

Erkek Wistar Ratlarında (*Rattus rattus norvegicus*) Kalitatif ve Kantitatif Protein Yetersizliklerinin Canlı Ağırlık ve Bazı Organ Ağırlıkları Üzerine Etkileri¹

Muharrem BALKAYA*, Kubilay METİN**, Didem KOZACI***, Hümeysra ÜNSAL*,
Cengiz ÜNSAL*

* Adnan Menderes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı, 09016 Aydın..

** Adnan Menderes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, 09010 Aydın

*** Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı, 09100 Aydın.

Received;25.03.2003, Accepted;31.03.2003

Özet:

Çalışmada iki aylık 60 adet erkek Wistar ratında (*Rattus rattus norvegicus*) ileri düzeydeki kalitatif ve kantitatif protein yetmezliklerinin vücut ve organ ağırlıkları üzerine zamana bağlı etkileri incelendi. Bu amaçla dört deney gerçekleştirildi. Her deneyde 15 hayvan eşit üç gruba ayrılarak normal yetiştirme yemi (kontrol grubu), protein taşıyıcısı olarak %20 jelatin içeren (jelatin verilen grup) ve protein içermeyen (N-free grup) yemlerle 1, 2, 3 veya 4 hafta süreyle beslendiler. Her deneyin sonunda hayvanlar ötenazi edilerek canlı ağırlıkları ve organ ağırlıkları belirlendi. Deney sürecinde kontrol grubunda canlı ağırlıkta artma gözlenirken malnütrisyon gruplarında deney sürecine bağlı olarak % 25 ile % 58 arasında azalmalar kaydedildi ($p<0.01$). Ayrıca, jelatin ve N-free gruplar arasında da anlamlı farklılıklar görüldü ($p<0.01$). Malnütrisyon genelde organ ağırlıklarını da olumsuz olarak etkiledi. Dalak, karaciğer, pankreas, testisler, böbrekler ve kalp malnütrisyonun en çok etkilenen organlardı. Buna karşın beyin ve göz görece çok daha az etkilendikleri gözlemlendi.

Anahtar Sözcükler: Wistar ratı, protein malnütrisyonu, vücut ağırlığı, organ ağırlığı.

Summary

In this study, the effects of severe qualitative and quantitative protein malnutrition on body weight and weights of certain organs were studied on 60 two months old male Wistar rats (*Rattus rattus norvegicus*). For this purpose 4 experiments were carried out. In these experiments 15 animals, divided in equal three groups were fed with a rat chow diet (control group), a semisynthetic diet containing gelatine as protein source (gelatin-fed group) and no protein (N-free group) for 1, 2, 3 or 4 weeks. At the end of experimental periods animals were euthanized and body and organ weights were recorded. During the experiment the mean body weights of animals in control groups showed an increase while the of malnourished groups exhibited a time-dependent decrease varying between 25% and 58% when compared to the relevant controls ($p<0.01$). Furthermore, there were also significant differences between two malnourished groups ($p<0.01$). Also, the organs interested were affected by malnutrition negatively, in general. Spleen, liver, pancreas, testes, kidneys and heart were the most effected organs. However, the effects of malnutrition on the weight of the brain and eyes were relatively sparse.

Key words: Wistar rats, protein malnutrition, body weights, organ weights.

Giriş

İnsan ve hayvanlarda görülen değişik tipten yetersiz ve dengesiz beslenmeler (malnütrisyon) yaşam kalitesini olumsuz olarak etkileyen en önemli sağlık problemlerinden biridir. Yetersiz beslenmeler protein, kalori, protein ve kalori, mineral ve vitamin yetmezlikleri şeklinde olabilir. Ancak, genelde spontan gelişen beslenme yetersizlikleri bir çok besin maddesinin az veya çok eksikliği ile kendisini gösterir. Tek yönlü beslenme de bir çeşit yetersiz beslenmedir. Bu nedenle “yetersiz beslenme dünyada hemen her iki insandan birini etkileyen bir sorundur” denilebilir.

Proteinler organizmada yağlar ve karbonhidratlardan sentezlenemez. Bu nedenle diyeter kalitatif ve kantitatif protein yetersizlikleri veya dengesizlikleri beslenme problemleri arasında önemli bir yere sahiptir. Morbidite ve mortalite de önemli artışlara neden olarak yaşam süresini ve kalitesini belirgin olarak azaltır [1,2]. Genellikle yoksul ülkelerin insanları ve özellikle 0-5 yaş grubu çocukları önemli derecede etkiler [1,3]. Ayrıca, yaşlanmaya ve savaşlara bağlı olarak tüm sosyoekonomik gruplarda gelişebilir. Bu nedenle protein yetersizlikleri birçok klinik ve deneysel çalışmanın konusunu oluşturmuştur. Bu çalışmalarda, diyeter proteinin orijini ve miktarı ile ilgili çeşitli özellikler açıklanmaya çalışılmıştır.

¹ Bu çalışma kısmen TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir (SBAG - 2244)

Protein yetersizliklerinde metabolik uyumlar nedeniyle proteinsiz diyetle (N-free diet, protein-free diet) beslenmede türe özgü nötral temperatür zonda bazal metabolik hız sağlanmış olur. Protein yetersizlikleri tüm hücre türlerinin çoğalmasını ve fonksiyonunu olumsuz olarak etkilemektedir. Ancak, özellikle mitotik aktivitesi yüksek olan hücreler ve bu tip hücrelerden oluşan doku ve organlar önemli derecede etkilenmektedir [4]. Bu nedenle diyet protein yetersizliklerinde, diğer bir çok etkiler yanında, vücut ağırlığı ve çeşitli iç organ ağırlıklarında değişiklikler olması beklenen bir sonuçtur.

Bir çok çalışmada kalitatif ve kantitatif protein yetersizliklerinde vücut ve organ ağırlığı değişimleri rapor edilmiştir [5-9]. Bu çalışmalarda vücut ağırlığının diyet protein miktarı ile ters orantılı olarak değiştiği görülmektedir. Ayrıca, protein yetersizliklerinde vücut ağırlığındaki azalmanın cinsiyete bağlı olduğu dikkati çekmektedir [7-9]. Ancak, protein yetersizliklerinin iç organlar üzerine etkileri konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır.

Bu çalışmada ileri düzeydeki kalitatif ve kantitatif protein yetersizliklerinin erkek Wistar ratlarında canlı ağırlık ve iç organ ağırlıkları üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada, yaklaşık 60 adet 2 aylık erkek Wistar ratı (*Rattus rattus norvegicus*) kullanıldı. Hayvanlar deney öncesi adaptasyon döneminde ve deney sürecinde 22°C çevre sıcaklığına ve 12/12 saat ışık/karanlık siklusuna sahip semiklimatize bir odada, bireysel metabolik kafeslerde barındırıldı. Adaptasyon döneminde tüm hayvanlar yetiştirme yemi ile beslendi. İzleyen deney periyodunda eşit sayıda hayvandan oluşan üçer grup ($n_1=n_2=n_3=5$) 7, 14, 21 ve 28 gün süreyle normal, protein taşıyıcısı olarak %20 jelatin içeren ve protein içermeyen (N-free) bir diyetle beslendiler. Deney süreci sonunda, bir önceki gün 17.00-18.00'de yemleri alınarak aç bırakılmış olan hayvanlar tartıldılar ve eter anestezisi altında ötenazi edilerek iç organlar (kalp, karaciğer, dalak, akciğer, göz, beyin, pankreas, testisler ve böbrekler) çıkartılarak 0.0001 duyarlı terazi (Scaltec) ile tartıldı.

İstatistiksel Analizler

Verilerin değerlendirilmesi bağımlı gruplar için t-Testi ve Kruskal-Wallis tek yön varyans analizi (ANOVA) ile yapıldı. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık çıktığı durumlarda, farkın hangi gruptan kaynaklandığı Mann Whitney-U testi ile belirlendi. Deney IV’de grup ortalamalarının karşılaştırılması Mann Whitney-U testi ile yapıldı. $P<0.05$ düzeyi anlamlı olarak kabul edildi.

Bulgular

1. Vücut Ağırlıkları

Birinci deneyde deney başlangıcında (0. gün) hayvanların canlı ağırlıkları grup ortalaması 144 ile 148 g arasındaydı (Tablo 1). Başlangıç ortalama vücut ağırlığı için gruplar arasında önemli bir farklılık saptanmadı. 7 günlük deney sürecinde kontrol grubunda ortalama canlı ağırlık 7 g (yaklaşık %4) artarak 148 g’dan 155 g’a çıktı. Buna karşın jelatin içeren ve N-free diyetlerle beslenen gruplarda vücut ağırlığı 31 g ve 34 g ile sırasıyla yaklaşık %21 ve %24 oranlarında bir azalma gösterdi ($p<0.001$). Beslenmenin vücut ağırlığı üzerine etkileri önemliydi ($p<0.01$). Post hoc test kontrol grubu vücut ağırlığının deney gruplarınınkinden önemli düzeyde yüksek olduğunu ortaya koydu ($p<0.01$). Ayrıca, N-free beslenen grup ile jelatin içeren diyetle beslenen grup arasındaki fark da onaylandı ($p<0.01$).

İkinci deneyde deney başlangıcında hayvanların canlı ağırlıkları grup ortalaması 155 ile 162 g arasındaydı (Tablo 1). Başlangıç ortalama vücut ağırlığı için gruplar arasında önemli bir farklılık saptanmadı. 14 günlük deney sürecinde kontrol grubunda ortalama canlı ağırlık 23 g (~%14) artarak 162 g’dan 185 g’a çıktı, buna karşın deney gruplarında vücut ağırlığı sırasıyla 41 ve 58 g ile yaklaşık %26 ve %36 oranlarında bir azalma gösterdi. Varyans analizi sonucu beslenmenin vücut ağırlığı üzerine etkilerini onayladı ($p<0.001$). Post hoc test sonuçları; kontrol grubu vücut ağırlığının deney gruplarınınkinden önemli düzeyde yüksek olduğunu ortaya koydu ($p<0.001$). Ayrıca, N-free beslenen grup ile jelatin içeren diyetle beslenen grup arasındaki fark da onaylandı ($p<0.001$). Gruplar arasındaki farklılığın 7. günde ortaya çıktığı ve 14. günde de devam ettiği görüldü ($p<0.001$).

Tablo 1. Kalitatif ve kantitatif protein yetersizliklerinde erkek Wistar ratlarının canlı ağırlık değişimleri (K=Kontrol grubu, NF= N-free grup, G= Jelatin verilen grup).

Deneyler	Zaman [Gün]	Kontrol $\bar{X} \pm SD$	Jelatin $\bar{X} \pm SD$	N-free $\bar{X} \pm SD$	Değişim [%]		
					K-G	K-NF	NF-G
Deney I	0	148 ± 8	145 ± 6	144 ± 4			
	7	155 ± 7	114 ± 6	110 ± 4	- 26*	- 29*	4*
Deney II	0	162 ± 2	155 ± 2	160 ± 6			
	7	177 ± 9	129 ± 3	126 ± 6	- 27 [#]	- 29 [#]	2 [#]
	14	185 ± 9	114 ± 4	102 ± 7	- 38 [#]	- 45 [#]	11 [#]
Deney III	0	163 ± 2	166 ± 9	166 ± 7			
	7	183 ± 2	137 ± 10	130 ± 7	- 25 [#]	- 29 [#]	5*
	14	190 ± 5	127 ± 12	109 ± 6	- 33 [#]	- 43 [#]	14*
	21	199 ± 4	114 ± 9	84 ± 12	- 43 [#]	- 58 [#]	26*
Deney IV	0	168 ± 5	166 ± 11	168 ± 5			
	7	187 ± 5	128 ± 8	144 ± 6	- 32 [#]	- 23 [#]	-11 [#]
	14	191 ± 4	105 ± 7	93 ± 1	- 45 [#]	- 51 [#]	11 [#]
	21	202 ± 6	112 ± 7	90 ± 5	- 45 [#]	- 55 [#]	20 [#]
	28	217 ± 5	100 ± 11	-	- 54 [#]		

* p<0.01, [#] p<0.001.

Üçüncü deneyde hayvanların başlangıç canlı ağırlıkları grup ortalaması 163 ile 166 g arasındaydı (Tablo 1). Başlangıç ortalama vücut ağırlığı için gruplar arasında önemli bir fark saptanmadı. 21 günlük deney sürecinde kontrol grubunda ortalama canlı ağırlık 36 g (~ %22) artarak 163 g'dan 199 g'a çıktı. Buna karşın deney gruplarında vücut ağırlığı 52 ve 82 g ile yaklaşık %31 ve %49 oranlarında bir azalma gösterdi (p<0.001). Varyans analizi gruplar arasındaki farkı onayladı (p<0.001). Post hoc test kontrol grubu vücut ağırlığının deney gruplarınınkinden önemli düzeyde yüksek

olduğunu gösterdi ($p<0.001$). Ayrıca, iki malnütrisyon grubu arasındaki fark da önemliydi ($p<0.01$).

Dördüncü deneyde hayvanların başlangıç canlı ağırlıkları grup ortalaması 166 ile 168 g arasındaydı ve gruplar arasında önemli bir farklılık saptanmadı. N-free diyetle beslenen hayvanların hepsi deneyin 23 ile 26. günleri arasında öldüğünden 28. gün verileri alınamadı. Deney sürecinde kontrol grubunda ortalama canlı ağırlık 49 g (~%29) artarak 168 g'dan 217 g'a çıktı, buna karşın jelatin içeren yemle beslenen deney grubunda vücut ağırlığı 66 g ile yaklaşık %39 oranında bir azalma gösterdi ($p<0.001$).

2. Organ Ağırlıkları

Organların grup ortalama ağırlıkları ve kontrol grubuna oranla deney gruplarındaki % değişimler Tablo 2 ve Tablo 3'de özetlendi.

Birinci deneyde diyeter proteinlerin organ ağırlıkları üzerine önemli etkileri olduğu saptandı. Malnütrisyonu bağlı olarak birçok organın ağırlıklarında kontrol grubuna göre önemli azalmalar görüldü. Dalak, pankreas, karaciğer, böbrekler ve akciğer deneysel girişimden en çok etkilenen organlar olarak dikkati çekti. Diyeter kalitatif ve kantitatif protein yetmezliklerinin deney gruplarında kontrol grubuna göre karaciğerde %24-26 ($p<0.01$), testiste %18 ve %15 ($p<0.01$, $p<0.05$), kalpte %19-22 ($p<0.01$), böbrekte %19-20 ($p<0.01$), dalakta %28 ve %40 ($p<0.01$), pankreasda %20 ve %32 ($p<0.05$, $p<0.01$) ve gözde ($p=0.065$ $p<0.05$) oranlarında bir azalmaya neden olduğu saptandı. Buna karşın beyin ve kalp ağırlığında istatistiksel olarak önemli bir değişiklik saptanamadı. Ayrıca, iki malnütrisyon grubu arasında sadece ortalama dalak ağırlığı açısından önemli bir fark görüldü. Jelatin içeren diyetle beslenen ratların dalak ve pankreas ağırlıkları proteinsiz beslenenlere göre daha yüksekti ($p<0.05$). Pankreas ağırlıkları için malnütrisyon grupları arasındaki fark istatistiksel olarak onaylanmadı ($p=0.056$).

Tablo 2. Kalitatif ve kantitatif protein yetersizliklerinde erkek Wistar ratlarının organ ağırlıklarının değişimi.

Organlar	Grupları	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV
		$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$
Karaciğer	Kontrol	4,65 ± 0,20	5,13 ± 0,24	5,68 ± 0,50	6,51 ± 0,27
	N-free	3,42 ± 0,37	2,89 ± 0,44	2,56 ± 0,55	-
	%20 gelatin	3,54 ± 0,25	3,73 ± 0,22	4,00 ± 0,27	3,72 ± 0,52
Testis	Kontrol	3,54 ± 0,36	3,94 ± 0,18	2,97 ± 0,81	3,58 ± 0,25
	N-free	2,99 ± 0,22	2,57 ± 0,36	1,68 ± 0,48	-
	%20 gelatin	2,91 ± 0,06	3,39 ± 0,05	2,47 ± 0,35	2,05 ± 0,40
Kalp	Kontrol	0,58 ± 0,03	0,63 ± 0,04	0,75 ± 0,03	0,97 ± 0,43
	N-free	0,45 ± 0,03	0,40 ± 0,05	0,50 ± 0,14	-
	%20 gelatin	0,47 ± 0,03	0,47 ± 0,04	0,50 ± 0,05	0,47 ± 0,03
Beyin	Kontrol	1,66 ± 0,07	1,70 ± 0,08	1,78 ± 0,08	1,82 ± 0,03
	N-free	1,69 ± 0,04	1,73 ± 0,03	1,73 ± 0,07	-
	%20 gelatin	1,67 ± 0,03	1,71 ± 0,01	1,59 ± 0,27	1,75 ± 0,05
Böbrek	Kontrol	1,28 ± 0,03	1,33 ± 0,09	1,46 ± 0,06	1,68 ± 0,15
	N-free	1,03 ± 0,05	0,97 ± 0,06	1,01 ± 0,06	-
	%20 gelatin	1,02 ± 0,07	1,18 ± 0,02	1,17 ± 0,06	1,13 ± 0,12
Akciğer	Kontrol	0,95 ± 0,10	1,00 ± 0,13	1,34 ± 0,18	1,31 ± 0,11
	N-free	0,73 ± 0,10	0,80 ± 0,18	0,69 ± 0,10	-
	%20 gelatin	0,71 ± 0,08	0,83 ± 0,04	0,87 ± 0,15	1,05 ± 0,47
Dalak	Kontrol	0,25 ± 0,02	0,33 ± 0,05	0,31 ± 0,06	0,41 ± 0,07
	N-free	0,15 ± 0,01	0,13 ± 0,02	0,08 ± 0,02	-
	%20 gelatin	0,18 ± 0,01	0,20 ± 0,03	0,13 ± 0,02	0,14 ± 0,02
Pankreas	Kontrol	0,50 ± 0,05	0,49 ± 0,19	0,82 ± 0,25	0,87 ± 0,24
	N-free	0,34 ± 0,04	0,33 ± 0,10	0,33 ± 0,04	-
	%20 gelatin	0,40 ± 0,03	0,35 ± 0,06	0,44 ± 0,16	0,43 ± 0,11
Göz	Kontrol	0,29 ± 0,01	0,29 ± 0,00	0,30 ± 0,02	0,28 ± 0,00
	N-free	0,27 ± 0,00	0,28 ± 0,01	0,27 ± 0,01	-
	%20 gelatin	0,28 ± 0,00	0,28 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,26 ± 0,02

Tablo 3. Kalitatif ve kantitatif protein yetersizliklerinde rat organ ağırlıklarının % değişimi

	Kontrole göre n-free % değişim				Kontrole göre % 20 jelatin % değişim				n-free ye göre %20 jelatin % değişimi			
	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28
Karaciğer	- 26	- 44	- 65	-	- 24	- 27	- 30	- 43	3	23	36	-
Testis	- 15	- 35	- 43	-	- 18	- 14	- 17	- 43	-3	24	32	-
Kalp	- 22	- 37	- 33	-	- 19	- 26	- 33	- 52	4	15	0	-
Beyin	2	2	- 3	-	1	1	- 11	- 4	-1	-1	-8	-
Böbrek	- 19	- 27	- 31	-	- 20	- 11	- 20	- 33	-1	18	14	-
Akciğer	- 23	- 20	- 49	-	- 25	- 17	- 35	- 20	-3	4	21	-
Dalak	- 40	- 61	- 74	-	- 28	- 39	- 58	- 76	17	35	38	-
Pankreas	- 32	- 33	- 60	-	- 20	- 29	- 46	- 51	15	6	25	-
Göz	- 7	- 3	- 10	-	- 3	- 3	- 7	- 7	4	0	4	-

İki hafta devam eden deney II’de protein malnutrisyonun organ ağırlıkları üzerine etkileri genelde birinci deneydekine benzer özellikler taşıyordu. Organ ağırlıklarında gözlemlenen görece azalmaların genelde daha da belirginleştiği, bazı organlarda ise daha sınırlı değişikliklerin olduğu gözlemlendi. Deney gruplarında dalak, karaciğer, böbrekler, kalp ve testisler deneysel girişimden en çok etkilenen organlar olarak dikkati çektiler ($p<0.01$). Ayrıca akciğer ve göz de protein yetmezliğinden etkilenen organlar arasındaydı ($p<0.05$). Buna karşın ortalama beyin ve pankreas ağırlıklarında istatistiksel olarak önemli bir değişiklik saptanamadı. Kontrol grubu verileri ile karşılaştırıldığında diyet kalitatif ve kantitatif protein yetmezlikleri ortalama organ ağırlıklarında karaciğerde %27 ve %44 ($p<0.01$), testiste %14 ve %35 ($p<0.01$), kalpde %26 ve %37 ($p<0.01$), böbrekte %11 ve %27 ($p<0.01$) ve dalakta %39 ve %61 ($p<0.01$) oranlarında azalmalara neden oldu. Buna karşın akciğer, pankreas ve göz ağırlıklarında önemli bir değişiklik saptanamadı. Ayrıca, ortalama karaciğer, testis, böbrek ve dalak ağırlıkları jelatinle beslenen grupta proteinsiz beslenen gruptakinden

daha yüksekti ($p<0.01$). Ancak, kalp ağırlığı için bu iki grup arasındaki fark onaylanmadı ($p<0.075$) (Tablo 2).

Deney III üç hafta devam etti. Bu deneyde dalak, karaciğer, böbrekler ve akciğer deneysel girişimden en çok etkilenen organları oluşturdu ($p<0.01$). Kalp, pankreas, testis ve göz de protein yetmezliğinden etkilenen organlardı ($p<0.05$). Bu deneyde de ortalama beyin ağırlıkları için gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmedi. Önceki deneylerde organ ağırlıklarında gözlemlenen görece azalmaların genelde daha da belirginleştiği, bazı organlarda ise daha sınırlı değişikliklerin olduğu gözlemlendi. Kontrol grubu verileri ile karşılaştırıldığında diyet kalitatif ve kantitatif protein yetmezlikleri karaciğerde %30 ve %65, testiste %17 ve %43, kalpde %33, böbrekte %20 ve %31, akciğerde %35 ve %49 ve dalakta %58 ve %74 oranlarında azalmalara neden oldu. Pankreas ve göz ağırlığı için kontrol grubu ile jelatin içeren diyetle beslenen grup arasındaki farklar istatistiksel olarak onaylanmadı ($p=0.086$, $p=0.075$). Diğer tüm değişkenler için kontrol grubu ile deney grupları arasındaki fark istatistiksel olarak önemliydi ($p<0.05$). Ayrıca kontrol grubu ile N-free beslenen grup arasında ortalama pankreas ve göz ağırlıkları için fark onaylandı ($p<0.05$). Jelatin içeren diyetle beslenen hayvanlarda ortalama karaciğer, testis, böbrek ve dalak ağırlıkları proteinsiz beslenen grubunkinden daha yüksekti ($p<0.05$). Ancak, akciğer için bu iki grup arasındaki fark onaylanmadı ($p<0.065$). Beyin ağırlıklarında üç haftalık protein malnütrisyonuna bağlı önemli bir değişiklik görülmedi.

Yirmisekiz gün devam eden deney IV'de protein içermeyen yemle beslenen gruptaki hayvanların hepsi deney süresi bitmeden öldüğünden bunlara ilişkin veriler toplanamadı. Jelatin içeren diyetle beslenen grupta karaciğer, dalak, böbrek, pankreas ve testis deneysel girişimden en çok etkilenen organlardı. Kontrol grubu verileri ile karşılaştırıldığında diyet kalitatif protein yetmezliği ortalama karaciğer ve testis ağırlığında %43, böbrek ağırlığında %33 ve dalak ağırlığında %76 oranlarında azalmaya neden oldu ($p<0.01$). Ayrıca kalp (%52) pankreas (%51) ve beyin ağırlıklarındaki azalmalar da önemli istatistiksel olarak onaylandı ($p<0.05$). Buna karşın ortalama akciğer ve göz ağırlıkları için gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark ortaya çıkmadı.

Tartışma

Çalışmada deneyin süresine göre kontrol gruplarında %5 (deney I) ile %23 (deney IV) oranında bir canlı ağırlık artışı kaydedilmiştir. Deneyde genç erişkin hayvanlar kullanıldığından, normal beslenen kontrol grubunda deney sürecinde ağırlık artışı olması beklenen bir sonuçtur. Kalitatif ve kantitatif protein yetersizliği canlı ağırlığı olumsuz olarak etkilemiştir. Jelatin içeren diyetle beslenen hayvanlarda ortalama canlı ağırlık kaybı %21 (deney I) ile %40 (deney IV) arasında değişmektedir (Tablo 1). Proteinsiz diyetle beslenen hayvanlarda ise deney I'de ortalama %24 olan canlı ağırlık kaybı, deney III'de %49'a ulaşmıştır. Proteinsiz beslenen hayvanlar 4. haftanın sonuna kadar yaşamadıklarından deney IV'te bu gruba ilgili 28. gün verileri alınamamıştır. Koch [5], proteinsiz diyetle 14 hafta beslenen 6-8 aylık ergin Wistar ratlarında yaklaşık %55 canlı ağırlık kaybı saptamıştır. Köhl-Oppitz [7], %0, %1, %3 ve %10 buğday gluteni içeren diyetlerle beslenen ratlarda vücut ağırlığı ile diyetteki protein oranı arasında pozitif bir ilişki olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı ergin erkek Wistar ratlarında 56 günlük proteinsiz beslenme sonucunda yaklaşık %30 oranında bir ağırlık kaybı rapor etmiştir. Balkaya [8,9], protein içermeyen ve %10 ve %20 jelatin içeren diyetlerle 56 günlük beslenen 4 aylık erkek ve dişi Wistar ratlarında %24 ile %31 arasında bir canlı ağırlık kaybı saptamıştır. Jelatin içeren diyetle beslenen hayvanlarda canlı ağırlık kaybının proteinsiz beslenenlere göre daha fazla olduğu dikkat çekicidir. Ayrıca, kalitatif ve kantitatif malnutrisyonun canlı ağırlığa etkisinin cinsiyete bağlı olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada bir ile dört hafta arasında değişen sürelerde malnutrisyon uygulanmış ve görece genç hayvanlar kullanılmıştır. Çalışmada canlı ağırlık kaybının yüksek olması bir ölçüde hayvanların genç olmasıyla açıklanabilir. Malnutrisyonun etkilerinin gençlerde erginlere göre daha şiddetli olduğu rapor edilmiştir [18]. Proteinsiz beslenen grupta canlı ağırlık kaybının jelatinle beslenen gruptakinden daha yüksek olması önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyumsuzdur [8,9]. Bu durum da deney hayvanlarının daha genç ve çevre sıcaklığının görece düşük olması ile açıklanabilir.

Dalak, karaciğer, pankreas, akciğer, testis, kalp ve böbrek kalitatif ve kantitatif protein yetersizliğinden en çok etkilene organlardır. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında jelatin içeren diyetle beslenenlerde 1. ve 4. hafta sonunda dalak %28 ile %66, karaciğer %24 ile %43, pankreas %20 ile %51, akciğer %25 ile %20, testis

%18 ile %43, kalp %19 ile %52 ve böbrek %20 ile %33 oranında daha hafif bulunmuştur. Benzer şekilde, proteinsiz beslenen grupta da dalak %40 ile %74, karaciğer %26 ile %65, pankreas %32 ile %60, akciğer %23 ile %49, testis %15 ile %43, kalp %22 ile %33 ve böbrek %19 ile %31 oranında bir azalma göstermiştir. Her deneyde bazı organ ağırlıklarının malnutrisyon grupları arasında da farklılıklar gösterdiği dikkati çekmektedir (Tablo 2 ve Tablo 3).

Protein malnutrisyonunun çeşitli organ ve sistemlerde morfolojik ve fonksiyonel değişikliklere neden olduğu bir çok çalışmada ortaya konmuştur [10-12]. Özellikle yaşamın erken dönemindeki etkileşimler daha şiddetli etkilere neden olmaktadır [13]. Bu çalışmalarda elde edilen bulgular malnutrisyonun hücreler, dokular ve sonuçta bunların oluşturduğu organ ve sistemler üzerine etkilerinin onların mitotik indeksiyle pozitif ilişkili olduğuna işaret etmektedir. Özellikle lenfoid ve hematopoietik dokular, başta barsak mukozası olmak üzere epitel doku, karaciğer, pankreas, testis gibi organlar mitotik indeksi yüksek organlar arasındadır ve protein yetersizliklerinden olumsuz etkilenen organlar arasında yer alırlar. Çeşitli çalışmaların sonuçları protein yetersizliklerinin değişik organların ağırlıklarını azalttığını rapor etmektedirler [12,14,15]. Protein yetersizliklerine bağlı olarak organ ağırlıklarında görülen azalmalar hücre sayısındaki azalmayla açıklanmaktadır [16]. Ayrıca, bulgularımız malnutrisyonun organ ağırlıklarını deney sürecine bağlı olarak etkilediğine de işaret etmektedir. Bu durum protein malnutrisyonunun değişik fizyolojik özelliklere etkilerinin zamana bağlı olduğunu gösteren önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur [7, 8, 13].

Sinir dokusu iyi diferensiyeye olmuş dokular arasında yer alır. Yaşamın erken dönemindeki malnutrisyonlar sinir dokusu üzerinde önemli ve yaşam boyu kalıcı morfolojik ve fonksiyonel değişiklikler oluştururken, bireyin gelişmesinin tamamlanmış olduğu ileri yaşlardaki malnutrisyonların etkisi malnutrisyonun derecesine bağlı olarak oldukça sınırlı olur veya herhangi bir etkilenim görülmeyebilir [17]. Çalışmada ileri düzeyde kalitatif ve kantitatif protein yetersizliğinin beyin ve sinir dokusunun bir devamı olarak kabul edilen göz ağırlıkları üzerine etkilerinin görece sınırlı olması veya olumsuz bir etkisinin görülmemesi bunu desteklemektedir.

Kaynaklar

1. Chandra, R. K.: Immunology of nutritional disorders. Edward Arnold Ltd. U.K., 1980
2. Stinnet, J. D.: Nutrition and the immune response. CRC Pres, Inc. Boca Raton, Florida, 1985.
3. Chandra, R. K.: Unterernährung und Immunantwort. Ann Nestlé. 43: 5-19, 1985.
4. Winick, M., Noble, A: Cellular responses in rats during malnutrition at various ages. J Nutr 89: 300-306, 1966.
5. Koch, M.: Die Harnstoff- und Kreatininausscheidung der Albinoratte bei N-freier Ernährung. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades beim Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig Universität Gießen, 1983.
6. Nau, R.: Untersuchung zum N-stoffwechsel der Albinoratte. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades beim Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig Universität Gießen, 1988.
7. Köhl-Oppitz, G.: Endogene und exogene Einflüsse auf die mit Anilinblau bestimmte Eosinophilenkonzentration im Blut von Ratten. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades beim Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig Universität Gießen, 1989.
8. Balkaya, M.: Der Einfluß des Proteinmangels auf das weiße Blutbild von Wistar-Ratten und Hähnen der Rasse Weißes Leghorn. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades beim Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig Universität Gießen, 1991.
9. Balkaya, M.: The effects of feeding gelatin containing diet and following complete feeding on the peripheral white blood cells of the male and female Wistar rats. Tr J Vet Anim Sci 23; 417-429, 1999.
10. Salem, S.I., Coward, W.A., Lunn, P.G., Hudson, G.J.: Response of the reproductive system of male rats to protein and zinc deficiency during puberty. Ann Nutr Metab 28: 44-51, 1984.
11. Pond W.G., Ellis K.J., Mersmann H.J., Heath J.P., Krook L.P., Burrin D.G., Dudley M.A., Sheng H.P.: Severe protein deficiency and repletion alter body and brain composition and organ weights in infant pigs. J Nutr 126: 290-302, 1996.

12. Singh, R.L.: Effect of protein malnutrition on sex organs of metanil yellow exposed male rats. *Biomed Environ Sci* 11: 233-42, 1998.
13. Henrich-Ebehl, C., Rufeger, H., Der Einfluß des Proteingehaltes der Nahrung auf den Ruhe-Nüchtern Sauerstoffverbrauch der Albinoratte in Abhängigkeit von der Lebendmasse. *Zentralbl Veterinarmed A* 37: 622-33, 1990.
14. Myers, B.A., Dubick, M.A., Gerreits, J, Rucker, R.B., Jackson, A.C., Reiser, K.M., Williams, S.M., Last, J.A.: Protein deficiency: effects on lung mechanics and the accumulation of collagen and elastin in rat lung. *J Nutr* 113: 2308-15, 1983.
15. Joshi, S., Garole, V., Daware, M., Girigosavi, S., Rao, S.: Maternal protein restriction before pregnancy affects vital organs of offspring in Wistar rats. *Metabolism* 52: 13-8, 2003.
16. Zeman, F.J., Heng, H., Hoogenboom, E.R., Kavlock, R.J., Mahboob, S.: Cell number and size in selected organs of fetuses of rats malnourished and exposed to nitrofen. *Teratog Carcinog Mutagen.* 76: 339-47, 1986.
17. Pond, W.G., Yen, J.T., Yen, L. H.: Body weight deficit in the absence of reduction in cerebrum weight and nucleic acid content in progeny of swine restricted in protein intake during pregnancy. *Proc Soc Exp Biol Med* 188: 117-21, 1988.
18. Cabak, V., Dickerson, J.W.T., Widdowson, E.M.: Response of young rats to deprivation of protein sor of calories. *Brit J Nutr* 17: 601-616, 1963.