



## Hareket Hastalığı ve Sanal Ortam

### ÖZ

Yeni teknolojilerin benimsenmesi ve teknolojinin yaşam üzerindeki etkisinin artmasıyla hareket hastalığı araştırmalarının sanal ortamlarda yoğunlaşmaya başladığı görülmektedir. Bununla birlikte görsel olarak uyarılan hareket hastalığının neden olduğu göz yorgunluğu, baş ağrısı, baş dönmesi, mide bulantısı ve postural kontrol kaybı gibi istenmeyen semptomlar bireyleri etkilemeye devam etmektedir. Sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanımının olası faydaları göz önüne alındığında kullanım alanlarını sınırlayan olumsuz etkilerini anlamak oldukça önem taşımaktadır. Bu çalışmada; hareket hastalığının etiolojisi hakkında genel bir bilgi verilerek, teknolojiye bağlı olarak gelişen hareket hastalığının bireyler üzerindeki olası etkilerinin araştırıldığı çalışmalardan elde edilen bulguların sunulması amaçlanmıştır. Hareket hastalığı ile ilgili verilerin belirlenen anahtar kelimeler ile taranarak konuyla bağlantılı olan çalışmaların seçilmesiyle oluşturulmuş geleneksel bir derlemedir. Sonuç olarak; yaşamın çoğu alanının bir parçası haline gelen sanal gerçeklik cihazlarının kullanımındaki artışın görsel olarak uyarılan hareket hastalığının oluşumunu ve etkilerini arttırdığı, bireyleri bedensel ve bilişsel problemlerle karşı karşıya bıraktığı, yaşam kalitesi ve iş verimliliğinde olumsuz etkiler oluşturduğu görülmüştür. Sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanım alanlarının artması ve kişiler üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin önemi göz önüne alındığında görsel olarak uyarılan hareket hastalığı oluşumuna bağlı kısıtlamaların anlaşılması giderek daha önemli olacaktır. Hareket hastalığının oluşumunun erken bir aşamada tespit edilmesine yardımcı olmak için bulunacak etkili yöntemlerle sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanımının yaygınlaştığı çoğu alanda güvenli kullanımı için katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu anlamda hareket hastalığının ortaya çıkardığı olumsuz etkilerin anlaşılabilmesi ve en aza indirilebilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Hareket hastalığı, postural kontrol, sanal gerçeklik teknolojisi, siber hastalık

## Motion Sickness and Virtual Environment

### ABSTRACT

With the adoption of new technologies and the increasing effect of technology on life, it is seen that motion sickness researchers have started to concentrate on virtual environments. However, undesirable symptoms such as eyestrain, headache, dizziness, nausea, and loss of postural control caused by visually induced motion sickness continue to affect individuals. Considering the possible benefits of the use of virtual reality technologies, it is very important to understand the negative effects that limit the usage areas. This study; by giving general information about the etiology of motion sickness, it is aimed to present the findings obtained from studies investigating the possible effects of motion sickness, which develops due to technology, on individuals. It is a traditional compilation created by scanning the data related to motion sickness with the determined keywords and selecting the studies related to the subject. As a result; it has been observed that the increase in the use of virtual reality devices, which have become a part of most areas of life, increases the occurrence and effects of visually induced motion sickness, exposes individuals to physical and cognitive problems, and creates negative effects on quality of life and work efficiency. Considering the increasing use of virtual reality technologies and the importance of their negative effects on people, it will be more and more important to understand the limitations associated with the formation of visually induced motion sickness. It is thought that effective methods to help detect the formation of motion sickness at an early stage will contribute to the safe use of virtual reality technologies in many areas where the use of virtual reality technologies is widespread. In this sense, it is understood that more research is needed to understand and minimize the negative effects of motion sickness.

**Key Words:** Motion sickness, postural control, virtual reality technology, cyber sickness

## GİRİŞ

Hareket hastalığı (HH) bir hastalık olarak isimlendirilse de hastalık değildir<sup>1</sup>. Özellikle yolculuk ve sanal gerçeklik görüntüleri izleme sırasındaki görsel hareketin neden olduğu bir rahatsızlık hissidir<sup>2</sup>. Sağlıklı bir bireyin yeterli bir şiddette anlamlandırılmayan hareketlere belirli bir süre maruz kaldığında yapısal ve fonksiyonel bozukluk olmadan ortaya çıkan tepkisi olarak anlaşılmalıdır<sup>3</sup>. Bazı kaynaklarda “hastalık” terimi yerine “hareket bozukluğu sendromu” kullanılmıştır<sup>4,5</sup>. HH tıp literatüründe “kinetozis”<sup>3</sup>, yabancı literatürde ise “motion sickness”<sup>6</sup> olarak karşılık bulmaktadır. Bu alanda çalışan çoğu bilim insanı HH’nin oluşabilmesi için normal olarak işleyen bir vestibüler sistemi gerekli bir koşul olarak belirtmekte ve sadece sağlıklı çalışan vestibüler sisteme sahip bireylerde HH’nin gelişebileceğini kabul etmektedir<sup>3-5,7,8</sup>.

Tarihin erken dönemlerinden günümüze kadar farklı sebeplerle HH semptomları yaşanırken bazı görsel ekran türlerine maruz kalma sonucu<sup>9-12</sup> HH benzeri semptomların ortaya çıktığı görülmektedir. Kennedy ve ark. (2010)<sup>13</sup> fiziksel hareketin yokluğunda bile semptomların görsel sistem tarafından algılanan hareketten kaynaklandığını ve bu durumun görsel olarak uyarılan hareket hastalığının (GUHH) etkileri olarak sınıflandırıldığını ifade etmişlerdir. Sanal ortam teknolojilerinin uygulama alanlarından bazıları video oyunlarını<sup>14-16</sup>, spor rehabilitasyonunu<sup>17,18</sup> ve antrenman çalışmalarını<sup>19-21</sup> içermektedir. Son 10 yıl içerisinde HH ile orta düzeyde olumsuz etkilerin ilişkilendirilebileceğini doğrulayan kanıtlar bilimsel araştırmacıların dikkatini çekmiştir. 3D video oyunlarının ve filmlerinin sıkça oynanması ve izlenmesi, taşınabilir elektronik cihazların (tablet, telefon vb.) yaygın kullanımı ile HH arasındaki ilişkiler hakkında bazı sorular ortaya çıkarmış ve etkilerini araştırmaya yönelmiştir.

Bu çalışmayla, HH etiyolojisi hakkında genel bir bilgi verilerek teknolojiye bağlı olarak gelişen HH’nin bireyler üzerindeki olası etkilerinin araştırıldığı çalışmalardan elde edilen bulguların sunulması amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışma; HH ile ilgili verilerin “Ulakbim”, “Google Akademik”, “Science Direct”, “Web of Science” ve “PubMed” veri tabanlarında “hareket hastalığı”, “sanal gerçeklik”, “simülasyon hastalığı”, “siber hastalık”; “motion sickness”, “siber hastalık”, “virtual reality”, “simülasyon sickness”, “cybersickness” olarak belirlenen anahtar kelimeler ile taranarak konuyla bağlantılı olan çalışmaların seçilmesiyle oluşturulmuş geleneksel bir derlemedir. Derleme kapsamına elektronik arama sistemi ile makaleler ve konferans sunumları dâhil edilmiştir.

## Hareket Hastalığı ve Tarihsel Kronolojisi

Yerçekimi alanında kafa hareketleri veya hareket içeren görme alanları ile gelişebilen bir durumdur<sup>22</sup>. Gerçek ve beklenen duyuşal (işitsel-görsel ve propriyoseptif) girdiler arasında bir uyumsuzluk olduğunda ortaya çıkmaktadır<sup>23</sup>. HH’ni tanımlamak için kullanılmış birçok farklı isim, uzun tarihini açıklayan ve ortaya çıkışına sebep olan pek çok neden bulunmaktadır. HH başlangıçta deniz hastalığı, daha sonra yolcu hastalığı, tren hastalığı, taşıt hastalığı<sup>24</sup>, uçak hastalığı, uzay hastalığı<sup>22</sup>, yakın zaman içerisinde ise görsel olarak uyarılan hareket hastalığı (GUHH)<sup>13</sup> olarak literatürde yerini almıştır.

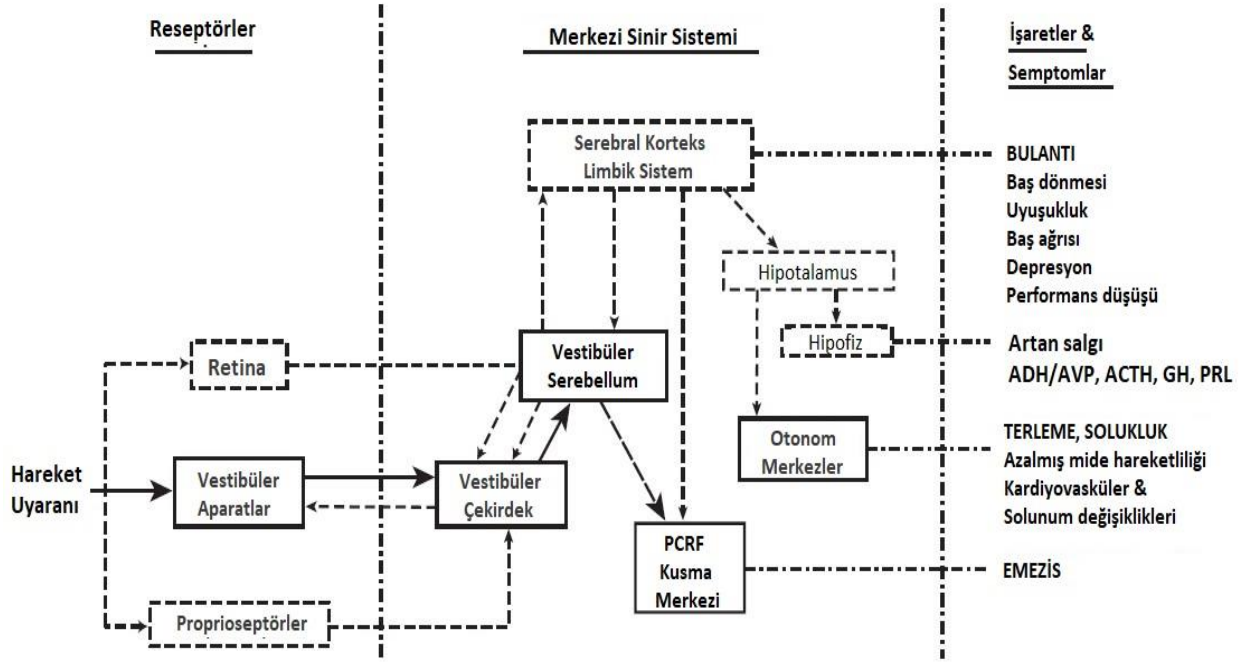
HH çok uzun yıllardan beri özellikle denize açılan medeniyetlerde çok iyi bilinmektedir. Bulantı (nause) kelimesi Yunanca gemi (naus) kelimesinden türetilmiştir<sup>3,5,23</sup>. HH benzeri semptomların tarihsel kronolojisi incelendiğinde (gemi, tren, otomobil, uçak, uzay aracı, salıncak, deve ile yolculuk)<sup>3-5,7,24</sup> HH'na dair ilk belgeler eski Yunan dönemlerine kadar uzanmaktadır<sup>3,5</sup>. 1950'lerden önce okyanuslarda seyahat etmek isteyenlerin tek seçeneği deniz yolculuğuydu ve bu durum deneyimsiz denizcilerin sıklıkla deniz tutması yani HH yaşamalarıyla sonuçlanmaktaydı<sup>1</sup>.

HH Hipokrat (377-460) tarafından gemiyle deniz yolculuğu sırasındaki hareket bozuklukları şeklinde tanımlanmıştır. Denizcilik kariyeri boyunca kronik olarak deniz tutması yaşayan Amiral Lord Nelson (1758-1805) dışında Napolyon Bonaparte (1769-1821) ve Lawrence (1888-1935) Orta Doğu'ya deveyle yaptıkları seferlerinde yaşadıkları sarsıntılar sebebiyle HH'ndan muzdarip oldukları bilinmektedir<sup>5</sup>. İkinci Dünya Savaşı'nda çok sayıda insanın taşınması için yapılan deniz yolculuğu sırasında oluşan ve askerlerin savaş verimliliğini azalmasına neden olan HH zararsız bir sorun olmaktan çıkıp büyük bir askeri soruna yol açmıştır<sup>1,5</sup>. Avrupa ve Amerika'da çok sayıda askerin karayoluyla taşınması sırasında ve aynı tarihlerde havacılık döneminin de başlamasıyla beraber benzer durumlarla karşılaşmıştır<sup>1</sup>. Günümüzde HH araştırmalarının yönünün değişimine neden olan fenomen ise teknoloji dünyasındaki gelişimlere paralel olarak artan akıllı telefon, tablet bilgisayar ve sanal ortam eğlence sistemlerindeki ilerlemelerdir. Video oyunlarındaki görsel tasarımın gerçeğe daha yakın oluşu, yüksek çözünürlüklü ekranların sanal ortamın etkileyici hissini daha da artırması<sup>10</sup>, sinema filmlerinde, tıp ve endüstri alanlarında 3 boyutlu (3D) görüntülerin kullanımının yayılmasıyla beraber göz yorgunluğuna ve HH neden olduğunu göstermektedir<sup>11</sup>.

### **Hareket Hastalığının Oluşum Mekanizmasındaki Yapılar**

HH literatürü incelendiğinde; ortaya çıkışının en güçlü biyolojik temelini oluşturan normal işleyen bir vestibüler sisteme sahip olmanın ve herhangi bir uyarıcı türüne uzun süreli maruz kalmanın HH'nın ortaya çıkışında tartışmasız kabul edilen iki etken olduğu anlaşılmaktadır<sup>5</sup>. HH'nın gelişmesinde rol oynayan sistemler; vestibüler sistem (semisirküler kanallar/otolitler), vestibüler çekirdek kompleksi, kemoreseptör uyarı alanı, görsel sistem, propriyoseptif sistem<sup>3</sup>, ön-arka ve yanal ivmelerle ilişkili kafa hareketleridir<sup>25</sup>. HH'nın ortaya çıkışının esas olarak vestibüler sistemde meydana geldiği bilinmektedir<sup>23</sup>. Bununla beraber; Wang ve ark. (2014)<sup>26</sup>'nın çalışmalarında görsel bilginin HH'nın yaşanmasında önemli rol oynadığı, görsel ve vestibüler bilgilerin birbirini etkileyerek merkezi sinir sisteminde belirli kanallar aracılığıyla bütünleştiği doğrulanmıştır.

Vestibüler, görsel ve propriyoseptif sistemlerden gelen girdiler beyin sapının vestibüler çekirdeklerine ulaşır. Uyarılar iç kulağın vestibüler organ olarak bilinen bu bölgesinden kusma reaksiyonundan sorumlu olan beynin içindeki medulla oblongataya taşınır ve medulla oblongatadaki yanıtlar kusma merkezini tetikleyerek üst gastrointestinal sistemde, diyaframda ve kusmaya yol açan abdominal kaslarda otonom motor reaksiyonlar oluşturur. Gerçek ve beklenen vestibüler, görsel ve propriyoseptif bilgiler arasında bir tutarsızlık olduğunda HH semptomlar dizisi başlatılmış olur<sup>23</sup>. HH'na katılan sinir yapıları Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Hareket Hastalığına Katılan Sinir Yapıları<sup>27</sup>

### Hareket Hastalığı Semptomatolojisi ve Hareket Hastalığına Duyarlılık

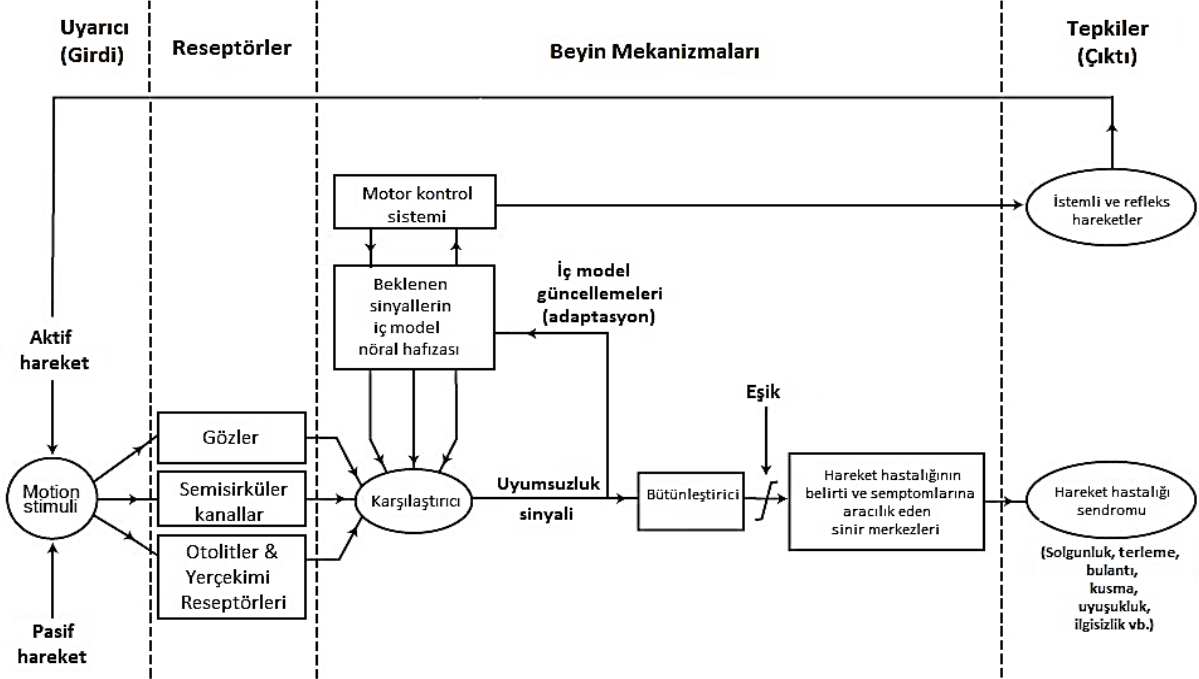
HH'na neden olan uyarılara maruz kalındığında mide bulantısı, vücut sıcaklık artışı, sersemlik ve yorgunluk dâhil ancak bunlarla sınırlı olmayan semptomlar görülmektedir<sup>28</sup>. Ortaya çıkan ana semptomlar ise bulantı ve kusmadır<sup>1</sup>. Ayrıca tükürük salgısında artış<sup>29</sup>, kendini iyi hissetmeme, anksiyete, baş dönmesi, baş ağrısı, yüzde solgunluk veya kızarıklık, soğuk terleme, kokulara hassasiyet, uyku hali<sup>29,30</sup> ve postural kontrol kaybı<sup>31-34</sup> gibi çok çeşitli semptomlarla gelişebilmektedir<sup>1</sup>. Semptomların görülme sıklığı bireysel eşiğe bağlıdır<sup>2</sup> ve genel olarak semptomlar kısa bir süre sonra düzelebilmektedir<sup>35</sup>.

HH'na duyarlılık büyük oranda bireysel değişkenlik gösterir<sup>23,2</sup> ve kadınların erkeklerden daha fazla duyarlı oldukları bilinmektedir<sup>5,23,37,36</sup>. Duyarlılık; görsel, vestibüler ve somatosensoryel sistemlerden gelen bilgilerin doğru algılanmasıyla ve bu algısal koşullara kolayca uyum sağlanamamasındaki hassasiyetle ilişkilendirilmiştir<sup>5</sup>. Uyarıcının türü, şiddeti süresi<sup>8</sup>, uyarıcıya gösterilen bireysel duyarlılık ve vestibüler sistemin maruz kaldığı uyarıcıya adapte olma yeteneği<sup>38</sup> gibi etkenlere bağlanmaktadır. Ayrıca uzun süreli postural instabilitenin HH'na doğrudan neden olacağı kuramına göre; postural kontrolü yetersiz olanlar HH'na daha duyarlı olabilirler ve bu yatkınlık durumu duyusal çatışmaya verilen postural cevaplarla anlaşılabilir<sup>30</sup>.

### Hareket Hastalığı Kuramları

HH'nın etiyojisi ve kesin nörobiyolojik mekanizması hala belirsiz olsa da çeşitli hipotezler öne sürülmüştür. 19. yüzyıla kadar uzanan ve HH'nın bilinen en eski kuramı olarak ifade edilen aşırı uyarım kuramı<sup>39</sup>; HH'nın vestibüler sistemin aşırı uyarılmasından kaynaklandığını, uyarım arttıkça görülme olasılığının ve şiddetinin arttığını öngörmektedir<sup>4</sup>. Diğer bir kuram ise Ebenholtz, (1992)<sup>7</sup> tarafından ortaya atılan göz hareketi kuramıdır. Bu kuramda gözün hareket halindeki bir nesneyi takip edemediği noktada gözün titremesi olarak adlandırılan optokinetik nistagmus ve başı sağa sola döndürürken nesneyi göz merkezinde tutmayı sağlayan vestibüler oküler

refleks olmak üzere bu iki göz hareketinde meydana gelen hatalar baş ve göz ağrısı, konsantrasyon zorluğu gibi semptomlar yaratarak HH'na sebep olmaktadır. HH'nın kabul almış en yaygın kuramı olan duyu çatışma veya sinirsel uyumsuzluk kuramı ise; gemi, araba ve uçak gibi gerçek hareketi içeren veya 3D film izlerken sanal hareketi içeren ortamlarda beklenen ve algılanan hareketin farklılaştığı yani duyu bilgileri arasındaki yanlış eşleşmeler sonucu gelişeceğini öngörmektedir<sup>4,5,8,24</sup>.



**Şekil 2.** Duyusal Çatışma Kuramına Dayalı Buluşsal Motor Kontrol, Hareket Algılama ve Hareket Hastalığı Modeli<sup>40</sup>

Duyusal çatışma kuramının temel özellikleri Şekil 2'de şematik olarak gösterilmektedir. Bu model normal lokomotor aktivite ve denge ve duruş kontrolü sırasında edinilen bilgilerden oluşturulmuştur. Bedensel yönelim ve hareketle ilgili afferent bilgiler bedensel hareketle uyarılan duyu organlarından yarım daire kanalları ve otolit organlarının özel reseptörleri, derideki mekanoreseptörler, eklem kapsülleri, kaslar ve özellikle de gözlerden gelmektedir. Geniş oranda dağılmış olan bu reseptörler kendilerine etki eden kuvvetlere tepki vererek çevredeki yerçekimi kuvvetinin uyumu hakkında bilgi sağlamaktadır. Duyusal çatışma kuramına göre; vücut hareketini ve uyumunu izleyen duyu sistemlerinden gelen sinyaller ile geçmiş deneyimlere dayalı olarak beklenen sinyaller arasındaki herhangi bir uyumsuzluk çatışma sinyalinin üretilmesine yol açmaktadır<sup>3</sup>. Vestibüler, görsel ve proprioseptif duyu yollarıyla algılanan hareket bilgilerinin örneğin postural kontrolün sağlanması gibi geçmiş deneyimleri yansıtan nöral hafızadaki beklenen bilgilerle eşleşmediği durumlardaki duyu bilgileri arasındaki çatışmayı ifade eden bu kuram, günümüzde yeni kuramların öngörülmesiyle birlikte hala geçerliliğini korumaktadır.

Literatürdeki genel HH etiyolojisinin duyu çatışma kuramına dayandırıldığı ve geniş çapta kabul gördüğü anlaşılmaktadır<sup>3,5,32,41-43</sup>. Ancak bu teori bazı bilim çevreleri tarafından eleştirilmiş ve hatta reddedilmiştir<sup>44</sup>. Riccio ve Stoffregen, (1991)<sup>45</sup> HH'nın duyu çatışmasından kaynaklanmadığını, bunun yerine vücutta doğal olarak meydana gelen salınım aktivitesine 0,1 - 0,3 Hz frekans aralığında dış hareket uyarılarının etki ettiği bir ortamda, postürün kontrol edilememesinden veya postural

kontrolü sağlamaya çalışırken meydana gelen belirsizlikten kaynaklandığını belirterek postural instabilite kuramını ileri sürmüştür. Bu kuram; HH yaşayan kişilerle yaşamayan kişiler arasında hareket farklılıklarının olması gerektiğini ve hareketlerdeki bu farklılıkların HH semptomlarının görülmesinden önce var olması öngörmektedir. Teori öne sürüldükten on yıl sonra Stoffregen, (2011)<sup>46</sup> HH diye ifade edilen fenomenin vücudun yöneliminin dengesiz kontrolünden kaynaklandığını ve belirli bir duruma uyum sağlandığında yani vücudun sabit ve dengeli kontrolü yeniden elde edildiğinde HH semptomlarının görülmeyeceğini iddiasını öne sürmüştür. HH postural kontrolde bir dengesizlik olduğunda gelişecek ve postural instabilite miktarına göre semptomların sayısı ve ciddiyeti artacaktır<sup>45</sup>.

Bu bilgiler birlikte ele alındığında HH yaşayan kişiler için tek açıklamanın duyuşal çatışma kuramına bağlı olmadığı anlaşılmaktadır. GUHH durumunda, kişi bir video oyunu oynarken ya da 3D bir film izlerken vücut hareketsizdir ancak görsel olarak hareket görüntülerine maruz kaldığında vücutla fiziksel hareket yapılmamasına rağmen iç kulak ve kas hücreleri beyne bilgiler göndermeye devam eder ve vücut hareket ediyormuş gibi algılanır. Gerçek vücut hareketi ve sanal hareket görüntüleri arasındaki farklılık HH belirtilerine neden olan uyarıcı faktörleri belirlemek açısından önemlidir. Bu faktörlerin bazıları kişi hareketsiz bir şekilde oturduğunda veya kafaya takılan bir ekran kullanırken gerçekleşir. Bu nedenle HH'nın kesin uyarıcılarını belirlemenin o kadar kolay olmadığı söylenebilir.

### **Hareket Hastalığı ve Sanal Ortam İlişkisi**

Yaklaşık 30 yıl önce bir kullanıcının duyuşal ortamını simüle etme süreci "sanal gerçeklik" terimi olarak anlam bulmuştur<sup>47</sup>. 20 yılı aşkın süredir de sanal gerçeklik teknolojileri HH ile ilişkilendirilmektedir<sup>48</sup>. Sanal gerçeklik kaynaklı HH'nı ifade etmek için kullanılan yaygın terimler "siber hastalık", "sanal gerçeklik hastalığı" özellikle de "görsel olarak uyarılan hareket hastalığı" (GUHH) olarak sıralanmaktadır<sup>42</sup>. Bu terimler sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımından kaynaklanan bir sendromu ifade etmektedir<sup>49</sup>. Yolculuklarla başlayan HH gerçeğinin<sup>5,23</sup> teknolojinin gelişmesiyle beraber sanal ortam kullanıcıları arasında günden güne yaygınlaşmaya başladığı rapor edilmiştir<sup>50,51</sup>. HH semptomları fiziksel hareket yokluğunda da ortaya çıkabilmektedir. GUHH genellikle dinamik görsel görüntülerde algılanan harekete maruz kalmanın bir sonucu olarak meydana gelmektedir<sup>9</sup>. GUHH'nın toplum sağlığıyla ilişkisi ise yaklaşık 13 yıl önce Japonya'da 36 lise öğrencisinin beklenmedik görüntü hareketi ve titreşimiyle karakterize edilen bir film izledikten sonra HH nedeniyle hastaneye kaldırıldığında Matsue film hastalığı olayı olarak gündeme gelmiştir<sup>52</sup>. 3D film izlemekten kaynaklanan bu özel rahatsızlık "3D görüntü (görme) sendromu" olarak da ifade edilmiştir<sup>53</sup>.

HH'nın bir çeşidi olarak kabul edilen GUHH için en çok kabul gören açıklama; görsel, proprioseptif ve vestibüler uyarılar arasındaki uyumsuzluğa dayanan duyuşal çatışma kuramıdır<sup>51</sup>. Bulantı, baş dönmesi ve vertigo gibi semptomlar duyuşal çatışma kuramı ile bağlantılıdır<sup>54</sup>. HH'nın en sık bildirilen semptomlarının otonom sinir sistemi ile ilgili vagus sinir kompleksini içeren mide bulantısı, kusma, tükürük salgısı, terleme, yorgunluk, ilgisizlik, baş dönmesi ve oryantasyon bozukluğu<sup>4</sup> olduğu bilinmektedir. Fiziksel olarak hareketsizken dinamik görüntüleri izleme sırasında veya sonrasında başlayabilen bir durum olan GUHH'nın göstergesi<sup>13</sup> olarak kabul edilen semptomların ise; göz yorgunluğu belirtisine ek olarak baş ağrısı, mide bulantısı ve oryantasyon bozukluğu olduğu görülmektedir<sup>10,55,56</sup>. Araştırmalardan elde edilen bulgulara

bakıldığında hem HH'nin hem de sanal teknolojik ürünlerin kullanımına bağlı gelişen semptomların benzer olduğu anlaşılmaktadır. GUHH semptomları; görüntüleme teknolojisi, maruz kalma süresi ve bireysel duyarlılık olmak üzere çeşitli değişkenlerin bir fonksiyonu olarak farklılaşan derecelerde kendini göstermektedir<sup>57</sup>. Genel olarak sanal gerçeklik kullanıcıları üzerine yapılan önceki araştırmalar<sup>32,41,56,58,59</sup> sanal gerçeklik görüntülerinin izlenmesiyle bireylerde bazı olumsuz sağlık problemlerinin ortaya çıkabileceğini bildirmiştir. Yakın geçmişte; sinema, televizyon, oyun konsolları ve cep telefonları dâhil olmak üzere eğlence ve iletişimde stereo 3D (S3D) teknolojisinin kullanımında çarpıcı bir artış görülmesiyle birlikte anekdot niteliğindeki kanıtlar ve üreticilerin kendi güvenlik bilgileri S3D'nin baş ağrısı, göz yorgunluğu, baş dönmesi ve bozulmuş motor koordinasyon gibi semptomlarla izleyiciler üzerinde olumsuz etkiler oluşabileceğini öne sürmektedir<sup>55</sup>.

### **Sanal Ortam ve Hareket Hastalığı ile İlişkili Araştırmalar**

HH bazı bireyler üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu için hoş olmayan bir durum olarak kabul edilmektedir<sup>42</sup>. Günümüzde duyarlılık çatışma ve postural instabilite kuramının HH'nin oluşumunda rol oynadığı kabul edilmektedir ve bu iki kuramın varyasyonlarına ait çok sayıda makale bulunmaktadır. Bu başlık altında sanal gerçeklik sistemlerini kullanmanın bildirilen olumsuz etkilerini ve GUHH bağlı gelişen semptomları değerlendiren araştırmalar özetlenmiştir.

2012 yılında yapılan bir çalışmada; 2D ve stereoskopik 3D görüntü izleme semptomlarının yaygınlığı ve ciddiyeti belirlenerek, ortaya çıkan semptomlar izleyicinin özellikleri ve izleme pozisyonuyla ilişkilendirilmiştir. 203 gence ve yetişkine farklı açılarda ve mesafelerde oturur pozisyonda 2D veya 3D olarak bir film izletilmiştir. 2D ve stereoskopik 3D grubu katılımcılarının %12'si ve %21'i izleme sırasında ve sonrasında ölçülen semptomlarda artış olduğu belirtilmiştir. Stereoskopik 3D görüntüler 2D olarak izlenen görüntülere göre daha fazla bulanık görme, çift görme, baş dönmesi, oryantasyon bozukluğu ve mide bulantısı algısına neden olmuştur. Yaşlı izleyiciler (46 yaş ve üstü) 2D görüntüleme, genç izleyiciler (24-34 yaş arası) ise 3D görüntüleme daha fazla oküler-görsel semptomlar ve HH semptomları bildirmiştir. Çalışmadan elde edilen olumlu bulgu ise 3D görüntüleme eğik bir pozisyonda oturmanın HH semptomlarını azalttığı yönünde olmuştur<sup>59</sup>.

Sinema ortamında izlenen 3D bir film sonrasında HH'nin ve postural dengesizliğin bir sorun olabileceği hipotezini test etmek amacıyla gözlemsel olarak gerçekleştirilen çalışmada, toplam 19 kişiye (21-66 yaş/9 kadın-10 erkek) bir saatlik 3D havacılık belgeseli izletilmiştir. HH şiddetinin belgesel görüntülerini izlemeden önceki değerlerden daha yüksek olduğu, 45 dakikadan sonra ise biraz azalma gösterdiği ifade edilmiştir. 3D bir film izledikten sonra HH'ndeki ve postural dengesizlikteki artışın günlük yaşam dışında sinemada da bir sorun olduğu, bu sorununda işle ilgili faaliyetler ve araç kullanımı için henüz bilinmeyen bir risk oluşturabileceği ayrıca 3D görsel hareketin 2D görüntülerden daha ciddi sorunlara neden olabileceği vurgulanmıştır<sup>32</sup>. Benzer amaçla gerçekleştirilen gözlemsel bir araştırmada; GUHH semptomlarını belirlemek için simülatör hastalık anketi 2D ve 3D filmlerin görüntülenmesinden önce ve sonra 497 sağlıklı yetişkine uygulanmıştır. 3D filmden sonra toplam katılımcının %54,8'i, 2D filmden sonra toplam katılımcının %14,1'i GUHH'na bağlı semptomlar bildirmiştir. 2D film görüntüleri izlendikten sonra semptomların başlangıç oranından 2 kat, 3D film izleme sonrası ise 8,8 kat daha yüksek bulunmuştur. Araştırma sonuçları 3D film izlemenin; cinsiyet, yaş, kişinin bildirdiği kaygı düzeyi, filme dalma ve filmi



izleme süresi açısından HH ve baş ağrısı şikâyetleri gibi önemli etkilerine işaret etmiştir. Özellikle görsel-vestibüler sistemi daha duyarlı olan kadınlarda 3D film izlemenin mide bulantısı, okülomotor ve oryantasyon bozukluğu semptomlarının derecesini artırabileceği belirtilmiştir. Ek olarak; seyirciler üzerindeki 3D görüntü etkilerine dair kesin kanıtlar elde etmek için izleyiciler üzerindeki klinik belirtilerin incelemesini içeren çalışmalara ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır<sup>56</sup>. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen başka bir çalışmada; yaşları 4 ile 82 arasında değişen 433 katılımcıya aynı film 2D ve stereoskopik 3D olarak izletilerek izleme deneyimlerinin çeşitli yönleri hakkında bireysel raporlar toplanmıştır. Çalışma sonuçları; izleyicilerin yaklaşık %14'ünün baş ağrısı ve göz yorgunluğu olmak üzere S3D'yi izlemekten kaynaklanan olumsuz etkiler yaşadığını göstermiştir. Kadınların stereoskopik 3D ile yan etkileri bildirme olasılığı erkeklerden biraz daha fazla bulunmuştur<sup>55</sup>.

10 sağlıklı bireyin dâhil edildiği stereoskopik 3D (mavi ışık oranı daha fazla) ve 2D video görüntülerinin GUHH'na etkilerini incelemek amacıyla yapılan bir diğer araştırmada; katılımcılara 79 cm mesafede olacak şekilde 42 inç bir ekranda araba yarışını içeren bir video oyunu oynatılmıştır. Elektrokardiyografi ve solunum parametreleri kullanılarak elde edilen veriler, 2D video izlemeye kıyasla 3D videonun çok daha yüksek bireysel GUHH değerleri oluşturduğunu ancak 2D ve 3D EKG ve solunum parametre değerlerinin önemli ölçüde farklı olmadığını ortaya koymuştur<sup>11</sup>. Bir sonraki yıl yapılan benzer bir çalışmada; 3D filmin HH'na ve film türüne bağlı etkileri Baranowski ve ark. (2016)<sup>60</sup> tarafından araştırılmıştır. Aksiyon, korku ve belgesel olmak üzere 3 dakika 21 saniyelik üç tür film serisi izletilmiştir. Korku filmlerinin aksiyon filmlerinden daha fazla uyarıya sebep olarak en yüksek oranda görsel rahatsızlık oluşturduğunu, aksiyon filmleri ise en yüksek odaklanma seviyesini ortaya çıkarmıştır. Aynı durum HH'na etkisi içinde geçerli bulunmuş ve 3D görüntüleri izlemenin 2D görüntüleri izlemekten daha fazla mide bulantısına neden olduğu bildirilmiştir. 3D filmin, film türüyle etkileşime giren karmaşık etkiler oluşturduğu sonucuna varılmış ve yönetmenlerin 3D film yapmayı planlarken bu etkileşimleri göz önünde bulundurması gerektiği tavsiye edilmiştir.

GUHH'nın görsel ve vestibüler uyarılar arasındaki çatışmadan kaynaklandığının varsayıldığı araştırmada; nişan alma oyunundan alınan hareketli ve hareketsiz video görüntüleri 15 katılımcıya ayrı ayrı izletilerek GUHH'na ve postural salınımına etkisi değerlendirilmiştir. Hareketsiz görüntülere kıyasla hareketli görüntülerin neden olduğu GUHH puanlarının anlamlı oranda daha yüksek bulunmuştur. Postural salınım ise her iki görüntüleme sırasında anterior-posterior ve medial-lateral yönde önemli ölçüde artmıştır<sup>41</sup>. Video projektör sistem kullanılarak HH'nın ve postural aktivitenin incelenmesi amacıyla 3 erkek ve 9 kadın katılımcı hareketli sanal bir ortamda 40 dakika süresince postural kontrolü etkileyen bir simülasyona maruz bırakılmıştır. HH'nın genel oranının % 42 olarak bulunduğu çalışmada; HH'nın başlangıcından önce hasta gruptaki katılımcıların sağlıklı gruba göre farklı hareketler sergilediği görülmüştür. Hareket görüntülerini içeren sanal bir ortam tarafından uyarılma sonucu postural aktivitedeki değişikliklerin HH'ndan önce görüldüğü ancak sanal ve gerçek hareket içeren ortamlara verilen tepkilerde farklılıklar olabileceği vurgulanmıştır. GUHH'nda görüntü içeriğiyle beraber ekran teknolojisinin de önemli olduğu belirtilmiştir<sup>58</sup>.

Kadın ve erkek katılımcılara stereoskopik bir ekranda düşük ve yüksek uyarıcı özelliklerine sahip iki ayrı 3D film sunulurken derin bakış yönteminin GUHH üzerindeki etkisi araştırılmıştır. 3D film sırasında GUHH şiddetinin, bakışın belirli bir noktaya

sabitlenerek azaltılabileceği ayrıca GUHH'nın tahmini için kalp atış hızındaki değişkenliğin güvenilir bir göster olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir. 3D film izlerken bir noktaya odaklanarak bakış derinliğini arttıran katılımcıların daha az okülomotor belirtiler göstermesi sebebiyle bakış derinliğinin atırılmasının GUHH şiddetinin azaltılması açısından faydalı olduğu vurgulanmıştır<sup>61</sup>. Basit ve karmaşık sahnelerle 15, 30, 45 ve 60 dakika olmak üzere 4 farklı sürede kafaya takılarak kullanılan sanal gerçeklik görüntülerine maruz bırakılan 1000'den fazla katılımcıdan elde edilen HH verileri incelenmiştir. Katılımcıların %80'inden fazlası mide bulantısı, okülomotor rahatsızlık ve 24 saatten daha uzun süren oryantasyon bozukluğu yaşamıştır. Sanal gerçeklik görüntülerinin olumsuz etkileri nedeniyle çalışmayı erken sonlandıranların oranı %12,9 olarak bildirilirken, bu kişilerin %9,2'sinin kusma tepkisi gösterdiği ve tüm katılımcıların yalnızca %1,2'sinin gerçekten kusma durumuyla karşılaştığı rapor edilmiştir. Bu sonuçlar; sanal gerçeklik tasarımcılarının maruz kalma süresini sınırlayarak bu oranların azaltılabileceğini; cinsiyet ve geçmiş deneyim karşılaştırmalarından elde edilen sonuçlar ise sanal gerçekliğe maruz kalmaya bağlı olumsuz etkiler yaşayacak kişileri tespit etmenin ve bu kişileri uyarmanın mümkün olabileceğini göstermiştir<sup>62</sup>. Başka bir çalışmada; kafaya takılan ekran ile sanal gerçeklik videoları izlenirken yaşanan baş dönmesini azaltma yöntemleri araştırılmıştır. Araştırmada sanal gerçeklik ekranının kafa bandına monte edilmiş bir titreşim cihazı kullanılmıştır. Sonuç olarak; görüntüleme sırasında titreşimin neden olduğu dokunsal geri bildirim baş dönmesini azaltmaya yardımcı olabileceği ayrıca sanal gerçeklik videosu izlerken hissedilen baş dönmesinin görsel ve bilişsel deneyimler arasındaki tutarsızlıktan kaynaklandığı bulunmuştur<sup>43</sup>.

Felç ve omurilik yaralanmaları gibi durumlardan sonra rehabilitasyonda ve yaralı askerlerin güçlerini geri kazanmalarına yardımcı olmak için video oyunlarının kullanıldığı bilinmektedir<sup>63</sup>. Ayrıca sanal gerçeklik sistemleri, ağrı ve kaygı düzeylerini azaltma potansiyeli nedeniyle boyun rehabilitasyonu için potansiyel olarak etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir<sup>64</sup>. Ancak video oyunlarının eğitim, araştırma ve rehabilitasyon amacıyla kullanımı oyunların HH'na yol açması sebebiyle kullanıcılar arasında bir sorun oluşturmaktadır<sup>33</sup>. Boyun asemptomatik bireylerde bir rehabilitasyon aracı olarak boyuna takılan sanal gerçeklik cihazının kullanımının HH duyarlılığı ve şiddeti açısından incelenmiştir. Sanal gerçeklik izleme sırasında HH oranı %28, ortalama şiddeti 17,2 mm olarak bulunmuştur. Sonuçlar yüksek HH oranı ancak düşük bir HH şiddeti göstermiştir. Katılımcıların yaklaşık üçte birinde HH'nın ortaya çıktığını ancak bunların daha önce diğer cihazlar için bildirilenden daha az şiddette olduğu belirtilmiştir<sup>65</sup>. Başka bir çalışmada; kafaya takılan sanal gerçeklik ekranları kullanan bireylerin yaklaşık %80-95'inin HH yaşadığı ve %50'sinin katılımı sonlandıracak kadar şiddetli semptomlar gösterdiği bildirilmiştir<sup>66</sup>.

Sanal gerçeklik savaş simülatöründe yaşanan GUHH semptomlarının düzeyini araştırmak ve postural stabilite ölçümlerinin postural stabilitedeki değişikliklere karşı daha duyarlı hale getirilip getirilemeyeceğini araştırmak için, ölçümler sırasında katılımcıların yarısına yana doğru yuvarlanan geniş açısız bir görsel akış sunulmuştur. GUHH semptomları ve postural stabilitede düşük seviyede etki bulunurken, kafaya monte sanal gerçeklik ekranının neden olduğu baş ağrısı çoğu katılımcı için büyük bir endişe kaynağı olarak ifade edilmiştir. Postural stabilite ölçümleri sırasında görsel bir akışın sunulması daha yüksek postural instabilite seviyelerine yol açmış ancak postural stabilite ölçümlerinin hassasiyetini arttırmamıştır<sup>67</sup>.

Kafaya monte edilen görüntü sistemi aracılığıyla 50 dakikalık bir video oyunu oynamanın HH ile ilişki araştırılmıştır. HH yaşadığını bildiren katılımcı oranı oyunu ayakta oynayanlar için % 90, oturarak oynayanlar için ise % 59 olarak bulunmuştur. Video oyunu kullanıcıları arasındaki HH'nin oldukça yüksek oranlarda görüldüğü ve oturarak oyun sırasında HH'nin başlamasından önce hasta ve sağlıklı katılımcılar arasında kafa hareketlerinde önemli farklılıklar olduğu bu farklılıkların HH gelişme riski taşıyan kişileri uyarmak için kullanılabilmesi belirtilmiştir. Çalışma bulguları; konsol video oyun sistemlerinin kafaya takılan bir ekran aracılığıyla sunulduğu zaman HH neden olabileceğini ve HH oluşumunda postural instabilite kuramını desteklediğini göstermektedir<sup>68</sup>. Katılımcılarını çocukların ve yetişkin bireylerin oluşturduğu benzer bir çalışmada, konsol video oyununun HH ve postural aktivite üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Oyun sırasında baş ve gövdenin hareketi değerlendirilmiştir. HH oranı yetişkinlerde % 67 çocuklar da ise % 56 olarak bulunmuş ancak bu oranların istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. Bu sonuca bağlı olarak; konsol video oyunlarının çocuklarda HH'na neden olabileceği belirtilmiştir<sup>69</sup>.

Postural salınım ve HH semptomlarındaki artışlar sanal ortam teknolojilerini kullanmaya bağlanmaktadır<sup>46</sup>. Sanal teknoloji sistemlerini kullananların kullanım öncesi ve sonrası postural salınım değerlerinde farklılıklar olabileceği ve HH'na duyarlı olan bireyler ile duyarlı olmayan bireyler arasındaki postural aktivitede farklılıkların ortaya çıkabileceği ifade edilmiştir<sup>68-70</sup>. HH'nin bir göstergesi olarak postural instabiliteyi kullanan geçmişteki çalışmaların bulguları Chardonnet ve ark. (2017)<sup>71</sup>'nin çalışma sonuçlarıyla da desteklenmiş ve sanal gerçeklik uygulamasında GUHH'nin tahmin edilebilirliği açısından postural salınımın bir öngörü sağladığı ifade edilmiştir.

HH'nin hareketin kontrolünden etkilendiği bilinmektedir<sup>72</sup>. Bu bilgi doğrultusunda yapılan sanal gerçeklik çalışmalarında sanal ortamdaki hareketlerin kişi tarafından kontrol edildiği durumdaki HH etkileri incelenmiştir. Bu amaçla yapılan bir çalışmada; her katılımcı çiftinin bir üyesinin sanal bir otomobil sürüş içeriğine sahip video oyunu oynatılarak ve oynanan oyun kaydının çiftin diğer üyesi tarafından ayrı bir oturumda görüntülenerek, tüm katılımcılar aynı görsel hareket uyaranlarına maruz bırakılmıştır. Sanal aracı kullanan katılımcıların (sürücüler) (%15), oyun kayıtlarını görüntüleyen katılımcılara (yolcular) (% 69) göre HH bildirme oranının daha düşük olduğu bulunmuştur. Baş ve gövde hareketiyle ilgili veriler sürücülerin yolculardan daha fazla hareket etme eğiliminde ve sürücülerin hareketlerinin yolcuların hareketlerinden daha tahmin edilebilir olduğunu ortaya koymuştur. HH'nin postural instabilite teorisinin öngörüsü ile tutarlı olarak, HH semptomlarının başlangıcından önce HH olan katılımcılar ile olmayanlar arasında hareketin farklı olduğu görülmüştür. Çalışmanın sonuçları; kontrolün HH etiolojisinde önemli bir faktör olduğunu doğrulamış ve bu bulguyu sanal araçların kontrolüne kadar genişletmiştir<sup>70</sup>. Aynı amacı taşıyan benzer bir çalışmada katılımcılara bir video oyunu oynatılmıştır. Katılımcıların bazıları oyuncu konumunda oyunu kontrol ederken, diğerleri izleyici olarak oynanmış bir oyunun kaydını görüntülemiştir. HH'nin görülme oranı oyunculara % 22, izleyicilerde ise % 56 olarak bulunmuştur. Sonuçlar HH'nin uyaran hareketinin kontrolünden etkilenebileceğini göstermiştir<sup>33</sup>. Diğer araştırmacıların aksine Benzeroual ve Allison, (2013)<sup>14</sup> oyun kumandası kullanarak (pasif kontrol) stereoskopik 3D video oyunu oynayan kişiler ile baş ve gövdenin hareket ettirilmesiyle (aktif kontrol) oyun oynayan kişileri karşılaştırdıkları çalışmalarında; her iki oyun kontrolünün de HH'ni artırıcı bir etkisinin bulunmadığını rapor etmiştir. Farklı kontrol türlerinin HH'na duyarlılığına etkisi ve oyun sırasındaki postural aktivitenin farklı görüntü kontrollerinden nasıl etkileneceği

22 kadın, 14 erkek katılımcıya iPad 2 Apple marka tablet bir bilgisayarda oyun oynatılarak incelenmiştir. Katılımcılar oyunu tablet sabit olacak şekilde ve oyunu parmak uçlarıyla ekrana dokunarak ve tableti sağa sola hareket ettirerek iki farklı koşulda kontrol etmişlerdir. Oyun sonrası her iki oyun grubunda HH yaşandığı ve HH'nın genel oranının %31 olduğu bulunmuştur. Dokunma grubundakilerin %50 oranında, eğme grubundakilerin ise %11 oranında HH yaşadığı görülmüştür. HH'nın görülme sıklığı eğme grubuna kıyasla dokunma grubundakilerde anlamlı oranda yüksek bulunmuştur. HH'nın farklı hareket kontrolünün etkisi altında olduğu bu çalışma sonuçlarıyla desteklenmiştir<sup>50</sup>. Dört ayrı sanal gerçeklik görüntüleme sistemiyle (kafaya takılan ekran, masaüstü bilgisayar, projeksiyon ekranı ve sanal gerçeklik sineması ekranı) (aktif-pasif görüntüleme ve aydınlık-karanlık koşullarda) her birinde yaşanan HH semptomlarının yaygınlığı ve şiddeti değerlendirilmiştir. Bulgular, katılımcıların %60-70'inin dört sanal görüntüleme sisteminin kullanımından sonra semptomlarda bir artış yaşandığını ve kafaya takılan ekranda masaüstü (bulantı semptomları) ve sanal gerçeklik sineması izlemeye kıyasla daha yüksek semptomlar (mide bulantısı, okulomotor ve oryantasyon bozukluğu semptomları) bulunduğunu göstermiştir. Aydınlatma koşulunun hiçbir etkisi bulunmazken, hareket üzerinde pasif kontrolde aktif kontrole göre daha yüksek semptom seviyeleri rapor edilmiştir. Bu bulgularla birlikte en önemli sonucun katılımcılar arasındaki yüksek değişkenlik yani bireysel duyarlılık olduğu belirtilmiştir<sup>73</sup>.

HH'nın potansiyel bir göstergesi postural harekettir<sup>74</sup>. Oyun kontrolünde vücut hareketlerinin HH'yla doğrudan bağlantılı olduğu ve HH'nın postural instabilite kuramıyla uyumlu olduğu ifade edilmiştir. Tablet, telefon vb. mobil cihazların kişilerde HH sebep olabileceği onaylanmıştır<sup>50</sup>. Postürdeki değişikliklerin HH'ndan önce meydana geldiği ve bu değişikliklerin bir tahmin aracı olarak kullanılabilceği önerilmiştir<sup>69,75-77</sup>.

Stanney ve ark. (2020)<sup>78</sup> GUHH'da cinsiyet farklılığını 20 dakika boyunca sanal bir hız trenini içeren iki deneyde değerlendirmiştir. Gözbebekleri arası mesafe uyumsuzluğunun GUHH'ndaki cinsiyet farklılıklarının birinci nedeni olarak, GUHH'na duyarlılığın ise ikinci neden olarak tanımlandığı bulunmuştur. Gözbebekleri arası mesafesi sanal gerçeklik başlığına tam olarak sığmayan ve yüksek HH geçmişine sahip olan kadınların siber hastalığa daha çok yaşadığı ve HH yaşadıkdan sonraki 1 saat içinde tam olarak iyileşmedikleri görülmüştür. Kadınların gözbebekleri arası mesafesi sanal gerçeklik başlığına düzgün bir şekilde sığdırabildiklerinde erkeklere benzer bir şekilde siber hastalık yaşadıkları sanal gerçeklik görüntülerinin izlenmesinden hemen sonra yüksek oranda GUHH bildirdikleri ancak izledikten sonraki 1 saat içinde iyileştikleri belirtilmiştir. Sonuçlar; GUHH'ndaki cinsiyet farklılıklarının büyük ölçüde sanal gerçeklik ekranının kullanıcılarının gözbebekleri arasındaki mesafeye uygun olup olmamasına bağlı olabileceğini göstermektedir. Özellikle kadınlar arasında GUHH oranlarını azaltmak için bir gözbebeği arasındaki mesafenin ayarlanabilir aralığına sahip olacak şekilde sanal gerçeklik gözlüklerinin yeniden tasarlanması önerilmiştir. Sanal gerçeklik ekranının (Oculus Rift) HH ve cinsiyet farklılığına etkileri Munaf ve ark. (2017)<sup>15</sup> tarafından da incelenmiştir. Katılımcılar 15 dakikalık iki farklı sanal gerçeklik oyunundan birini oynamıştır. Kadınların erkeklerden daha fazla HH oranı bildirmiştir. Sanal gerçeklik ekranına maruz kalmadan önceki ve sonraki postural salınım her iki oyun içinde HH yaşayan ve yaşamayan katılımcılar arasında farklılık göstermiştir. Bu postural etkilerin HH'nın postural instabilite teorisini onayladığı vurgulanmıştır. Araştırma bulguları; sanal gerçeklik sistemleri

kullanıcılarının önemli derecede HH riski taşıdığını ve cinsiyet farklılığının HH'nı etkilediğini göstermiştir.

Yakın zamanda gerçekleştirilen bir araştırmada; vestibüler ve görsel bilgiler arasında artan düzeyde uyumsuzluğa neden olan bir sanal gerçeklik ortamına maruz bırakılan 14 sağlıklı bireyin beyin aktiviteleri incelenerek artan uyumsuzluk seviyeleri ile GUHH arasında doğrudan bir ilişki olduğu bulunmuştur. Çoğu beyin bölgesinde özellikle de vestibüler sinyallerin işlenmesi ve hareketin algılanmasıyla ilgili beyin alanlarında bilgi akışında genel bir düşüş görülmüştür. Ayrıca azaltılmış bilgi akışı mekanizmasının beyin çözülemez bir bilgi uyumsuzluğuna genel bir tepkisi olduğu, yüksek yoğunluklu GUHH yaşarken bilgi akışındaki azalmanın, bilgi alma, iletme ve işleme yeteneğinin azaldığı bir beyin durumunu temsil ettiği varsayılmıştır. Bununla birlikte, bir kişinin çelişkili bilgilerin neden olduğu duyuş çatışmaya maruz kalma süresinin artmasıyla GUHH'nın bireysel semptomlarının yoğunlaştığı belirtilmiştir<sup>42</sup>.

## SONUÇ

HH literatürüyle ilgili olarak; çalışmaların bir kısmı sanal gerçekliğin olumsuz etkilerinin tanımlanmasına ve şiddetinin belirlenmesine odaklanırken diğer bir kısmının HH'nın ortaya çıkardığı olumsuz etkileri azaltmak için yeni yöntemler bulmaya yöneldiği görülmüştür. Günlük yaşamın bir parçası haline gelen tablet bilgisayar, telefon, simülatör ve sanal gerçeklik cihazlarının kullanımındaki artışın GUHH oluşumunu ve etkilerini arttırdığı, bireyleri bedensel ve bilişsel problemlerle karşı karşıya bıraktığı, yaşam kalitesi ve iş verimliliğinde olumsuz etkiler oluşturduğu sonucuna varılmaktadır.

İncelenen bilimsel makaleler sonucunda; HH'nın etiyolojisinin ve oluşan olumsuz etkilerin ortadan kaldırılabilmesi için birçok kuram ve yöntem öne sürülse de araştırmacıların fikir birliğinde oldukları bir kuram ve yöntemin olmadığı söylenebilir. Araştırmacılar HH'nın yaş, cinsiyet, vücut hareketleri, teknolojik cihazların kullanımındaki kontrol türü ve postural kontroldeki dengesizlikler gibi pek çok farklı durumun etkisi altında olduğunu bildirmişlerdir. Bireylerin sanal gerçeklik sistemlerine ve görsel olarak kışkırtıcı diğer ortamlara verdikleri tepkilerde farklılıklar olabileceğini ve benzersiz semptomatolojik profillerle sonuçlanabileceği GUHH'na çoğunlukla kadınların erkeklerden daha duyarlı olduğu anlaşılmaktadır. Cinsiyet farklılıklarına katkıda bulunabilecek birçok bireysel faktör olduğundan en önemli etkenleri anlamak çözüm yöntemlerine odaklanmaya yardımcı olabilir. Sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanım alanlarının artması ve kişiler üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin önemi göz önüne alındığında GUHH oluşumuna bağlı kısıtlamaların anlaşılması giderek daha önemli olacaktır. HH oluşumunun erken bir aşamada tespit edilmesine yardımcı olmak için bulunacak etkili yöntemlerle sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanımının yaygınlaştığı çoğu alanda güvenli kullanımına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu anlamda; HH'nın ortaya çıkardığı olumsuz etkilerin anlaşılabilmesi ve en aza indirilebilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

## KAYNAKLAR

1. Johnson DM. (2005). Introduction to and review of simulator sickness research. U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences. Research Report. 1-59.
2. Zhang LL., Wang JQ., Qi RR., Pan LL., Li M., Cai YL. (2016). Motion sickness: current knowledge and recent advance. *CNS Neuroscience & Therapeutics*. 22(1), 15-24.
3. Benson AJ. (1999). Motion sickness. İçinde: Nicholson AN., Rainford DS., Ernsting J. (editor). *Aviation medicine*. Butterworth Heinemann. Oxford, 455-471.
4. Kennedy RS., Frank LH. (1985). A review of motion sickness with special reference to simulator sickness, Tech Rep Navtraequipcen.1-45. Orlando. Florida
5. Reason JT., Brand JJ. (1975). Motion sickness. Academic Press. London. 83-310.
6. Bakwin H. (1949). Motion sickness in children. *The Journal of Pediatrics*. 35(3), 390-393.
7. Ebenholtz SM. (1992). Motion sickness and oculomotor systems in virtual environments. *Presence*. 1(3), 302-305.
8. Shupak A., Gordon CR. (2006). Motion sickness: advances in pathogenesis, prediction, prevention and treatment. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 77(12),1213-1223.
9. Hettinger LJ., Riccio GE. (1992). Visually induced motion sickness in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1(3), 306-310.
10. Keshavarz B., Hecht H. (2012). Stereoscopic viewing enhances visually induced motion sickness but sound does not. *Presence*. 21(2), 213-228.
11. Kobayashi N., Yamazaki H., Ishikawa M., Momose Y. (2015). Effects of visual induced motion sickness of stereoscopic 3D interactive video, 2015 IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics. 664-65. Osaka. Japan
12. Nesbitt K., Davis S., Blackmore K., Nalivaiko E. (2017). Correlating reaction time and nausea measures with traditional measures of cybersickness. *Displays*. 48, 1-8.
13. Kennedy RS., Drexler J., Kennedy RC. (2010). Research in visually induced motion sickness. *Applied Ergonomics*. 41(4), 494-503.
14. Benzeroual K., Allison RB. (2013). Cyber (motion) sickness in active stereoscopic 3D gaming, International Conference on 3D Imaging. 1-7. Liege. Belgium
15. Munafo J., Diedrick M., Stoffregen TA. (2017). The virtual reality head-mounted display Oculus Rift induces motion sickness and is sexist in its effects. *Experimental Brain Research*. 235(3), 889-901.
16. Zyda M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*. 38(9), 25-32.
17. Fitzgerald D., Foody J., Kelly D., Ward T., Markham C., McDonald J., Caulfield B. (2007). Development of a wearable motion capture suit and virtual reality biofeedback system for the instruction and analysis of sports rehabilitation exercises, 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 4870-4874. Lyon. France
18. Kiefer W., DiCesare C., Bonnette S., Kitchen K., Gadd B., Thomas S., Barber Foss KD., Myer GD., Riley MA., Silva P. (2017). Sport-specific virtual reality to identify profiles of anterior cruciate ligament injury risk during unanticipated cutting, 2017 International Conference on Virtual Rehabilitation. 1-8. Canada

19. Ginja GA. (2018). Applications of virtual reality in the practice of para-badminton, 20th Symposium on Virtual and Augmented Reality. 230-232. Foz do Iguaçu. Brazil
20. Liu H., Z. Wang Z., Mousas C., Kao D. (2020). Virtual reality racket sports: virtual drills for exercise and training, In 2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR). 566-576. Recife. Porto de Galinhas
21. Mahalil AM., Yusof N., Ibrahim. (2020). A literature review on the usage of Technology Acceptance Model for analysing a virtual reality's cycling sport applications with enhanced realism fidelity, 8th International Conference on Information Technology and Multimedia. 237-242. Selangor. Malaysia
22. Viirre E., Clark JB. (2017). Airsickness and space sickness. *Aeromedical Psychology*. 195-213.
23. Golding JF. (2006). Motion sickness susceptibility. *Autonomic Neuroscience*. 129,(1-2), 67-76.
24. Reason JT. (1970). Motion sickness: a special case of sensory rearrangement. *Advancement of Science*. 26(130), 386-393.
25. Kato K., Kitazaki S. (2006). A study for understanding carsickness based on the sensory conflict theory. *SAE Technical Paper*. 01-0096.
26. Wang XC., Shi ZH., Bian K., Zhang L., Xue JH., Yang GQ., Ge XS., Zhang ZM. (2014). The comparison of sensitivity of motion sickness between retinal degeneration fast mice and normal mice. *Journal of Comparative Physiology A*. 200(4), 327-332.
27. Benson AJ. (1999). Operational aviation medicine. In: Ernsting J., Nicholson AN., Rainford DJ. (editor). *Aviation medicine*. 3rd edition. Butterworths. London, 464.
28. Gianaros PJ., Muth ER., Mordkoff JT., Levine ME., Stern RM. (2001). A questionnaire for the assessment of the multiple dimensions of motion sickness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 72(2),115-119.
29. Golding JF., Gresty MA. (2013). Motion sickness and disorientation in vehicles. *Oxford testbook of vertigo and imbalance*. Oxford University Press. 293-305.
30. Owen N., Leadbetter AG., Yardley L. (1998). Relationship between postural control and motion sickness in healthy subjects. *Brain Research Bulletin*. 47(5), 471-474.
31. Bos JE. (2011). Nuancing the relationship between motion sickness and postural stability. *Displays*. 32(4), 189-193.
32. Bos JE., Ledegang WD., Lubeck AJA., Stins JF. (2013). Cinerama sickness and postural instability. *Ergonomics*. 56, 1430-1436.
33. Chen YC., Dong X., Chen FC., Stoffregen TA. (2012). Control of a virtual avatar influences postural activity and motion sickness. *Ecological Psychology*. 24(4), 279-299.
34. Stoffregen TA., Smart LJ. (1998). Postural instability precedes motion sickness. *Brain Research Bulletin*. 47(5), 437-448.
35. Brainard A., Gresham C. (2014). Prevention and treatment of motion sickness. *American Family Physician*. 90(1), 41-46.
36. Dobie T., McBride D., Dobie TJ., May J. (2001). The effects of age and sex on susceptibility to motion sickness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 72(1), 13-20.
37. Lawther A., Griffin MJ. (1988). Motion sickness and motion characteristics of vessels at sea. *Ergonomics*. 31(10), 1373-1394.

38. Henriques IF., de Oliveira DWD., Oliveira-Ferreira F., Andrade PMO. (2014). Motion sickness prevalence in school children. *European Journal of Pediatrics*. 173(11), 1473-1482.
39. Irwin JA. (1881). The pathology of sea-sickness. *The Lancet*. 118(3039), 907-909.
40. Benson AJ. (1984). Motion sickness. In: Dix MR., Hood JD. (editor). *Vertigo*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. England, 391-425.
41. Lubeck AJA., Bos JE., Stins JF. (2015). Motion in images is essential to cause motion sickness symptoms, but not to increase postural sway. *Displays*. 38, 55-61.
42. Nürnberger M., Klingner C., Witte OW., Brodoehl S. (2021). Mismatch of visual-vestibular information in virtual reality: is motion sickness part of the brains attempt to reduce the prediction error?. *Frontiers in Human Neuroscience*. 648(15),757-735.
43. Wei-Te T., Chen C-H. (2020). A haptic feedback device reduces dizziness in users watching a virtual reality video, In 2020 The 4th International Conference on Education and Multimedia Technology. 223-225. Japan.
44. Stoffregen TA., Riccio GE. (1988). An ecological theory of orientation and the vestibular system. *Psychological Review*. 95(1), 3-14.
45. Riccio GE., Stoffregen TA. (1991). An ecological theory of motion sickness and postural instability. *Ecological Psychology*. 3(3), 195-240.
46. Stoffregen TA. (2011). Motion sickness considered as a movement disorder. *Science & Motricité*. 74, 19-30.
47. Krueger M. (1992). *Artificial reality*. 2nd Edition. Addison-Wesley Publishing.
48. Stanney K., Salvendy G., Deisinger J., DiZio P., Ellis S., Ellison J., Fogleman G., Gallimore J., Singer M., Hettinger L., Kennedy R., Lackner J., Lawson B., Maida J., Mead A., Mon-Williams M., Newman D., Piantanida T., Reeves L., Riedel O., Stoffregen TA., Wann J., Welch R., Wilson J., Witmer B. (1998). After effects and sense of presence in virtual environments: formulation of a research and development agenda. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 10(2), 135-187.
49. Kennedy RS., Fowlkes JE., Lilienthal MG. (1993). Postural and performance changes following exposures to flight simulators. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 64, 912-920.
50. Stoffregen TA., Chen Y-C., Koslucher FC. (2014). Motion control, motion sickness, and the postural dynamics of mobile devices. *Experimental Brain Research*. 232(4), 1389-1397.
51. Vinson NG., Lapointe JF., Parush A., Roberts S. (2012). Cybersickness induced by desktop virtual reality, *Proceedings of the 2012 Graphics Interface Conference*. 69-75. Canada
52. Ujike H., Ukai K., Nihei K. (2008). Survey on motion sickness-like symptoms provoked by viewing a video movie during junior high school class. *Displays*. 29(2), 81-89.
53. Maino DM., Chase C. (2011). Asthenopia: a technology induced visual impairment. *Review of Optometry*. 148(6), 28-36.
54. Reason JT. (1978). Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *Journal of the Royal Society of Medicine*. 71(11), 819-829.
55. Read JC., Bohr I. (2014). User experience while viewing stereoscopic 3D television. *Ergonomics*. 57(8),1140-1153.



56. Solimini AG. (2013). Are there side effects to watching 3D movies? A prospective crossover observational study on visually induced motion sickness. *PLoS One*. 8(2), e56160.
57. Bonato F., Bubka A., Palmisano SW., Phillip D., Moreno G. (2008). Vection change exacerbates simulator sickness in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 17(3), 283-292.
58. Villard SJ., Flanagan MB., Albanese GM., Stoffregen TA. (2008). Postural instability and motion sickness in a virtual moving room. *Human Factors*. 50(2), 332-345.
59. Yang SN., Schlieski T., Selmins B., Cooper SC., Doherty RA., Corriveau PJ., Sheedy JE. (2012). stereoscopic viewing and reported perceived immersion and symptoms. *optometry and vision science*. *Optometry and Vision Science*. 89(7), 1068-1080.
60. Baranowski AM., Keller K., Neumann J., Hecht H. (2016). Genre-dependent effects of 3D film on presence, motion sickness, and protagonist perception. *Displays*. 44, 53-59.
61. Wibirama S., Nugroha HA., Hamamotob K. (2018). Depth gaze and ECG based frequency dynamics during motion sickness in stereoscopic 3D movie. *Entertainment Computing*. 26, 117-127.
62. Stanney KM., Kingdon KS., Nahmens I., Kennedy RS. (2003). What to expect from immersive virtual environment exposure: influences of age, gender, body mass index, and past experience. *Human Factors*. 45(3), 504-520.
63. Murph D. (2007). Therapists, army using wii to rehabilitate patients. <https://www.engadget.com/2007-10-03-therapists-army-using-wii-to-rehabilitate-patients.html>. [Erişim tarihi: 03.01.2021]
64. Sharar SR., Miller W., Teeley A., Soltani M., Hoffman HG., Jensen MP., Patterson DR. (2008). Applications of virtual reality for pain management in burn-injured patients. *Expert Review of Neurotherapeutics*. 8(11), 1667-1674.
65. Treleaven J., Battershill J., Cole D., Fadelli C., Freestone S., Lang K., Sarig-Bahat H. (2015). Simulator sickness incidence and susceptibility during neck motion-controlled virtual reality tasks. *Virtual Reality*. 19(3), 267-275.
66. Ling Y., Nefs HT., Brinkman W., Qu C., Heynderickx I. (2013) The relationship between individual characteristics and experienced presence. *Computers Human Behaviors*. 29(4), 1519-1530.
67. Oskarsson PA., Nählinder S. (2006). Evaluation of symptoms and effects of virtual reality based flight simulation and enhanced sensitivity of postural stability measueres, In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 2683-2687. Sage CA. Los Angeles
68. Merhi O., Faugloire E., Flanagan M., Stoffregen TA. (2007). Motion sickness, console video games, and head-mounted displays. *Human Factors*. 49(5), 920-934.
69. Chang CH., Pan WW., Tseng LY, Stoffregen TA. (2012). Postural activity and motion sickness during video game play in children and adults. *Experimental Brain Research*. 217(2), 299-309.
70. Dong X., Yoshida K., Stoffregen TA. (2011). Control of a virtual vehicle influences postural activity and motion sickness. *Journal of Experimental Psychology: Applied*. 17(2), 128-138.
71. Chardonnet JR., Mirzaei MA, Mérienne F. (2017). Features of the postural sway signal as indicators to estimate and predict visually induced motion sickness in

- virtual reality. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 33(10), 771-785.
72. Rolnick A., Lubow R. (1991). Why is the driver rarely motion sick? The role of controllability in motion sickness. *Ergonomics*. 34(7), 867-879.
  73. Sharples S., Cobb S., Moody A., Wilson JR. (2008). Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays*. 29(2), 58-69.
  74. Teaford MA., Cook IVHE., Hassebrock JA., Thomas RD., Smart Jr LJ. (2020). Perceptual validation of nonlinear postural predictors of visually induced motion sickness. *Frontiers in Psychology*. 11, 1533.
  75. Palmisano S., Arcioni B., Stapley, PJ. (2018). Predicting vection and visuall induced motion sickness based on spontaneous postural activity. *Experimental Brain Research*. 236(1), 315-329.
  76. Smart LJ., Otten EW., Stoffregen TA. (2007). It's turtles all the way down: a comparative analysis of visually induced motion sickness. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 51(27), 1631-1634.
  77. Yokota Y., Aoki M., Mizuta K., Ito Y., Isu N. (2005). Motion sickness susceptibility associated with visually induced postural instability and cardiac autonomic responses in healthy subjects. *Acta Otolaryngol*. 125(3), 280-285.
  78. Stanney K., Fidopiastis C., Foster L. (2020). Virtual reality is sexist: but it does not have to be. *Frontiers in Robotics and AI*. 7, 4.

