányok is igazolják, hogy az ellést



követően a kezdeti kalcium-hiány az ellést követő napokban rendeződhet [8]. Ebből arra következtethetünk, hogy a hirtelen meginduló tejtermelés miatt fellépő kalcium hiányra reagálva a szervezet elindítja a kompenzációs folyamatokat és ezzel a legtöbb tehen sikeresen képes ellensúlyozni a megnövekedett kalcium szükségletet. A vizelettel történő kalcium kiválasztás csökkentésére, a kalcium bélből történő felszívódásának növelésére és a csontszövetből történő kalcium reszorpció növelésére irányuló mechanizmusok azonban megközelítőleg 48 órát vesznek igénybe [34]. Ezek a folyamatok tehát képesek rendezni a Ca-homeosztázist, azonban az ellés után fellépő túlzott mértékű kalcium hiányt, amely már szubklinikai hipokalcémiát okoz, megfelelő előkészítő takarmányozás vagy ellést követő kalcium pótlás hiányában a szervezet nem mindig képes kompenzálni. Ekkor következhetnek be a különböző ellés utáni betegségek, mint a masztitisz, magzatburok visszatartás, méhgyulladás, oltógyomor helyzetváltozás és egyéb anyagcserével kapcsolatos megbetegedések [2].

A különböző mintavételi időpontokat (A, B, C, D) megvizsgálva az első laktációs és többször ellett tehenek iCa koncentrációi között változó arányban volt szignifikáns különbség. Az összes mintát együtt vizsgálva az első laktációsok és a többször ellettek között szignifikáns különbség van ( $p < 0,05$ ). Rodríguez és munkatársai (2017) szintén kimutatták vizsgálatuk során, hogy az első laktációs állatoknál magasabbak a Ca koncentrációk ( $p < 0,001$ ), mint a többször ellett tehenek esetében [35].

Összességében tehát az általunk vizsgált teheneknél magasnak mondható a szubklinikai hipokalcémia előfordulása, főleg a többször ellett tehenek esetében. Ebből levonhatjuk a következtetést, miszerint a megvizsgált állományban is javasolható a folyamatos hipokalcémia monitoring beillesztése az állomány egészségügyi menedzsmentbe, és a hipokalcémia előfordulásának gyakoribbá válása esetén az előkészítő, és az ellés utáni takarmányozás felülvizsgálata megoldásként szolgálhat, hogy megelőzzük a kalcium egyensúly kóros felborulását eredményező anyagcsere zavart. A vér ionizált kalcium koncentrációjának meghatározása az ellést követő napokban egy hatékony, magas diagnosztikai értéket képviselő módszere lehet a hipokalcémia monitoringjának. A hipokalcémia leghatékonyabban az ellést követő napon diagnosztizálható, elsősorban többször ellett tehenekben.

## 7 ÖSSZEFOGLALÁS

A hipokalcémia az egyik leggyakoribb ellés körüli betegség tejtermelő szarvasmarhák esetében. A klinikai hipokalcémia, amely specifikus klinikai tünetekkel jár, viszonylag ritkán, 2-3%-ban fordul elő a nagylétszámú tejelő szarvasmarha telepeken. Ezzel szemben a szubklinikai, specifikus tünetekkel nem járó hipokalcémia előfordulása jelentős. Első laktációs teheneiben 25% körüli értéket mutat, míg a többször ellett teheneiben 50% körül is lehet az előfordulása. A hipokalcémia nagy mértékben hozzájárul további, az ellés körüli időszakban jelentkező betegségek kialakulásához. Olyan betegségekre hajlamosíthat, mint a nehézellés, magzatburok visszamaradás, méhgyulladás, oltógyomor helyzetváltozás, ketózis, masztitisz. A folyamatos állomány szintű nyomon követése kiemelten fontos feladat a tejtermelő szarvasmarha állományok állományegészségügyi monitoring vizsgálataiban.

A monitoringvizsgálat során célszerű ionizált kalciumot mérni, ha erre lehetőségünk van. Ez az a formája a kalciumnak a szervezetben, amely azonnal rendelkezésre áll, és amely a legjobban tükrözi az állat Ca-háztartását.

Vizsgálatunkban ionizált kalcium mérést használtunk, hogy felmérjük egy hazai tejtermelő szarvasmarha állományban a hipokalcémia előfordulását az ellést követő napokban. Eredményeink azt mutatták, hogy az első laktációsok esetében 36,36%-os volt az előfordulás, míg többször ellett állatok esetében 68,08%. Az előfordulási gyakoriságot laktációs szám szerint is megvizsgáltuk, amely azt mutatta, hogy a 3. laktációtól a laktációs számok emelkedésével a hipokalcémia előfordulási gyakorisága is növekszik.

Ezek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a vizsgált állományban érdemes lehet bevezetni a hipokalcémia monitoring vizsgálatot az állomány egészségügyi menedzsmentbe.

## 8 IRODALOMJEGYZÉK

1. Weaver SR, Laporta J, Moore SAE, Hernandez LL (2016) Serotonin and calcium homeostasis during the transition period. *Domest Anim Endocrinol* 56:S147–S154. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2015.11.004>
2. McArt J (2019) Being a Mom is Hard : Calcium Demands of Early Lactation Dairy Cows. *WCDS Adv Dairy Technol* 31: 178-182
3. Caixeta LS, Ospina PA, Capel MB, Nydam DV (2015) The association of subclinical hypocalcemia, negative energy balance and disease with bodyweight change during the first 30 days post-partum in dairy cows milked with automatic milking systems. *Vet J* 204:150–156. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.01.021>
4. Leclerc H, Block E (1989) Effects of reducing dietary cation-anion balance for prepartum dairy cows with specific reference to hypocalcemic parturient paresis. *Can J Anim Sci* 69:411–423. <https://doi.org/10.4141/cjas89-046>
5. Goff JP, Horst RL, Mueller FJ, Miller JK, Kiess GA, Dowlen HH (1991) Addition of chloride to a prepartal diet high in cations increases 1,25-dihydroxyvitamin D response to hypocalcemia preventing milk fever. *J Dairy Sci* 74:3863–3871. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78579-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78579-2)
6. Goff JP (2008) The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Vet J* 176:50–57. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.020>
7. Rude RK (1998) Magnesium deficiency: a cause of heterogeneous disease in humans. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res* 13:749–758. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1998.13.4.749>
8. Couto Serrenho R, DeVries TJ, Duffield TF, LeBlanc StephenJ (2021) Graduate Student Literature Review: What do we know about the effects of clinical and subclinical hypocalcemia on health and performance of dairy cows? *J Dairy Sci* 104:6304–6326. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19371>
9. DeGaris PJ, Lean IJ (2008) Milk fever in dairy cows: a review of pathophysiology and control principles. *Vet J Lond Engl* 1997 176:58–69. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.029>
10. Oetzel GR (1988) Parturient paresis and hypocalcemia in ruminant livestock. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 4:351–364. [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)31053-7](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)31053-7)
11. Kelton DF, Lissemore KD, Martin RE (1998) Recommendations for recording and calculating the incidence of selected clinical diseases of dairy cattle. *J Dairy Sci* 81:2502–2509. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)70142-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)70142-0)
12. Ohfuji S (2019) Pathological evaluation of thigh muscle, sciatic nerve, and spinal cord in downer cow syndrome with emphasis on the prognostic significance. *Comp Clin Pathol* 28:117–127. <https://doi.org/10.1007/s00580-018-2804-4>
13. Chapinal N, Carson ME, LeBlanc SJ, Leslie KE, Godden S, Capel M, Santos JEP, Overton MW, Duffield TF (2012) The association of serum metabolites in the transition period with milk production and early-lactation reproductive performance. *J Dairy Sci* 95:1301–1309. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4724>
14. Neves RC, Leno BM, Curler MD, Thomas MJ, Overton TR, McArt JAA (2018) Association of immediate postpartum plasma calcium concentration with early-lactation clinical diseases, culling, reproduction, and milk production in Holstein cows. *J Dairy Sci* 101:547–555. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13313>
15. Martinez N, Rodney RM, Block E, Hernandez LL, Nelson CD, Lean IJ, Santos JEP (2018) Effects of prepartum dietary cation-anion difference and source of vitamin D in

- dairy cows: Health and reproductive responses. *J Dairy Sci* 101:2563–2578. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13740>
16. LeBlanc SJ, Leslie KE, Duffield TF (2005) Metabolic predictors of displaced abomasum in dairy cattle. *J Dairy Sci* 88:159–170. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72674-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72674-6)
  17. Goff JP, Hohman A, Timms LL (2020) Effect of subclinical and clinical hypocalcemia and dietary cation-anion difference on rumination activity in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci* 103:2591–2601. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17581>
  18. Goff JP, Horst RL (1997) Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J Dairy Sci* 80:1260–1268. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76055-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76055-7)
  19. Curtis CR, Erb HN, Sniffen CJ, Smith RD, Powers PA, Smith MC, White ME, Hillman RB, Pearson EJ (1983) Association of parturient hypocalcemia with eight periparturient disorders in Holstein cows. *J Am Vet Med Assoc* 183:559–561
  20. Erb HN, Smith RD, Oltenacu PA, Guard CL, Hillman RB, Powers PA, Smith MC, White ME (1985) Path model of reproductive disorders and performance, milk fever, mastitis, milk yield, and culling in Holstein cows. *J Dairy Sci* 68:3337–3349. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)81244-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)81244-3)
  21. Lundqvist-Gustafsson H, Gustafsson M, Dahlgren C (2000) Dynamic  $Ca^{2+}$  changes in neutrophil phagosomes: A source for intracellular  $Ca^{2+}$  during phagolysosome formation? *Cell Calcium* 27:353–362. <https://doi.org/10.1054/ceca.2000.0130>
  22. Kimura K, Reinhardt TA, Goff JP (2006) Parturition and hypocalcemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle. *J Dairy Sci* 89:2588–2595. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72335-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72335-9)
  23. Martinez N, Sinedino LDP, Bisinotto RS, Ribeiro ES, Gomes GC, Lima FS, Greco LF, Risco CA, Galvão KN, Taylor-Rodriguez D, Driver JP, Thatcher WW, Santos JEP (2014) Effect of induced subclinical hypocalcemia on physiological responses and neutrophil function in dairy cows. *J Dairy Sci* 97:874–887. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7408>
  24. Jaconi ME, Lew DP, Carpentier JL, Magnusson KE, Sjögren M, Stendahl O (1990) Cytosolic free calcium elevation mediates the phagosome-lysosome fusion during phagocytosis in human neutrophils. *J Cell Biol* 110:1555–1564. <https://doi.org/10.1083/jcb.110.5.1555>
  25. Ducusin RJT, Uzuka Y, Satoh E, Otani M, Nishimura M, Tanabe S, Sarashina T (2003) Effects of extracellular  $Ca^{2+}$  on phagocytosis and intracellular  $Ca^{2+}$  concentrations in polymorphonuclear leukocytes of postpartum dairy cows. *Res Vet Sci* 75:27–32. [https://doi.org/10.1016/s0034-5288\(03\)00038-9](https://doi.org/10.1016/s0034-5288(03)00038-9)
  26. Martinez N, Risco CA, Lima FS, Bisinotto RS, Greco LF, Ribeiro ES, Maunsell F, Galvão K, Santos JEP (2012) Evaluation of periparturient calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. *J Dairy Sci* 95:7158–7172. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5812>
  27. Chapinal N, Leblanc SJ, Carson ME, Leslie KE, Godden S, Capel M, Santos JEP, Overton MW, Duffield TF (2012) Herd-level association of serum metabolites in the transition period with disease, milk production, and early lactation reproductive performance. *J Dairy Sci* 95:5676–5682. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5132>
  28. Caixeta LS, Ospina PA, Capel MB, Nydam DV (2017) Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology* 94:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.01.039>
  29. Reinhardt TA, Lippolis JD, McCluskey BJ, Goff JP, Horst RL (2011) Prevalence of

- subclinical hypocalcemia in dairy herds. *Vet J* 188:122–124. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.03.025>
30. Szelényi Z, Lénárt L, Horváth A, Hajdú R, Katona R, Sánta A, Liphay I, Szenci O (2023) A szubklinikai hypocalcaemia előfordulása magyarországi tehenészetekben. Evaluation of subclinical hypocalcaemia in Hungarian dairy herds. <https://doi.org/10.56385/magyallorv.2023.09.515-525>
  31. Neves RC, Leno BM, Bach KD, McArt J a. A (2018) Epidemiology of subclinical hypocalcemia in early-lactation Holstein dairy cows: The temporal associations of plasma calcium concentration in the first 4 days in milk with disease and milk production. *J Dairy Sci* 101:9321–9331. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14587>
  32. Vörös K, Karsai, F (1993) *Állatorvosi Belgyógyászat*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp.451.
  33. Szenci O, Chew BP, Bajcsy AC, Szabó P, Brydl E (1994) Total and Ionized Calcium in Parturient Dairy Cows and Their Calves. *J Dairy Sci* 77:1100–1105. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77045-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77045-4)
  34. Venjakob PL, Borchardt S, Heuwieser W (2017) Hypocalcemia—Cow-level prevalence and preventive strategies in German dairy herds. *J Dairy Sci* 100:9258–9266. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12494>
  35. Rodríguez EM, Arís A, Bach A (2017) Associations between subclinical hypocalcemia and postparturient diseases in dairy cows. *J Dairy Sci* 100:7427–7434. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12210>
  36. Neves RC, Leno BM, Stokol T, Overton TR, McArt J a. A (2017) Risk factors associated with postpartum subclinical hypocalcemia in dairy cows. *J Dairy Sci* 100:3796–3804. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11970>
  37. Oetzel GR (2004) Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 20:651–674. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.006>
  38. Leno BM, Martens EM, Felipe MJB, Zanzalari KP, Lawrence JC, Overton TR (2017) Short communication: Relationship between methods for measurement of serum electrolytes and the relationship between ionized and total calcium and neutrophil oxidative burst activity in early postpartum dairy cows. *J Dairy Sci* 100:9285–9293. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12971>
  39. Rosol TJ, Chew DJ, Nagode LA, Capen CC (1995) Pathophysiology of Calcium Metabolism. *Vet Clin Pathol* 24:49–63. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.1995.tb00937.x>
  40. Ott D, Schrapers KT, Aschenbach JR (2021) Changes in the Relationship between Ionized and Total Calcium in Clinically Healthy Dairy Cows in the Period around Calving. *Anim Open Access J MDPI* 11:1036. <https://doi.org/10.3390/ani11041036>
  41. Seifi HA, Leblanc SJ, Leslie KE, Duffield TF (2011) Metabolic predictors of postpartum disease and culling risk in dairy cattle. *Vet J Lond Engl* 197 188:216–220. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.04.007>
  42. Roberts T, Chapinal N, LeBlanc SJ, Kelton DF, Dubuc J, Duffield TF (2012) Metabolic parameters in transition cows as indicators for early-lactation culling risk. *J Dairy Sci* 95:3057–3063. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4937>
  43. Wilhelm AL, Maquivar MG, Bas S, Brick TA, Weiss WP, Bothe H, Velez JS, Schuenemann GM (2017) Effect of serum calcium status at calving on survival, health, and performance of postpartum Holstein cows and calves under certified organic management. *J Dairy Sci* 100:3059–3067. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11743>
  44. Kuart C, Björnsell KA, Larsson L (1982) Parturient Paresis in the Cow. *Acta Vet Scand* 23:184–196. <https://doi.org/10.1186/BF03546804>
  45. Oetzel GR (2000) Management of Dry Cows for the Prevention of Milk Fever and

- Other Mineral Disorders. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 16:369–386. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30110-9](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30110-9)
46. Charbonneau E, Pellerin D, Oetzel GR (2006) Impact of lowering dietary cation-anion difference in nonlactating dairy cows: a meta-analysis. *J Dairy Sci* 89:537–548. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72116-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72116-6)
47. Horst RL, Goff JP, Reinhardt TA, Buxton DR (1997) Strategies for Preventing Milk Fever in Dairy Cattle1, 2. *J Dairy Sci* 80:1269–1280. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76056-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76056-9)
48. RI H, Jp G, Ta R (2005) Adapting to the transition between gestation and lactation: differences between rat, human and dairy cow. *J Mammary Gland Biol Neoplasia* 10:. <https://doi.org/10.1007/s10911-005-5397-x>
49. Jorgensen NA (1974) Combating Milk Fever1,2. *J Dairy Sci* 57:933–944. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(74\)84989-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(74)84989-1)
50. Goings RL, Jacobson NL, Beitz DC, Littledike ET, Wiggers KD (1974) Prevention of Parturient Paresis by a Prepartum, Calcium-Deficient Diet1, 2. *J Dairy Sci* 57:1184–1188. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(74\)85034-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(74)85034-4)
51. Green HB, Horst RL, Beitz DC, Littledike ET (1981) Vitamin D metabolites in plasma of cows fed a prepartum low-calcium diet for prevention of parturient hypocalcemia. *J Dairy Sci* 64:217–226. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82557-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82557-X)
52. Blanc CD, Van der List M, Aly SS, Rossow HA, Silva-del-Río N (2014) Blood calcium dynamics after prophylactic treatment of subclinical hypocalcemia with oral or intravenous calcium. *J Dairy Sci* 97:6901–6906. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7927>
53. Gr O (1996) Effect of calcium chloride gel treatment in dairy cows on incidence of periparturient diseases. *J Am Vet Med Assoc* 209:

## 9 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőimnek, Dr. Könyves Lászlónak és Dr. Hejel Péternek a rengeteg segítséget, hasznos tanácsot és türelmet, amit diplomamunkám elkészítése közben nyújtottak. Dr. Hejel Péternek továbbá köszönöm, hogy aktívan részt vehettem a mintavételben és a mérések elvégzésében is, illetve a telep dolgozóinak, hogy mindig türelemmel segítették munkánkat. Köszönöm továbbá Barkó Baláznak, hogy segítségemre volt a statisztikai próbák és ábrák elkészítésében.

# 10 MELLÉKLETEK

## 1. számú melléklet: A tejtermelő tehének takarmánya

Nº Név	Ár	SzA.	Takarmány (kg)	Szár az anyag érték	Költség
<i>Alap takarmány</i>					
2500445 Melasz	0,00	72,30	1,50	1,08	0,00
2502154 Lucerna széna, Nyf 190	0,00	89,90	2,00	1,80	0,00
50 WDGS kukorica nyf 34,4_20220228	0,00	39,00	2,00	0,78	0,00
82 Lucerna szenázs Lucerna szenázs	0,00	33,20	10,00	3,32	0,00
84 Kukorica szilázs 2022 szem nélküli Kukorica szilázs	0,00	33,50	6,00	2,01	0,00
98 Árpa szenázs 2022 Árpa/Búza szenázs, közepes szem	0,00	30,60	14,00	4,28	0,00
		37,40	35,50	13,28	0,00
<i>Kiegészítés, abrak</i>					
7503 Védett szója	0,00	87,22	1,00	0,87	0,00
2 DairyFit Robot E+_20210628	0,00	88,14	4,00	3,53	0,00
3 DairyFit Robot F+	0,00	88,34	3,00	2,65	0,00
104 Tejelo táp 230522	0,00	89,24	8,40	7,50	0,00
		88,68	16,40	14,54	0,00
<b>Total</b>		<b>53,60</b>	<b>51,90</b>	<b>27,82</b>	<b>0,00</b>
Nº Név	Egységek	érték	Szár az anyag Koncentráció	Covering	Concentrate
17 VEM		28115,29	1010,59	112	1174,00
41 Nyersfehérje	g/kg	4932,82	177,31	101	183,00
48 DVE 07	g/kg	2644,31	95,05	105	133,07
49 OEB	g/kg	736,06	26,46	265	-3,34
60 Nyerszsír	g/kg	1478,50	53,14	100	71,33
61 Keményítő Ewers	g/kg	6170,68	221,80	100	408,78
62 Védett keményítő	g/kg	1801,73	64,76	118	117,46
63 Cukrok	g/kg	1580,26	56,80	63	39,88
66 Nyersrost	g/kg	3732,62	134,17	0	64,65
67 NDF	g/kg	7519,79	270,30	90	163,63
68 Adf	g/kg	4215,18	151,51	0	72,39
80 Kalcium	g/kg	276,18	9,93	176	11,21
81 Foszfor	g/kg	157,89	5,68	204	4,75
85 Magnézium	g/kg	143,25	5,15	252	7,74
87 Nátrium	g/kg	114,47	4,11	362	5,71
89 Klór	g/kg	172,58	6,20	193	6,18
90 Kálium	g/kg	548,17	19,70	243	9,08
93 Na+K-Cl-S	meq/kg	10382,70	373,20	107	199,04
109 Lys il rum	g/kg	157,35	5,66	89	8,12
114 Met il marha	g/kg	56,17	2,02	112	2,81
172 E vitamin - dl-alfa-tokoferol	mg/kg	1312,03	47,16	0	90,21
183 Kolinklorid	mg/kg	0,00	0,00	0	0,00
203 S - kén	g/kg	60,65	2,18	109	1,86
341 Struktúr érték marha		30,72	1,10	93	0,16
342 Telítettség marha		15,45	0,56	98	0,28
347 FOMP (Fermentálható szervesanyag) marha	g/kg	14498,54	521,14	98	533,50
349 Szárazanyag	g/kg	27820,67	1000,00	110	1000,00
391 Cu totál	mg/kg	608,09	21,86	171	36,62
392 Zn totál	mg/kg	3187,07	114,56	261	186,23
393 Mn totál	mg/kg	3120,67	112,17	280	176,62
394 I totál	mg/kg	33,77	1,21	173	2,11
395 Co totál	mg/kg	3,82	0,14	69	0,12
396 Se totál	mg/kg	9,27	0,33	112	0,60
452 Szerves Cink px	mg/kg	960,50	34,52	0	66,04
516 A vitamin	NE/kg	298842,49	10741,74	0	20547,23
517 D3 vitamin	NE/kg	72010,24	2588,37	0	4951,14
1020 Roughage	%	0,00	415,60	0	0,10
5002 SUSAZ	g/kg	3400,22	122,22	102	150,49
5004 WDVE	g/kg	2540,71	91,32	101	116,38
5006 FEB		853,21	30,67	307	19,81
5015 WFKH	g/kg	10871,31	390,76	95	406,48
5016 WFRE	g/kg	3116,12	112,01	107	103,96
5017 SFKH	g/kg	4690,43	168,60	100	191,59
5020 SFRE	g/kg	1533,27	55,11	92	45,75
5023 PSW		3372,04	121,21	93	26,22
5024 NE Laktáció	MJ/kg	194,95	7,01	0	8,09
5147 WDV Lys	g/kg	148,47	5,34	104	6,90
5148 WDV Met	g/kg	53,57	1,93	106	2,37



## 2. számú melléklet: Az előkészítő takarmány

Nº Név	Ár	SzA.	Takarmány (kg)	Száraz anyag érték	Költség
<i>Alap takarmány</i>					
2501319 Árpa szalma	0,00	86,00	0,50	0,43	0,00
6179001 Réti széna, Nyf 100, öreg	0,00	86,00	3,50	3,01	0,00
53 Nedves CGF 21	0,00	38,40	3,00	1,15	0,00
97 Kukorica szilázs 2022 Kukorica szilázs	0,00	33,90	12,00	4,07	0,00
		45,58	19,00	8,66	0,00
<i>Kiegészítés, abrak</i>					
15 Mervit Előkészítő Prémium JK CC	0,00	88,64	3,20	2,84	0,00
		88,64	3,20	2,84	0,00
<b>Total</b>		<b>51,79</b>	<b>22,20</b>	<b>11,50</b>	<b>0,00</b>
Nº Név	Egységek	érték	Száraz anyag Koncentráció	Covering	Concentrate
17 VEM		10638,88	925,40	129	997,57
41 Nyersfehérje	g/kg	1686,84	146,73	0	290,13
48 DVE 07	g/kg	907,03	78,90	219	155,64
49 OEB	g/kg	126,61	11,01	220	77,41
60 Nyerszsír	g/kg	368,95	32,09	0	44,10
61 Keményítő Ewers	g/kg	2310,04	200,93	0	210,92
62 Védett keményítő	g/kg	644,04	56,02	0	54,57
66 Nyersrost	g/kg	2102,46	182,88	0	101,92
67 NDF	g/kg	4583,58	398,69	0	235,72
68 Adf	g/kg	2563,34	222,97	0	117,32
80 Kalcium	g/kg	48,64	4,23	151	6,26
81 Foszfor	g/kg	54,11	4,71	235	8,92
85 Magnézium	g/kg	51,65	4,49	214	12,00
87 Nátrium	g/kg	14,50	1,26	210	2,00
89 Klór	g/kg	58,37	5,08	635	3,07
90 Kálium	g/kg	203,15	17,67	353	14,67
93 Na+K-Cl-S	meq/kg	2819,87	245,28	0	150,79
170 A vitamin - retinol	NE/g	197120,00	17146,08	0	69493,89
171 D3 vitamin - kolekalciferol	NE/g	44800,00	3896,84	0	15794,07
172 E vitamin - dl-alfa-tokoferol	mg/kg	2448,77	213,00	0	863,30
203 S - kén	g/kg	23,13	2,01	134	3,63
334 Enzim keményítő	g/kg	2254,28	196,08	0	202,72
349 Szárazanyag	g/kg	11496,51	1000,00	105	1000,00
390 Fe totál	mg/kg	3857,02	335,49	1.068	696,23
391 Cu totál	mg/kg	709,05	61,68	245	234,34
392 Zn totál	mg/kg	2524,01	219,55	980	775,60
393 Mn totál	mg/kg	2163,59	188,20	470	616,42
394 I totál	mg/kg	20,09	1,75	1.747	6,79
395 Co totál	mg/kg	1,30	0,11	113	0,12
396 Se totál	mg/kg	10,85	0,94	726	3,79
1020 Roughage	%	0,00	667,73	0	0,85
5024 NE Laktációs	MJ/kg	73,68	6,41	0	6,98
6164 Béta karotin totál	mg/kg	416,00	36,18	0	146,66
6171 Niacin totál	mg/kg	7168,00	623,49	0	2527,05
6173 Vit B12 tot	mcg/kg	1792,00	155,87	0	631,76

### 3. számú melléklet: Szárazonálló tehének és vemhes üszők takarmánya

Nº Név	Ár	SzA.	Takarmány (kg)	Száraz anyag érték	Költség
<i>Alap takarmány</i>					
2501160 Nedves répaszelet	0,00	20,00	9,00	1,80	0,00
2501319 Árpa szalma	0,00	86,00	3,00	2,58	0,00
6179001 Réti széna, Nyf 100, öreg	0,00	86,00	4,50	3,87	0,00
53 Nedves CGF 21	0,00	38,40	3,50	1,34	0,00
84 Kukorica szilázs 2022 szem nélküli Kukorica szilázs	0,00	33,50	5,00	1,68	0,00
		45,08	25,00	11,27	0,00
<i>Kiegészítés, abrak</i>					
2500062 2009-11 szárazonálló 1% kpx	0,00	97,64	0,20	0,20	0,00
2500434 Extrahált repcedara	0,00	90,00	1,40	1,26	0,00
		90,96	1,60	1,46	0,00
<b>Total</b>		<b>47,84</b>	<b>26,60</b>	<b>12,72</b>	<b>0,00</b>
Nº Név	Egységek	érték	Száraz anyag Koncentráció	Covering	Concentrate
17 VEM		9779,06	768,53	107	826,86
41 Nyersfehérje	g/kg	1718,69	135,07	0	319,24
48 DVE 07	g/kg	720,75	56,64	157	122,50
49 OEB	g/kg	187,21	14,71	294	130,04
60 Nyerszsír	g/kg	295,67	23,24	0	16,04
61 Keményítő Ewers	g/kg	346,64	27,24	0	41,12
62 Védett keményítő	g/kg	127,58	10,03	0	1,32
63 Cukrok	g/kg	422,10	33,17	0	72,15
66 Nyersrost	g/kg	3512,77	276,07	0	119,31
67 NDF	g/kg	7156,71	562,44	0	245,17
68 Adf	g/kg	4213,32	331,12	0	173,63
80 Kalcium	g/kg	92,95	7,31	261	23,61
81 Foszfor	g/kg	70,95	5,58	279	22,87
85 Magnézium	g/kg	63,35	4,98	237	24,46
87 Nátrium	g/kg	28,87	2,27	378	3,74
89 Klór	g/kg	69,55	5,47	683	5,60
90 Kálium	g/kg	297,64	23,39	468	12,22
93 Na+K-Cl-S	meq/kg	5490,66	431,51	0	29,65
170 A vitamin - retinol	NE/g	180000,00	14146,18	0	123687,16
171 D3 vitamin - kolekalciferol	NE/g	60000,00	4715,39	0	41229,05
172 E vitamin - dl-alfa-tokoferol	mg/kg	1457,60	114,55	0	1001,59
203 S - kén	g/kg	18,32	1,44	96	0,58
334 Enzim keményítő	g/kg	389,45	30,61	0	16,73
349 Szárazanyag	g/kg	12724,28	1000,00	116	1000,00
390 Fe totál	mg/kg	5886,98	462,66	1.473	2018,94
391 Cu totál	mg/kg	349,14	27,44	109	200,98
392 Zn totál	mg/kg	1231,07	96,75	432	615,78
393 Mn totál	mg/kg	1177,05	92,50	231	405,70
394 I totál	mg/kg	16,33	1,28	1.284	10,99
395 Co totál	mg/kg	1,41	0,11	111	0,04
396 Se totál	mg/kg	4,24	0,33	256	2,89
1020 Roughage	%	0,00	649,11	0	0,00
5024 NE Laktációs	MJ/kg	67,49	5,30	0	5,71
6164 Béta karotin totál	mg/kg	0,00	0,00	0	0,00
6171 Niacin totál	mg/kg	0,00	0,00	0	0,00
6173 Vit B12 tot	mcg/kg	1000,00	78,59	0	687,15